

Eficacia de la Terapia Visual en el tratamiento de la ambliopía.

Noelia Molina Hernández

SAERA. School of Advanced Education Research and Accreditation

RESUMEN

Introducción: La ambliopía es una reducción de la agudeza visual sin causa orgánica aparente, que afecta hasta el 3.9% de la población. Se origina por un procesamiento visual anormal en el cerebro durante la infancia. Las terapias visuales modernas, como el aprendizaje perceptivo y la realidad virtual, buscan mejorar la binocularidad. **Objetivo:** El estudio tiene como objetivo evaluar la efectividad de la terapia visual en el tratamiento de la ambliopía, tanto en niños como en adultos, analizando mejoras en la agudeza visual y otras funciones. Además, compara la terapia visual y métodos innovadores, como la realidad virtual, con tratamientos convencionales como el uso de parches o gafas. **Método:** Se incluyeron estudios sobre terapia visual en ambliopía, abarcando diversas edades y publicaciones entre 2005 y 2024. Se excluyeron estudios relacionados con patologías o sin acceso completo. La revisión bibliográfica en bases de datos como Scopus, Scholar Google y Pubmed seleccionó 12 artículos de los 1175 encontrados, utilizando términos clave en inglés. **Resultados:** Los estudios revisados destacan la efectividad de las terapias visuales, especialmente la combinación de tratamientos activos como ejercicios y videojuegos dicópticos, que superan a los métodos tradicionales de parcheo en el tratamiento de la ambliopía. Además, investigaciones en adultos demuestran que, a pesar de la edad, el entrenamiento visual puede mejorar la agudeza visual y la estereopsis. **Conclusiones:** aunque los tratamientos tradicionales para la ambliopía como el parche son efectivos, presentan limitaciones en adherencia. Nuevas terapias basadas en estimulación binocular y aprendizaje perceptivo, como videojuegos y realidad virtual, muestran mayor aceptación y prometen mejorar la agudeza visual, incluso en adultos. Se requieren más estudios clínicos para validar su eficacia a largo plazo.

Palabras clave: *ambliopía, terapia visual, aprendizaje perceptivo, dicóptico.*

ABSTRACT

Introduction: Amblyopia is a reduction in visual acuity with no apparent organic cause, affecting up to 3.9% of the population. It is caused by abnormal visual processing in the brain during childhood. Modern visual therapies, such as perceptual learning and virtual reality, aim to improve binocularity. **Aim:** The study aims to evaluate the effectiveness of vision therapy in the treatment of amblyopia in both children and adults, looking at improvements in visual acuity and other functions. It also compares vision therapy and innovative methods, such as virtual reality, with conventional treatments such as patching or glasses. **Methods:** Studies on vision therapy in amblyopia were included, covering a range of ages and publications between 2005 and 2024. Studies related to pathologies or without full access were excluded. The bibliographic review in databases such as Scopus, Scholar Google and Pubmed selected 12 articles from the 1175 found, using key terms in English. **Results:** The studies reviewed highlight the effectiveness of visual therapies, especially the combination of active treatments such as exercises and dichoptic video games, which outperform traditional patching methods in the treatment of amblyopia. In addition, research in adults shows that, despite age, visual training can improve visual acuity and stereopsis. **Conclusions:** Although traditional amblyopia treatments such as patching are effective, they have limitations in adherence. New therapies based on binocular stimulation and perceptual learning, such as video games and virtual reality, show greater acceptance and promise to improve visual acuity, even in adults. Further clinical studies are needed to validate their long-term efficacy.

Keywords: *amblyopia, vision therapy, perceptual learning, dichoptic.*

INTRODUCCIÓN

- ¿Qué es la Ambliopía?

La ambliopía, también conocida como "ojo vago", se refiere a la disminución de la mejor agudeza visual corregida (MAVC) en uno o ambos ojos, sin una causa orgánica aparente. Es un trastorno del neurodesarrollo que implica un procesamiento cortical anormal de la información visual de ambos ojos, que ocurre durante el período crítico de desarrollo del sistema visual. Esto da lugar a varios defectos visuales. Es la discapacidad visual más frecuente en la infancia, afectando hasta al 3,9% de la población mundial (Konstantinos Tsaousis et al., 2023).

La binocularidad se establece rápidamente al nacer y se desarrolla durante la infancia gracias a la neuroplasticidad, un proceso por el cual las conexiones neuronales se fortalecen o inhiben. Este período de desarrollo visual es crítico y se extiende hasta los 7 años de edad, momento en que el sistema visual se consolida.

En la ambliopía, el cerebro recibe señales visuales conflictivas de ambos ojos, lo que provoca supresión del ojo más débil para evitar confusión o visión doble (diplopía). Esta supresión, que es más fuerte en la región foveal, afecta a la percepción consciente de objetos y genera un "escotoma de supresión" o área ciega funcional.

La definición de ambliopía solo revela una pequeña parte del problema, ya que afecta a muchas más funciones monoculares y binoculares, además de la agudeza visual. De manera más específica, la ambliopía provoca dificultades con el "crowding" (una menor capacidad para identificar y diferenciar un

objeto dentro de un grupo de objetos), mala estereopsis (percepción de profundidad), disminución en la sensibilidad al contraste, problemas con la localización espacial, percepción de formas y movimiento, inestabilidad en la fijación ocular, déficits en la atención visual selectiva y coordinación visomotora, lo cual impacta significativamente en las actividades cotidianas

El tratamiento estándar actual consiste en la corrección refractiva, que generalmente se complementa con el uso de un parche o penalización (visión borrosa) en el ojo no ambliópico (el ojo sano). No obstante, según los estudios de Scott et al., (2022) las intervenciones disponibles suelen estar limitadas por déficits visuales residuales, tanto en niños con baja como con alta adherencia al tratamiento indicado.

En los últimos años, ha surgido un creciente interés en nuevos tratamientos para la ambliopía, especialmente para aquellos niños que no responden o no siguen las terapias tradicionales. Además, ha habido un esfuerzo por desarrollar terapias efectivas para niños mayores y adultos con ambliopía, motivado por la creciente evidencia de que el sistema visual conserva cierta plasticidad más allá del período crítico de desarrollo visual. Muchas de estas nuevas técnicas se basan en la premisa de que los enfoques binoculares podrían ser más efectivos que los monoculares, ya que se centran en reducir la supresión interocular y fomentar la binocularidad y la estereopsis. Esto se enmarca dentro de lo que conocemos como terapia visual, un conjunto de técnicas y ejercicios diseñados para mejorar el funcionamiento visual a través de la estimulación activa y repetitiva del sistema visual, optimizando el procesamiento de la

información visual y, en el caso de la ambliopía, mejorando la cooperación entre ambos ojos para lograr una visión binocular más eficiente.

- ¿Cómo funciona la Terapia visual?

La terapia visual, también conocida como rehabilitación o entrenamiento visual, es un tratamiento que estimula el sistema neurofisiológico con el fin de desarrollar, mejorar e integrar las habilidades visuales. Su propósito es promover la formación de nuevas conexiones neuronales, optimizando el rendimiento del sistema visual. De esta manera, se busca mejorar su eficiencia y lograr una visión binocular cómoda y estable, preparándolo para un funcionamiento óptimo (Hernández et al., 2019).

Estudios recientes han demostrado que la ambliopía es el resultado de una disfunción binocular, y los tratamientos se están enfocando en el aprendizaje perceptivo. El aprendizaje perceptivo consiste en mejorar las respuestas neurosensoriales mediante la práctica repetitiva, promoviendo cambios neuroplásticos permanentes que reequilibran la dominancia interocular y mejoran la función visual (Konstantinos Tsaousi et al., 2023).

Entre los nuevos enfoques para tratar la ambliopía mediante terapia visual se destacan aquellos basados en el aprendizaje perceptivo, como el uso de videojuegos terapéuticos, entrenamiento dicóptico y realidad virtual. Estos métodos buscan estimular ambos ojos simultáneamente, favoreciendo la binocularidad y mejorando la supresión interocular. Además, han demostrado ser opciones más atractivas y motivadoras, especialmente para niños, y son efectivas para reforzar el rendimiento

visual en aquellos que no responden adecuadamente a los tratamientos convencionales.

- Nuevos enfoques: Aprendizaje perceptivo.

El aprendizaje perceptivo, introducido por Eleanor Gibson en 1963, consiste en entrenar a los pacientes con tareas perceptivas visuales, inicialmente mediante el sistema CAM, aunque su uso disminuyó al demostrar ser menos eficaz que la terapia de oclusión. Con los avances tecnológicos, el aprendizaje perceptivo ha vuelto a ganar interés, especialmente en pacientes fuera del período crítico de desarrollo visual. El entrenamiento suele implicar tareas de sensibilidad al contraste mientras se ocluye el ojo dominante, y se han utilizado formatos de videojuegos para aumentar la estimulación del ojo ambliópico. Los estudios iniciales muestran mejoras visuales significativas, pero carecen de ensayos a gran escala y seguimiento prolongado (Gail de Maconachie e Irene Gottlob, 2015).

Una variante del aprendizaje perceptivo incluye la estimulación de ambos ojos, donde el ojo ambliópico recibe una imagen de alto contraste y el dominante, de bajo contraste, ajustándose hasta que ambos ojos vean la imagen con igual contraste. El uso de juegos dicópticos, como Tetris, ha mostrado resultados prometedores, mejorando la visión y la estereopsis. Sin embargo, se necesitan más estudios con mayor número de sujetos para analizar el impacto en diferentes tipos de ambliopía y estrabismo.

En el caso de la realidad virtual (RV), el funcionamiento es completamente dicóptico, ya que cada ojo percibe imágenes distintas pero complementarias (es decir, la misma

escena con una leve diferencia) a través de ventanas separadas. Al combinarse binocularmente, estas imágenes crean la sensación de profundidad en el espacio virtual. Esto hace que la visión binocular sea indispensable para tener una experiencia inmersiva en la RV. Debido a esto, los dispositivos de realidad virtual han sido propuestos como herramientas útiles para el entrenamiento de la visión binocular en la ambliopía, especialmente para mejorar la visión estereoscópica (Molina-Martín et al., 2023).

Necesidad del Estudio

La necesidad del estudio radica en la búsqueda de alternativas más efectivas y motivadoras para el tratamiento de la ambliopía, una condición visual que afecta a un porcentaje significativo de la población infantil y, en menor medida, a adultos. A pesar de que los tratamientos tradicionales, como la corrección refractiva y el uso de parches, han sido ampliamente utilizados, presentan limitaciones, como déficits visuales residuales y baja adherencia al tratamiento. Además, existe un creciente interés en desarrollar terapias que se enfoquen en la plasticidad visual más allá del período crítico del desarrollo, tanto en niños mayores como en adultos.

Los enfoques modernos, basados en la terapia visual y el aprendizaje perceptivo, ofrecen nuevas perspectivas para abordar la ambliopía de manera más eficaz. Estas técnicas incluyen el uso de videojuegos terapéuticos, entrenamiento dicóptico y realidad virtual, que han demostrado ser opciones más atractivas, especialmente para los niños, y están diseñadas para mejorar la cooperación binocular y reducir la supresión interocular. Sin embargo, aunque los

estudios iniciales muestran resultados prometedores, se necesita un análisis más profundo con ensayos a gran escala y seguimiento prolongado para evaluar el impacto de estas nuevas terapias en diferentes tipos de ambliopía.

MÉTODO

Objeto del estudio

El objetivo del estudio lo abreviamos en dos puntos:

1. Evaluar la evidencia científica actual sobre la efectividad de la terapia visual en el tratamiento de la ambliopía: Analizando los estudios que investigan los resultados de la terapia visual en pacientes con ambliopía, incluyendo mejoras en la agudeza visual y otras medidas funcionales. Así como evaluar su efectividad tanto en niños como en adultos.
2. Comparar la efectividad de la terapia visual con otros tratamientos convencionales: Revisando estudios que comparan la terapia visual perceptual y métodos más innovadores como la realidad virtual con otros métodos de tratamientos más convencionales, como la cirugía, el uso de gafas o parches.

Criterios de inclusión

- Estudios que abarcaron diversas edades en la población, desde niños hasta adultos con alteraciones visuales causadas por ambliopía.
- Investigaciones que proporcionaran datos relevantes sobre el impacto, ya sea positivo o negativo, de la

terapia visual como tratamiento en pacientes con ambliopía.

- Publicaciones comprendidas entre los años 2005 y 2024, incluyendo revisiones bibliográficas, estudios experimentales y ensayos clínicos, redactadas en inglés.
- La búsqueda se ha realizado desde el 29 de julio hasta el 23 de agosto de 2024. A través de principalmente el buscador Pubmed, pero también otros como Scholar Goole y Scopus.
- Palabras clave: “vision therapy”, “amblyopia”, “interactive binocular treatment”, “amblyopia treatment”, “orthoptic therapy” y “visual training effectiveness”.

Criterios de exclusión

- Artículos que abordan el uso de la terapia visual en pacientes con ambliopía asociada a patologías.
- Estudios que no ofrecían el texto completo o investigaciones sin concluir.
- Artículos que no estuvieran en inglés.

Procedimiento

La revisión bibliográfica se llevó a cabo realizando una búsqueda de información relevante en las siguientes bases de datos: Scopus, Scholar Google y Pubmed.

Para incluir los artículos más relevantes, se han empleado términos clave en inglés como los siguientes “vision therapy”, “amblyopia”, “interactive binocular treatment”, “amblyopia treatment”, “orthoptic therapy” y “visual training effectiveness”. También se ha utilizado el operador booleano “AND” para especificar y

delimitar la búsqueda. Se encontraron un total de 2060 artículos.

Dado que los tratamientos han evolucionado significativamente en las últimas décadas, se estableció un primer criterio de exclusión basado en la fecha de publicación, seleccionando solo artículos publicados entre 2005 y 2024. Esta decisión se tomó para centrarse en estudios recientes con metodologías actualizadas y tecnologías innovadoras, como la terapia visual asistida por realidad virtual o las películas dicópticas.

Después de aplicar este filtro, el número de artículos se redujo a 779.

A continuación, se definieron criterios de inclusión y exclusión para garantizar que los estudios seleccionados fueran relevantes y de alta calidad. Tras aplicar estos criterios, se obtuvo una selección más específica de 44 artículos.

En la fase final, se procedió a la lectura detallada y evaluación crítica de los 44 artículos seleccionados. Se examinaron aspectos metodológicos clave, la solidez de los resultados, la validez interna y externa de los estudios y la relevancia de sus hallazgos en el contexto del tratamiento de la ambliopía.

Después de este análisis, 32 artículos fueron excluidos por diversas razones, como falta de datos concluyentes, metodologías débiles o ausencia de comparaciones entre tratamientos.

Finalmente, se incluyeron 12 artículos en la revisión. Estos estudios fueron seleccionados porque aportaban evidencia sólida y actualizada sobre la eficacia de diferentes tratamientos de la ambliopía, incluyendo tanto enfoques tradicionales

como nuevas tecnologías aplicadas a la terapia visual.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La siguiente tabla resumen ofrece una visión clara y estructurada de los estudios analizados, destacando los resultados y conclusiones clave que han aportado cada uno en el tratamiento de la ambliopía. Estos estudios representan un panorama evolutivo en el campo de las terapias visuales, donde cada enfoque propuesto contribuye a una comprensión más profunda de las opciones disponibles para mejorar la condición de los pacientes con ambliopía.

El estudio de Pupo Negreira et al. (2009) es particularmente relevante, ya que realiza una comparación entre las terapias tradicionales de tratamiento pasivo, como la oclusión con parches, y los enfoques de terapia activa, que incluyen ejercicios visuales y actividades diseñadas para estimular el sistema visual de manera directa. Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que la combinación de ambos tipos de terapia –activa y pasiva– es más efectiva que la oclusión sola. Los pacientes que participaron en programas de rehabilitación activa mostraron una mejora en la agudeza visual, acompañada de un fortalecimiento de la sensibilidad y de la estereopsis, lo cual contribuyó a resultados más duraderos.

La rehabilitación activa incluye un enfoque integral que permite trabajar diversas áreas del sistema visual. Ejercicios como juegos visuales, actividades de seguimiento ocular y tareas de discriminación de contraste ayudan a estimular las áreas visuales en desarrollo, lo que permite un tratamiento más completo

y efectivo. Esta combinación de terapias parece ser particularmente beneficiosa en niños de 5 a 7 años, quienes respondieron favorablemente a los ejercicios, mostrando mejoras significativas en comparación con aquellos tratados solo con oclusión pasiva. Esto se debe en parte a la mayor capacidad de estos niños para colaborar en las actividades terapéuticas, ya que a esta edad pueden seguir instrucciones y participar activamente en los ejercicios, lo que aumenta las posibilidades de éxito del tratamiento.

A pesar de que la oclusión pasiva sigue siendo un método efectivo y ampliamente utilizado, su naturaleza simple y su baja demanda de participación tanto para el paciente como para los padres pueden resultar en un tratamiento menos estimulante. Sin embargo, el estudio de Pupo Negreira et al (2009). Sugiere que, cuando se integra con la terapia activa, la oclusión mejora su efectividad, especialmente en pacientes dispuestos a participar activamente. Esto no solo permite alcanzar mejores resultados a corto plazo, sino también a largo plazo, ya que la estimulación activa podría ayudar a fijar las mejoras logradas, reduciendo así la posibilidad de recaída en el futuro.

En conjunto, los hallazgos de este estudio subrayan la importancia de considerar enfoques terapéuticos que combinen métodos pasivos y activos, promoviendo una rehabilitación visual más completa y adaptada a las necesidades y capacidades de cada paciente. Este tipo de tratamiento integral representa un avance en la forma en que se aborda la ambliopía, destacando la importancia de la personalización en las intervenciones y el papel activo del paciente en el proceso de recuperación.

Figura 1

Diagrama de flujo del estudio.

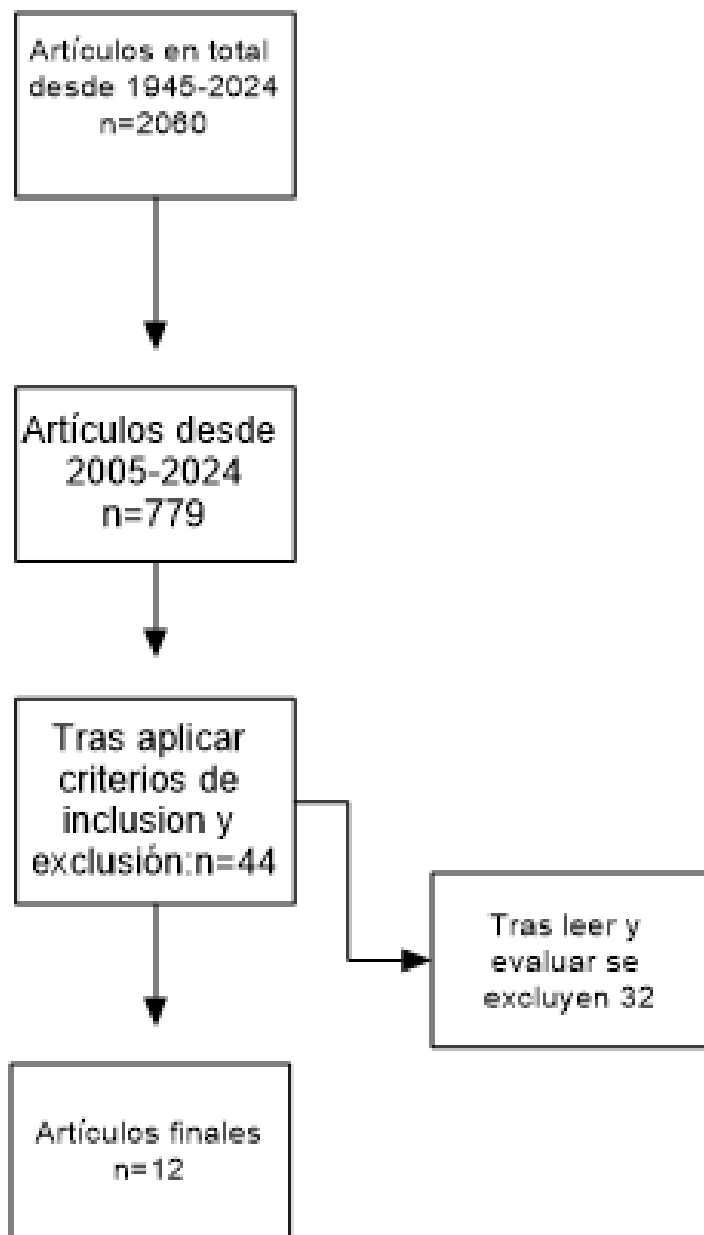


Tabla 1

Resumen de los artículos científicos revisados.

Autor y fecha	Muestra /Tratamiento	Resultados	Conclusiones
Pupo Negreira et al., 2009	Ensayo clínico: 60 niños con ambliopía, de edades 5-7 años, en Las Tunas, Cuba -Tratamiento: Terapia activa y pasiva.	El tratamiento fue efectivo en el 81,7% de los casos, con mejores resultados en edades tempranas, fijación foveal y ambliopía de origen refractivo	El tratamiento de rehabilitación visual mejoró la agudeza visual en la mayoría de los pacientes, con fijación foveal y ambliopía refractiva.
Roger W Li et al., 2008	Ensayo clínico: 7 adultos de entre 18 y 40 años con ambliopía. -Tratamiento: Terapia visual perceptiva.	Mejora de la agudeza visual: los ambliopes graves mejoraron 1.75–4.23 veces, y los leves 1.35–1.75 veces.	Los resultados sugieren que puede ser favorable este tipo de rehabilitación visual, tanto en niños como en adultos con ambliopía.
Yalcin and Balci, 2014	Ensayo clínico: 99 sujetos entre 9 y 50 años con diagnóstico previo de ambliopía. -Tratamiento: Terapia visual perceptiva.	Demostraron una mejora del ángulo mínimo de resolución y de la función de sensibilidad al contraste.	Los resultados de este estudio demuestran la eficacia de la terapia de visión perceptiva para mejorar la agudeza visual.
Konstantinos T Tsaousis et al., 2023	Revisión bibliográfica. -Tratamiento: Terapia visual perceptiva.	El aprendizaje perceptivo estimula la neuroplasticidad, reduce la supresión interocular y mejora las deficiencias visuales causadas por la ambliopía	Este tratamiento innovador es efectivo tanto en niños como en adultos, incluso en aquellos pacientes que no han respondido al uso del parche.
Xiang-Yun Liu et al., 2011	Ensayo clínico: 23 sujetos ambliópicos de entre 8 y 17 años en el Hospital de la ciudad de Tengzhou. -Tratamiento: Perceptivo Vs Parche.	El entrenamiento mejoró la agudeza visual, y a la estereopsis en ambos grupos.	El aprendizaje perceptivo tiene un impacto terapéutico pequeño pero significativo en los ojos juveniles para ambos grupos estudiados.
Md Oliullah Abdal et al., 2022	161 niños (4-13 años) -Tratamiento: Terapia visual dicóptica con la plataforma Bynocs.	MAVC: Cambio medio de 0,39 logMAR ($p < 0,001$). Función Binocular (BF): Cambio medio de 1,55 ($p < 0,001$)	La Terapia Dicóptica es efectiva en la restauración de la agudeza visual y la función binocular

Scott Xiao et al., 2022	Ensayo controlado aleatorio. 105 niños de 4 a 7 años con ambliopía en 21 centros académicos y comunitarios de los Estados Unidos -Tratamiento: Terapia visual dicóptica.	Mejora de AV 1,8 líneas en el grupo de tratamiento y 0,8 líneas en el grupo de comparación. El estudio se detuvo anticipadamente por su éxito.	Los resultados confirman la utilidad de la terapia como un tratamiento eficaz en la práctica clínica.
Reed M. Jost et al., 2022	Ensayo clínico aleatorizado con diseño de grupos paralelos. - Tratamiento: con películas dicópticas	MAVC: Mejora modesta en la agudeza estereoscópica en el grupo de películas.	Las películas dicópticas son tan efectivas como el parche para mejorar la agudeza visual en niños pequeños. Ofrecen una alternativa atractiva al parche.
Vijay Tailor et al., 2022	Revisión Bibliográfica. -Tratamiento: evalúan los tratamientos binoculares en niños Vs efectividad a los tratamientos convencionales.	El estudio encontró, en promedio, que la visión mejora tanto con el parche como con el nuevo tratamiento binocular con ordenador	Mejora de Agudeza Visual: Comparable entre tratamiento binocular y convencional con parches. Limitaciones: Tamaño de muestra pequeño impide conclusiones definitivas.
Zhale Rajavi et al., 2019	Ensayo clínico: estudio de 38 niños con ambliopía unilateral (de 3 a 10 años). -Tratamiento: Binocular interactivo con realidad virtual.	La agudeza visual corregida mejoró en ambos grupos, los grupos con parches y sin parche.	Sugiere realizar más ensayos clínicos aleatorizados con un tamaño de muestra mayor y una duración más prolongada del estudio.
Nicola Herbison et al., 2016	Ensayo controlado aleatorio en pacientes con ambliopía de 4 a 8 años con tres grupos. -Tratamiento: juegos de tratamiento binocular no interactivo [non-I-BiT].	No hubo diferencias entre el DVD I-BiT y los juegos sin I-BiT	Leve mejoría de la visión en los tres grupos. No hubo diferencias entre los tres tratamientos
Juraj Halicka et al., 2021	Caso clínico de un adulto con ambliopía anisométrica -Tratamiento: Terapia visual con realidad virtual.	MAVC a distancia de 0,05 a 0,5 (diagrama de Sloan). Consiguió gradualmente desarrollar la estereopsis	Gran potencial del entrenamiento mediante realidad virtual como un tratamiento efectivo para la ambliopía en adultos

En un contexto similar, el estudio de M Johnson et al. (2019), proporciona resultados exploratorios sobre la eficacia de las películas dicópticas en el que reveló que los niños que utilizaron este método mostraron mejoras significativas en la estereopsis tras

dos semanas, las cuales se mantuvieron a las cuatro semanas. Esto contrasta con el grupo que utilizó el parcheo convencional, que no presentó mejoras significativas en este aspecto. Además, se observó que los niños con una agudeza visual de partida más baja tendieron a mostrar mayores mejoras en la agudeza visual al utilizar las películas dicópticas, especialmente aquellos que no habían tenido éxito en tratamientos pasivos previos. Ofreciendo una opción terapéutica innovadora y accesible que actúa como una alternativa al tratamiento con parches, resultando mucho más atractiva para niños.

Tradicionalmente, la ambliopía en adultos y en niños mayores ha sido considerada una condición difícil de tratar debido a la supuesta falta de plasticidad en la corteza visual más allá del periodo crítico de desarrollo, que generalmente abarca los primeros años de vida. Durante mucho tiempo, se pensaba que después de este periodo el cerebro perdía la capacidad de adaptarse a estímulos visuales, y que cualquier esfuerzo por corregir la ambliopía resultaría infructuoso en edades avanzadas. Sin embargo, los estudios revisados en este trabajo de fin de máster (TFM) desafían esta perspectiva, aportando evidencia sólida sobre la plasticidad residual en el cerebro adulto y mostrando que, aunque limitada, esta plasticidad puede aprovecharse mediante métodos específicos como el aprendizaje perceptivo.

Diversos estudios, como los realizados por Roger W Li et al., (2008), Yalcin y Balci (2014), y Konstantinos T Tsaousis et al., (2023), respaldan la idea de que la ambliopía en adultos no es tan inmutable como se creía. Estos estudios se enfocan en explorar la eficacia del aprendizaje perceptivo, un enfoque que se basa en la práctica repetitiva

de tareas visuales que requieren un alto nivel de atención y discriminación. Los resultados obtenidos por estos investigadores revelan que, a través de la práctica intensiva, los adultos con ambliopía pueden experimentar mejoras significativas en la agudeza visual y en otras áreas de la función visual. Esta práctica repetitiva, al estimular continuamente las áreas visuales del cerebro, promueve el ajuste y la adaptación de las redes neuronales, lo que se traduce en una mejoría de la visión.

El aprendizaje perceptivo, además de ser eficaz en edades avanzadas, permite personalizar los ejercicios visuales según las necesidades del paciente, lo cual es fundamental en el tratamiento de la ambliopía, dado que los niveles de deterioro y las áreas afectadas pueden variar ampliamente entre los individuos. Estos hallazgos invitan a reconsiderar la limitación que históricamente se le ha asignado a la terapia visual en adultos y sugieren que el tratamiento puede ser efectivo en diversas etapas de la vida, lo que representa un avance importante en el campo de la rehabilitación visual.

Para profundizar en esta perspectiva, es relevante analizar casos específicos que demuestran la efectividad del tratamiento en edades avanzadas. En este contexto, el estudio de Juraj Halicka et al., (2021) resulta especialmente ilustrativo. En este trabajo, se presenta el caso de un joven de 22 años con hipermetropía y ambliopía anisométrica tardía en el ojo derecho, quien fue diagnosticado a los 8 años. Este paciente se sometió a un programa intensivo de tratamiento que se llevó a cabo durante un año y medio, con un total de 44 horas de entrenamiento visual basado en realidad virtual (RV). Para la terapia, se utilizaron

cascos de RV, como el Oculus Rift, y videojuegos específicamente diseñados para estimular la cooperación binocular, obligando al cerebro a utilizar ambos ojos de manera simultánea.

Los resultados del tratamiento fueron sorprendentes. Tras el primer mes de terapia, el paciente experimentó una mejora significativa en la agudeza visual del ojo ambliópico, pasando de 0,05 a 0,2, lo cual representó un avance notable en comparación con el estado inicial. Además, el paciente reportó una mejora subjetiva en su percepción de profundidad, un aspecto de la visión que nunca había experimentado antes del tratamiento. A pesar de que no se observaron mejoras adicionales significativas durante las siguientes 10 horas de tratamiento, el seguimiento realizado dos años después reveló que la agudeza visual del paciente se había estabilizado en 0,32 y, al completar el tratamiento, se mantuvo en 0,4. Estos resultados sugieren una mejoría duradera, lo que apunta a cambios neuronales posiblemente permanentes.

El entrenamiento visual con RV incluyó videojuegos que fomentaban la cooperación binocular. Durante este proceso, se realizaron pruebas de resonancia magnética funcional que mostraron una reducción en la activación de la corteza visual tras el tratamiento, lo que sugiere que se produjeron cambios neuronales duraderos en la estructura y funcionalidad cerebral. Aunque el paciente experimentó una ligera pérdida en la agudeza visual algunos meses después de finalizar el tratamiento, logró mantener una estereopsis funcional, lo cual indica que el tratamiento no solo mejoró su visión sino también su capacidad de percepción tridimensional.

Este caso proporciona evidencia de que, a pesar de haber pasado el periodo crítico de plasticidad visual, el entrenamiento con realidad virtual puede ofrecer mejoras significativas en la agudeza visual y en la estereopsis para adultos con ambliopía. Sin embargo, aunque los resultados son alentadores, es necesario tener en cuenta que este es solo un estudio de caso, y que se requieren más ensayos clínicos controlados para confirmar estos hallazgos y evaluar la efectividad de la realidad virtual en comparación con otros métodos de tratamiento visual.

Este estudio también destaca el potencial de la realidad virtual como herramienta terapéutica, especialmente en el contexto de la ambliopía en adultos. A diferencia de los métodos tradicionales, como el parcheo, que suelen centrarse en el bloqueo del ojo dominante para estimular el ojo ambliópico, la RV permite una estimulación activa y simultánea de ambos ojos en un entorno dinámico. Esto facilita la cooperación binocular y promueve una experiencia terapéutica más atractiva, especialmente para pacientes jóvenes y adultos familiarizados con el uso de dispositivos electrónicos.

En conclusión, el tratamiento de la ambliopía en adultos mediante aprendizaje perceptivo y realidad virtual representa un avance importante en el campo de la terapia visual, al ofrecer una opción viable para mejorar la visión incluso en etapas avanzadas de la vida. Estos hallazgos abren nuevas posibilidades en el tratamiento de la ambliopía y subrayan la necesidad de continuar investigando para desarrollar terapias más efectivas y accesibles para pacientes de todas las edades.

Por otro lado, el estudio realizado por Zhale Rajavi et al., (2019) presenta una comparación directa entre la terapia de realidad virtual y el parcheo convencional en el tratamiento de la ambliopía unilateral en niños. En este ensayo clínico aleatorizado participaron 38 niños de entre 3 y 10 años, quienes fueron divididos en dos grupos: uno que jugó con juegos I-BiT™ utilizando tecnología de realidad virtual y otro que utilizó parches mientras participaba en un juego placebo. Los resultados tras un mes de tratamiento fueron reveladores, mostrando mejoras significativas en la agudeza visual corregida para ambos grupos (grupo I-BiT™: $P = 0.003$; grupo control: $P < 0.001$) y en estereopsis ($P < 0.001$). Sin embargo, las comparaciones entre los grupos no revelaron diferencias significativas en la eficacia del tratamiento.

Aunque estos resultados indican que la terapia de realidad virtual no es más eficaz que el parcheo tradicional, hay aspectos importantes a considerar. El método de realidad virtual podría ofrecer una experiencia más tolerable y atractiva para los niños, que a menudo se sienten más motivados al interactuar con tecnologías modernas y dispositivos electrónicos. Este factor de motivación es crucial, ya que la adherencia al tratamiento es uno de los mayores desafíos en el manejo de la ambliopía, especialmente en pacientes jóvenes.

Además, la realidad virtual permite una estimulación binocular de manera interactiva y dinámica, lo que resulta difícil de lograr con el parcheo convencional. Al involucrar a los niños en juegos que requieren el uso de ambos ojos, la terapia puede facilitar el desarrollo de habilidades visuales de manera más integral. Esta capacidad para fomentar

la colaboración entre los ojos puede ser especialmente beneficiosa para aquellos pacientes que no solo necesitan mejorar la agudeza visual, sino también la percepción de profundidad y la coordinación visual. En resumen, aunque la eficacia clínica no muestra diferencias significativas, el enfoque innovador y atractivo de la realidad virtual podría representar una opción viable para mejorar la adherencia y, potencialmente, los resultados a largo plazo en el tratamiento de la ambliopía.

Caso similar, el estudio de Vijay et al., (2022) ofrece una revisión relevante que compara la efectividad de los métodos tradicionales y emergentes. Los resultados de este estudio indican que el tratamiento binocular es igualmente eficaz que el uso de parches en términos de mejorar la agudeza visual en el corto plazo. Sin embargo, no encontraron evidencia de que el tratamiento binocular sea significativamente superior al método tradicional del parche. Estos hallazgos son consistentes con investigaciones previas que han encontrado mejoras similares, lo cual subraya la necesidad de más estudios que exploren si este tipo de intervención podría presentar beneficios adicionales en el largo plazo.

Otro estudio, realizado por Zhale Rajavi et al., (2019), destaca el potencial de las terapias visuales basadas en realidad virtual como una alternativa moderna. Este enfoque innovador muestra resultados en cuanto a la mejora de la agudeza visual comparables a los logrados con métodos pasivos, como el parche. La realidad virtual, al ofrecer una experiencia inmersiva y controlada, podría aportar beneficios únicos, en particular al captar y mantener la atención de los pacientes pediátricos. Dado que la mayoría de los niños y adolescentes están

familiarizados con el uso de dispositivos electrónicos, la realidad virtual puede ser una herramienta atractiva y eficaz.

Ambos estudios coinciden en que son necesarias investigaciones adicionales con muestras más grandes y de mayor duración para obtener una mejor comprensión de la efectividad de estos tratamientos a largo plazo. Además, el tratamiento binocular, al requerir menos adhesión física y ser más interactivo, podría ser una opción más tolerable para los niños, ofreciendo una alternativa eficaz y mejor aceptada en el tratamiento de la ambliopía. Dado el creciente uso de dispositivos digitales entre los jóvenes, la terapia con realidad virtual o tratamientos binoculares en pantalla podrían integrarse de manera efectiva en su vida cotidiana, facilitando la adherencia y potencialmente mejorando los resultados de tratamiento en el futuro.

De igual forma cabe destacar, los hallazgos de varios estudios incluyendo el de Xiang-Yun Lin et al., (2011), donde resaltan el valor del aprendizaje perceptivo como una alternativa prometedora para el tratamiento de la ambliopía, especialmente en pacientes fuera del período sensible, donde las intervenciones tradicionales suelen tener menos efectividad. Este enfoque abre nuevas oportunidades de tratamiento para jóvenes y adultos que no han respondido a terapias convencionales o que, por diferentes razones, no recibieron tratamiento en edades tempranas. El aprendizaje perceptivo, basado en la práctica repetitiva de tareas visuales, incluye ejercicios diseñados para mejorar la discriminación visual y la sensibilidad a través de la estimulación continua de la corteza visual, logrando con ello mejoras en la agudeza visual.

La flexibilidad del aprendizaje perceptivo es otra de sus ventajas significativas. Gracias a los avances en la tecnología, este tipo de tratamiento puede implementarse a través de programas computacionales y aplicaciones móviles, lo cual facilita su accesibilidad para un público amplio. Los pacientes pueden realizar los ejercicios visuales desde la comodidad de su hogar, adaptando las sesiones a su propio ritmo y disponibilidad. Este aspecto no solo simplifica la logística de la terapia, sino que también contribuye a la adherencia del paciente al tratamiento, promoviendo una mayor continuidad y compromiso en el proceso de rehabilitación visual.

No obstante, el aprendizaje perceptivo tiene algunos retos. Debido a la naturaleza repetitiva y demandante de los ejercicios, el paciente debe mantener un alto nivel de motivación y constancia para observar mejoras en su visión. Esto podría representar una barrera para algunos pacientes, especialmente en aquellos con menor predisposición a realizar actividades prolongadas o que requieren dedicación constante. Es fundamental, por tanto, que los profesionales de la salud visual proporcionen una orientación adecuada y diseñen estrategias de motivación para asegurar que los pacientes puedan obtener el máximo beneficio de esta terapia. En conjunto, el aprendizaje perceptivo se perfila como una herramienta valiosa en la ampliación de las opciones terapéuticas para la ambliopía en distintos grupos de edad.

A largo plazo, integrar el aprendizaje perceptivo con tecnologías avanzadas, como la realidad virtual, y otras terapias activas podría dar lugar a un tratamiento de la ambliopía más completo y adaptable a las necesidades individuales de cada paciente.

La realidad virtual, por ejemplo, permite un entorno inmersivo donde los pacientes pueden participar en tareas visuales interactivas y dinámicas, que estimulan áreas específicas de la corteza visual de manera lúdica y motivadora. Al combinarse con el aprendizaje perceptivo, que fomenta la práctica repetitiva de ejercicios visuales, se podría intensificar el efecto terapéutico en términos de mejora de agudeza visual y sensibilidad.

Además, esta sinergia entre métodos terapéuticos tiene el potencial de ofrecer una vía de tratamiento personalizada y flexible que supera las limitaciones del enfoque tradicional del parcheo, el cual a menudo resulta incómodo o poco atractivo para los pacientes. De este modo, estos tratamientos combinados no solo optimizan los resultados en distintos grupos de edad, sino que también promueven una mayor adherencia al tratamiento debido a su naturaleza interactiva y adaptable.

CONCLUSIÓN

Las conclusiones obtenidas de los estudios revisados en este trabajo de fin de máster (TFM) indican que las terapias tradicionales para la ambliopía, como el parche y la corrección refractiva, aunque eficaces hasta cierto punto, tienen limitaciones considerables en términos de adherencia y efectividad, particularmente en casos de ambliopía moderada a severa. Estas limitaciones se manifiestan sobre todo en la resistencia al uso de parches, que puede generar malestar e incomodidad, afectando la continuidad del tratamiento y los resultados a largo plazo. Además, estos métodos, si bien son efectivos en los primeros años de vida, pueden no ser

suficientes para casos complejos o para individuos fuera del periodo de plasticidad visual en la infancia.

En respuesta a estas limitaciones, han surgido nuevos enfoques terapéuticos diseñados para estimular ambas vías visuales simultáneamente, en lugar de bloquear el ojo dominante. Entre estos, se destacan la estimulación binocular y el aprendizaje perceptivo, que han mostrado resultados prometedores en la mejora de la agudeza visual, la binocularidad y la estereopsis, ampliando las opciones de tratamiento para pacientes de distintas edades. Estos enfoques utilizan herramientas innovadoras como videojuegos terapéuticos, realidad virtual y entrenamiento dicóptico. Cada una de estas terapias busca motivar al paciente a través de la interacción, el dinamismo y la implicación activa en el proceso de tratamiento, factores que han demostrado mejorar la aceptación y la adherencia al tratamiento, especialmente en la población pediátrica.

Los videojuegos terapéuticos, por ejemplo, han mostrado beneficios al convertir el tratamiento en una actividad lúdica y atractiva, reduciendo la resistencia al uso de la terapia en niños. Estos juegos están diseñados para estimular ambos ojos de manera simultánea a través de desafíos visuales que requieren coordinación y atención, lo cual fortalece las conexiones neuronales en el cerebro ambliópico. Los estudios han reportado que los niños que participan en tratamientos basados en videojuegos tienen una mayor tasa de adherencia y muestran avances significativos en la agudeza visual y la percepción de profundidad, en comparación con aquellos que siguen únicamente el tratamiento de parcheo.

Por otro lado, el uso de la realidad virtual ha mostrado un gran potencial para la rehabilitación visual, ya que permite crear entornos tridimensionales interactivos donde el paciente debe utilizar ambos ojos para percibir la profundidad y resolver tareas específicas. La realidad virtual no solo es una herramienta que capta la atención de los pacientes, sino que también permite una estimulación binocular activa que el parcheo tradicional no puede ofrecer. Estudios recientes han mostrado que la terapia con realidad virtual es bien tolerada por los pacientes y tiene la capacidad de reactivar la plasticidad neural en el cerebro, incluso en adultos que no respondieron favorablemente a métodos convencionales de tratamiento.

El entrenamiento dicóptico es otra metodología que se ha explorado en los últimos años. Este método consiste en presentar imágenes diferentes a cada ojo de forma simultánea, obligando al cerebro a integrar ambas imágenes para lograr una visión completa. Este tipo de entrenamiento no solo mejora la agudeza visual, sino que también favorece la binocularidad y la estereopsis. Los estudios revisados señalan que los tratamientos dicópticos permiten una mayor recuperación de la función visual en comparación con la oclusión pasiva, especialmente en pacientes jóvenes, quienes encuentran en este método una experiencia menos invasiva y más atractiva.

No obstante, aunque los resultados preliminares de estas nuevas terapias son alentadores, aún existen variaciones en la efectividad del tratamiento dependiendo de factores como la severidad de la ambliopía y la respuesta individual al tratamiento. Los estudios destacan que, para maximizar los beneficios de estos enfoques, es fundamental personalizar la duración del tratamiento y

ajustar las actividades según las necesidades específicas de cada paciente. Por ejemplo, algunos casos de ambliopía más avanzada pueden requerir un periodo de tratamiento más prolongado para lograr resultados sostenibles.

A pesar de los avances, los expertos coinciden en la necesidad de realizar ensayos clínicos aleatorizados y controlados a gran escala para validar la efectividad de estos nuevos enfoques en diferentes tipos de ambliopía. Hasta el momento, muchos estudios presentan limitaciones debido al tamaño reducido de las muestras y la falta de un seguimiento prolongado. Es crucial analizar más a fondo cómo factores como la edad del paciente, la causa de la ambliopía y la presencia de estrabismo pueden influir en la respuesta al tratamiento y en los resultados visuales obtenidos. Además, aunque se ha observado una mejora significativa en muchos pacientes a corto plazo, el seguimiento a largo plazo aún es limitado, y los investigadores señalan que se requieren estudios adicionales para confirmar la durabilidad de los beneficios visuales obtenidos a lo largo de los años.

En conclusión, los tratamientos basados en terapia visual y aprendizaje perceptivo representan alternativas viables y eficaces para tratar la ambliopía en diferentes rangos de edad. Estos enfoques muestran una mejora considerable en la función visual de los pacientes, aportando beneficios que van más allá de los métodos tradicionales como el parcheo. Los resultados obtenidos sugieren que estos métodos pueden reactivar la plasticidad neural en el cerebro ambliópico y ofrecer opciones terapéuticas más atractivas y tolerables, especialmente para pacientes pediátricos y adultos jóvenes.

Sin embargo, la investigación futura debe centrarse en realizar ensayos más amplios y en el seguimiento a largo plazo para establecer de manera definitiva la eficacia y la seguridad de estos tratamientos en distintos tipos de ambliopía y en poblaciones más diversas. Así, se podría lograr un cambio en los paradigmas de tratamiento y abrir un abanico de posibilidades terapéuticas que permita a más pacientes recuperar la visión y mejorar su calidad de vida.

REFERENCIAS

- Abdal, M. O., Bhombal, F., Nankani, G. J., Nankani, S. G., Lad, S., Dholam, A., Kumari, R., Mahajan, J., & Piñero, D. P. (2022). Evaluation of the efficacy of a new dichoptic digital platform to treat anisometropic and isometropic amblyopia.
- Elvan, Y., & Balci, Ö. (2014). Efficacy of perceptual vision therapy in enhancing visual acuity and contrast sensitivity function in adult hypermetropic anisometropic amblyopia.
- Halicka, J., Bittsanky, M., Sivak, S., Piñero, D. P., & Ziak, P. (2021). Virtual reality visual training in an adult patient with anisometropic amblyopia: Visual and functional magnetic resonance outcomes.
- Herbison, N., MacKeith, D., Vivian, A., Purdy, J., Fakis, A., Ash, I. M., Cobb, S. V., Eastgate, R. M., Haworth, S. M., Gregson, R. M., & Foss, A. J. (2016). Randomised controlled trial of video clips and interactive games to improve vision in children with amblyopia using the I-BiT system.
- Jost, R. M., Hudgins, L. A., Dao, L. M., Stager, D. R. Jr., Luu, B.,

- Beauchamp, C. L., Hunter, J. S., Giridhar, P., Wang, Y.-Z., & Birch, E. E. (2022). Randomized clinical trial of streaming dichoptic movies versus patching for treatment of amblyopia in children aged 3 to 7 years.
- Li, R. W., Klein, S. A., & Levi, D. M. (2008). Prolonged perceptual learning of positional acuity in adult amblyopia: Perceptual template retuning dynamics.
- Liu, X.-Y., Zhang, T., Jia, Y.-L., Wang, N.-L., & Yu, C. (2011). The therapeutic impact of perceptual learning on juvenile amblyopia with or without previous patching treatment.
- Pupo Negreira, E. C., Labrada Rodríguez, Y. H., & Verdecia Jacobo, K. (2009). Rehabilitación visual en niños ambliopes. *Revista Cubana de Oftalmología*, 22(2).
- Rajavi, Z., Sabbaghi, H., Amini Sharifi, E., Behradfar, N., & Kheiri, B. (2019). Comparison between patching and interactive binocular treatment in amblyopia: A randomized clinical trial.
- Taylor, V., Ludden, S., Bossi, M., Bunce, C., Greenwood, J. A., & Dahlmann-Noor, A. (2022). Binocular versus standard occlusion or blurring treatment for unilateral amblyopia in children aged three to eight years.
- Tsaousis, K. T., Mousteris, G., Diakonis, V., & Chaloulis, S. (2023). Current developments in the management of amblyopia with the use of perceptual learning techniques.
- Xiao, S., Angjeli, E., Wu, H. C., Gaier, E. D., Gomez, S., Travers, D. A., Binenbaum, G., Langer, R., Hunter, D. G., Repka, M. X., & Luminopia Pivotal Trial Group. (2022). Randomized controlled trial of a dichoptic digital therapeutic for amblyopia.