



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Nuevos dispositivos en el tratamiento de la ambliopía. Revisión bibliográfica.

“New devices in the treatment of amblyopia. Literature review”

Autor/a: Elena Agreda Vela

Tutores: Olimpia Castillo, Teresa Pérez Roche

ÍNDICE

ABREVIATURAS	3
RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 DEFINICIÓN DE AMBLIOPÍA	5
1.2 TIPOS DE AMBLIOPÍA	6
1.3 DIAGNÓSTICO	7
1.4 TRATAMIENTO	8
1.5 NUEVOS TRATAMIENTOS:	10
2. OBJETIVOS	13
3. MÉTODOS	14
3.1 ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA	14
3.2 CRÍTERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN	14
3.3 EXTRACCIÓN DE DATOS	15
4. RESULTADOS	16
5. DISCUSIÓN	18
6. CONCLUSIÓN	21
BIBLIOGRAFÍA	23

ABREVIATURAS

AV= Agudeza visual

CAM= Cambridge Visual Stimulator

CSF= Función de sensibilidad al contraste

D= Dioptrías

MAVC= Agudeza visual mejor corregida

NBPL= Aprendizaje perceptual basado en redes

OCT= Tomografía de coherencia óptica

SC= Sensibilidad al contraste

SV= Sistema visual

RESUMEN

Introducción: La ambliopía es un trastorno del desarrollo neurológico de la corteza visual que surge de una experiencia visual anormal en una etapa temprana de la vida. Es clínicamente importante porque es una de las principales causas de pérdida de visión en bebés y niños pequeños. En los últimos años se ha mostrado interés por desarrollar nuevos métodos en el tratamiento de la ambliopía y extenderlos más allá del periodo crítico. Entre estos métodos destacan el aprendizaje perceptual que es una técnica que utiliza un proceso de aprendizaje para mejorar la visión y la terapia dicóptica que se basa en una reducción de la supresión en el córtex visual del ojo ambliope mediante la presentación simultánea de estímulos que se perciben de forma separada y diferente en cada ojo.

Materiales y métodos: Se ha realizado una búsqueda exhaustiva en bases de datos académicas y médicas con el fin de encontrar estudios relevantes relacionados con los nuevos tratamientos para la ambliopía. Se incluyeron investigaciones y ensayos clínicos que evaluaron como estos tratamientos mejoraban la agudeza visual, sensibilidad al contraste y función binocular en pacientes ambliopes. Se analizaron los resultados de estos estudios y se compararon con las terapias convencionales.

Conclusiones: Los estudios recientes sobre los nuevos tratamientos para la ambliopía han resultado ser prometedores. Se ha observado que estas nuevas terapias mejoran la agudeza visual, la sensibilidad al contraste y la función binocular, además, se utilizan en pacientes que han pasado el periodo crítico. Sin embargo, se han encontrado limitaciones que hacen que todavía no estén preparados para ser tratamientos de primera línea.

Palabras clave: Ambliopía, Agudeza visual, Aprendizaje perceptual, Terapia dicóptica.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 DEFINICIÓN DE AMBLIOPÍA

La ambliopía, también conocida como "ojo vago", es un trastorno del desarrollo neurológico de la corteza visual que surge de una visión anormal en una etapa temprana de la vida¹. Puede definirse como una agudeza visual (AV) reducida acompañada de uno o más factores ambliogénicos conocidos, como estrabismo, anisometropía, alto error refractivo y cataratas². Aunque, clínicamente, se define como una diferencia de dos o más líneas en el test de Snellen entre el ojo sano y el ambliope en el caso de ambliopía unilateral. Si se trata de ambliopía bilateral, la agudeza visual mejor corregida (MAVC) es inferior a 0,5³.

La ambliopía es clínicamente importante porque es la causa más frecuente de pérdida de visión en bebés y niños pequeños, a parte del error refractivo¹.

La pérdida visual se puede atribuir a la inhibición de señales neurológicas en la vía visual del ojo ambliope, esta inhibición se produce por cambios anatómicos visibles en el núcleo geniculado lateral y en la corteza occipital. Actualmente, se han demostrado cambios en la retina y la coroides a través de imágenes de tomografía de coherencia óptica (OCT).

En un estudio sobre cambios en el grosor coroideo en ojos ambliopes, realizado por Yanli Liu et al. se concluyó que el grosor coroideo subfoveal es mayor en ojos ambliopes que en el ojo fijador y en ojos sanos. También se estudió el grosor coroideo en las regiones temporal y nasal, encontrando que hay mayor grosor en la región temporal en ojos ambliopes que en el ojo fijador y en ojos sanos. Christiane E. Al-Haddad et al. estudiaron el grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina y el grosor macular en ojos ambliopes mediante OCT. Encontraron que el grosor macular central fue mayor en ojos con ambliopía anisométrica que en ojos solo anisométricos⁴.

Por lo general, la ambliopía comienza en los primeros 3 años de vida¹ y es considerada una afectación tanto unilateral como bilateral, sin embargo, esta patología está directamente relacionada con el desarrollo anormal de la binocularidad. Como consecuencia del déficit en el desarrollo de las vías de conexión entre ambos ojos, se produce, tanto en el ojo ambliope como en el ojo fijador, alteraciones en la sensibilidad al contraste (SC), en la integración espacial, la percepción global de la movilidad...⁴

1.2 TIPOS DE AMBLIOPÍA

La ambliopía se puede clasificar según su etiología o según su gravedad.

- **SEGÚN SU ETIOLOGÍA:**

La *ambliopía estrábica* ocurre cuando los ojos están desalineados, esto se debe a que hay una interacción binocular anormal debido al estrabismo. Esta interacción anormal se produce porque a las foveas de los dos ojos se les presentan imágenes diferentes que el cerebro no puede fusionar. La corteza visual suprime la imagen de un ojo para evitar la diplopía (visión doble); la supresión a largo plazo de un ojo es lo que produce la ambliopía estrábica⁵. Este tipo de ambliopía no se produce en todos los niños con estrabismo, por ejemplo, cuando el estrabismo es intermitente, se pueden fusionar las imágenes la mayoría del tiempo evitando que se desarrolle la ambliopía⁵.

La ambliopía estrábica provoca pérdida de visión binocular y, por tanto, de estereopsis que es la percepción de profundidad.

La *ambliopía refractiva* se puede dividir en dos categorías:

- *Ambliopía ametrópica*: es menos común y se desarrolla cuando hay un defecto refractivo grave no corregido. Cuando el error refractivo no se corrige de forma adecuada se producirá ambliopía en el ojo con mayor ametropía ya que el cerebro preferirá el ojo más sano.

La ambliopía refractiva ocurre con mayor frecuencia en pacientes hipermétropes, generalmente, con más de 6 dioptrías (D), también puede ocurrir en astigmatismos mayores de 3D. La miopía también puede conducir al desarrollo de la ambliopía, pero es menos ambliopizante que las anteriores ya que el ojo puede enfocar en cerca.

- *Ambliopía anisométrica*: ocurre más comúnmente cuando hay un error refractivo asimétrico. Las foveas de los dos ojos presentan una claridad de imagen diferente debido a errores refractivos no corregidos desiguales, es decir, la imagen de un ojo no se enfoca en la fovea al mismo tiempo que la del otro. Se produce cuando hay diferencias de refracción de 1,5D entre ambos ojos, produciendo la ambliopía en el ojo con mayor ametropía.

La *ambliopía por privación* es el tipo menos común y más grave. Se produce por la privación de la visión, normalmente, debido a la interrupción del eje visual o la distorsión severa de la imagen foveal, el cerebro elige el ojo a través del cual recibe las imágenes más claras

suprimiendo el otro. La privación de la visión se puede deber a cataratas congénitas, ptosis, opacidades corneales congénitas, hemorragia vítrea o errores refractivos graves. Son ambliopías difíciles de resolver pese al éxito anatómico del tratamiento de dichas alteraciones.

- **SEGÚN SU SEVERIDAD:**

En ausencias de anomalías patológicas, se considera que hay ambliopía si la AV es igual o peor a 0,6. En la siguiente tabla se clasifica la ambliopía dependiendo de la AV:

LEVE	AV > 0,5
MODERADA	AV entre 0,5 y 0,2
SEVERA	AV < 0,2

Tabla 1. Clasificación de la ambliopía según la AV del ojo ambliope

1.3 DIAGNÓSTICO

El diagnóstico de la ambliopía se realiza cuando hay evidencias de que existe una AV disminuida que no se puede explicar por anomalías físicas, patologías estructurales oculares, opacidades en los medios o anomalías de las vías visuales centrales⁵.

Cuando existen indicios de que pueda existir dicha ambliopía se realiza una exploración oftalmológica completa que consiste en:

- *Anamnesis* donde se detalle el motivo de la consulta, antecedentes perinatológicos, antecedentes personales y familiares, además de las observaciones que han hecho los padres, por ejemplo, si han visto que desvía algunos de los ojos, si inclina mucho la cabeza... ⁵
- *Medida de la AV*, esta medida va a depender de la edad del niño y de si es colaborador con la prueba. Cuando son niños preverbales o poco colaboradores se suele utilizar la prueba del reflejo de fijación que consiste en mover un objeto delante del campo visual del niño ocluyendo uno de los

ojos. Si padecen ambliopía, cuando ambos ojos estén destapados no van a poder mantener la fijación con el ojo ambliope⁵.

Por otro lado, si son niños mayores de 3 años o colaboradores se utiliza, normalmente, el test de Snellen. Si el resultado obtenido es $AV < 1$ se coloca el estenopeico para ver si mejora, en caso afirmativo, la disminución de AV se debe a un problema refractivo. Si, por el contrario, la AV no mejora con estenopeico y es menor de 0,5 o hay una diferencia de dos líneas entre los dos ojos, se sospechará de ambliopía⁵.

- *Refracción bajo ciclopejía*, es un test objetivo que se utiliza con el fin de determinar y cuantificar el error refractivo del paciente en ausencia de la acomodación. Para ello, se utiliza un retinoscopio.
- *Cover Test*, se utiliza para detectar la presencia de estrabismo diferenciando entre tropía (desviación manifiesta) y foria (desviación latente).
El niño se tiene que fijar en un objeto cercano o a 3 metros, taparemos y destaparemos uno de los ojos fijándonos en si alguno de los dos se mueve. Cuando existe una tropía, el ojo desviado gira para fijarse en el objeto, pero cuando se descubre el ojo bueno, el ojo desviado vuelve a su posición estrábica original. Sin embargo, si se trata de una foria, cuando tapamos uno de los ojos, este se mueve debajo del ocluser en dirección opuesta.
La prueba debe realizarse en ambos ojos. Normalmente, cuando el niño se irrita al realizar esta prueba puede ser síntoma de ambliopía, ya que cuando ocluimos el ojo bueno el ojo estrábico no recibe información visual y, por tanto, el niño no puede ver⁵.
- *Lámpara de hendidura*, está técnica consiste en explorar el segmento anterior ocular para descartar causas orgánicas. Se examina párpados, pestañas, conjuntiva bulbar y palpebral, córnea, iris y cristalino.
- *Oftalmoscopia directa*, con esta técnica podemos explorar el fondo de ojo para descartar causas orgánicas. Las estructuras que se pueden examinar son retina, papila, vasos retinianos y mácula.

1.4 TRATAMIENTO

El tratamiento de la ambliopía se basa en abordar la fuente de privación visual en el caso de que la haya, corregir el defecto refractivo y promover el uso del ojo ambliope ya sea con parches, terapia farmacológica o con la penalización óptica del ojo no ambliope. Independientemente del tratamiento que se quiera usar, el primer paso es la corrección óptica excepto cuando es una ambliopía por privación donde, por ejemplo, se extirparía la catarata que produce dicha ambliopía⁵.

- CORRECCIÓN DEL DEFECTO REFRACTIVO

La corrección óptica del error refractivo es el paso inicial para proporcionar una imagen retiniana clara en cada ojo en niños con ambliopía⁵. Esta corrección por sí sola no produce, inicialmente, una AV normal en el ojo ambliope. Sin embargo, varios ensayos clínicos ^{8,9,10} han demostrado que, durante un periodo de 10 a 30 semanas, este tratamiento sí que mejora significativamente la AV tanto en ambliopes anisométricos como en estrábicos, aproximadamente un tercio de estos casos se resuelven solo con la corrección óptica. Aunque, sí que es cierto que es más efectivo en niños más pequeños que en niños más mayores (hasta 17 años)¹¹.

- OCLUSIÓN CON PARCHES

La oclusión con parches consiste en cubrir el ojo sano para así estimular el ojo ambliope. Este ha sido el tratamiento por excelencia en las últimas décadas y actualmente sigue siendo uno de los más usados por los oftalmólogos.

Durante los últimos 10 años, varios ensayos clínicos han proporcionado evidencias de como adaptar este tipo de tratamiento para conseguir el mejor resultado visual minimizando los impactos negativos en los niños. Se han realizado muchos estudios sobre la cantidad de horas que los niños tienen que llevar el parche y se ha llegado a la conclusión de que:

- En ambliopía severa, se vio que cuando se ocluía el ojo durante 6 horas al día se producía una mejora de AV similar a cuando se ocluía durante todo el día.
- En ambliopía moderada, cuando se ocluía el ojo durante 2 horas al día, había una mejora de AV similar a cuando se ocluía 6 horas.

Cuando la visión del ojo ambliope deja de mejorar con 2 horas diarias de parche, se recomienda aumentar la duración de la oclusión a 6 horas para obtener una mejor de AV⁵.

Este tipo de tratamiento puede tener algunos inconvenientes como⁵:

- Cambio de la dominancia ocular como resultado de la ambliopización del ojo sano debido a una oclusión excesiva o mal controlada.
- Aparición de estrabismo o aumento del ángulo de desviación.
- Mala colaboración del paciente.
- Problemas estéticos: el uso de parche puede crear problemas de carácter psicológico a los niños por su apariencia física.
- Alergias o irritaciones en la piel, especialmente en verano.

- **ATROPINA:**

La penalización con atropina es una alternativa al parche ya que ambos tratamientos son eficaces en ambliopía moderada. Las gotas oftálmicas de atropina al 1% bloquean la inervación parasimpática del músculo ciliar y la pupila lo que provoca una parálisis temporal de la acomodación y dilatación de la pupila. Esto produce visión borrosa en el ojo no ambliope además de la incapacidad de enfocar en cerca, estimulando así la fijación en cerca del ojo ambliope y la mejora visual⁵. Es más eficaz cuando el ojo no ambliope es hipermetrope⁷.

Inicialmente, la atropina se prescribe diariamente ya que el efecto ciclopéjico suele durar varios días. Aunque, varios estudios^{12,13} han visto que la terapia intermitente con atropina (uno o dos días a la semana) es igual de eficaz que usarla diariamente.

El uso de atropina puede tener efectos adversos en el tratamiento de la ambliopía como sensibilidad a la luz, irritación conjuntival, dolor ocular y deterioro del rendimiento del seguimiento visual. Además, puede tener efectos secundarios sistemáticos como dolores de cabeza y taquicardia⁶.

- **FILTRO DE BANGERTER:**

Son filtros que se utilizan para disminuir la visión del ojo no ambliope sin recurrir a la oclusión completa. Se colocan de forma adhesiva sobre la lente oftálmica del ojo dominante, haciendo la lente traslúcida.

Su función es estimular el ojo ambliope reduciendo la supresión y favoreciendo la visión binocular del paciente, cosa que con la oclusión total no ocurre⁶.

1.5 NUEVOS TRATAMIENTOS:

- **APRENDIZAJE PERCEPTIVO O PERCEPTUAL:**

El aprendizaje perceptivo es un proceso activo por el cual se consigue un desarrollo en la realización de tareas sensoriales a través de la practica o de la experiencia. Concretamente, el entrenamiento visual perceptivo es una técnica que utiliza un tipo de proceso de aprendizaje para mejorar la visión, donde el éxito depende de la atención que se les preste a los estímulos proporcionado¹⁹. En el caso de la ambliopía, el objetivo es conseguir reforzar y establecer patrones de coordinación y habilidad para usar ambos ojos a la vez mediante la utilización de videojuegos combinados con la terapia convencional²⁰.

Actualmente, se cree que las alteraciones de las respuestas neuronales en la corteza visual a una edad temprana son la principal causa de la disfunción visual en la ambliopía, planteándose así, la posibilidad de promover la plasticidad de la corteza visual mediante un método no invasivo como es el aprendizaje perceptual¹⁷. Esta técnica aplicada fuera del periodo crítico se ha utilizado para mejorar el rendimiento visual con el objetivo de crear nuevas conexiones neuronales y poder desarrollar y mejorar la eficacia del sistema visual¹⁹. Existen varios estudios que apoyan la terapia con aprendizaje perceptivo como método complementario a la oclusión e incluso como tratamiento para la ambliopía tanto en adultos como en niños mayores de 7 años²⁰.

Uno de los enfoques del aprendizaje perceptual es el *entrenamiento monocular*, que consiste en realizar tareas mientras el ojo dominante está ocluido con el objetivo de estimular el ojo ambliope. El otro enfoque de este tratamiento es la *terapia dicóptica* que se utiliza para reducir la supresión y estimular la función binocular (esta terapia se explica con más detalle en el siguiente punto)¹⁷.

El entrenamiento monocular se trata de una técnica que implica un proceso de aprendizaje para mejorar las capacidades visuales (AV, SC, estereopsis...).^{14,16} A los pacientes se les presenta una imagen idéntica a los dos ojos, al ojo dominante se le presenta la imagen con bajo contraste mientras que al ojo ambliope se le presenta la misma imagen con alto contraste. La finalidad es que consigan aumentar el contraste lentamente del ojo dominante hasta que haya el mismo en ambos ojos.¹⁴

En algunos estudios, el entrenamiento monocular se ha realizado mediante la detección de contraste de rejilla, mientras que en otros se ha utilizado la visualización videojuegos¹⁷.

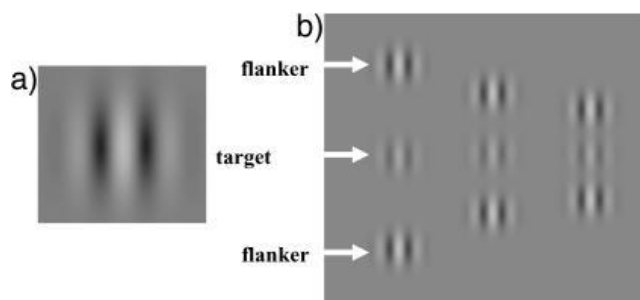


Figura 1. Ejemplo de rejillas locales de nivel gris²²

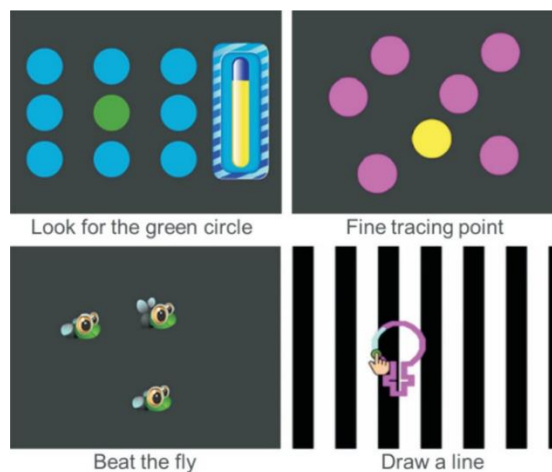


Figura 2. Ejemplos de videojuegos²⁴

- TERAPIA DICÓPTICA:

La terapia dicóptica para tratar la ambliopía se basa en una reducción de la supresión en el córtex visual del ojo ambliope mediante la presentación simultánea de estímulos que se perciben de forma separada y diferente en cada ojo¹⁷. Con este proceso de entrenamiento visual se pretende que una vez que se han presentado los estímulos independientes a cada ojo de forma simultánea, el cerebro sea capaz de integrarlos en condiciones de visión binocular. Lo que produce una mejora de la AV en el ojo ambliope con la posterior mejora de visión binocular y SC¹⁵.

Hay tres técnicas diferentes para llevar a cabo la terapia dicóptica¹⁸:

- *Terapia antipresión* donde el ojo sano se expone a imágenes con un contraste significativamente reducido en comparación con el ojo ambliope.
- *Terapia binocular* donde se emplean imágenes borrosas vistas por el ojo no ambliope con el fin de equilibrar la visión binocular.
- *Tratamiento binocular interactivo* donde se presentan diferentes partes de una escena visual a cada ojo mientras el paciente mira un video o juega a un juego que requiere binocularidad.

Cada una de estas técnicas se puede realizar como terapia única o combinada con otras¹⁸.

En la terapia dicóptica se utilizan diferentes métodos para mejorar la visión binocular como juegos de realidad virtual, películas polarizadas, anaglifos...

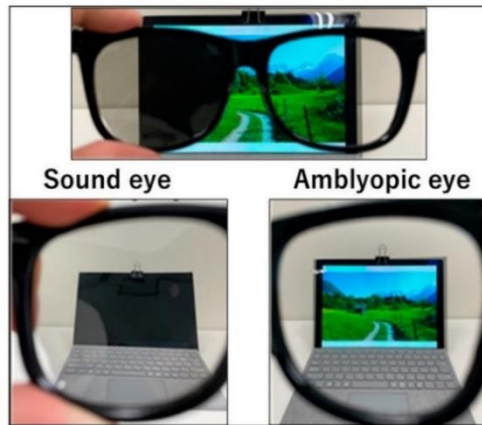


Figura 3. Ejemplo de película polarizada²⁷

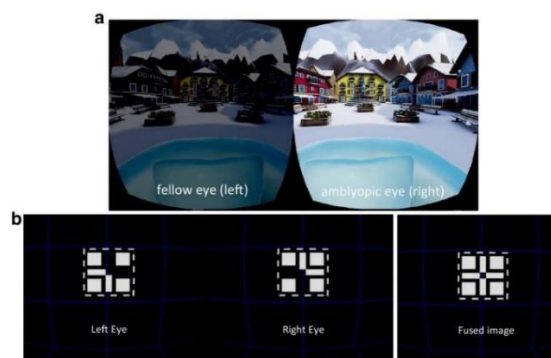


Figura 4. Ejemplo de videojuego dicóptico³⁰

2. OBJETIVOS

Primario:

Realizar una revisión bibliográfica de estudios publicados hasta el momento sobre nuevos tratamientos para la ambliopía y compararlos con los tratamientos de primera línea, con el fin de ver cuál podría tener mejores resultados.

Secundario:

- Comprobar si los nuevos tratamientos pueden ser utilizados como un único tratamiento o como complemento de la terapia convencional.
- Analizar ventajas y desventajas de los nuevos tratamientos.
- Comparar los nuevos tratamientos con los actuales.

3. MÉTODOS

Se ha realizado una revisión bibliográfica narrativa de bases de datos de contenido científico-académico en un periodo comprendido entre 2004 y 2023.

3.1 ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

La búsqueda bibliográfica se realizó utilizando bases de datos de "PubMed", "Google Scholar" y "Cochrane".

Se utilizó el operador booleano "in" para poder asociar diferentes palabras asociadas con el tema. Por ejemplo, "perceptual learning" IN "amblyopia", búsqueda que se hizo tanto en PubMed como en Google Scholar.

3.2 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

A la hora de realizar la búsqueda, se utilizó una restricción de fechas ya que aparecían artículos publicados hace más de 30 años. Así que se filtró la búsqueda a partir del año 2004 hasta la actualidad, con ello aseguramos que los artículos utilizados en el trabajo son de actualidad.

Se han excluido artículos en los que los sujetos participantes fueran animales, así como lo que se relacionaban con otras patologías a parte de la ambliopía.

3.3 EXTRACCIÓN DE DATOS

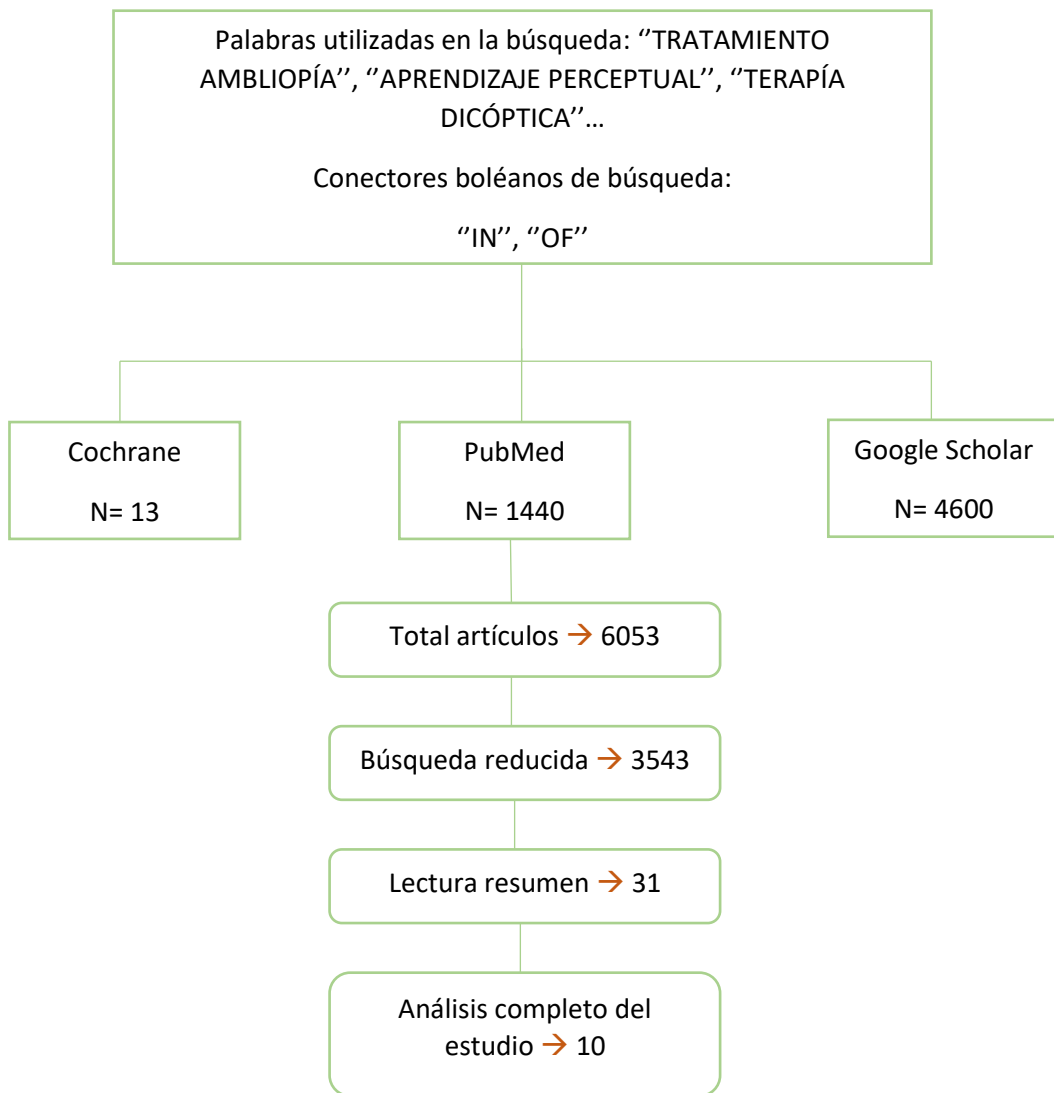


Figura 1. Diagrama de flujo de la extracción de datos

4. RESULTADOS

Estudio	Participantes	Pruebas realizadas	Objetivo	Conclusiones
Huang CB et al ²¹ (2008)	31 sujetos adolescentes y adultos: 10 con ambliopía anisométrica unilateral 21 con visión normal o corregida a normal.	Medida de SC y de AV con un ordenador donde los estímulos utilizados fueron rejillas sinusoidales. Se utilizó un procedimiento de elección forzada.	Estimar el ancho de banda del aprendizaje perceptivo en sujetos con ambliopía anisométrica comparándolo con sujetos normales.	El ancho de banda del aprendizaje perceptual en el sistema visual (SV) ambliope es más amplio, abalando la teoría del aprendizaje perceptual como potencial tratamiento para la ambliopía.
Polat U et al ²² (2004)	93 sujetos entre 9 y 55 años: 77 ambliopes 16 sanos.	Medida del umbral del contraste mediante un procedimiento de elección forzada de dos alternativas con rejillas locales de nivel de gris.	El entrenamiento sistemático de bajo nivel de un SV adulto con ambliopía podría producir beneficios perceptivos significativos.	El entrenamiento produjo una mejora del doble de la SC y de la AV, demostrando que el aprendizaje perceptual puede mejorar el SV de un adulto que no se ha desarrollado durante el período crítico.
Chen Z et al ²³ (2016)	23 sujetos ambliopes anisométricos unilaterales.	Medida de la AV con la tabla Tumbling E-ETDRS, función de la sensibilidad al contraste (CSF) con rejillas sinusoidales de primer orden, función binocular con estímulos dicópticos.	El entrenamiento de percepción monocular se transfiere en mejoras en la función binocular en ambliopes anisométricos.	Se demostró que el aprendizaje perceptual no solo mejora la SC y la AV, sino que también se observó una relación entre la mejora monocular y binocular.

Zheng CY et al ²⁴ (2022)	56 sujetos ambliopes entre 4 y 12 años.	Examen de estereoaudez y NBPL utilizando un sistema de entrenamiento visual de bioestimulación multimedia (ver Figura 3).	Comparar la efectividad del NBPL y la capacitación tradicional en el tratamiento de niños con ambliopía.	Hubo una mejora significativamente mejor tanto de MAVC como de la estereoaudeza en el grupo tratado con NBPL.
Zhou Y et al ²⁵ (2024)	31 sujetos ambliopes anisométricos entre 9 y 19 años.	Medida de AV, medida de la CSF y medida de la estereoaudeza	Comparar retrospectivamente el efecto del aprendizaje perceptual en pacientes con ambliopía anisométrica con o sin antecedentes de tratamiento con parche.	El grupo que no había sido tratado con parche tuvo una mejora mayor de AV y de SC.
Iwata Y et al ²⁷ (2022)	58 sujetos ambliopes anisométricos entre 3 y 7 años.	Medida de AV y medida del cumplimiento pidiéndole a los pacientes que midieran el tiempo en minutos del tratamiento y los días.	Comparar el efecto de la terapia dicóptica mediante película polarizada y la terapia de la oclusión.	El grupo que solo fue tratada con película polarizada tuvo mejor AV que el grupo también usaba parche, además, la tasa de cumplimiento también fue mayor.
Abdal MO et al ²⁸ (2022)	161 sujetos con ambliopía anisométrica o isométrica entre 4 y 13 años.	Ejercicios dicópticos con gafas rojo-azul para la disociación y ejercicios de vergencia fusional.	Evaluar los resultados de un programa de entrenamiento dicóptico utilizando una plataforma online.	La MAVC en el ojo ambliope mejoro significativamente , la binocularidad también experimento una mejora significativa.
Ojiabo SN et al ²⁹ (2022)	38 sujetos, 19 con ambliopía anisométrica y 19 sin ambliopía entre 18 y 35 años.	Medida de la estereoaudeza con la prueba Stereo Fly y terapia dicóptica con	Evaluar el efecto de la terapia visual dicóptica domiciliaria utilizando filtros anaglifos rojo-	La estereoaudeza en el grupo ambliope mejoro significativamente en comparación

		iPad donde se mostraba el Tetris y gafas anaglifas rojo-verde.	verde sobre la estereoagudeza.	con la del grupo no ambliope.
Liu XY et al ³⁰ (2021)	27 sujetos ambliopes, 14 habían recibido tratamiento con parche y 13 no, entre 6 y 16 años.	Medida de AV, CSF y estereoagudeza . Entrenamiento de desenmascaramiento dicóptico.	Investigación de los efectos del entrenamiento de desenmascaramiento dicóptico en niños con ambliopía que nunca había sido tratados con parche o que ya no respondieron al parche.	La AV en el grupo que no había sido tratado con parche mejoro más que el grupo que si había sido tratado, así como la estereoagudeza.
Kadhum A et al ³¹ (2021)	17 sujetos con ambliopía recién diagnosticada entre 5 y 8 años.	Entrenamiento dicóptico con un videojuego.	Evaluar cualquier barrera potencial para el uso de forma exitosa de videojuegos de realidad virtual dicópticos.	10 de los sujetos que participaron no completaron el tratamiento: los menores de 5 años porque no comprendían el juego y los mayores porque estaban menos dispuestos a realizarlo, además ambos grupos perdían el interés.

5. DISCUSIÓN

La ambliopía es la causa más común de pérdida de visión en bebés y niños. Provoca numerosos déficits a nivel visual como pérdida de AV, agudeza posicional y SC. También se pueden encontrar déficits de percepción en el ojo no ambliope, como ciertos tipos de percepción del movimiento¹¹.

Con este trabajo se busca analizar y comparar los nuevos dispositivos que hay para el tratamiento de la ambliopía y si son al menos igual de efectivos que los tratamientos convencionales.

Actualmente, el tratamiento de la ambliopía por excelencia es la terapia de oclusión con parche seguido de la penalización con atropina, aunque es cierto que tienen gran efectividad a la hora de mejorar la AV y la función binocular, presentan ciertas limitaciones. El uso de parche puede provocar cambio de dominancia ocular o estrabismo, pero, sobre todo, provoca malestar al paciente debido a que la mayoría de los niños son poco colaborativos ya que no quieren usarlo por molestia y por el cambio estético que conlleva, además, en algunos casos ha provocado alergias e irritación. Por otro lado, la atropina puede provocar sensibilidad a la luz, irritación conjuntival, dolor ocular, dolores de cabeza y taquicardias. Aunque la mayor limitación que presentan ambos métodos es la falta de adherencia por parte de los pacientes. En los últimos años, se han desarrollado nuevas terapias con el fin de evitar las limitaciones de los tratamientos convencionales y así poder mejorar la adherencia. Entre estos nuevos tratamientos destacan el aprendizaje perceptual y la terapia dicóptica.

El aprendizaje perceptual se define como cualquier cambio relativamente permanente y consistente en la percepción de un conjunto de estímulos después de la práctica o experiencia con este conjunto.

En las últimas décadas, numerosos estudios han investigado esta práctica con sujetos ambliopes, sobre todo adultos o niños que han pasado el periodo crítico.

En el estudio de *Zheng CY et al.*²⁴ se comparó durante 3 meses el tratamiento con aprendizaje perceptual basado en redes (NBPL) y parche, y el tratamiento con entrenamiento tradicional y parche. Se encontró que la AV mejoró en ambos grupos sin diferencias significativas, mientras que la estereopsis y la estereoagudeza fue significativamente mayor en el grupo tratado con NBPL. Sin embargo, en otro estudio de *Zhou Y et al.*²⁵ se comparó la eficacia del aprendizaje perceptual en pacientes que habían sido tratados anteriormente con parche y pacientes que no. Ambos tipos fueron tratados durante 3 meses con pruebas de aprendizaje perceptual de manera monocular obteniendo como resultado que la AV y la SC mejoró en los dos grupos, pero fue mayor en el grupo que no había sido tratado con parche.

Por otro lado, *Polat U et al.*²² evaluó la mejora de la visión en adultos con ambliopía mediante elección forzada entre dos alternativas. Para ello utilizaron rejillas locales de nivel de gris con frecuencia espacial de 1,5 a 12 ciclos por grado. Se demostró que el aprendizaje perceptual puede mejorar tanto la AV como la SC una vez pasado el periodo crítico debido a la plasticidad cortical. Posteriormente, *Huang CB et al.*²¹ realizó otro estudio en el que se estimó el ancho de banda del aprendizaje perceptual en sujetos adolescente y adultos con ambliopía anisométrica y con visión normal o corregida a normal. Se observó que tanto los sujetos ambliopes como los sanos tuvieron una mejora significativa en la SC y que la AV también mejoró significativamente en los ojos ambliopes, mientras que en los ojos sanos no se vio esa mejora.

Estos resultados fueron parecidos a los de *Chen Z et al.*²³ donde, además de demostrar que el tratamiento con percepción monocular mejora la AV y la SC, se vio que también había una mejora de la función binocular, aunque esta era sutil.

Por tanto, el aprendizaje perceptual es una terapia novedosa que mejora tanto la AV como la SC y que se utiliza, sobre todo, en niños que han pasado el periodo crítico y en adultos. Sin embargo, para llevar a cabo este tipo de tratamiento se tiene que ocluir el ojo sano asemejándose a la terapia de oclusión con parche.

El otro método que está en auge es la terapia dicóptica. Este tipo de terapia es un enfoque novedoso que está diseñado para promover la visión binocular y reducir las interacciones supresoras en la corteza visual mediante el reequilibrio de los estímulos visuales entre los dos ojos. Este tipo de terapia se ha mostrado prometedora en varios estudios piloto realizados, utilizando videojuegos y vídeos²⁶.

En el estudio de *Abdal MO et al.*²⁸ se evaluó los resultados de un programa de entrenamiento dicóptico utilizando una plataforma online en sujetos con ambliopía refractiva. La terapia consistía en sesiones de entrenamiento de 30 minutos diarios, 5 veces a la semana y durante 6 semanas. Concluyeron que la terapia dicóptica con la plataforma digital evaluada mejoraba la AV y la función binocular en niños con ambliopía anisométrica e isométrica.

En otro estudio de *Ojiabo SN et al.*²⁹ se evaluó el efecto de la terapia visual dicóptica domiciliaria, utilizando filtros anaglifos rojo-verde, sobre la mejora de estereoagudeza donde participaron sujetos ambliopes y no ambliopes. Se obtuvo como resultado una mejora de la estereoagudeza significativamente mayor en el grupo ambliope.

En varios estudios se compara la terapia dicóptica con el tratamiento de oclusión con parche. *Liu XY et al.*³⁰ realizó un estudio donde se comparó la eficacia de la terapia dicóptica en pacientes que habían sido tratados con parche anteriormente y pacientes que no. Se utilizó entrenamiento de desenmascaramiento dicóptico que consistía en utilizar el ojo ambliope para practicar la discriminación de contraste (antes y después del entrenamiento se midió AV, CSF y estereoagudeza). Vieron que tanto la AV como la estereoagudeza mejoró significativamente en el grupo que no había sido tratado con parche, sin embargo, la SC fue mejor en el grupo tratado con parche anteriormente. Un año después, *Iwata Y et al.*²⁷ desarrolló un método de terapia dicóptica que consistía en una película polarizada y se compararon sus efectos con la terapia de oclusión. Para ello, seleccionaron pacientes con ambliopía anisométrica y los dividieron en dos grupos: el primero utilizaba gafas con su corrección y parche en el ojo no ambliope durante 2 horas antes de la película polarizada, mientras que el segundo utilizaba gafas con su corrección y tratamiento dicóptico. Se examinó la AV y la tasa de cumplimiento

de los pacientes durante 2 meses y observaron que el grupo que utilizaba la película polarizada tuvo una mejora significativa de AV y un mayor cumplimiento en comparación con el grupo que usaba el parche.

Hasta ahora se ha visto que la terapia dicóptica es un tratamiento novedoso y eficaz que no solo mejora la AV y la función binocular, sino que también tiene mayor tasa de cumplimiento en comparación con otras terapias como la de oclusión con parche. Sin embargo, se ha encontrado algún inconveniente:

En un estudio realizado por Kadhum A *et al.*³¹ se evaluó cualquier barrera potencial para el uso exitoso de videojuegos de realidad virtual dicópticos para el tratamiento de la ambliopía. Los participantes eran niños mayores de 4 años con ambliopía recién diagnosticada que tenían que jugar al videojuego durante 1 hora a la semana. De los 17 niños que comenzaron el tratamiento dicóptico solo 7 lo completaron. Esto fue debido a que los niños menores de 5 años no comprendían el juego ni su configuración y los niños mayores estaban menos dispuestos a cumplir con el videojuego. Además, encontraron que la pérdida de interés en el juego era un factor limitante en todas las edades.

En los estudios revisados se ha visto que ambos tratamientos tienen resultados visuales positivos. Sin embargo, en el aprendizaje perceptual se utiliza oclusión lo que nos lleva a pensar que podría ser utilizado como sustituto del parche pero que, probablemente, se necesitaría combinar con algún tratamiento de primera línea. La terapia dicóptica no tiene este problema al ser un tratamiento binocular, pero, al utilizar videojuegos como base de la terapia, puede resultar demasiado complejo dependiendo de la edad del paciente.

En conclusión, tanto el aprendizaje perceptual como la terapia dicóptica son tratamientos con buenos resultados visuales, con un adherencia mayor que las terapias convencionales y que, además, se utilizan en niños que han pasado el periodo crítico y en adultos.

6. CONCLUSIÓN

- Los nuevos dispositivos para el tratamiento de la ambliopía han resultado ser métodos prometedores con una adherencia mayor que los tratamientos de primera línea.
- No se han encontrado estudios donde se compare terapia de oclusión con parche y aprendizaje perceptual. Tampoco se han encontrado estudios que comparen estas nuevas terapias con la

penalización con atropina, aunque sería interesante que en un futuro se hicieran.

- Las ventajas de estos nuevos tratamientos es que son métodos no invasivos, que se pueden realizar desde casa y tienen mayor adherencia que los tratamientos actuales, además dan buenos resultados visuales. Abren una nueva línea de tratamiento al ser utilizados en adultos y niños que han pasado el periodo crítico. Sin embargo, el aprendizaje perceptual requiere de oclusión, pudiendo desarrollar las mismas limitaciones que la terapia de oclusión con parche. La terapia dicóptica no presenta este inconveniente al ser un tratamiento binocular, pero, se basa en el uso de videojuegos que dependiendo de la edad del paciente pueden ser demasiado complejos.
- Tanto el aprendizaje perceptual como la terapia dicóptica son tratamientos con buenos resultados, pero todavía no están preparados para ser utilizados como terapia única para tratar la ambliopía.

BIBLIOGRAFÍA

1. Levi DM, Knill DC, Bavelier D. Stereopsis and amblyopia: A mini-review. *Vision Res.* 2015 Sep;114:17-30. doi: 10.1016/j.visres.2015.01.002. Epub 2015 Jan 29. PMID: 25637854; PMCID: PMC4519435.
2. Birch EE. Amblyopia and binocular vision. *Prog Retin Eye Res.* 2013 Mar;33:67-84. doi: 10.1016/j.preteyeres.2012.11.001. Epub 2012 Nov 29. PMID: 23201436; PMCID: PMC3577063.
3. Kaur S, Sharda S, Aggarwal H, Dadeya S. Comprehensive review of amblyopia: Types and management. *Indian J Ophthalmol.* 2023 Jul;71(7):2677-2686. doi: 10.4103/IJO.IJO_338_23. PMID: 37417105; PMCID: PMC10491072.
4. Murillo Correa CE, Ruiz A. Ambliopía. In: Hernández E, Wiechers E. eds. *Oftalmología en la práctica de la medicina general*, 5e. McGraw-Hill; 2020.
5. McConaghy JR, McGuirk R. Amblyopia: Detection and Treatment. *Am Fam Physician.* 2019 Dec 15;100(12):745-750. PMID: 31845774.
6. Wang J. Compliance and patching and atropine amblyopia treatments. *Vision Res.* 2015 Sep;114:31-40. doi: 10.1016/j.visres.2015.02.012. Epub 2015 Mar 2. PMID: 25743080.
7. Guerrero Palomino, Eduard Saul. Características clínicas de la ambliopía en niños atendidos en el Hospital Carlos Lanfranco La Hoz, período 2010-2017. 2018.
8. Stewart CE, Moseley MJ, Stephens DA y Fielder AR (2004b). "Tratamiento dosis-respuesta en la terapia de la ambliopía: el estudio sobre el tratamiento de la ambliopía por oclusión monitorizada (MOTAS)". *Invierta Ophthalmol Vis Sci* 45 (9): 3048–3054.
9. Cotter SA, investigador de enfermedades oculares pediátricas G, Edwards AR, Wallace DK, Beck RW, Arnold RW, Astle WF, Barnhardt CN, Birch EE, Donahue SP, Everett DF, Felius J, Holmes JM, Kraker RT, Melia M, Repka MX , Sala NA, Silbert DI y Weise KK (2006). Tratamiento de la ambliopía anisométrica en niños con corrección refractiva . *Oftalmología* 113 (6): 895–903.
10. Asper L, Watt K y Khoo S (2018). Tratamiento óptico de la ambliopía: una revisión sistemática y un metanálisis . *Clínica Exp Optom* 101 (4): 431–442.
11. Levi DM. Rethinking amblyopia 2020. *Vision Res.* 2020 Nov;176:118-129. doi: 10.1016/j.visres.2020.07.014. Epub 2020 Aug 28. PMID: 32866759; PMCID: PMC7487000.
12. Simons K, Gotzler KC, Vitale S. Penalization versus parttime occlusion and binocular outcome in treatment of strabismic amblyopia. *Ophthalmology.* 1997;104:2156–2160.
13. Nishizawa AR, Orton RB, Cadera W. Comparison of 0.5% cyclopentolate plus 0.5% tropicamide and 1% cyclopentolate alone for mydriasis of dark irides. *Can J Ophthalmol.* 1988;23:299–300.
14. Tello Fernández, María Estefanía. Caso clínico: Ambliopía refractiva en paciente masculino de 7 años de edad. Babahoyo, Los Ríos, Ecuador. 2023.

15. Maconachie GD, Gottlob I. The challenges of amblyopia treatment. *Biomed J.* 2015 Dec;38(6):510-6. doi: 10.1016/j.bj.2015.06.001. Epub 2016 Feb 28. PMID: 27013450; PMCID: PMC6138377.
16. Maldonado M.J, Pastor J.C. *Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. 2ª Edición.* Editorial McGraw-Hill Interamericana de España. 2012. 207-216.
17. Rodán A, Marroquín C, García J. An updated review about perceptual learning as a treatment for amblyopia. *J Optom.* 2022; 15:3-34.
18. Falcone MM, Hunter DG, Gaier ED. Emerging therapies for amblyopia. *Semin Ophthalmol.* 2021 May 19;36(4):282-288. doi: 10.1080/08820538.2021.1893765. Epub 2021 Mar 3. PMID: 33656963; PMCID: PMC8122041.
19. Li SL, Jost RM, Morale SE, Stager DR, Dao L, Stager D, Birch EE. A binocular iPad treatment for amblyopic children. *Eye (Lond).* 2014 Oct;28(10):1246-53. doi: 10.1038/eye.2014.165. Epub 2014 Jul 25. PMID: 25060850; PMCID: PMC4194336.
20. Levi DM, Li RW. Perceptual learning as a potential treatment for amblyopia: a mini-review. *Vision Res.* 2009 Oct;49(21):2535-49. doi: 10.1016/j.visres.2009.02.010. Epub 2009 Feb 27. PMID: 19250947; PMCID: PMC2764839.
21. Huang CB, Zhou Y, Lu ZL. Broad bandwidth of perceptual learning in the visual system of adults with anisometric amblyopia. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2008 Mar 11;105(10):4068-73. doi: 10.1073/pnas.0800824105. Epub 2008 Mar 3. PMID: 18316716; PMCID: PMC2268837.
22. Polat U, Ma-Naim T, Belkin M, Sagi D. Improving vision in adult amblyopia by perceptual learning. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2004 Apr 27;101(17):6692-7. doi: 10.1073/pnas.0401200101. Epub 2004 Apr 19. PMID: 15096608; PMCID: PMC404107.
23. Chen Z, Li J, Liu J, Cai X, Yuan J, Deng D, Yu M. Monocular perceptual learning of contrast detection facilitates binocular combination in adults with anisometric amblyopia. *Sci Rep.* 2016 Feb 1;6:20187. doi: 10.1038/srep20187. PMID: 26829898; PMCID: PMC4735338.
24. Zheng CY, Xu W, Wu SQ, Han DX. A randomized study of network-based perception learning in the treatment of amblyopia children. *Int J Ophthalmol.* 2022 May 18;15(5):800-806. doi: 10.18240/ijo.2022.05.17. PMID: 35601173; PMCID: PMC9091895.
25. Zhou Y, He Y, Feng L, Jia Y, Ye Q, Xu Z, Zhuang Y, Yao Y, Jiang R, Chen X, Pang Y, Yu W, Wen Y, Yuan J, Li J, Liu J. Perceptual Learning Based on the Lateral Masking Paradigm in Anisometric Amblyopia With or Without a Patching History. *Transl Vis Sci Technol.* 2024 Jan 2;13(1):16. doi: 10.1167/tvst.13.1.16. Erratum in: *Transl Vis Sci Technol.* 2024 Mar 1;13(3):3. PMID: 38236190; PMCID: PMC10807491.
26. Xiao S, Angjeli E, Wu HC, Gaier ED, Gomez S, Travers DA, Binenbaum G, Langer R, Hunter DG, Repka MX; Luminopia Pivotal Trial Group. Randomized Controlled Trial of a Dichoptic Digital Therapeutic for Amblyopia. *Ophthalmology.* 2022

- Jan;129(1):77-85. doi: 10.1016/j.opthta.2021.09.001. Epub 2021 Sep 14.
Erratum in: *Ophthalmology*. 2022 May;129(5):593. PMID: 34534556.
27. Iwata Y, Handa T, Ishikawa H. Comparison of Amblyopia Treatment Effect with Dichoptic Method Using Polarizing Film and Occlusion Therapy Using an Eye Patch. *Children (Basel)*. 2022 Aug 26;9(9):1285. doi: 10.3390/children9091285. PMID: 36138594; PMCID: PMC9497621.
28. Abdal MO, Bhombal F, Nankani GJ, Nankani SG, Lad S, Dholam A, Kumari R, Mahajan J, Piñero DP. Evaluation of the Efficacy of a New Dichoptic Digital Platform to Treat the Anisometropic and Isometropic Amblyopia. *Brain Sci*. 2022 Jun 22;12(7):815. doi: 10.3390/brainsci12070815. PMID: 35884623; PMCID: PMC9312954.
29. Ojiabo SN, Munsamy AJ. The Effect of Home-Based Dichoptic Therapy on Young Adults with Non-Strabismic Anisometropic Amblyopia on Stereo Acuity. *Clin Optom (Auckl)*. 2022 Nov 28;14:237-247. doi: 10.2147/OPTO.S385845. PMID: 36466992; PMCID: PMC9718499.
30. Liu XY, Zhang YW, Gao F, Chen F, Zhang JY. Dichoptic Perceptual Training in Children With Amblyopia With or Without Patching History. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2021 May 3;62(6):4. doi: 10.1167/iovs.62.6.4. PMID: 33944893; PMCID: PMC8107508.
31. Kadhum A, Tan ETC, Levi DM, Colpa L, Fronius M, Simonsz HJ, Loudon SE. Barriers to successful dichoptic treatment for amblyopia in young children. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2021 Oct;259(10):3149-3157. doi: 10.1007/s00417-021-05193-1. Epub 2021 May 31. PMID: 34057550; PMCID: PMC8478762.