



## GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

### TRABAJO FINAL DE GRADO

---

# ACTUALIZACIÓN EN AMBLIOPÍA

**FAN ZHAO**

DIRECTORAS: MARÍA CONSUELO VARÓN PUENTES Y  
AURORA TORRENT GÓMEZ  
DEPARTAMENTO DE ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

Julio de 2021



## GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

# ACTUALIZACIÓN EN AMBLIOPÍA

### RESUMEN

La ambliopía es una condición producida por un desarrollo visual anómalo que provoca una pérdida de la agudeza visual y de otras habilidades visuales binoculares. Aparece principalmente en las primeras etapas de la vida y ocasiona problemas en la calidad de vida del paciente si no se detecta a tiempo.

El objetivo de este trabajo es proporcionar una actualización de los últimos avances en el tratamiento de la ambliopía mediante la búsqueda bibliográfica de documentos y artículos, la mayoría extraídas de las bases de datos Medline y PubMed.

El tratamiento tradicional para la ambliopía es la oclusión del ojo dominante mediante un parche para entrenar el ojo ambliope.

En los estudios más recientes se han sugerido tratamientos de aprendizaje perceptivo mediante videojuegos y sistemas de realidad virtual para obtener mejores resultados y mejorar las habilidades visuales como la estereopsis y la sensibilidad al contraste. Pero no pueden considerarse sustitutos de los tratamientos convencionales porque todavía están en fase de investigación.



## GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

# ACTUALIZACIÓN EN AMBLIOPÍA

### RESUM

L'ambliopia és una condició produït per un desenvolupament visual anòmal que provoca una pèrdua de l'agudesesa visual i d'altres habilitats visuals binoculars. Apareix principalment en les primeres etapes de la vida i ocasiona problemes en la qualitat de vida del pacient si no es detecta a temps.

L'objectiu d'aquest treball és proporcionar una actualització dels últims avenços en el tractament de l'ambliopia mitjançant la recerca bibliogràfica de documents i articles, la majoria extretes de les bases de dades Medline i PubMed.

El tractament tradicional per l'ambliopia és l'oclusió de l'ull dominant mitjançant un pegat per entrenar l'ull ambliop.

En els estudis més recents s'han suggerit tractaments d'aprenentatge perceptiu mitjançant videojocs i sistemes de realitat virtual per a obtenir millors resultats i millorar les habilitats visuals com la estereopsis i la sensibilitat al contrast. Però no poden considerar-se substituïts dels tractaments convencionals perquè encara estan en fase d'investigació.



## GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

# ACTUALIZACIÓN EN AMBLIOPÍA

### ABSTRACT

Amblyopia is a condition produced by an abnormal visual development that causes a loss of visual acuity and other binocular visual skills. It appears mainly in the early stages of life and causes problems in the patient's quality of life if not detected early.

The aim of this thesis is to provide an update on the latest advances in the treatment of amblyopia by means of a literature search of papers and articles, mostly extracted from Medline and PubMed databases.

The traditional treatment for amblyopia is occlusion of the dominant eye by patching to train the amblyopic eye.

More recent studies have suggested perceptual learning treatments using video games and virtual reality systems to obtain better results and improve visual skills such as stereopsis and contrast sensitivity. But they cannot be considered substitutes for conventional treatments because they are still in the research phase.



## GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

### ÍNDICE

<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	5
<b>2 AMBLIOPÍA</b> .....	7
2.1 ETIOLOGÍA .....	8
2.2 EPIDEMIOLOGÍA Y FACTORES DE RIESGO .....	8
2.3 IMPLICACIONES .....	9
<b>3 CLASIFICACIÓN DE LA AMBLIOPÍA</b> .....	10
3.1 AMBLIOPÍA ORGÁNICA .....	10
3.2 AMBLIOPÍA FUNCIONAL .....	10
3.2.1 Ambliopía estrábica .....	10
3.2.2 Ambliopía anisométrica .....	11
3.2.4 Ambliopía por privación .....	12
<b>4 TRATAMIENTOS CLÁSICOS DE LA AMBLIOPÍA</b> .....	13
4.2 OCLUSIÓN .....	15
4.3 TERAPIA VISUAL CLÁSICA .....	15
4.4 PENALIZACIÓN FARMACOLÓGICA .....	16
<b>5 ÚLTIMOS AVANCES EN EL TRATAMIENTO DE LA AMBLIOPÍA</b> .....	18
5.1 VIDEOJUEGOS .....	18
5.2 REALIDAD VIRTUAL .....	23
5.3 GAFAS DE CRISTAL LÍQUIDO .....	26
<b>6 CONCLUSIONES</b> .....	28
<b>7 BIBLIOGRAFÍA</b> .....	29

## 1 INTRODUCCIÓN

La ambliopía es una condición en la cual la agudeza visual disminuye, mayoritariamente de forma monocular y raramente binocular, en ausencia de anomalías patológicas o estructurales. Se trata de un trastorno del desarrollo visual que se da principalmente en las primeras etapas de la vida y puede ocasionar problemas visuales si no se detecta a tiempo.

Actualmente existe una prevalencia del 1% al 5% de casos de ambliopía en el mundo siendo la causa más frecuente de pérdida de visión en niños (Antonio-Santos et al, 2020). Dependiendo de la población estudiada, el porcentaje puede ser superior o inferior.

El objetivo de este trabajo es proporcionar una actualización de los últimos avances en el tratamiento de la ambliopía mediante la búsqueda bibliográfica de documentos y artículos científicos de los últimos 10 años.

Para realización de esta revisión bibliográfica, la mayor parte de la información fue extraída de documentos y artículos científicos de las bases de datos Medline y PubMed.

Este trabajo está estructurado de la siguiente manera:

- ❖ Ambliopía: Definición de ambliopía por diferentes autores durante la historia; Etiología; Epidemiología y factores de riesgo; Implicaciones.
- ❖ Clasificación de la ambliopía: en este apartado se verá los diferentes tipos de ambliopía clasificadas según su etiología.
- ❖ Tratamientos clásicos en ambliopía: resumen de los tratamientos clásicos más utilizados durante la historia.
- ❖ Últimos avances en el tratamiento de la ambliopía: resumen de varios estudios realizados en los últimos 10 años sobre tratamientos innovadores.
- ❖ Conclusiones: análisis y comparación de los resultados y conclusiones personales.

En muchos de los artículos han argumentado que los tratamientos convencionales presentan varios inconvenientes, como el mal uso o mal cumplimiento de la oclusión, el rechazo, entre otras. Por lo tanto, a lo largo de los últimos años se han ido desarrollando nuevas alternativas para reemplazar los tratamientos convencionales.

Los últimos avances en el tratamiento de la ambliopía se centrarán sobre todo en las nuevas tecnologías: el uso de videojuegos, la realidad virtual y las gafas de cristal líquido, como alternativas para el tratamiento de la ambliopía. Según varios artículos, además de mejorar la agudeza visual también estimulan la visión binocular, mejoran la estereopsis y la sensibilidad al contraste.

**PALABRAS CLAVE:**

*Amblyopia, Treatment of Amblyopia, Occlusion therapy, Pharmacology treatment, Perceptual learning, Videogames, Virtual Reality, Liquid Crystal Glasses, Stereopsis, Contrast sensitivity, Visual acuity, Anisometropia, Strabismus.*

## 2 AMBLIOPÍA

“Ambliopía” proviene de los términos griegos “*ambly*” (desafilado o poco agudo) y “*ops*” (vista).

A lo largo de la historia, la ambliopía ha sido definida por muchos autores, que clásicamente se han centrado en la agudeza visual, pero posteriormente, a partir de estudios más avanzados, se ha focalizado el término de ambliopía como una condición neurológica:

- *“Reducción de la agudeza visual unilateral o bilateral causada por una interacción binocular anormal sin una causa orgánica o patológica” (Von Noorden, 1967).*
- *“Condición unilateral, y raramente bilateral, en la cual la mejor agudeza visual con corrección es menor de 20/20 en ausencia de anomalías patológicas o estructurales” (Ciuffreda, Levi y Selenow, 1991).*
- *“Trastorno del desarrollo de la visión espacial que se asocia al estrabismo, anisometropía o privación de forma en las primeras etapas de la vida. Afecta a los movimientos oculares, a la agudeza visual, a la sensibilidad al contraste, a la estereopsis y a muchos otros aspectos de la visión” (Levi, 2006).*
- *“Trastorno del neurodesarrollo caracterizado por la pérdida de agudeza visual y la sensibilidad del contraste, refractaria a los tratamientos farmacológicos y ópticos en la edad adulta” (Bocci et al, 2018).*



## 2.1 ETIOLOGÍA

La ambliopía es causada principalmente por problemas de desarrollo neurológico durante la fase de plasticidad sensorial en las primeras etapas de la vida. Pero también puede ser causada por problemas orgánicos (Sansevero et al, 2020).

Las causas más comunes de la ambliopía son el estrabismo, la anisometropía, la ametropía alta bilateral y la privación de la visión por trastornos que impiden la estimulación retiniana como la catarata congénita (Gopal et al, 2019).

## 2.2 EPIDEMIOLOGÍA Y FACTORES DE RIESGO

Tiene una prevalencia aproximada entre 1% al 5 % dependiendo de la población de estudio, siendo la causa más frecuente de pérdida de visión en niños (Antonio-Santos et al, 2020).

En un artículo sobre la epidemiología de la ambliopía en la ciudad de Mashhad- Irán (Faghihi et al, 2017), se determinó la prevalencia de los diferentes tipos de ambliopía en una población de 3.000 personas escogidas de forma aleatoria, de diferentes edades y sexo. La prevalencia total de la ambliopía fue de 4.6 %; en personas entre 5 y 15 años un 2.24%; en personas entre 55 y 65 años un 7.14 %, y según los tipos de ambliopía se encontraron: ambliopía anisométrica un 45.24 %; ambliopía ametrópica un 24.6 %; ambliopía mixta un 16.67 %; y ambliopía estrábica un 13.49 %.

Los principales factores de riesgo según Gopal et al (2019) que pueden o no presentar las personas ambliopes son el nacimiento prematuro, bajo peso al nacer, catarata congénita, retinopatía del prematuro, parálisis cerebral, retraso mental, antecedentes familiares con ambliopía y defectos de refracción, y otros factores como el tabaquismo, la ingestión de antihistamínicos o alcohol.

### 2.3 IMPLICACIONES

Es importante la detección y tratamiento precoz de la ambliopía porque supondrá inconvenientes en la calidad de vida tanto en la vida infantil como en la vida adulta y avanzada.

A nivel escolar, la ambliopía no tratada supondrá un bajo rendimiento en el aprendizaje y mayor frecuencia de errores en el proceso de lectoescritura del niño. La ambliopía afecta a las condiciones visomotoras y visuoperceptuales como la fijación, los movimientos oculomotores, seguimientos y sacádicos, la acomodación y la sensibilidad al contraste, que son indispensables para el proceso de lectura.

La estereoagudeza también es afectada por la ambliopía ya que es necesario buena agudeza visual en ambos ojos para poder conseguir el efecto tridimensional.

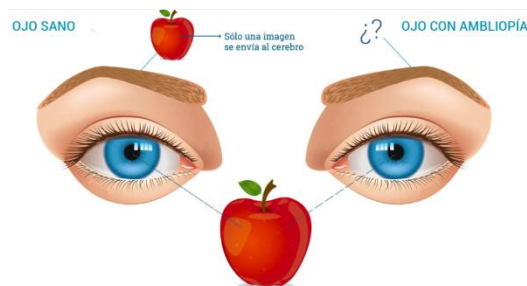
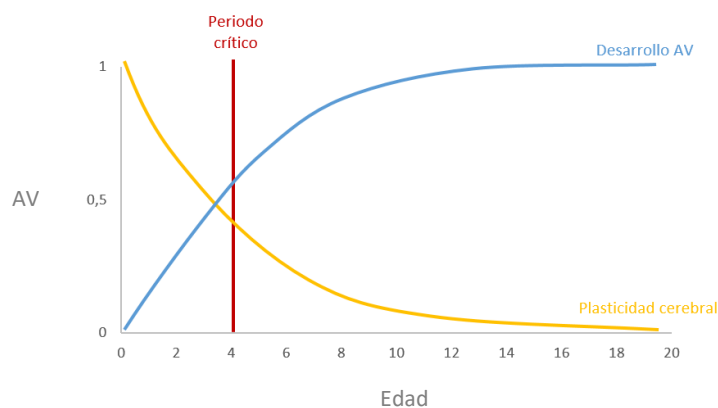


Imagen 1. Representación de una imagen percibida por un ojo sano y un ojo ambliope.  
<https://www.elisaribau.com/la-ambliopia-u-ojo-vago/>

En una edad adulta y avanzada, la ambliopía es más difícil de tratar y no es posible conseguir una agudeza visual igual al ojo dominante ya que existe menor plasticidad sensorial (Gráfica 1).



Gráfica 1. Representación del desarrollo de la agudeza visual y la plasticidad cerebral en función de la edad y el periodo crítico.  
<https://www.slideshare.net/IakiBasterra/patologia-de-los-nios-mayores-de-4-aos3>

## 3 CLASIFICACIÓN DE LA AMBLIOPÍA

### 3.1 AMBLIOPÍA ORGÁNICA

La ambliopía orgánica se caracteriza por una disminución de la agudeza visual causada por anomalías estructurales o patologías que alteran el sistema visual, como la cicatrización macular, retinoblastoma, hipoplasia o atrofia del nervio óptico.

La mayoría de ambliopías orgánicas son permanentes e irreversibles, pero existe la posibilidad de mejorar la visión en algunos casos si se tratan de problemas estructurales (Park, 2019).

### 3.2 AMBLIOPÍA FUNCIONAL

La ambliopía funcional no presenta patología aparente en la estructura ocular o en la vía visual, pero sí existe una alteración en sus funciones. La gravedad de la ambliopía depende de la edad de inicio, la alteración de la imagen retiniana, la duración de la alteración y la edad del paciente en el momento de iniciar un tratamiento (Wimalasundera, 2015).

La ambliopía funcional se clasifica en:

#### 3.2.1 Ambliopía estrábica

El estrabismo es un trastorno caracterizado por un grado de desviación ocular constante o intermitente que puede diferir según la dirección de la mirada o según el ojo que fija un objeto, y se asocia a un movimiento ocular defectuoso (Michaelides y Moore, 2004).

Cuando el estrabismo se da en la infancia, el cerebro aprende a suprimir la imagen del ojo desviado (supresión del ojo ambliope), y en su lugar sólo ve la imagen del ojo no ambliope, afectando la visión binocular y la percepción de la profundidad. La supresión del ojo ambliope afecta al desarrollo del mismo dejando una peor agudeza visual, que daría lugar a una ambliopía estrábica.

Cuando el estrabismo aparece en la edad adulta provoca diplopía ya que el cerebro recibe imágenes de ambos ojos y no las puede suprimir.

### Tipos de estrabismos:

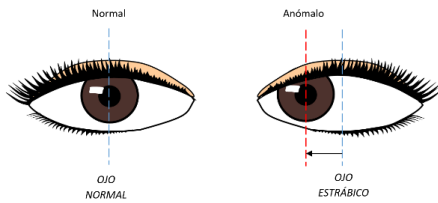


Imagen 2. Endotropía: desalineado hacia dentro

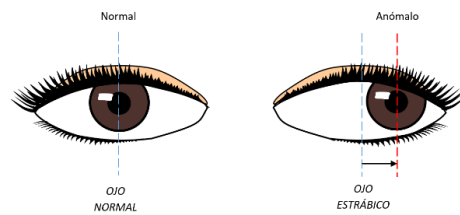


Imagen 3. Exotropía: desalineado hacia fuera

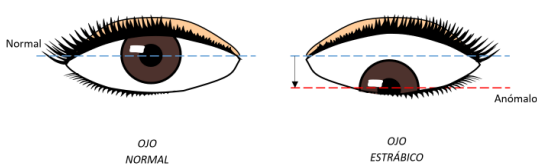


Imagen 4. Hipotropía: desalineado hacia abajo

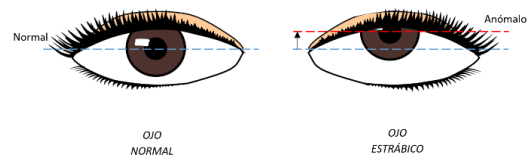


Imagen 5. Hipertropía: desalineado hacia arriba

### 3.2.2 Ambliopía anisométrica

La anisometropía se produce cuando los dos ojos presentan una potencia de refracción desigual provocando una gran diferencia de agudeza visual en ambos, causando supresión del peor ojo.

En un estudio transversal de pacientes clínicos, Weakley (2001) descubrió que la anisometropía esférica hipermetrópica tiene más tendencia de estar asociada a una ambliopía cuando es mayor de 1.00 dioptría; la anisometropía esférica miópica tiene más tendencia de estar asociada a la ambliopía cuando es superior a las 2.00 dioptrías; y la anisometropía cilíndrica cuando es superior a 1.50 dioptrías.

### 3.2.3 Ambliopía isométrica

La ambliopía isométrica es menos frecuente, y es causada por un error refractivo elevado (hipermetropía, miopía o astigmatismo) bilateral, es decir en ambos ojos, y de forma simétrica. Provoca visión borrosa en ambos ojos, afectando a la agudeza visual y al desarrollo del sistema visual (Barrett et al, 2013).



### 3.2.4 Ambliopía por deprivación

La ambliopía por deprivación ocurre cuando existe oclusión u obstrucción que dificulta el paso de la luz al sistema visual. La afectación puede ser unilateral o bilateral. Las causas más comunes por deprivación son catarata congénita, ptosis, hemorragia vítrea, glaucoma congénito, opacidades corneales y hemangioma (Antonio-Santos et al, 2014).

## 4 TRATAMIENTOS CLÁSICOS DE LA AMBLIOPÍA

El tratamiento de la ambliopía se basa en resolver el motivo de la disminución de la agudeza visual, como por ejemplo una ametropía, estrabismo, cataratas, y posteriormente estimular el ojo ambliope mediante el uso de parches, la terapia farmacológica y la penalización óptica del ojo dominante.

La corrección del error refractivo es muy importante cuando se detecta una ambliopía, y siempre es el primer paso a realizar tanto en casos de ametropía, anisometropía o estrabismo en niños de 0 a 17 años (Bradfield, 2013). La prescripción de la corrección refractiva óptima proporciona una imagen clara a la fóvea y conduce a la mejora de la agudeza visual.

La exactitud de corrección óptica es fundamental para la prevención de la ambliopía. En un estudio de Atkinson et al (2007) se observó que en un grupo de bebés de entre 7 y 8 meses con hipermetropía entre +4.00 y +7.00 dioptrías en al menos un meridiano en uno o ambos ojos a los que se les prescribió una corrección parcial de las gafas, tenían menos probabilidades de mostrar déficits de agudeza visual medibles o estrabismo a los 4 años de edad en comparación con un grupo comparativa no tratada.

### PARCIALIZACIÓN REFRACTIVA

En el caso de ametropía o anisometropía elevada en infantes entre 1 y 4 años pero sin la presencia de ambliopía, se deberá parcializar la refracción. Consiste en no prescribir la refracción total encontrada mediante ciclopléjico sino restar un porcentaje del total y prescribir la refracción restante (Tabla 1). La parcialización depende de la edad y del grado de la condición (Leat, 2011).

Edad \ Condición	1 año	4 años	> 5 años
Hipermetropía	Restar 1.00 D	Restar entre 1.00 y 1.50 D	No parcializar, se prescribe la refracción completa
Miopía	Restar entre 0.50 y 1.00 D	- Si la ametropía es inferior a -1.00 D y hay mejoría en agudeza visual: No parcializar	No parcializar, se prescribe la refracción completa
Astigmatismo	- Si cilindro es $\geq 2.50$ D: Se prescribe la mitad	- Si cilindro $\geq 1.00$ D: No parcializar  - Si cilindro es $\geq 2.00$ D: Parcializar hasta que se adapte a la prescripción	No parcializar, se prescribe la refracción completa
Anisometropía	- Anisometropía $\geq 3.00$ D: Restar 1.00 D a la diferencia completa entre los ojos, prescribir refracción según edad  - Anisometropía entre 1.00 y 3.00 D: Controlar durante 4 y 6 meses, y si persiste, prescribir refracción completa según edad	- Anisometropía esférica hipermetrópica $\geq 1.00$ D: - Anisometropía esférica miópica $\geq 2.00$ D: - Anisometropía astigmática $\geq 1.50$ D:  Prescribir según edad y control	

Tabla 1. Guía de parcialización de la refracción en niños según Leat (2011), sin presencia de ambliopía.

En anisometropías asociadas a ambliopía la refracción de no se debe parcializar, se prescribe la refracción completa según la edad y estado de la visión binocular.

## 4.2 OCLUSIÓN

En caso de que no exista mejoría en la agudeza visual después del uso de gafas habiendo una diferencia de 0.6 o más entre ambos ojos, se iniciaría el tratamiento de oclusión del ojo dominante. La oclusión del mejor ojo mediante un parche adhesivo opaco ha sido el método estándar y más comúnmente practicado para el tratamiento de la ambliopía desde el primer siglo de nuestra era (Qurrah, 1991).

A partir de una prueba controlada aleatorizada de Repka et al (2003) para evaluar diferentes normas de oclusión para distintos niveles de ambliopía, mostraron que 2 horas de oclusión diaria en niños de 7 años es igual de eficaz que 6 horas para una ambliopía moderada, de agudeza visual entre 0.5 y 0.2. Para la ambliopía severa, de agudeza visual de 0.2 a 0.05, una oclusión de 6 horas es igual de eficaz que la oclusión a tiempo de completo. Se aconsejó no sobrepasar de 400 horas o 6 meses de oclusión.

El tratamiento de oclusión mediante parche muestra varios problemas y uno de ellos es el cumplimiento del tiempo de oclusión prescrita. Según un estudio de Stewart et al, 2004, el cumplimiento global del tratamiento con parches prescrito fue inferior al 50%. Las principales razones por el incumplimiento del tratamiento (según los padres de los niños) incluyen: la incertidumbre sobre los beneficios del tratamiento, problemas de autoestima y relaciones sociales del niño.

## 4.3 TERAPIA VISUAL CLÁSICA

Consiste en ocluir el ojo dominante mientras el niño realiza ejercicios o actividades de atención visual como (Argiles Sans, 2020):

- Hilar una aguja en un cordel
- Meter granos de arroz o lentejas en tubitos
- Hacer laberintos, recortar y calcar dibujos
- Hacer pulseras
- Coger pelotas al aire de diferente tamaño
- Leer con una lente negativa (mayor a 4 dioptrías para estimular correctamente)
- Juegos de psicomotricidad fina



- Ejercicios de sacádicos y seguimientos oculares: Cartas de Hart, pelota de Marsden, etc.

Estos ejercicios se realizan con gafas anaglíficas, filtros rojos y/o verdes para la supresión y también lentes de potencia negativa para la estimulación de la acomodación.

#### 4.4 PENALIZACIÓN FARMACOLÓGICA

##### Atropina

La penalización del ojo dominante mediante la Atropina es una alternativa a la terapia visual de oclusión, sobre todo en casos de problemas de cumplimiento o de fracaso de oclusión con parche.

Consiste en instilar en el ojo dominante una solución de Atropina al 1% que ocasiona el desenfoque al paralizar el músculo ciliar. Este tratamiento ha demostrado ser igual de eficaz como la oclusión con parche en casos de ambliopía estrábica y ambliopía anisométrica. La aceptación y el cumplimiento del tratamiento por parte de los pacientes de la penalización con Atropina fueron superiores a la oclusión con parche (Foley- Nolan et al, 1997).

##### Levodopa/ Carbidopa

La dopamina es un neurotransmisor presente en la retina y el córtex, que interviene en la plasticidad cortical visual y no atraviesa la barrera hematoencefálica.

La Levodopa es un precursor en la vía biosintética de la dopamina, atraviesa la barrera hematoencefálica y se convierte en dopamina en el cerebro. Se administra junto con Carbidopa, un fármaco que impide la conversión periférica de la Levodopa en dopamina, lo que permite que una mayor cantidad de Levodopa atraviese la barrera hematoencefálica y requiera una menor concentración.

Varios ensayos clínicos han evaluado la seguridad y la eficacia de la Levodopa en el tratamiento de la ambliopía infantil. La Levodopa/ Carbidopa combinada con la oclusión a tiempo parcial fue eficaz para mejorar la función visual en 10 niños ambliopes de entre 6 y 14 años, y no se han notificado de efectos secundarios importantes (Leguire et al, 1995).

Sin embargo, el uso clínico de la Levodopa/ Carbidopa es limitado, posiblemente debido a su efecto limitado y a los posible efectos secundarios a largo plazo de un fármaco con efectos psicoactivos y extrapiramidales en el sistema nervioso inmaduro de los niños (Razeghinejad et al, 2016).

### Citicolina

La Citicolina es una molécula que actúa como intermediario en la biosíntesis de los fosfolípidos de la membrana celular. Se ha planteado la hipótesis de que tiene un efecto neuroprotector al actuar directamente sobre la membrana celular y mantener su integridad anatómica y funcional (Secades, Frontera, 1995).

La Citicolina oral potencia el efecto de la oclusión a tiempo parcial en los niños (Campos et al, 1996). En una prueba controlada aleatorizada en un grupo de edad de 4 a 13 años demostró que la mejoría de la agudeza visual con Citicolina asociada a parche era significativamente mayor que con el parche solo, en 1 año de tratamiento.

## 5 ÚLTIMOS AVANCES EN EL TRATAMIENTO DE LA AMBLIOPÍA

### 5.1 VIDEOJUEGOS

Manh et al (2018) realizaron un estudio aleatorizado de un juego binocular para iPad frente a una oclusión a tiempo parcial en 100 niños ambliopes de 13 a 16 años.

Los participantes fueron asignados aleatoriamente a uno de los dos grupos: un grupo de tratamiento con un juego binocular en el iPad prescrito durante 1 hora al día, y otro grupo de tratamiento con parche en el ojo dominante prescrito durante 2 horas al día.

Tras las 16 semanas de tratamiento la agudeza visual media del ojo ambliope mejoró desde el punto de partida en 3.5 letras en el grupo de juego binocular y en 6.5 letras en el grupo de oclusión con parche. Después de ajustar la agudeza visual inicial, la diferencia entre ambos grupos fue de 0.5 líneas, favoreciendo al grupo con parche. En el grupo binocular sólo el 13% de los participantes completaron más del 75% del tratamiento prescrito.

A partir de este estudio Manh et al concluyeron que en adolescentes de entre 13 y 16 años, la mejora de la agudeza visual del ojo ambliope con el juego binocular del iPad utilizado en este estudio no resultó ser mejor que el parche. No obstante, no está claro si la mínima respuesta al tratamiento binocular se debió a un mal cumplimiento al tratamiento o a la falta de efecto del mismo.

Gambacorta et al (2018) afirmaron que el cumplimiento de los parches y otras opciones de tratamiento suelen ser escasos. Por el contrario, los videojuegos de acción de ritmo rápido pueden ser más atractivos. Realizaron un estudio probando un videojuego de acción hecho a medida para tratar a niños con ambliopía.

Se reclutaron 21 niños de entre 7 y 17 años de edad con ambliopía unilateral. Los participantes fueron asignados al azar a uno de los dos grupos de tratamiento: un grupo de juego dicóptico, reduciendo el contraste en el ojo dominante, y un grupo de juego monocular, ocluyendo el ojo dominante. Ambos grupos debían de completar 20 horas de tratamiento experimental en sesiones de aproximadamente 1 hora, de 1 a 3 veces por semana.

Tras las 20 horas de entrenamiento, la agudeza visual media mejoró en 0.14 logMAR para el grupo dicóptico, y en 0.06 logMAR para el grupo monocular. En ambos grupos de tratamiento, 7 de los 12 niños con ambliopía anisométrica mostraron mejoría en la estereoagudeza, mientras que sólo 1 de los 9 niños con ambliopía estrábica mejoró.

Los autores sugirieron que el enfoque del videojuego de acción puede utilizarse como un tratamiento complementario eficaz para la ambliopía en los niños, logrando resultados similares a los tratamientos clásicos en una duración más corta.

Jukes et al (2019) realizaron un estudio piloto evaluando la viabilidad comparando juegos de ordenador y trabajo en visión próxima durante la oclusión. Participaron 18 niños de entre 2 y 7 años con ambliopía sin tratamiento previo. Fueron asignados al azar a un grupo de juegos de ordenador o a un grupo de trabajo en visión próxima, cada grupo debían de completar 2 horas de oclusión al día, incorporando una hora de su actividad asignada. Se evaluó la agudeza visual (logMAR) antes y después del tratamiento de 7 semanas.

Después de 7 semanas la agudeza visual media del ojo ambliope en el grupo de juegos de ordenador mejoró en  $0.147 \pm 0.182$  logMAR, y en el grupo de trabajo en visión próxima mejoró en  $0.181 \pm 0.124$  logMAR. La diferencia en la mejora de la agudeza visual entre ambos grupos no fue estadísticamente significativa. Los autores sugirieron que sería más factible realizar un ensayo controlado aleatorio que compare los juegos de ordenador y el trabajo cercano durante la oclusión para determinar si existe una diferencia significativa en los resultados visuales.

Holmes et al (2019) realizaron un estudio aleatorizado para comparar la mejora de la agudeza visual en 138 niños de 7 a 12 años con ambliopía (resultante de estrabismo, anisometropía o ambos) tratados mediante un juego binocular de iPad junto con la prescripción refractiva frente al tratamiento mediante la prescripción refractiva únicamente.

Los participantes fueron distribuidos aleatoriamente a un grupo de "tratamiento binocular" durante 8 semanas con el juego binocular dicóptico Dig Rush para iPad, prescrito durante 1 hora al día, 5 días a la semana, más el uso de gafas si era necesario, y a otro grupo de "control" únicamente prescribiendo las gafas si era necesario.

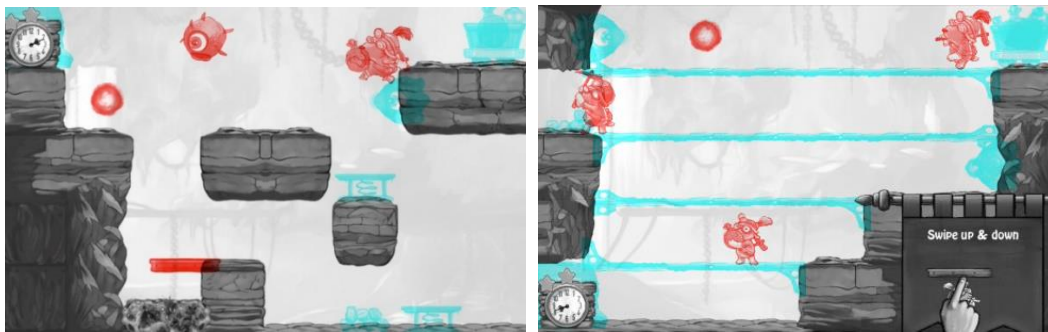


Imagen 6. Escenas del juego Dig Rush

<https://akihabarablues.com/dig-rush-sera-una-innovadora-forma-de-tratar-la-ambliopia/>

A las 4 semanas, la media de la agudeza visual del ojo ambliope mejoró 1.3 líneas respecto a los valores iniciales con el tratamiento binocular y 1.7 líneas solamente con la corrección. No se observaron diferencias al repetir las medidas de agudeza visual entre ambos grupos después de 8 semanas de tratamiento. En este estudio se concluyó que en niños de entre 7 y 12 años que recibieron un tratamiento previo para la ambliopía distinto de las gafas, no tuvieron ningún beneficio para la agudeza visual o la estereoaquudeza durante el periodo de 4 u 8 semanas de tratamiento con el juego Dig Rus para iPad.

Martín-González et al (2020) afirmaron que el tratamiento tradicional de la ambliopía mediante oclusión del ojo dominante mejora la agudeza visual estereoscópica en menos del 30% de los casos. Para mejorar estos resultados los autores propusieron un tratamiento en forma de videojuego, utilizando estímulos de puntos aleatorios y técnicas de aprendizaje perceptivo para estimular la estereoaquudeza. El protocolo fue diseñado para pacientes entre 7 y 14 años con deficiencia estereoscópica que ya habían recibido tratamiento para la ambliopía y presentaban una agudeza visual monocular con la mejor corrección de 0.1 logMAR pero teniendo la estereoaquudeza baja (entre 200"- 800").

En este estudio participaron un total de 16 pacientes, y todos tenían que seguir un curso de entrenamiento utilizando el juego estereoscópico computarizado en casa durante 60 sesiones de 8 minutos, cada sesión se hizo en un día diferente realizando 5 sesiones por semana. Los pacientes debían acudir al centro optométrico para un control cada 15 sesiones (3 semanas).

	Estereoagudeza inicial	Estereoagudeza post tratamiento
Test Wirt Circles	293.13 ± 271.17	107.50 ± 51.60
Test Random-dot	475 ± 240.84	305.63 ± 306.50

Tabla 2. Resultados de las estereoagudezas obtenidos antes y después del tratamiento.

Todos los pacientes, excepto uno, pudieron completar las 60 sesiones de entrenamiento asignadas. Se consideró que el cumplimiento era del 100% cuando los pacientes completaban el entrenamiento en menos de 12 semanas y el 0% cuando el entrenamiento duraba más de 24 semanas. Los resultados de este estudio han mostrado un cumplimiento del 88,36 %.

Yao et al (2020) hicieron un estudio comparativo entre los juegos binoculares frente a oclusión a tiempo parcial con parche con participación de 103 niños de China de entre 3 y 13 años de edad con ambliopía anisométrica. Los participantes fueron asignados de forma aleatoria a uno de los 3 grupos: un grupo de juego binocular, un grupo de oclusión con parche y otro grupo combinado.

El tratamiento se realizó en casa y fue prescrito durante 3 semanas. Al grupo binocular se le prescribió 40 minutos de un juego binocular al día y se dividió en 2 sesiones de entrenamiento. Al grupo de parche se le prescribió de 2 a 6 horas de oclusión del ojo dominante al día dependiendo del grado de profundidad de la ambliopía. Al grupo combinado se le prescribió tanto el juego binocular como la oclusión mediante parche del ojo dominante.

A los 3 meses, la agudeza visual media del ojo ambliope mejoró 0.18, 0.28 y 0.30 logMAR en los grupos de juego binocular, oclusión con parche y combinado respectivamente. Al comparar los resultados con la agudeza visual inicial, la diferencia fue estadísticamente significativa favoreciendo a los tres grupos de tratamiento, sin embargo la estereoagudeza sólo mejoró en los grupos de juego binocular y combinado. Los autores concluyeron que el juego utilizado en este estudio podría mejorar la agudeza visual y la binocularidad en niños chinos ambliopes anisométricos, pero su eficacia fue inferior al tratamiento oclusivo con parche.

Pang et al (2020) realizaron un estudio piloto para evaluar el efecto del videojuego dicóptico en casa sobre la agudeza visual lejana, la estereopsis y la estabilidad de la fijación en adultos con ambliopía leve.

Se reclutaron 23 participantes con ambliopía leve y fueron distribuidos al azar en dos grupos: un grupo activo con un tratamiento de 6 semanas en casa mediante un videojuego dicóptico anaglífico y de contraste equilibrado; y otro grupo placebo con un tratamiento idéntico al activo pero no dicóptico. El seguimiento se realizó 12 y 24 semanas después de la aleatorización.

La agudeza visual lejana media del ojo ambliope fue de  $0.21 \pm 0.06$  logMAR para el grupo activo y  $0.18 \pm 0.06$  logMAR para el grupo placebo. Tanto las agudezas visuales como las estereoagudezas mejoraron significativamente más en el grupo activo que en el grupo placebo.

En este estudio se concluyó que el videojuego dicóptico prescrito para casa podía ser un método eficaz para mejorar la agudeza visual lejana y la estereoagudeza en la ambliopía leve.

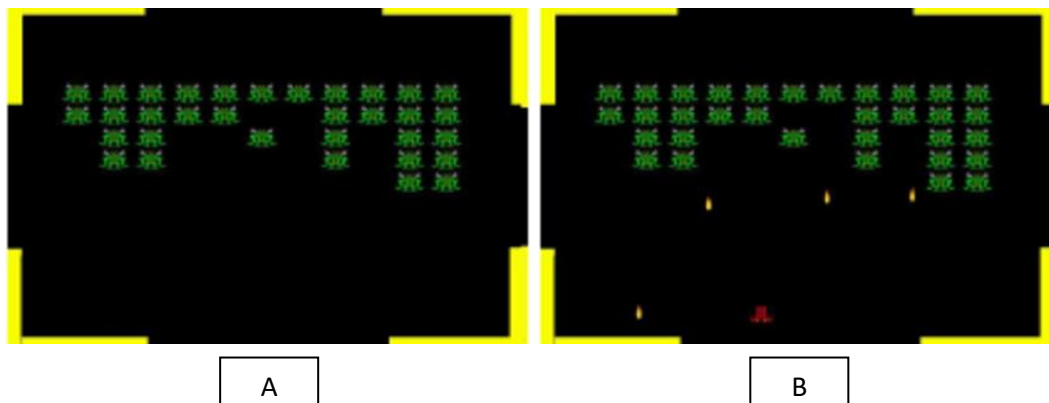


Imagen 7. Juego Space Invaders. A: imagen ojo dominante; B: imagen ojo ambliope.

<https://www.researchgate.net/publication/51940856> Using Stereoscopic 3D Technologies for the Diagnosis and Treatment of Amblyopia in Children

## 5.2 REALIDAD VIRTUAL

El tratamiento convencional de oclusión con parche para la ambliopía da a veces resultados poco satisfactorios por una serie de razones: es poco popular, es prolongado, frecuentemente da lugar a un mal cumplimiento, y además interrumpe la fusión (Eastgate et al, 2006).

Eastgate et al (2006) desarrollaron un sistema de visualización basado en la realidad virtual que facilitaba el tratamiento de la ambliopía junto con ambos ojos estimulados simultáneamente. Combinando la experiencia en realidad virtual con un equipo de oftalmólogos y ortopedistas desarrollaron el sistema de Tratamiento Binocular Interactivo (I-BiT™). Este sistema incorpora tecnología de realidad virtual adaptada y un software especialmente diseñado que proporciona juegos y vídeos interactivos en 2D y 3D al paciente a través de una pantalla binocular, y una pantalla de control para el clínico.

Se expuso este sistema en 6 niños de entre 3 y 7 años con ambliopía estrábica y/o anisométrica que no mejoraron después del tratamiento convencional o lo rechazaban. El tratamiento consistía en ver videoclips y jugar a juegos interactivos. Después del tratamiento de 4.4 horas, repartidas en varias sesiones, 5 de los 6 niños mostraron mejoría de su visión (aumento medio de 10 letras).

Herbison et al (2016) desarrollaron un sistema basado en la realidad virtual para tratar la ambliopía utilizando la estimulación dicóptica jugando a videojuegos especiales o ver DVDs. Este sistema de tratamiento binocular interactivo (I-BiT) utiliza un software especialmente configurado para estimular preferentemente el ojo ambliope sin comprometer la visión del ojo dominante.

Se realizó un ensayo de control aleatorio en 75 pacientes de entre 4 y 8 años con ambliopía y fueron distribuidos al azar en tres grupos: un grupo con Juego I-BiT, un grupo sin juego I-BiT y otro grupo con DVD I-BiT. Cada grupo recibieron de forma aleatoria el tratamiento de 30 minutos durante 6 semanas.

La agudeza visual mejoró en los tres grupos en las semanas 3, 6 y 10, con una mejora media de 0.07 logMAR en el ojo ambliope en la semana 6 cuya agudeza visual se mantuvo en la semana 10. No hubo diferencias entre el DVD I-BiT y los juegos no I-BiT en comparación con los juegos I-BiT en cuanto a la mejoría de visión. Pero la duración del tratamiento fue corta y la elevada proporción de ambliopía previamente tratada y ambliopía estrábica perjudicó al tratamiento de estimulación dicóptica.



Halička et al (2019) realizaron un estudio del entrenamiento dicóptico en realidad virtual en pacientes ambliopes anisométricos adultos. Se reclutaron un total de 84 participantes con una edad media de  $33.8 \pm 9.4$  años.

Los pacientes jugaron a un videojuego 2 veces por semana en la realidad virtual Oculus Rift 3D, con un total de 8 entrenamientos de 60 minutos.

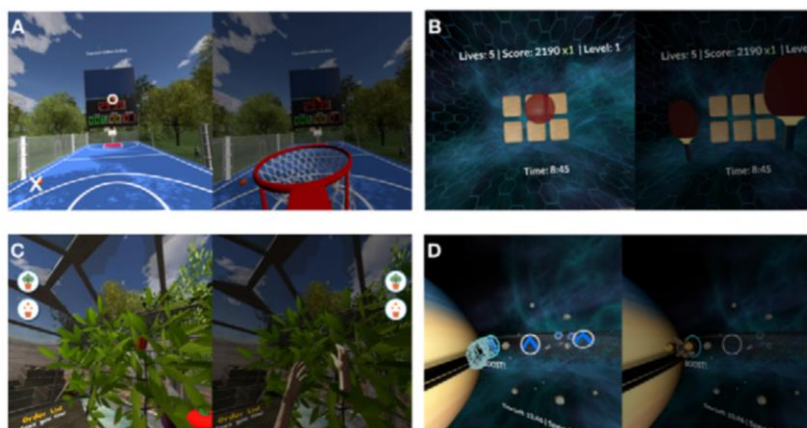


Imagen 8. Imágenes que ven los pacientes en la realidad virtual.

(J. Halička et al, 2019)

En total, antes del entrenamiento el 17% y después del entrenamiento el 31% de los pacientes alcanzaron una agudeza visual media igual o superior a 0.9 en escala decimal, en la que el 56% de los pacientes adultos respondieron al tratamiento con un aumento de la agudeza visual.

Los resultados de este estudio según sus autores, indican que es posible detectar un cierto grado de plasticidad neuronal en la corteza visual del cerebro adulto. Y a partir de las experiencias clínicas realizadas hasta la fecha con pacientes con ambliopía anisométrica que no han mejorado tras el entrenamiento, asumen el efecto del microestrabismo como factor pronóstico negativo.

Cepeda-Zapata et al (2019) propusieron un tratamiento de terapias visuales para el estrabismo implementadas en realidad virtual, basado en las terapias visuales convencionales para el tratamiento de la ambliopía y el estrabismo. Se consideraron 3 ejercicios: cuerda de Brock, técnica de aproximación, convergencia y divergencia. Se reclutaron 45 estudiantes de entre 17 y 28 años.

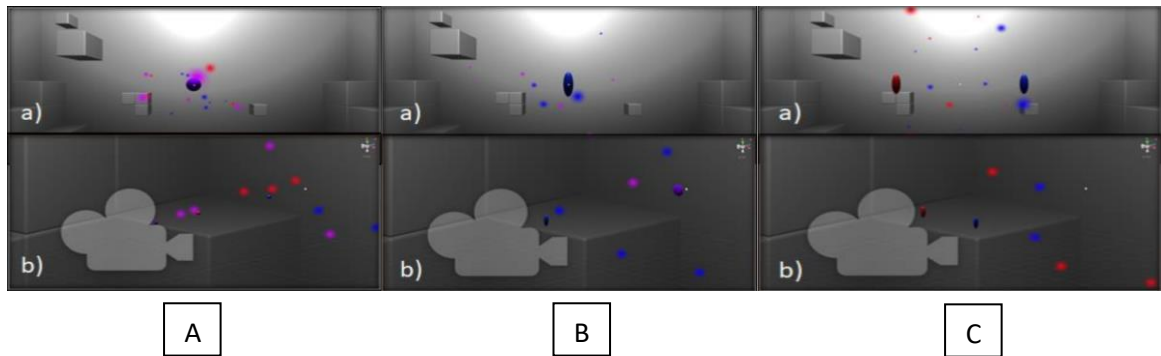


Imagen 9. Implementación virtual. Vistas frontal (a) y vistas lateral (b). A: cuerda de Brock; B: técnica de aproximación; C: convergencia y divergencia.

(Cepeda-Zapata et al, 2019)

Los autores concluyeron que la adaptación de la realidad virtual para la terapia del estrabismo es plausible ya que fue aceptada en general por las personas y no se detectaron efectos negativos.

### 5.3 GAFAS DE CRISTAL LÍQUIDO

Las gafas de cristal líquido (Imagen 10) son un dispositivo electrónico de oclusión intermitente. Tienen la estructura de las gafas normales pero con lentes construidas con células de cristal líquido que permiten la alternancia entre fases transparentes y opacas de forma rápida en intervalos de 30 segundos (ocluido el 50% del tiempo de uso). Al igual que el parche tradicional, las gafas de cristal líquido sólo privan al ojo bueno, sin embargo, permiten al paciente poder ver binocularmente, ya que la lente situada delante del ojo bueno alterna entre ser transparente y opaca, es decir que no lo priva por completo (Wang et al, 2016).



Imagen 10. Gafas de cristal líquido Amblyz™

<https://www.medsrl.com.ar/catalogo/AMBLYZ.pdf>

Spierer (2010) realizó un estudio evaluando el uso de gafas de cristal líquido para el tratamiento de la ambliopía causada por errores refractivos, estrabismo o ambos. Participaron un total de 24 niños de entre 4 y 8 años con ambliopía monocular. Se estableció unas fases oclusivas y no oclusivas fijas en las gafas de cristal líquido, de 8 horas de uso con 5 horas de oclusión diarias durante 9 meses.

Se obtuvieron resultados significativos donde la media de la agudeza visual después del tratamiento fue de 0.59 en comparación con 0.27 antes del tratamiento. También hubo mejoría en la estereopsis en el 21% de los niños en comparación con el 8% al principio. La mayoría de los niños cumplieron bien el tratamiento y no se registraron acontecimientos adversos.

En un estudio realizado por Wang et al (2016) se comparó la eficacia de la terapia de oclusión intermitente con gafas de cristal líquido frente a la eficacia de la terapia de oclusión continua con parche adhesivo en el tratamiento de la ambliopía.

Se escogieron niños de entre 3 y 8 años de forma aleatoria que presentaban ambliopía unilateral moderada no tratada previamente. Se distribuyeron en dos grupos de forma aleatoria, un grupo de 19 niños para el tratamiento de 4 horas con gafas de cristal líquido y otro grupo de 15 niños para el tratamiento de 2 horas con parche. Para cada paciente se examinó la agudeza visual antes y después de 12 semanas de tratamiento.

	AV previa	AV post tratamiento
Gafas de cristal líquido (19)	0.46 ± 0.16 logMAR	0.31 ± 0.12 logMAR
Parche adhesivo (15)	0.46 ± 0.14 logMAR	0.31 ± 0.11 logMAR

Tabla 3. Comparación de la agudeza visual del ojo ambliope antes y después del tratamiento

En ambos casos se obtuvieron mejoras significativas en la agudeza visual del ojo ambliope. Los autores afirmaron que 4 horas de terapia de oclusión intermitente diarias, con gafas de cristal líquido, ajustadas al 50% del tiempo de oclusión, no fueron inferiores a 2 horas de oclusión completa diaria en el tratamiento de niños de 3 a 8 años con ambliopía moderada y unilateral.

## 6 CONCLUSIONES

Después de haber realizado una búsqueda bibliográfica de diferentes investigaciones relacionadas con los últimos avances en el tratamiento para la ambliopía, podemos remarcar varios puntos:

1. Etapa de plasticidad sensorial: el diagnóstico y tratamiento temprano de la ambliopía supone una mayor efectividad en la mejora de la agudeza visual y las habilidades visuales.
2. Una corrección óptica óptima es fundamental en el tratamiento de la ambliopía.
3. Los tratamientos clásicos de oclusión y penalización farmacológica solamente proporcionan buenos resultados en la mejora de la agudeza visual si se tratan en edades tempranas. Pero también resulta importante combinarlas con ejercicios de terapia visual.
4. En las investigaciones más recientes se ha demostrado que el entrenamiento binocular como los videojuegos y la realidad virtual son efectivas para la mejora de la agudeza visual, la estereopsis y la sensibilidad al contraste. Sin embargo, en algunos de los estudios comparativos la eficacia de estos métodos de entrenamiento han quedado por debajo del tratamiento oclusivo.
5. El cumplimiento del tratamiento en entrenamiento binocular mediante juegos ha resultado ser mucho mejor que la oclusión mediante parches, ya que los juegos son más interesantes y entretenidos.
6. El tratamiento de oclusión intermitente mediante gafas de cristal líquido resulta ser eficaz en los artículos encontrados, pero todavía es poco conocido, por lo que se necesitaría realizar más estudios.
7. Los tratamientos sugeridos en los estudios más recientes no pueden considerarse sustitutos de los tratamientos convencionales porque todavía están en fase de investigación.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

Antonio-Santos A., Vedula S. S., Hatt S. R., & Powell C. (2020). Occlusion for stimulus deprivation amblyopia. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 3, 1.

<http://dx.doi.org/recursos.biblioteca.upc.edu/10.1002/14651858.CD005136.pub4>

Argiles Sans M.,(2020). Teràpia visual monocular en ambliopia. *Material sin publicar*(Notas de clase).

Bocci T, Nasini F, Caleo M, Restani L, Barloscio D, Ardolino G, Priori A, Maffei L, Nardi M, Sartucci F., (2018). Unilateral Application of Cathodal tDCS Reduces Transcallosal Inhibition and Improves Visual Acuity in Amblyopic Patients. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 12, 109.

<https://doi.org/10.3389/fnbeh.2018.00109>

Bradfield Y., (2013). Identification and Treatment of Amblyopia. *Am Fam Physician*. 87 (5), 348-352.

<https://www.aafp.org/afp/2013/0301/afp20130301p348.pdf>

Cepeda-Zapata L., Romero-Soto F., Diaz de Leon V.,A., Roa-Huertas J., Naal-Ruiz N., Ibarra-Zarate D., & Alonso-Valerdi L. (2019). Implementation of a virtual reality rendered in portable devices for strabismus treatment based on conventional visual therapy. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society.IEEE Engineering in Medicine and Biology Society.Annual International Conference*. 7189-7192.

<http://dx.doi.org/recursos.biblioteca.upc.edu/10.1109/EMBC.2019.8857222>

Eastgate R.M., Griffiths G.D., Waddingham P.E., Moody A.D., Butler T.K., Cobb S.V., Comaish I.F., Haworth S.M., Gregson R.M., Ash I.M., Brown S.M., (2006). Modified virtual reality technology for treatment of amblyopia. *Eye (Lond)*, 20(3), 370-4.

<https://doi.org/10.1038/sj.eye.6701882>

Faghihi M., Hashemi H., Nabovati P., Saatchi M., Yekta A., Rafati S., Ostadimoghaddam H., Khabazkhoob M. (2017). The Prevalence of Amblyopia and Its Determinants in a Population-based Study. *Strabismus*. 25(4), 176-183.

<https://doi.org/10.1080/09273972.2017.1391849>

Gambacorta, C., Nahum, M., Vedamurthy, I., Bayliss, J., Jordan, J., Bavelier, D., & Levi, D. M. (2018). An action video game for the treatment of amblyopia in children: A feasibility study. *Vision Research*, *148*, 1-14.

<http://dx.doi.org/recursos.biblioteca.upc.edu/10.1016/j.visres.2018.04.005>

Gopal S. K. S., Kelkar J., Kelkar A., & Pandit A. (2019). Simplified updates on the pathophysiology and recent developments in the treatment of amblyopia: A review. *Indian Journal of Ophthalmology*, *67*(9), 1392-1399.

[http://dx.doi.org/recursos.biblioteca.upc.edu/10.4103/ijo.IJO\\_11\\_19](http://dx.doi.org/recursos.biblioteca.upc.edu/10.4103/ijo.IJO_11_19)

Halička J., Sahatqija E., Krasňanský M., Kapitánová K., Fedorová M., & Žiak P. (2020). Visual training in virtual reality in adult patients with anisometric amblyopia. *Ceska a Slovenska Oftalmologie : Casopis Ceske Oftalmologicke Spolecnosti a Slovenske Oftalmologicke Spolecnosti*, *76*(1), 24-28.

<http://dx.doi.org/recursos.biblioteca.upc.edu/10.31348/2020/3>

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. *The British Journal of Ophthalmology*, *100*(11), 1511-1516.

<http://dx.doi.org/recursos.biblioteca.upc.edu/10.1136/bjophthalmol-2015-307798>

Holmes, J. M., Manny, R. E., Lazar, E. L., Birch, E. E., Kelly, K. R., Summers, A. I., Martinson, S. R., Raghuram, A., Colburn, J. D., Law, C., Marsh, J. D., Bitner, D. P., Kraker, R. T., & Wallace, D. K. (2019). (Pediatric Eye Disease Investigator Group). A Randomized Trial of Binocular Dig Rush Game Treatment for Amblyopia in Children Aged 7 to 12 Years. *Ophthalmology*, *126*(3), 456–466.

<https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2018.10.032>

Hunter D., Cotter S., (2016). Early diagnosis of amblyopia. *Visual Neuroscience*. *35*, E013.

<https://doi.org/10.1017/S0952523817000207>

Jukes, C., Bjerre, A., Coupe, J., & Gibson, J. (2019). Pilot study evaluating the feasibility of comparing computer game play with close work during occlusion in children aged 2-7 years with amblyopia. *British and Irish Orthoptic Journal*, *15*(1), 115–124.

<http://dx.doi.org/recursos.biblioteca.upc.edu/10.22599/bioj.132>

Leat S.J., (2011). To prescribe or not to prescribe? Guidelines for spectacle prescribing in infants and children. *Clinical and Experimental Optometry*. 94 (6), 514-527.

<https://doi.org/10.1111/j.1444-0938.2011.00600.x>

Levi D.M., (2006). Visual processing in amblyopia: human studies. *Strabismus*. 14(1), 11-9.

<https://doi.org/10.1080/09273970500536243>

Manh V.M., Holmes J.M., Lazar E.L., Kraker R.T., Wallace D.K., Kulp M.T., Galvin J.A., Shah B.K., Davis P.L., (2018). Pediatric Eye Disease Investigator Group. A Randomized Trial of a Binocular iPad Game Versus Part-Time Patching in Children Aged 13 to 16 Years With Amblyopia. *American Journal Ophthalmology*, 186, 104-115.

<https://dx.doi.org/10.1016%2Fj.ajo.2017.11.017>

Martín-González S., Portela-Camino J., Ruiz-Alcocer J., Illarramendi-Mendicute I., & Garrido-Mercado R., (2020). Stereoacuity improvement using random-dot video games. *Journal of Visualized Experiments : JoVE*, (155)

<http://dx.doi.org/recursos.biblioteca.upc.edu/10.3791/60236>

Michaelides M., Moore A.T. (2004). The genetics of strabismus. *Journal of Medical Genetics*, 41(9), 641-6.

<https://doi.org/10.1136/jmg.2004.021667>

Pang, P. C. K., Lam, C. S. Y., Hess, R. F., & Thompson, B. (2020). Effect of dichoptic video game treatment on mild amblyopia - a pilot study. *Acta Ophthalmologica*.

<http://dx.doi.org/recursos.biblioteca.upc.edu/10.1111/aos.14595>

Park S. H. (2019). Current Management of Childhood Amblyopia. *Korean journal of ophthalmology: KJO*, 33(6), 557-568.

<https://doi.org/10.3341/kjo.2019.0061>

Repka M.X., Beck R.W., Holmes J.M., Birch E.E., Chandler D.L., Cotter S.A., Hertle R.W., Kraker R.T., Moke P.S., Quinn G.E., Scheiman M.M., (2003). Pediatric Eye Disease Investigator Group. A randomized trial of patching regimens for treatment of moderate amblyopia in children. *Arch Ophthalmol*, 121(5), 603-11.

<https://doi.org/10.1001/archoph.121.5.603>



Sansevero G., Torelli C., Mazziotti R., Consorti A., Pizzorusso T., Berardi N., Sale A. (2020). Running towards amblyopia recovery. *Scientific Reports*, 10(1):12661.

<https://dx.doi.org/10.1038%2Fs41598-020-69630-7>

Spierer A., Raz J., BenEzra O., Herzog R., Cohen E., Karshai I., BenEzra D., (2010). Treating Amblyopia with Liquid Crystal Glasses: A Pilot Study. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 51(7), 3395-3398.

<https://doi.org/10.1167/iovs.09-4568>

Steel D. A., Codina C. J., & Arblaster G. E., (2019). Amblyopia treatment and quality of life: The child's perspective on atropine versus patching. *Strabismus*, 27(3), 156-164.

<http://dx.doi.org.recursos.biblioteca.upc.edu/10.1080/09273972.2019.1643894>

Stewart C.E., Moseley M.J., Stephens D.A., Fielder A.R., (2004). Treatment dose-response in amblyopia therapy: the Monitored Occlusion Treatment of Amblyopia Study (MOTAS). *Invest Ophthalmol Vis Sci.*, 45(9), 3048-54.

<https://doi.org/10.1167/iovs.04-0250>

Wang J., Jin J., Malik A., Shoge R., Meiyeppen S., Pang Y., Januschowski K., (2019). Feasibility of monitoring compliance with intermittent occlusion therapy glasses for amblyopia treatment. *Journal of AAPOS: The Official Publication of the American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*, 23(4), 205.e1-205.e5.

<http://dx.doi.org.recursos.biblioteca.upc.edu/10.1016/j.jaapos.2019.04.009>

Wang, J., Neely, D. E., Galli, J., Schliesser, J., Graves, A., Damarjian, T. G., Kovarik, J., Bowsher, J., Smith, H. A., Donaldson, D., Haider, K. M., Roberts, G. J., Sprunger, D. T., & Plager, D. A. (2016). A pilot randomized clinical trial of intermittent occlusion therapy liquid crystal glasses versus traditional patching for treatment of moderate unilateral amblyopia. *Journal of AAPOS: the official publication of the American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*, 20(4), 326 - 331.

<https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2016.05.014>

Weakley, D.R. (2001). The association between nonstrabismic anisometropia, amblyopia, and subnormal binocularity. *Ophthalmology*, 108(1), 163-71.

[https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(00\)00425-5](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(00)00425-5)



Wimalasundera, S. (2015). Functional Amblyopia; A Blinding Disease in a Normal Eye, *European Journal of Preventive Medicine*. Special Issue: *New Frontiers of Public Health from the Pearl of Indian Ocean, Sri Lanka*. 3(2), 36-46.

<http://www.sciencepublishinggroup.com/journal/paperinfo?journalid=651&paperId=10006551>

Yao J., Moon H., & Qu X., (2020). Binocular game versus part-time patching for treatment of anisometropic amblyopia in chinese children: A randomised clinical trial. *The British Journal of Ophthalmology*, 104(3), 369-375.

<http://dx.doi.org.recursos.biblioteca.upc.edu/10.1136/bjophthalmol-2018-313815>