



UNIVERSIDAD DE SEVILLA

FACULTAD DE FARMACIA

TRABAJO FIN DE GRADO

**“NUEVAS TÉCNICAS Y AVANCES EN EL  
TRATAMIENTO DE LA AMBLIOPÍA EN NIÑOS”**

PRESENTADO POR ANTONIO BALLESTEROS SÁNCHEZ

SEVILLA, JULIO DE 2019



UNIVERSIDAD DE SEVILLA

FACULTAD DE FARMACIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

**“NUEVAS TÉCNICAS Y AVANCES EN EL TRATAMIENTO DE  
LA AMBLIOPÍA EN NIÑOS”**

Antonio Ballesteros Sánchez

Universidad de Sevilla (Facultad de Farmacia): Sevilla, Julio 2019.

Departamento: Física de la Materia Condensada.

Tutor/a: Inmaculada López Izquierdo.

Tipología del proyecto: Bibliográfica.

Vº Bº



## **RESUMEN**

La ambliopía se define como la disminución de la agudeza visual (AV) que aparece cuando la corteza visual recibe una información mal coordinada procedente del sistema binocular. Si las causas que afectan a esta mala recepción de la información no se corrigen en una fase temprana del desarrollo visual, se producirán modificaciones en la red neuronal. Un paciente ambliope no solo presenta una disminución de la AV, sino que también tiene afectadas la estereopsis y sensibilidad al contraste. El tratamiento clásico de la ambliopía es la oclusión mediante un parche del ojo no ambliope. El cumplimiento del tratamiento clásico es complicado ya que no todos los niños quieren llevar el parche, pues al ocluirles el ojo de mejor visión presentan una AV muy pobre, o incluso son los propios padres los que no quieren. Por este motivo, surgen nuevas formas de tratamiento para la ambliopía.

El objetivo de este trabajo de carácter bibliográfico será conocer los nuevos métodos o técnicas más novedosas que se manejan en la actualidad para el tratamiento de la ambliopía, determinando cual es el más adecuado para cada tipo de ambliopía, así como la efectividad que estos presentan. Por ello, se realizó una búsqueda bibliográfica de artículos que incluyeran la combinación de las siguientes palabras claves: “Amblyopia”, “Therapy” y “New treatment”.

Gracias a los resultados obtenidos en la búsqueda, se llegó a la conclusión de que el tratamiento más utilizado y efectivo para la ambliopía estrábica y refractiva es la combinación del tratamiento clásico junto al uso de videojuegos de forma monocular y binocular. En segundo lugar, para la ambliopía por privación debido a una catarata congénita la única forma de tratamiento es la cirugía intraocular. Después, con el tratamiento farmacológico se consiguen beneficios, pero se necesitan más ensayos clínicos en los que se determine su eficacia y las dosis adecuadas y, por último, son precisos más estudios que comparen los efectos beneficiosos de la fototerapia sintónica frente a otros tratamientos de la ambliopía.

## **ABSTRACT**

Amblyopia is defined as the decrease in visual acuity (AV) that appears when the visual cortex receives poorly coordinated information from the binocular system. If the causes that affect this poor reception of the information are not corrected at an early stage of visual development, changes will occur in the neural network. A patient amblyopic not only has a decrease in the AV, but also has affected the stereopsis and sensitivity to contrast. The classic treatment of amblyopia is occlusion by a patch of the non-amblyopic eye. The compliance of the classic treatment is complicated since not all the children want to carry the patch, because by occluding them the eye of better vision presents a very poor AV, or even the parents themselves who do not want. For this reason, new forms of treatment for amblyopia arise.

The objective of this work of bibliographic character will be to know the new methods or newer techniques that are managed at present for the treatment of amblyopia, determining which is the most suitable for each type of amblyopia, as well as the effectiveness that these present. Therefore, a bibliographical search of articles was carried out that included the combination of the following keywords: "Amblyopia", "Therapy" and "New treatment".

Thanks to the results obtained in the search, it was concluded that the most used and effective treatment for strabismic and refractive amblyopia is the combination of classic treatment together with the use of video games in Monocular and binocular form. Second, for deprivation amblyopia due to a congenital cataract the only form of treatment is intraocular surgery. Then, with pharmacological treatment, benefits are achieved, but more clinical trials are needed to determine their efficacy and appropriate doses and, finally, more studies are needed to compare the beneficial effects of Syntonic phototherapy Compared to other treatments of amblyopia.

## ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
I. 1. CONCEPTO DE AMBLIOPÍA.....	1
I. 2. DESARROLLO DEL SISTEMA VISUAL EN EL NIÑO .....	1
I. 2.1. PERÍODO DE MADURACIÓN VISUAL.....	2
I. 3. CLASIFICACIÓN DE LA AMBLIOPÍA.....	3
I. 3.1. AMBLIOPÍA FUNCIONAL .....	3
I. 3.2. AMBLIOPÍA ORGÁNICA .....	7
I. 3.3. OTRAS CLASIFICACIONES.....	8
I. 4. INCIDENCIA DE LA AMBLIOPÍA.....	8
I. 5. EL EXAMEN CLÍNICO EN LA AMBLIOPÍA.....	9
I. 5.1. ANAMNESIS .....	9
I. 5.2. AGUDEZA VISUAL .....	9
I. 5.3. COVER TEST .....	10
I. 5.4. EXAMEN DE REFRACCIÓN.....	10
I. 5.5. ESTUDIO DE LA FIJACIÓN .....	10
I. 5.6. SALUD OCULAR .....	10
I. 5.7. BINOCULARIDAD.....	11
I. 6. TRATAMIENTO CLÁSICO DE LA AMBLIOPÍA .....	12
I. 6.1. CORRECCIÓN DE LA AMETROPIA.....	12
I. 6.2. OCLUSIÓN .....	12
I. 6.3. PENALIZACIÓN.....	14
I. 7. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	14
II. OBJETIVOS .....	15
III. METODOLOGÍA .....	15
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	16
IV. 1. AMBLIOPÍA: AVANCES Y NUEVAS TÉCNICAS DE TRATAMIENTO.....	16
IV. 1.1. TRATAMIENTO MEDIANTE VIDEOJUEGOS .....	16
IV. 1.2. OPTOMETRÍA COMPORTAMENTAL.....	26
IV. 1.3. TRATAMIENTO FARMACOLÓGICO.....	27
IV. 1.4. CIRUGÍA REFRACTIVA.....	32
IV. 2. DISCUSIÓN FINAL.....	34
V. CONCLUSIÓN.....	36
VI. BIBLIOGRAFÍA .....	37

# **I. INTRODUCCIÓN**

## **I. 1. CONCEPTO DE AMBLIOPÍA**

La ambliopía es un término difícil de definir. Si se recurre al origen etimológico, se puede decir que la palabra ambliopía proviene del griego amblyopia que se divide en “amblys” que significa débil y “ops” que significa ojo, por lo que se puede definir la ambliopía como aquel paciente que presenta un ojo débil.

Actualmente, existen numerosas formas de definir el concepto de ambliopía, atendiendo a diferentes aspectos estudiados en numerosos trabajos. Dependiendo de los objetivos de cada uno de estos trabajos, las definiciones actuales están centradas en aspectos concretos sin considerar el concepto de forma global. Por ejemplo, la mayoría de las investigaciones están encaminadas hacia la disminución de la AV exclusivamente, sin tener en consideración la sensibilidad al contraste o la estereopsis, que se ha demostrado que están disminuidas en el paciente ambliope.

Pese a la complejidad de la definición, la ambliopía podría definirse como la disminución de AV que aparece cuando la corteza visual recibe una información mal coordinada procedente del sistema binocular (Goñi-Boza and Ortiz Barrantes, 2018). Si las causas que afectan a esta mala recepción de la información no se corrigen en una fase temprana del desarrollo visual, se producirán modificaciones en la red neuronal. Por ejemplo, hay estudios que determinan que pacientes ambliopes tienen reducido el volumen de materia gris en la región visual cortical, y en las distintas áreas visuales las conexiones neuronales están reducidas. (Yen, 2017).

## **I. 2. DESARROLLO DEL SISTEMA VISUAL EN EL NIÑO**

El sistema visual empieza a desarrollarse en el útero materno. En el nacimiento el sistema visual es inmaduro y continúa desarrollándose anatómicamente y funcionalmente tras el nacimiento. El desarrollo funcional finaliza aproximadamente a los 15 años.

Para un buen desarrollo del sistema visual, hay que cumplir una serie de requisitos entre los que destacamos: La transparencia de los medios oculares, formación de imágenes nítidas y enfocadas en retina en cada ojo y la integridad de las vías de transmisión visual y la corteza estriada occipital.

A continuación, se muestran las características visuales que presentan los recién nacidos conforme se desarrolla el ojo (Tabla 1).

	Características visuales
1º mes	Inicio de la acomodación.
2º mes	Movimientos de fijación con los ojos y la cabeza.
Entre 3º - 4º mes	Inicio de la visión estereoscópica Movimientos vergenciales precisos.
6º mes	Existencia de reflejos fusionales.
A partir del 1º año	Desarrollo del campo visual igual que en el adulto. Desarrollo de la discriminación visual.
Entre el 3º y 6º año	Desarrollo de la percepción espacial.
Al 6º año	Desarrollo completo de las capacidades visuales.
Entre el 6º - 12º año	Consolidación de una visión eficaz.

Tabla 1. Características visuales durante el desarrollo visual (Lopez Alemany, 2005)

Dentro del desarrollo del sistema visual en el niño existe un período de maduración visual que se verá en el próximo apartado.

### I. 2.1. PERÍODO DE MADURACIÓN VISUAL

Empieza al nacer y termina sobre los 7 años. Cualquier alteración que interfiera en el período de la maduración visual, puede dejar como secuela una incapacidad visual permanente. Esto se debe a que durante este período hay una plasticidad cerebral, es decir, maleabilidad de conexión entre las vías aferentes y la corteza. El período crítico de la plasticidad cerebral va desde los 4 meses hasta los 7-8 años.

Entre las alteraciones que pueden encontrarse en este período cabe destacar la interacción binocular anómala y la deprivación foveal. Dos son las teorías que explican cómo estas alteraciones pueden afectar a la visión de los recién nacidos.

- A) Teoría de la competencia binocular cortical: La información visual es analizada por células cada vez más complejas. Los estímulos de ambos ojos deben actuar simultáneamente y proveer de la misma calidad de imagen. Si esto no ocurriera, sólo se registrará la imagen del ojo dominante, desarrollándose por competencia binocular las células que representan a dicho ojo, quedando las células corticales



binoculares sin desarrollar y las células corticales del otro ojo tendrán menor representación cortical (Hubel and Wiesel, 1970).

- B) Teoría del procesamiento paralelo: Hay tres tipos de células ganglionares. Las X que se localizan en la retina central y están especializadas en la capacidad de discriminación espacial y color. Las Y se encuentran en la retina periférica y están especializadas en las imágenes en movimiento. Las W que están implicadas en el control del diámetro pupilar y en el control de los movimientos de los ojos y de la cabeza en respuesta a objetos en movimiento. Esta teoría establece que una inadecuada estimulación de las células X retinianas llevarían a una disminución de la AV (Ikeda and Wright, 1974) .

### **I. 3. CLASIFICACIÓN DE LA AMBLIOPÍA**

Actualmente, la ambliopía se suele clasificar en la ambliopía funcional y ambliopía orgánica, aunque también hay otras clasificaciones.

#### **I. 3.1. AMBLIOPÍA FUNCIONAL**

La ambliopía funcional se caracteriza por una disminución de la AV que no es originada por una patología. La vía visual se encuentra en perfecto estado en el nacimiento pero aparece un fallo en el desarrollo o en la estimulación (Merchante et al., 2013).

##### **I. 3.1.1. AMBLIOPÍA ESTRÁBICA**

La ambliopía estrábica es consecuencia del desalineamiento de los ejes visuales, también conocido como estrabismo, que se manifiesta en edades tempranas. La existencia del estrabismo en un paciente no implica que presente ambliopía. Todo depende del tipo de estrabismo y de las adaptaciones sensoriales del paciente, siendo los estrabismos unilaterales, ya sean convergentes o divergentes, los principales responsables de este tipo de ambliopía (Carlos et al., 1998a)

Cuando no hay un alineamiento de los ejes visuales (Figura 1) se produce la alteración de la visión binocular, en concreto el mecanismo de fusión ya que la imagen del objeto que se está observando no cae en puntos retinianos correspondientes. Aparecen así dos alteraciones sensoriales que son la diplopía y confusión (Carlos et al., 1998b)

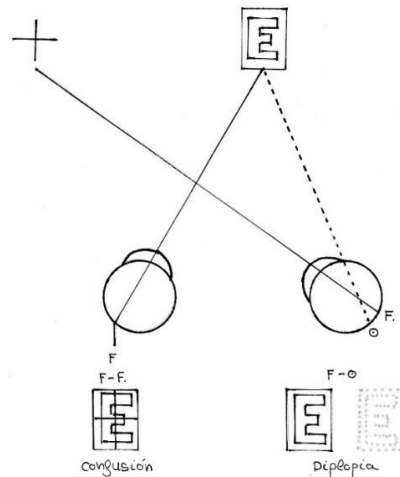


Figura 1. Diplopía y confusión.

La diplopía, o también conocida como visión doble, aparece cuando la imagen del objeto que estamos observando cae en puntos retinianos no correspondientes, es decir, la imagen del objeto cae en la fovea del ojo fijador y en un punto extrafoveal del ojo desviado. Los niños son capaces de neutralizar la diplopía. Sin embargo, en los adultos persiste.

La confusión aparece debido a que dos objetos distintos estimulan ambas foveas, de tal forma que el paciente tiene la sensación de que dichos objetos se encuentran en el mismo punto del espacio y los ve de forma superpuesta. Esta alteración va a dar lugar a una rivalidad retiniana que conlleva la neutralización de una de las imágenes.

Frente a la diplopía y confusión aparecen sistemas de compensación que van a depender de la edad en la que aparezca la desviación.

- A) Si la desviación ocular aparece cuando la visión binocular está desarrollada, el paciente puede adoptar dos mecanismos de defensa (Carlos et al., 1998c)
- Tortícolis: El paciente adopta una posición con la cabeza para no perder la binocularidad.
  - Cierre de un ojo: Se elimina una de las imágenes.
- B) Si la desviación ocular aparece antes del desarrollo visual, es decir, en edades tempranas, el paciente puede presentar adaptaciones sensoriales como la supresión y la correspondencia retiniana anómala.
- Supresión: Inhibición de la imagen del ojo desviado. Esta inhibición desaparece al ocluir el ojo fijador, haciendo fijar al ojo desviado (Figura 2). La supresión constante de la imagen del ojo desviado es la causante de la ambliopía estrábica (Carlos et al., 1998d)

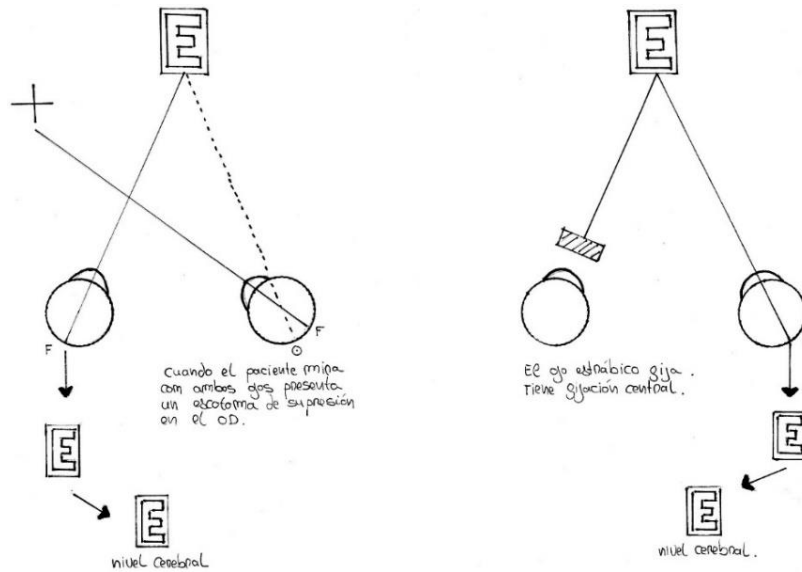


Figura 2. Supresión y fijación central.

- Correspondencia retiniana anómala: Es un fenómeno positivo ya que el paciente con estrabismo tiende a mantener la binocularidad. El punto extrafoveal del ojo desviado hace de nueva fovea (F') en ese ojo. La F' del ojo desviado y la fovea del ojo fijador son ahora puntos retinianos correspondientes, por lo que el paciente presenta visión binocular. A pesar de esto, generalmente la F' del ojo desviado no tiene la misma AV que la fovea del ojo fijador. Si al ocluir el ojo fijador, el ojo desviado no se mueve para tomar la fijación, pero el paciente ve el objeto, se puede decir que no presenta fijación central. El paciente está fijando con un punto extrafoveal, esto se conoce como fijación excéntrica (Figura 3) (Carlos et al., 1998e).

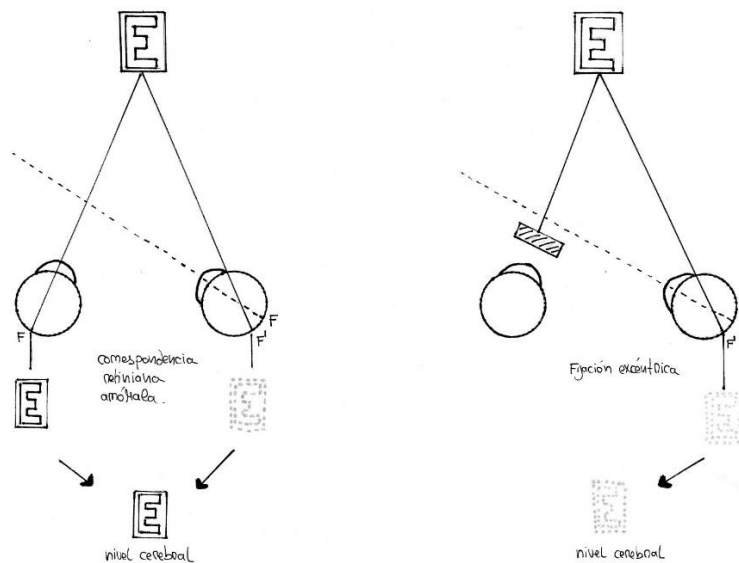


Figura 3. Correspondencia retiniana anómala y fijación excéntrica.

### I. 3.1.2. AMBLIOPÍA REFRACTIVA

Se debe a un error refractivo significativo. Se puede clasificar en ambliopía anisométrica y ambliopía isoamétrica.

#### I. 3.1.2.1. AMBLIOPÍA ANISOMÉTRICA

Esta ambliopía se debe a la presencia de un error refractivo significativo en uno de los ojos o a una diferencia considerable de ametropía entre un ojo y otro. Esto provoca que las imágenes retinianas no tengan la misma nitidez, impidiendo a su vez el desarrollo de la AV de forma correcta en el ojo más amétrope.

Corregir correctamente el error refractivo mediante gafas no garantiza que no aparezca la ambliopía, ya que con la corrección se hace que el paciente presente de forma no intencionada aniseiconia (Figura 4), que es la diferencia de tamaño entre las imágenes retinianas. Todo esto hace que la fusión sea más difícil, facilitando la instauración de la ambliopía, debido a la supresión que se produce contra la aniseiconia y la diferencia de nitidez.

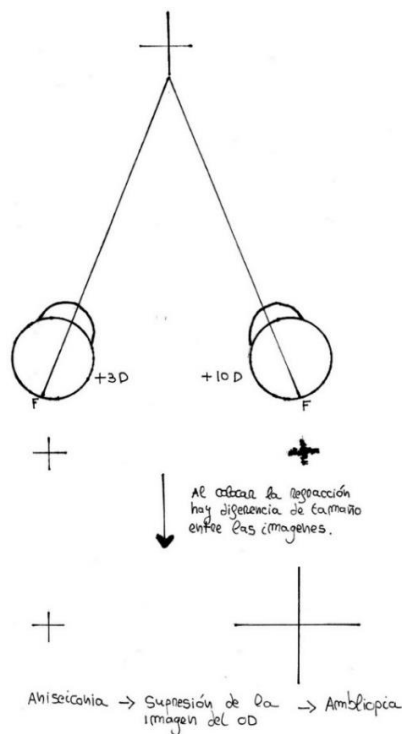


Figura 4. Ambliopía producida por la aniseiconia, debido a la corrección de la anisometropía.

#### I. 3.1.2.2. AMBLIOPÍA ISOAMÉTRICA

Es una ambliopía bilateral que aparece debido a un defecto refractivo elevado en ambos ojos de corrección tardía. Es propio de esta ambliopía que con la correcta corrección no se normalice la AV inmediatamente, pero que mejore en un período de 3 a 6 meses.

Actualmente, no hay estudios que indiquen a partir de qué error refractivo aparece una ambliopía isoametrópica. A pesar de esto, este tipo de ambliopía suele darse en hipermetropía elevadas, a partir de 3 a 4 D. Si no se presenta un estrabismo asociado con la hipermetropía se alcanza la mejor visión. También se da en astigmatismos de 1 a 2 D y miopía elevada, en las que se aconseja la total compensación con gafas o lentes de contacto para alcanzar la mejor visión (Carlos et al., 1998f)

### I. 3.1.3. AMBLIOPÍA POR DEPRIVACIÓN DEL ESTÍMULO

Es una ambliopía que aparece debido a la presencia de obstáculos físicos en el eje visual como la falta de transparencia de los medios oculares. Se puede decir que es una ambliopía secundaria (Carlos et al., 1998g). Entre las causas más frecuentes de ambliopía por privación encontramos la catarata congénita (Figura 5), ptosis, distrofias corneales y opacidad vítrea. Si algunas de estas causas se dan en el periodo de máxima plasticidad cerebral, no se va a formar la imagen de forma nítida, impidiendo así el desarrollo de la fovea de forma correcta (Martha, 2015)

El pronóstico de esta ambliopía depende de la edad de aparición, localización y la edad a la que se inicia el tratamiento.

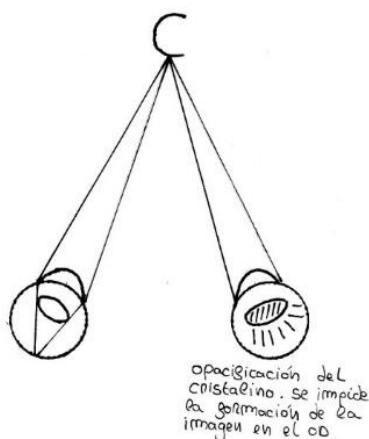


Figura 5. Ambliopía por privación debido a la presencia de cataratas.

### I. 3.2. AMBLIOPÍA ORGÁNICA

La ambliopía orgánica se caracteriza por una disminución de la AV causada por una patología o lesión que se origina en la en la vía retino-geniculo-cortical. Estructuralmente el ojo presenta una apariencia normal.

### I. 3.3. OTRAS CLASIFICACIONES

La ambliopía también se puede clasificar según el grado de AV y la diferencia de AV entre ambos ojos.

- Grado de AV ➡ Ambliopía profunda: AV menor de 0,1.  
➡ Ambliopía media: AV entre 0,1 y 0,5.  
➡ Ambliopía ligera: AV mayor de 0,5.
- Diferencia de AV entre ambos ojos ➡ Ambliopía profunda: mayor a 0,5.  
➡ Ambliopía media: entre 0,3 y 0,5.  
➡ Ambliopía ligera: menor a 0,3.

### I. 4. INCIDENCIA DE LA AMBLIOPÍA

La ambliopía es un problema que puede darse con relativa frecuencia en la población, siendo la causa más frecuente de baja AV en niños y jóvenes. Pero a pesar de esto es complicado establecer unas cifras exactas sobre su incidencia ya que en diversos estudios que se han realizado, los métodos de diagnóstico difieren. Sin embargo, se puede decir que la ambliopía tiene una incidencia en la población alrededor del 2,5 % al 5 % (Carlos et al., 1998h).

Se han realizado muchos estudios que relacionan la epidemiología de la ambliopía con su etiología (Figura 6). Un estudio realizado en la escuela de rehabilitación visual de Cuba en el que participaron 60 ambliopes demostró que, un 39% de los niños y niñas tenía una ambliopía estrábica, de los cuales un 27% presentaban endotropía y un 12% exotropía, mientras que el 51% presentaba una ambliopía de origen refractivo, presentando el 28% anisometropía, el 20% isoametropía y el 13% astigmatismo (Pupo Negreira et al., 2009)

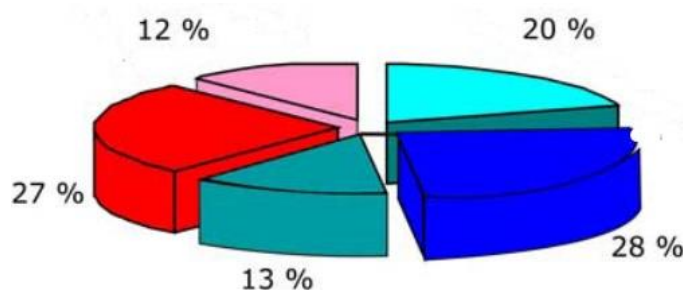


Figura 6. Relación entre la incidencia de la ambliopía y sus causas etiológicas.

Destacar la importancia de la detección temprana de la ambliopía, ya que cuanto antes se detecte más fácil será iniciar un tratamiento, obteniendo resultados óptimos. Para que

haya una detección precoz es necesaria la realización de screening visuales en la etapa escolar y preescolar.

## **I. 5. EL EXAMEN CLÍNICO EN LA AMBLIOPÍA**

Al realizar un examen clínico a un paciente ambliope se busca alcanzar dos objetivos que son:

1. Llegar un diagnóstico correcto, estableciendo la etiología de la ambliopía. Así se podrá clasificar a los pacientes en aquellos que presenten una ambliopía funcional, iniciándose un tratamiento optométrico en ellos, y los que presenten una ambliopía orgánica, que será necesario derivarlos a otros especialistas ya que el tratamiento optométrico no resulta efectivo.
2. Establecer un buen pronóstico, que indique si es necesario o no la iniciación de un tratamiento y cuál sería el más adecuado para cada paciente.

Un examen optométrico riguroso va a permitir alcanzar un diagnóstico correcto, pero para ello debe de contener los siguientes apartados (Carlos et al., 1998i).

### **I. 5.1. ANAMNESIS**

Es la entrevista personal, previa al examen visual, con el niño o niña y sus padres. Va a aportar mucha información, ya que no solo es importante lo que digan los padres, sino también la actitud del niño, su postura corporal y de la cabeza (Carlos et al., 1998j).

### **I. 5.2. AGUDEZA VISUAL**

Antes de hablar de la medida de la AV en pacientes ambliopes, es importante hablar de la interacción de contornos.

La interacción de contornos no es más que una interacción que se produce entre la letra que el paciente está fijando y los contornos que la rodean. Esto provoca que el paciente vea bien las letras que están a los extremos del optotipo y le sea más difícil leer las letras interiores. Dicha interacción aparece siempre que la separación entre las letras sea menor que el tamaño de una de ellas (Carlos et al., 1998k). Este fenómeno es más marcado en niños ambliopes, por lo que resulta difícil realizar una estimación exacta de la AV.

Para medir la AV de forma precisa en niños y niñas ambliopes, evitando la interacción de contornos, se emplean sobre todo optotipos que utilizan una escala logarítmica y la separación entre las letras y líneas es igual al tamaño de una letra. Los test más utilizados, son el tumbling E, el test de Lea y el ETDRS.

### **I. 5.3. COVER TEST**

Es la prueba más importante en estrabología. Se realiza tanto en VP como en VL y en las diferentes posiciones de mirada. La realización del cover test sirve para determinar si el paciente presenta un estrabismo que pueda ser el causante de su ambliopía.

Para obtener resultados fiables, el paciente debe de tener una buena fijación, por lo que pacientes con fijación excéntrica darán lugar a una mala interpretación del examen.

### **I. 5.4. EXAMEN DE REFRACCIÓN**

En un paciente ambliope siempre hay que determinar la refracción de forma objetiva mediante la retinoscopía y si es posible de forma subjetiva. Hay tener en cuenta que en niños menores de 5 años no es recomendable utilizar el foróptero ya que son bastantes revoltosos y no se están quietos detrás del aparato (Carlos et al., 1998l).

El examen de refracción es similar tanto en adultos como en niños y niñas, con la diferencia de que en niños y niñas hay que tener más en cuenta la acomodación que en los adultos, para determinar así la refracción de forma exacta. Los niños y niñas tienen una gran capacidad acomodativa que va disminuyendo cuando somos adultos. Para controlar la acomodación, se realiza un fogging que consiste en miopizar al paciente mediante la adición de lentes positivas.

### **I. 5.5. ESTUDIO DE LA FIJACIÓN**

El paciente ambliope puede presentar una fijación central o excéntrica. Para determinar la fijación se utiliza el visuscopio, que es un instrumento parecido al oftalmoscopio.

En cuanto a su utilización, el paciente debe cerrar el ojo que no se va a examinar. Se proyecta una luz que el paciente tiene que mirar. Dicha luz contiene en el centro una estrella dibujada y en función de la posición de la estrella proyectada en la retina con respecto a la fovea, el examinador determina la fijación del paciente (Carlos et al., 1998m)

### **I. 5.6. SALUD OCULAR**

Es importante realizar una biomicroscopía de polo anterior y de polo posterior mediante la lámpara de hendidura. De esta, forma se puede establecer un diagnóstico más exacto. Con la lámpara de hendidura se puede explorar las diversas partes del ojo, pero hay que centrarse sobre todo en el cristalino para determinar la presencia de una catarata que pueda derivar en una ambliopía por privación. (Carlos et al., 1998n).



Aun así, ante cualquier sospecha de patología ocular se debe derivar al paciente al oftalmólogo.

### **I. 5.7. BINOCULARIDAD**

La binocularidad es la visión con ambos ojos. Para que exista binocularidad ambos ojos deben estar alineados, ya que si esto no ocurre puede derivar en una supresión de la imagen de uno de los ojos.

Las pruebas que valoran el alineamiento de los ejes oculares en niños son el test de Bruckner y el test de Hirschberg.

- A) El test de Bruckner se realiza en una sala oscura. Se ilumina ambos ojos del paciente con el oftalmoscopio y se mira a través de él. El objetivo de esta prueba es comparar los reflejos rojos retinianos de ambos ojos. Cuando los reflejos rojos aparecen brillantes e iguales en ambos ojos, el paciente se encuentra dentro de la normalidad.
- B) El test de Hirschberg se realiza en una sala con iluminación ambiente. Se ilumina ambos ojos con una luz puntual que se coloca a la altura de los ojos, en la línea media. El paciente debe fijarse en la luz puntual. El objetivo de esta prueba es valorar la posición de los reflejos corneales y sirve para determinar la existencia de tropías (Carlos et al., 1998o). Lo normal es que los reflejos corneales se encuentren desplazados 0,5 mm hacia el lado nasal.

Las pruebas más sencillas que valoran si el niño o niña presenta supresión son la linterna de Worth y los test de estereopsis, como, por ejemplo, el test de la sonrisa.

- La linterna de Worth es una linterna de color negro que tiene cuatro figuras: una roja, una blanca y dos verdes. Para que esta prueba pueda ser realizada, el paciente debe colocarse unas gafas anaglifas que poseen un filtro rojo, que se coloca en el ojo derecho, y un filtro verde que se coloca en el ojo izquierdo. El examinador se coloca a 40 cm y enciende la linterna de Worth. Posteriormente, le pregunta al paciente cuántas luces ve. Lo normal es que el paciente vea 4 luces, esto indica que el paciente tiene fusión plana.
- El test de la sonrisa sirve para medir la estereopsis, que es la visión en 3 dimensiones. Niños y niñas que suprimen la imagen de un ojo no tendrán estereopsis, por lo que obtendremos resultados muy malos. Para la realización de esta prueba el niño debe ponerse unas gafas polarizadas. El examinador le

muestra al paciente dos tarjetas, en una no hay nada, y en la otra hay una sonrisa. El niño o niña tendrá que identificar en qué tarjeta está la sonrisa. El inconveniente que presenta esta prueba es que utiliza gafas polarizadas. Los niños y niñas suelen negarse a colocarse estas gafas, se la colocan de forma incorrecta, por lo que podrán ver donde se encuentra la sonrisa con tan solo inclinar la cabeza, y es muy difícil observar el ojo de los niños a través de las gafas.

## **I. 6. TRATAMIENTO CLÁSICO DE LA AMBLIOPÍA**

El tratamiento habitual de la ambliopía recibe el nombre de tratamiento clásico o pasivo que consta de la corrección total de la ametropía, la oclusión y penalización.

Hay muchos factores que influyen en el éxito del tratamiento, pero el más destacado es que el paciente cumpla el tratamiento establecido. El objetivo del tratamiento va a ser que el paciente tenga una fijación central, una buena AV y que el ojo ambliope del paciente empiece a formar parte de la binocularidad (Carlos et al., 1998p).

### **I. 6.1. CORRECCIÓN DE LA AMETROPÍA**

Antes de comenzar con otro tratamiento, lo conveniente es corregir totalmente la ametropía que tenga el paciente ambliope. De esta forma, se busca que vea nítidamente la imagen por el ojo ambliope. Si el paciente no tolera la corrección total de la ametropía, se coloca una corrección que sea tolerable.

Comentar que en los pacientes con anisometropías es recomendable utilizar lentes de contacto, ya que si corregimos su ametropía con gafas va a aparecer la aniseiconia, que como se ha mencionado anteriormente, es la diferencia de tamaño entre las imágenes, dificultando así la fusión.

### **I. 6.2. OCLUSIÓN**

El conde de Buffon, George-Louis Leclerc, propuso en 1743 la oclusión como tratamiento para la ambliopía. Hoy en día la oclusión es considerada como el principal tratamiento de la ambliopía, aunque surgen dudas con respecto a ella como son el tiempo de oclusión, qué ojo hay que ocluir y cuál es la mejor forma de oclusión.

#### **I. 6.2.1. TIPOS DE OCLUSIÓN**

La oclusión se puede clasificar, en función del tiempo que se ocluye el ojo del paciente, en oclusión constante e intermitente, y según el ojo que se ocluya, se clasifica en oclusión directa e inversa.

La oclusión directa consiste en ocluir el ojo de mejor visión, es decir, el ojo dominante. Así se estimula que el ojo ambliope vea. Es la forma más habitual de oclusión. Pero ¿Qué ocurre si un paciente con fijación excéntrica es sometido a un tratamiento de oclusión directa? Ante esta situación, se estaría fomentado que el paciente siga con la fijación excéntrica.

Debido a esto, surge la oclusión inversa que consiste en ocluir durante un mes el ojo ambliope con fijación excéntrica, con el fin de hacer desaparecer ese punto extrafoveal que actúa como fovea del paciente, y dejando destapado el ojo de mejor visión (Carlos et al., 1998q). Una vez conseguida la fijación central, se vuelve a recurrir a la oclusión directa. La oclusión inversa se utiliza sobre todo en casos en los que la oclusión directa no tiene resultados positivos.

Con respecto a la oclusión constante consiste en ocluir el ojo del paciente ambliope de forma ininterrumpida, mientras que la oclusión intermitente se basa en la oclusión del ojo durante un tiempo determinado, lo aconsejable es que esté ocluido entre 4 o 6 horas.

### **I. 6.2.2. LOCALIZACIÓN DE LA OCLUSIÓN**

El ocluidor puede ir en el ojo del paciente, mediante la colocación de un parche adhesivo (Figura 7). Esto es lo más habitual ya que el control se realiza de forma más sencilla. El ocluidor también puede ir en la cara interna de la lente de la gafa, esto recibe el nombre de obturación. La obturación presenta inconvenientes ya que el niño puede llevar las gafas puestas o no, y aun poniéndoselas puede mirar por puntos externos al ocluidor.



**Figura 7. Parche adhesivo y obturación.**

### **I. 6.2.3. RÉGIMEN DE LA OCLUSIÓN**

Con respecto al régimen de oclusión lo ideal sería la oclusión constante del ojo con mejor visión. De esta forma se consiguen resultados positivos en poco tiempo, pero esto no se puede cumplir siempre. Por ejemplo, en niños y niñas pequeñas que presenten una ambliopía, no es recomendable la oclusión constante del ojo dominante ya que como se

encuentran en el período de plasticidad cerebral, esta oclusión puede provocar una ambliopía por privación. Por ello, en estos casos se recurre a la oclusión intermitente.

En definitiva, el régimen de oclusión debe de ser específico para cada paciente en función del tipo de ambliopía y necesidades visuales (Carlos et al., 1998r).

### **I. 6.3. PENALIZACIÓN**

La penalización es una técnica que consiste en motivar la visión del ojo ambliope dificultando la visión del ojo con mejor AV.

En cuanto a la clasificación de la penalización puede ser óptica, se hipercorrige al paciente para dificultar la visión de lejos, o farmacológica, se utiliza atropina para penalizar la visión de cerca. También se puede combinar ambas penalizaciones, es decir, se hipercorrige y se usa atropina, de esta forma penalizamos tanto la visión de lejos y de cerca.

Esta técnica es una forma más de tratar la ambliopía y se debe de utilizar correctamente. Se suele utilizar cuando se consigue una AV con el ojo ambliope de 0,6 a 0,7. Como inconveniente, aunque penalicemos la visión del ojo dominante, no se garantiza que el paciente utilice el ojo ambliope (Carlos et al., 1998s).

### **I. 7. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO**

Llevar un parche en el ojo durante la niñez es complicado. Hay muchos factores que influyen como por ejemplo la no aceptación por parte de los padres a que su hijo o hija lleve un parche o el aislamiento que puede sufrir el niño o niña con parche por parte de los compañeros de clase. Pero la principal causa de rechazo de los niños y niñas es que a estos se les tapa el ojo de mejor visión, pudiendo dejarles con una AV realmente pobre para hacer su vida, cuando ellos saben lo que es ver bien. Todo esto provoca que el niño o niña se quite el parche o directamente no lo lleve, no cumpliendo así el tratamiento.

Por este motivo y por las limitaciones del tratamiento clásico, ya que con él solo se consiguen mejoras en la AV sin conseguir prácticamente ninguna mejora en la estereopsis y en la sensibilidad al contraste, surge la necesidad de que haya otros tipos de tratamiento para la ambliopía que engloben todos los aspectos a tratar.

## **II. OBJETIVOS**

La finalidad de esta revisión bibliográfica ha sido buscar otras alternativas más novedosas y actuales al tratamiento clásico de la ambliopía, que es la oclusión.

Por todo ello los objetivos principales de este estudio son:

1. Conocer nuevos métodos o técnicas para el tratamiento de la ambliopía.
2. Comparar los diferentes tratamientos para la ambliopía, determinando así qué tratamiento es el más efectivo y adecuado para cada tipo de ambliopía.
3. Determinar cuál es el tratamiento más utilizado en función de la incidencia de la ambliopía.

## **III. METODOLOGÍA**

Para la realización de este trabajo se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica de ensayos clínicos, artículos científicos y libros en los que se hace referencia a nuevas técnicas y avances en el tratamiento de la ambliopía.

Las bases de datos empleadas para la búsqueda bibliográfica son las siguientes: Pubmed, Web of science y el catálogo fama de la Universidad de Sevilla, con una fecha cronológica comprendida entre 1970 y 2019. La bibliografía consultada estaba en inglés y español.

Esta revisión bibliográfica se ha dividido en dos partes.

### **III. 1 Introducción**

Para la realización de la introducción, se han usado las siguientes palabras claves: “Amblyopia”, “Occlusion”, “Treatment”.

En la primera búsqueda aparecieron más de 1000 artículos, tras una primera lectura, se eligieron aquellos que contienen las palabras claves introducidas. El número de artículos se reduce a 20. Posteriormente, se realiza una segunda lectura más exhaustiva y definitiva en la que se escogen 9 artículos, que son los que tratan en exclusiva el tema de estudio.

### **III. 2 Resultados y discusión**

Para la realización de los resultados y discusión, se han empleado las siguientes palabras claves: “Amblyopia”, “New treatment”, “Therapy”

En la primera búsqueda aparecieron 567 artículos, tras una primera lectura, se eligen los artículos que contienen las palabras claves introducidas. El número de artículos se reduce a 50. Posteriormente, se realiza una lectura mucho más detallada y definitiva en la que se eligen 27 artículos, que son los que tratan en exclusiva el tema de estudio.

Tanto en la primera parte como en la segunda, se han utilizado los operadores booleanos AND y OR para obtener distintos resultados, gracias a la combinación de las diferentes palabras clave.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En este apartado se expondrán y discutirán los resultados obtenidos de los artículos y ensayos clínicos revisados para facilitar la extracción de conclusiones derivadas de este trabajo. En primer lugar, se explican las nuevas técnicas y avances en el tratamiento de la ambliopía por separado, y finalmente, se compararán entre sí los resultados de todos los tratamientos analizados.

### **IV. 1. AMBLIOPÍA: AVANCES Y NUEVAS TÉCNICAS DE TRATAMIENTO**

#### **IV. 1.1. TRATAMIENTO MEDIANTE VIDEOJUEGOS**

En los últimos años, gracias al avance tecnológico, diversas empresas han desarrollado nuevos videojuegos, incluso hay algunos en los que el propio jugador se sumerge en la historia y se siente el protagonista gracias a los llamados videojuegos de realidad virtual. El hecho de que determinados videojuegos se puedan aplicar en el campo de la optometría para el tratamiento de la ambliopía abre nuevas puertas a tratamientos novedosos y diferentes al clásico, que es la oclusión. Actualmente, el uso de videojuegos en el tratamiento de la ambliopía se puede clasificar en: videojuegos complementarios a la oclusión y videojuegos basados en el entrenamiento dicóptico (Foss, 2017).

A continuación, se verán cada uno de ellos más detalladamente.

##### **IV. 1.1.1. VIDEOJUEGOS COMPLEMENTARIOS A LA OCLUSIÓN**

Se ha demostrado que el uso de videojuegos ha mejorado la AV, sensibilidad al contraste y estereopsis en pacientes ambliopes. Este logro no puede ser explicado únicamente con la oclusión directa como tratamiento (Li et al., 2011).

Un ensayo clínico determinó los beneficios que aportaba el uso de videojuegos en pacientes ambliopes en comparación con el tratamiento clásico. En este ensayo participaron 40 niños y niñas ambliopes, debido a un estrabismo, anisometropía o ambas,

de 4 a 7 años. Los participantes se dividieron de forma aleatoria en dos grupos. Ambos grupos recibieron oclusión mediante parche, pero el grupo B realizó, además, actividades con videojuegos. Los juegos se escogían en base a la edad del niño o niña y su comodidad con él. El estudio duró 12 semanas en las que se realizaron revisiones a los 3, 6, 9 y 12 meses. La AV tanto de lejos como de cerca fue mayor en el grupo B que en el grupo A en todas las visitas (tabla 2). Con respecto a la estereopsis (Tabla 3), destacar que mejoró notablemente en el grupo B en comparación con el A (Dadeya and Dangda, 2016).

	Mean BCVA (Distance) (LogMAR equivalents) (mean ± standard deviation)		Mean BCVA (near) (LogMAR equivalents) (mean ± standard deviation)	
	Group A	Group B	Group A	Group B
Baseline <sup>a</sup>	0.94 ± 0.13	0.93 ± 0.14	0.72 ± 0.23	0.76 ± 0.25
Post-refractive error correction <sup>b</sup>	0.84 ± 0.19 (P = 0.017) <sup>d</sup>	0.89 ± 0.16 (P = 0.05) <sup>d</sup>	0.65 ± 0.20 (P = 0.011) <sup>d</sup>	0.64 ± 0.20 (P = 0.003) <sup>d</sup>
3 Weeks <sup>c</sup>	0.77 ± 0.22 (P = 0.01) <sup>e</sup>	0.70 ± 0.19 (P = 0.000) <sup>e</sup>	0.56 ± 0.16 (P = 0.026) <sup>e</sup>	0.49 ± 0.18 (P = 0.000) <sup>e</sup>
6 Weeks <sup>c</sup>	0.71 ± 0.23 (P = 0.001) <sup>e</sup>	0.61 ± 0.19 (P = 0.000) <sup>e</sup>	0.57 ± 0.17 (P = 0.002) <sup>e</sup>	0.41 ± 0.12 (P = 0.000) <sup>e</sup>
9 Weeks <sup>c</sup>	0.66 ± 0.24 (P = 0.001) <sup>e</sup>	0.55 ± 0.20 (P = 0.000) <sup>e</sup>	0.52 ± 0.15 (P = 0.000) <sup>e</sup>	0.34 ± 0.09 (P = 0.000) <sup>e</sup>
12 Weeks <sup>c</sup>	0.55 ± 0.21 (P = 0.000) <sup>e</sup>	0.46 ± 0.22 (P = 0.000) <sup>e</sup>	0.44 ± 0.14 (P = 0.000) <sup>e</sup>	0.31 ± 0.08 (P = 0.000) <sup>e</sup>

<sup>a</sup>Unaided (uncorrected) visual acuity at baseline.  
<sup>b</sup>Aided (best corrected) visual acuity after 6 weeks of proper spectacle wear.  
<sup>c</sup>BCVA at said follow-up during study period.  
<sup>d</sup>P value is calculated from baseline.  
<sup>e</sup>P value is calculated from improvements seen in comparison to BCVA after 6 weeks of proper spectacle wear.

Tabla 2. Mejora de AV de lejos y cerca, respectivamente, del ojo ambliope en ambos grupos.

	Baseline <sup>a</sup>	Aided <sup>b</sup>	3 weeks <sup>c</sup>	6 weeks <sup>c</sup>	9 weeks <sup>c</sup>	12 weeks <sup>c</sup>
(a) Group A						
1.	400	400	400	400	200	200
2.	400	400	400	200	200	140
3.	<800	<800	<800	<800	<800	<800
4.	<800	<800	<800	<800	<800	<800
5.	<800	<800	<800	<800	<800	<800
6.	400	400	400	400	400	200
7.	800	800	800	800	400	400
8.	<800	<800	<800	<800	800	800
9.	<800	<800	<800	<800	800	800
10.	800	800	800	400	400	400
11.	<800	<800	<800	<800	<800	800
12.	<800	<800	<800	<800	800	800
13.	800	800	800	400	400	400
14.	400	400	400	400	400	400
15.	<800	<800	<800	<800	<800	800
16.	<800	<800	800	800	800	400
17.	800	800	800	800	400	200
18.	400	400	400	400	400	400
19.	<800	<800	<800	<800	800	400
20.	800	800	800	800	400	400
(b) Group B						
1.	<800	800	800	400	400	200
2.	<800	<800	<800	800	800	400
3.	<800	<800	<800	<800	<800	800
4.	<800	<800	<800	800	400	200
5.	800	800	400	400	400	400
6.	800	400	200	200	100	100
7.	400	400	400	100	100	100
8.	400	400	200	200	200	100
9.	800	800	800	400	100	100
10.	800	800	800	800	400	400
11.	<800	<800	800	800	800	400
12.	200	200	140	100	60	50
13.	400	400	100	60	60	60
14.	800	800	800	800	400	400
15.	400	200	100	100	80	60
16.	<800	800	800	800	800	800
17.	800	800	800	400	400	200
18.	800	400	400	400	400	400
19.	<800	<800	<800	<800	<800	<800
20.	<800	<800	<800	800	800	400

<sup>a</sup>Baseline at study enrollment.  
<sup>b</sup>Aided after 6 weeks of proper spectacle wear.  
<sup>c</sup>Stereoaucity at said follow-up during study period.

Tabla 3. Cambios en la estereopsis en ambos grupos.

Este ensayo clínico además de valorar la mejora de la AV en el paciente ambliope tras el uso de videojuegos, también valora la estereopsis, que se ve afectada en pacientes con ambliopía. Se trata de un ensayo bastante completo a pesar de que no valore otro concepto a tener en cuenta en ambliopes, como es la sensibilidad al contraste.

#### IV. 1.1.2. VIDEOJUEGOS BASADOS EN EL ENTRENAMIENTO DICÓPTICO

El entrenamiento dicóptico surge a partir de la idea de que el ojo no ambliope envía señales inhibitorias que impiden o suprimen la señales corticales del ojo ambliope (Li et al., 2013).

Este entrenamiento, consiste en presentar de forma simultánea 2 imágenes con diferente contraste separadas para cada ojo (Figura 8), en el ojo dominante se presenta la imagen de menor contraste mientras que en el ojo ambliope se presenta la imagen de mayor contraste, de esta forma se intenta eliminar la supresión, favoreciendo la visión binocular (Papageorgiou et al., 2019).

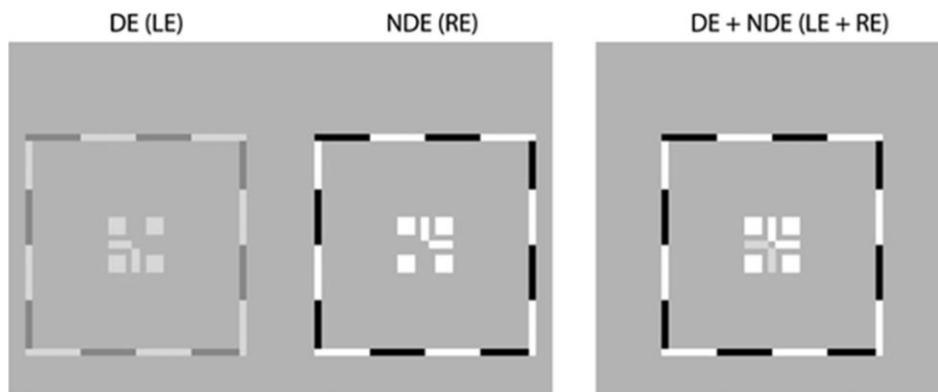


Figura 8. Estímulo dicóptico presentado a un paciente con ambliopía.

Surge la pregunta de cómo se puede implementar el entrenamiento dicóptico en los videojuegos, ya que los niños y niñas juegan binocularmente y para el entrenamiento dicóptico es necesario presentar de forma simultánea imágenes diferentes separadas para cada ojo. Actualmente, esto se ha solucionado con la creación de videojuegos con gafas anaglifas, entre los videojuegos más destacados se encuentran el Tetris y el Dig Rush. Se han realizado múltiples ensayos clínicos con estos videojuegos en pacientes ambliopes de diferentes edades.

##### IV. 1.1.2.1. TETRIS

El mecanismo de funcionamiento de este juego es bastante sencillo. El paciente se coloca las gafas anaglifas, con el color azul en el ojo derecho y el rojo en el izquierdo, y mira la



pantalla que tiene un fondo negro. Irán cayendo bloques de distintas formas de color azul que solo serán vistas por el filtro de color azul, por el filtro rojo no se observa nada (Figura 9).

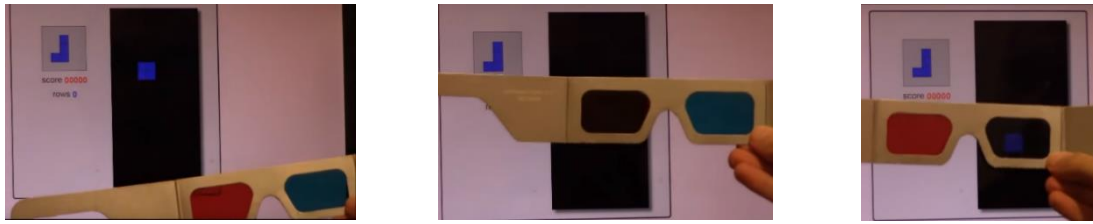


Figura 9. Funcionamiento de las gafas anaglifas.

Cuando el bloque de color azul llega al fondo cambia a color rojo, por lo que ahora solo puede ser observado por el filtro rojo y no por el azul (figura 10).



Figura 10. Funcionamiento del videojuego Tetris.

De esta forma, se consigue que ambos ojos reciban de forma simultánea imágenes distintas. Las imágenes que vea el ojo ambliope tendrán un contraste mucho más elevado que las imágenes que recibe el ojo no ambliope. Para jugar de forma correcta, es necesaria la utilización de ambos ojos, favoreciendo la visión binocular.

Un ensayo clínico realizado por el grupo de investigación PEDIG, intentó comparar la mejora de AV en niños y niñas con ambliopía tratados con videojuego binocular (Tetris) y tratados con oclusión a tiempo parcial. En este estudio participaron 385 niños y niñas con edades de 5 a 13 años que presentaban ambliopía debido a un estrabismo, anisometropía o a ambas. Los participantes se dividieron en dos grupos de forma aleatoria, un primer grupo jugaría al Tetris de forma dicóptica durante una hora al día, y un segundo grupo que recibiría oclusión directa del ojo no ambliope durante dos horas al día. El estudio duró 16 semanas y se hicieron revisiones a las 4, 8, 12 y 16 semanas. Este ensayo demostró que la AV mejoró en ambos grupos, pero la mejora en el primer grupo no era tan buena como la oclusión directa durante dos horas al día (Tabla 4). Los autores

explican que este resultado se debía principalmente a que, en el primer grupo, muchos participantes perdieron el interés por el juego a los días o semanas. Solo el 22% de los participantes en el primer grupo consiguieron un 75% de cumplimiento (Holmes et al., 2016).

Outcome	Group, No. (%)	
	Binocular (n = 177)	Patching (n = 186)
<b>Distribution of amblyopic-eye VA</b>		
20/200 (33-37 letters)	2 (1.1)	1 (0.5)
20/160 (38-42 letters)	2 (1.1)	3 (1.6)
20/125 (43-47 letters)	10 (5.6)	2 (1.1)
20/100 (48-52 letters)	12 (6.8)	7 (3.8)
20/80 (53-57 letters)	18 (10.2)	17 (9.1)
20/63 (58-62 letters)	25 (14.1)	22 (11.8)
20/50 (63-67 letters)	30 (16.9)	38 (20.4)
20/40 (68-72 letters)	32 (18.1)	37 (19.9)
20/32 (73-77 letters)	33 (18.6)	27 (14.5)
20/25 (78-82 letters)	8 (4.5)	22 (11.8)
20/20 (83-87 letters)	3 (1.7)	10 (5.4)
20/16 (88-92 letters)	2 (1.1)	0
LogMAR, mean (SD)	0.41 (0.21)	0.35 (0.20)
Snellen equivalent	20/50 <sup>-1</sup>	20/50 <sup>+2</sup>
<b>Distribution of amblyopic-eye VA change</b>		
≥3 Lines (≥15 letters) better	19 (10.7)	29 (15.6)
2 Lines (10-14 letters) better	32 (18.1)	36 (19.4)
1 Line (5-9 letters) better	47 (26.6)	46 (24.7)
0 Line (within 4 letters)	64 (36.2)	69 (37.1)
1 Line (5-9 letters) worse	12 (6.8)	6 (3.2)
2 Lines (10-14 letters) worse	1 (0.6)	0
≥3 Lines (≥15 letters) worse	2 (1.1)	0
<b>Lines, mean (95% CI)</b>		
Unadjusted	1.08 (0.86 to 1.29)	1.32 (1.14 to 1.51)
Adjusted	1.05 (0.85 to 1.24)	1.35 (1.17 to 1.54)

Tabla 4. Comparación de mejora de AV en el ojo ambliope entre ambos grupos.

Otro ensayo con el mismo objetivo que el anterior, pero en pacientes de 13 a 16 años, también tuvo resultados no positivos. La AV mediante juegos de forma binocular

mejoraba, pero no era mejor que la oclusión directa mediante parche (Tabla 5). Los autores no podían determinar si estos resultados se debían a una mala eficacia del tratamiento en sí o a una mala eficacia del tratamiento debido al poco cumplimiento que hubo en el grupo que usaba videojuegos de forma binocular (Manh et al., 2018).

	Binocular Group (N=39)		Patching Group (N=56)	
	N	%	N	%
<b>Distribution of Amblyopic-eye Visual Acuity</b>				
20/200 (33-37 Letters)	1	3	1	2
20/160 (38-42 Letters)	0	0	1	2
20/125 (43-47 Letters)	2	5	4	7
20/100 (48-52 Letters)	4	10	7	13
20/80 (53-57 Letters)	5	13	8	14
20/63 (58-62 Letters)	5	13	4	7
20/50 (63-67 Letters)	11	28	9	16
20/40 (68-72 Letters)	6	15	7	13
20/32 (73-77 Letters)	4	10	11	20
20/25 (78-82 Letters)	0	0	3	5
20/20 (83-87 Letters)	1	3	1	2
Mean (SD) Letters	62.0 (9.7)		62.5 (11.6)	
<b>Distribution of Amblyopic-eye Visual Acuity Change</b>				
≥ 3 lines (≥ 15 letters) better	2	5	7	13
2 lines (10-14 letters) better	4	10	10	18
1 line (5-9 letters) better	9	23	19	34
0 line (within 4 letters)	22	56	18	32
1 line (5-9 letters) worse	1	3	1	2
2 lines (10-14 letters) worse	0	0	0	0
≥ 3 lines (≥ 15 letters) worse	1	3	1	2
Unadjusted Mean (95% CI) Letters	3.5 (1.3 to 5.7)		6.5 (4.4 to 8.5)	
Adjusted Mean (95% CI) Letters <sup>b</sup>	3.7 (1.3 to 6.0)		6.3 (4.4 to 8.3)	
Adjusted Treatment Group Difference (95% CI) Letters <sup>b</sup>	-2.7 (-5.7 to 0.3)			
<b>Participants with Amblyopic-eye Improvement of ≥ 2 Lines (≥ 10 Letters) from Baseline</b>	6	15	17	30
Treatment Group Difference (95% CI) <sup>c</sup>	-15% (-31% to 2%)			
<b>Participants with Amblyopia Resolution<sup>d</sup></b>	0	0	0	0

SD = standard deviation, CI = confidence interval

<sup>a</sup> Visual acuity analyses only included data from participants who completed the 16-week visit within the pre-defined analysis window (14 to <20 weeks after randomization).

<sup>b</sup> Change in amblyopic-eye visual acuity from baseline to 16 weeks, adjusted for baseline acuity. Negative values for the treatment group difference in mean change in amblyopic-eye visual acuity favor patching treatment.

<sup>c</sup> Binomial regression was used to compute the treatment group difference, which was adjusted for baseline visual acuity. Negative values favor the patching group.

<sup>d</sup> Amblyopia resolution was defined as having an amblyopic-eye visual acuity of 20/25 or better (≥ 78 letters) and an interocular difference within 1 line (≤ 5 letters).

Tabla 5. Comparación de mejora de AV del ojo ambliope entre ambos grupos.

Los ensayos clínicos anteriores se centran exclusivamente en medir la mejora de AV tras el uso de videojuegos de forma dicóptica. Aunque estos ensayos no son favorables para el entrenamiento dicóptico, podrían haber sido más completos. Hubiera sido conveniente que también hubieran valorado la estereopsis y sensibilidad al contraste para ver la efectividad del entrenamiento dicóptico sobre estos aspectos, frente a la oclusión.

A pesar de esto, hay ensayos con resultados óptimos como el realizado por oftalmólogos y optometristas en la universidad de Waterloo y McGill. Este ensayo clínico quiso determinar las mejoras que había en pacientes ambliopes de 18 a 51 años, utilizando videojuegos binoculares (Tetris). Participaron 9 pacientes ambliopes debido a un estrabismo, anisometropía o ambas, y se consiguieron mejoras tanto en la AV, sensibilidad al contraste y estereopsis (Tabla 6) (Long To et al., 2011)

DETAILS OF AMBLYOPIC EYE ACUITY (EXPRESSED AS A DECIMAL), CONTRAST RATIO (NONAMBLYOPIC EYE CONTRAST/AMBLYOPIC EYE CONTRAST) AND STEREO SENSITIVITY (RECIPROCAL OF STEREO ACUITY IN SECONDS OF ARC) FOR EACH OF THE NINE PARTICIPANTS TESTED. VALUES ARE GIVEN FOR PRE AND POSTTRAINING. A STEREO SENSITIVITY VALUE OF 0 INDICATES NO MEASURABLE STEREOSCOPIC DEPTH PERCEPTION. NORMAL STEREO SENSITIVITY IS IN THE RANGE OF 0.05, I.E., 20 S OF ARC

Participant ID	Amblyopic Eye Acuity Pre Training	Amblyopic Eye Acuity Post Training	Contrast Ratio Pre Training	Contrast Ratio Post Training	Stereo Sensitivity Pre Training	Stereo Sensitivity Post Training	Hours of Training (mean hours per week)	Number of sessions
LB	0.40	0.40	0.71	0.83	0	0	6.25 (0.88)	13
AS	0.50	0.79	0.71	0.93	0.0017	0.0143	10.5 (1.29)	15
OH	0.50	0.79	0.43	1.00	0	0.01	7 (0.88)	19
VT	0.32	0.50	0.43	1.00	0	0.0017	12.75 (1.36)	19
AnS	0.20	0.80	0.50	1.00	0	0.0025	24.5 (7.80)	16
MW	0.16	0.20	0.33	0.64	0.0013	0.0013	13.75 (5.35)	14
MG	0.50	0.50	1.00	1.00	0	0	16 (10.18)	10
CH	0.40	0.50	0.63	1.00	0.0013	0.01	15.75 (8.48)	10
JL	0.25	0.32	0.57	1.00	0	0	35.25 (27.42)	12

Tabla 6. Mejoras del ojo ambliopes antes y después del entrenamiento.

Este estudio es de los más completos ya que no valora solo la AV, sino que también la estereopsis y sensibilidad al contraste tras el uso de videojuegos de forma dicóptica. La gran diferencia de este estudio respecto a los dos anteriores es la diferencia del rango de edad de los participantes. Mientras que en los dos primeros los sujetos son niños o adolescentes, en este último son adultos. El único inconveniente es que el número de pacientes que participan es muy reducido, así que no se puede realizar un gran estudio estadístico sobre los efectos beneficiosos de este tipo de tratamiento en pacientes ambliopes, aunque los resultados positivos son evidentes en este ensayo.

#### IV. 1.1.2.2. DIG RUSH

Dig Rush es un videojuego desarrollado por UBISOFT, Amblyotech y Robert Hess de la universidad McGill. El videojuego consiste en mover a unos mineros que tienen que picar oro y posteriormente llevarlo a una carretilla, para ello hay que interactuar con el entorno y evitar peligros como bolas de fuego. Los mineros y las bolas de fuego tienen un color rojo, mientras que el oro y la carretilla un color azul (Figura 11).

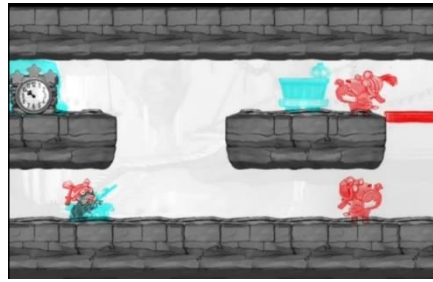


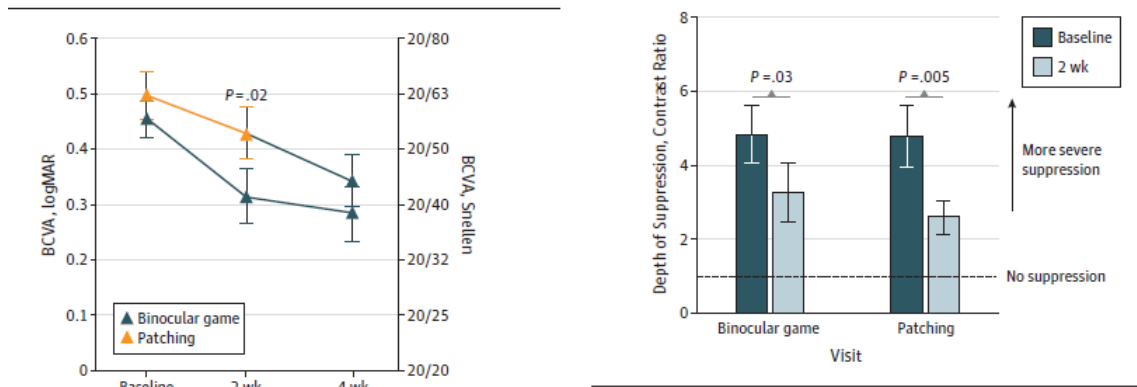
Figura 11. Videojuego Dig Rush.

El paciente se coloca las gafas anaglíficas y mira a la pantalla que tiene un fondo blanco. Al ser el fondo blanco, lo que ve el paciente a través del filtro azul son el minero y las bolas de fuego, es decir, lo que tiene color rojo. Sin embargo, a través del filtro rojo el paciente verá el oro y la carretilla, es decir, lo que tiene un color azul.

Los elementos de color rojo tienen un elevado contraste, por lo que el filtro azul debe de colocarse en el ojo ambliope, mientras que los elementos de color azul presentan un bajo contraste, así que el filtro rojo se coloca en el ojo no ambliope.

Para completar el videojuego de forma rápida y eficaz es necesario la colaboración de ambos ojos, así se contrarresta la supresión del ojo ambliope, intentado conseguir la visión binocular. Este videojuego es mucho más entretenido que el Tetris ya que a medida que avanzamos de nivel aumenta la dificultad con la aparición de nuevos elementos.

Un ensayo clínico tuvo como objetivo determinar la efectividad del videojuego Dig Rush como tratamiento de la ambliopía y compararlo con el tratamiento mediante oclusión. En este estudio participaron 28 niños y niñas con ambliopía de 4 a 9 años que fueron divididos en dos grupos de forma aleatoria. Un primer grupo en el que los niños y niñas jugaban al juego Dig Rush 1 hora al día durante 5 días a lo largo de dos semanas. En el segundo grupo los niños y niñas recibieron oclusión directa mediante parche 2 horas al día durante 7 días a lo largo de 2 semanas. A las dos semanas hubo revisión, el cumplimiento en este período fue del 100% y 99% en el grupo 1 y 2, respectivamente. Como resultado se obtuvo una mejora significativa de AV en el grupo 1 con respecto al grupo 2 (Gráfica 1) y en ambos grupos disminuyó la profundidad de la supresión de forma similar (Gráfica 2). Tras esta revisión el segundo grupo dejó de utilizar el parche y se pasó a jugar al videojuego Dig Rush como hacía el grupo 1. A la cuarta semana hubo otra revisión, en la que no se encontró diferencia entre la mejora de AV que hubo en ambos grupos (Kelly et al., 2016).



Gráfica 1 y 2. AV a la segunda semana y a la cuarta y profundidad de supresión a la segunda semana.

Sin embargo, otro ensayo clínico que tuvo como objetivo comparar la mejora de AV en niños y niñas ambliopes de 7 a 12 años mediante tratamiento binocular con el videojuego Dig Rush más corrección óptica y mediante corrección óptica solo, no tuvo resultados favorables con respecto al uso del videojuego Dig Rush. En este estudio participaron 138 pacientes con ambliopía por un estrabismo, anisometropía o ambas. Los pacientes fueron divididos en dos grupos de forma aleatoria. Un primer grupo que recibió tratamiento binocular mediante el videojuego Dig Rush, 1 hora al día durante 5 días, por semana más corrección óptica si fuera necesario y un segundo grupo que recibió corrección óptica solo. Se realizaron revisiones a las 4 y 8 semanas (Tabla 7). En la revisión de la cuarta semana la AV mejoró en ambos grupos, pero fue mayor la mejora en el grupo que utilizaba corrección óptica solo. En la visita de la octava semana no se encuentra diferencia entre la mejora de AV que hubo entre ambos grupos. No obstante, en el grupo 1 solamente un poco más del 50% de los pacientes completó el tratamiento prescrito (Pediatric Eye Disease Investigator Group et al., 2019).

Este ensayo clínico, el número de participantes es bastante elevado. Esto, unido a que los participantes son niños y niñas hace que muchos dejen de participar, porque se aburren o no cumplen el tratamiento. Todo esto provoca que los resultados no sean precisos, como ha podido suceder en este ensayo. Además, el ensayo al centrarse solo en la mejora de la AV queda un poco incompleto, pues al igual que la mayoría de ensayos anteriores no valora la estereopsis y sensibilidad al contraste.

Nuevas técnicas y avances en el tratamiento de la ambliopía en niños

	Randomization		4-Week Visit		8-Week Visit <sup>†</sup>	
	Binocular Treatment N (%)	Control Treatment N (%)	Binocular Treatment N (%)	Control Treatment N (%)	Binocular Treatment N (%)	Control Treatment N (%)
Per group (N)	69	69	69	67	67	67
Amblyopic-eye VA (letter score)						
20/320 (23–27)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (1)	0 (0)	0 (0)
20/250 (28–32)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (1)
20/200 (33–37)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (3)	0 (0)	1 (1)
20/160 (38–42)	2 (3)	2 (3)	1 (1)	0 (0)	1 (1)	1 (1)
20/125 (43–47)	3 (4)	3 (4)	2 (3)	2 (3)	2 (3)	2 (3)
20/100 (48–52)	8 (12)	8 (12)	10 (14)	9 (13)	8 (12)	8 (12)
20/80 (53–57)	10 (14)	17 (25)	5 (7)	7 (10)	7 (10)	8 (12)
20/63 (58–62)	19 (28)	14 (20)	20 (29)	13 (19)	12 (18)	12 (18)
20/50 (63–67)	11 (16)	10 (14)	16 (23)	14 (21)	16 (24)	13 (19)
20/40 (68–72)	16 (23)	15 (22)	9 (13)	12 (18)	15 (22)	11 (16)
20/32 (73–77)	0 (0)	0 (0)	6 (9)	5 (7)	5 (7)	10 (15)
20/25 (78–82)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (3)	1 (1)	0 (0)
Mean (SD) letter score	60.0 (7.8)	59.1 (8.2)	61.4 (8.2)	61.0 (10.6)	62.5 (8.3)	61.7 (10.2)
Mean IOD (SD) letters	27.9 (9.2)	28.8 (9.3)	26.6 (10.5)	28.0 (10.7)	25.9 (9.9)	27.7 (10.4)
Change in amblyopic-eye VA from randomization (letters)						
≥15 letters (≥3 lines) better			1 (1)	2 (3)	2 (3)	1 (1)
10–14 letters (2 lines) better			1 (1)	1 (1)	3 (4)	5 (7)
5–9 letters (1 line) better			13 (19)	14 (21)	11 (16)	17 (25)
Within 4 letters (0 line)			48 (70)	42 (63)	45 (67)	42 (63)
5–9 letters (1 line) worse			4 (6)	5 (7)	4 (6)	1 (1)
10–14 letters (2 lines) worse			2 (3)	3 (4)	2 (3)	0 (0)
≥15 letters (≥3 lines) worse			0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (1)
Mean (95% CI) at 4 weeks <sup>‡</sup> / mean (98.3% CI) at 8 weeks <sup>‡</sup>						
Unadjusted			1.3 (0.1, 2.6)	1.7 (0.4, 3.0)	2.3 (0.6, 4.0)	2.4 (0.9, 4.0)
Adjusted <sup>§</sup>			1.3 (0.1, 2.6)	1.7 (0.4, 3.0)	2.3 (0.7, 3.9)	2.4 (0.8, 4.0)
Adjusted mean difference (95% CI) at 4 weeks <sup>  </sup>			-0.3 (-2.2, 1.5)			
Adjusted mean difference (98.3% CI) at 8 weeks <sup>  </sup>					-0.1 (-2.4, 2.1)	
Improvement of ≥10 letters from randomization			2 (3)	3 (4)	5 (7)	6 (9)
Mean difference (98.3% CI) <sup>  </sup>			-2% (-13%, 9%)		-1% (-15%, 12%)	

CI = confidence interval; IOD = interocular difference; SD = standard deviation; VA = visual acuity.  
<sup>\*</sup>Limited to follow-up visits completed within the prespecified analysis window.  
<sup>†</sup>Two participants (1 per group) were not included with the 8-week VA data. One participant in the control treatment group had VA tested using a nonprotocol method and another participant in the binocular treatment group completed the 8-week examination outside of the analysis window (49 to <105 days from randomization).  
<sup>‡</sup>Positive values indicate improvement in amblyopic-eye visual acuity.  
<sup>§</sup>Adjusted for amblyopic-eye visual acuity at randomization.  
<sup>||</sup>Positive values favor the binocular treatment group. For secondary visual acuity outcomes, which included the 8-week treatment group comparison, a Bonferroni adjustment was used to control for multiple testing (3 outcomes tested) to preserve the overall type I error rate at 5% (2-sided alpha = 0.017 per test).

Tabla 7. Comparación de AV del ojo ambliope entre ambos grupos a las 4 y 8 semanas.

Es de importancia destacar un ensayo clínico que tuvo como objetivo determinar si el tratamiento binocular mediante videojuegos de forma dicóptica es más efectivo que el tratamiento mediante videojuegos de forma monocular, en pacientes ambliopes, con el ojo no ambliope ocluido. En este estudio participaron 29 niños y niñas de 6 a 12 años que presentaban ambliopía por un estrabismo o anisometropía. Los pacientes se dividieron en 2 grupos. Un primer grupo, en el que jugaron a videojuegos de forma monocular con el ojo no ambliope ocluido, mientras que el segundo grupo jugó a videojuegos binocularmente de forma dicóptica. Ambos grupos jugaron durante 20 horas, tras ese tiempo, se revisó la AV y estereoagudeza que mejoraron en ambos grupos, pero la mejora fue ligeramente superior en el segundo grupo que jugaba a videojuegos de forma

binocular. Aun así, los autores confirman que debido a lo pequeño que era su estudio, las mejoras en el segundo grupo con respecto al primero no son estadísticamente significativas (Gambacorta et al., 2018)

#### **IV. 1.2. OPTOMETRÍA COMPORAMENTAL.**

La base de la optometría comportamental reside en entender la información que se percibe a través de los ojos como un conjunto que influye en el desarrollo orgánico. El objetivo de la optometría comportamental es, por tanto, evaluar como es procesada dicha información por los pacientes.

Antes de continuar con este apartado es conveniente mencionar que la optometría comportamental suele ser introducida, erróneamente, dentro de la rama de la terapia visual. La terapia visual es una disciplina evidenciada científicamente y existen múltiples ensayos clínicos que así lo avalan, mientras que la optometría comportamental carece actualmente de este aval.

Existen asociaciones que realizan cursos o formaciones continuadas de optometría comportamental donde se imparten herramientas de diagnóstico y tratamiento como pueden ser la fototerapia sintónica o los prismas gemelos, entre otros. Además, dichos cursos tienen un carácter habilitante haciendo que los que reciban esa formación puedan aplicarlo en su profesión. De esta forma se promueve la deshonestidad con el paciente al carecer de la necesaria evidencia científica que justifique sus resultados.

Por este motivo, La sociedad española de Optometría (SEO) quiere desvincularse de estas nuevas pseudoterapias y hacer un llamamiento a la comisión de formación continuada, para que tenga mayor rigor a la hora de acreditar este tipo de cursos ya que no están evidenciados científicamente (Sociedad Española de Optometría, 2019).

Aun así, se expone a continuación uno de los tratamientos que se aplican en esta disciplina en el que, como hemos mencionado, se desconoce si trata de forma efectiva lo que pretende.

##### **IV. 1.2.1. SYNTONIC**

El Syntonic o fototerapia sintónica es usado para el tratamiento de la ambliopía y otras alteraciones oculares y se basa en la aplicación de determinadas frecuencias de luz visible a través de los ojos. Esta luz visible llega como impulsos eléctricos a la corteza visual y sigue otros caminos dentro del cerebro. El objetivo de esta técnica reside en mejorar los problemas visuales equilibrando el sistema nervioso autónomo (Wallace, 2009).



El instrumento necesario para realizar la fototerapia optométrica es el sintonizador, que está compuesto por:

- Una luz blanca que ha ido evolucionando con el tiempo. Desde 1933 la bombilla es incandescente. Se localiza al final del instrumento.
- Filtros de colores, que se encuentran delante de la bombilla. Hay 13 tipos distintos de filtros que se prescriben en función de la historia clínica, síntomas y examen visual optométrico. Para el tratamiento de la ambliopía se utiliza el filtro rojo/ámbar.
- Una lente esmerilada de 50 mm de diámetro delante de los filtros.

El paciente mira a la lente que se encuentra a 50 cm y observa un punto brillante de colores (Figura 12), el tratamiento dura alrededor de unos 20 minutos. El éxito del tratamiento se determina mediante mejoras en los resultados de los test visuales y la disminución de los síntomas.

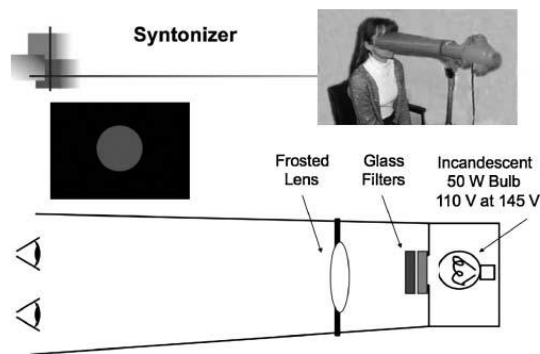


Figura 12. Fototerapia optométrica o Sytonic.

Se han revisado diversos estudios realizados por Kaplan, Liberman e Ingersol en los que se utiliza esta técnica. Como resultados, hubo una mejora en la visión periférica, memoria visual, habilidades visuales y lecto-escritura, entre otras (Gottlieb and Wallace, 2010). Aun así, no se han encontrado artículos o ensayos clínicos que se centren exclusivamente en el uso de la fototerapia sintónica para el tratamiento de la ambliopía o que hablen de los beneficios de esta técnica en pacientes ambliopes, por lo que no hay evidencia científica para prescribir este tratamiento (Suttle, 2010).

#### IV. 1.3. TRATAMIENTO FARMACOLÓGICO

Como ya se comentó en la introducción, la ambliopía tiene un mejor pronóstico si se inicia el tratamiento dentro del período crítico de plasticidad cerebral. Conforme aumenta la edad, es más difícil conseguir resultados óptimos.

Por este motivo, se han revisado ensayos clínicos en los que se utilizan fármacos que permitan neurosensibilizar el cerebro después del período crítico, para mejorar la agudeza visual de pacientes ambliopes.

#### IV. 1.3.1 LEVODOPA-CARBIDOPA

La Dopamina es un neurotransmisor que se localiza en la retina y en la vía visual e interviene en la plasticidad visual cortical. Diversos estudios con modelos animales han demostrado que este neurotransmisor se encuentra disminuido en la ambliopía (Hoyt, 2015).

La Levodopa es el precursor metabólico de la dopamina y atraviesa la barrera hematocefálica. Este fármaco es el más utilizado para el tratamiento de la ambliopía, encontrándose una mejoría en los escotomas de supresión y sensibilidad al contraste en pacientes con ambliopía estrábica y anisométrica (Maconachie and Gottlob, 2015).

La Levodopa se suele administrar junto a otro fármaco, llamado Carbidopa. La Carbidopa no atraviesa la barrera hematocefálica y su función es inhibir la síntesis de dopamina en el sistema nervioso periférico. De esta forma se favorece que la Levodopa atraviese la barrera hematocefálica y, por tanto, haya una mayor síntesis de dopamina en el sistema nervioso central (Figura 13) (Pescosolido et al., 2014a).

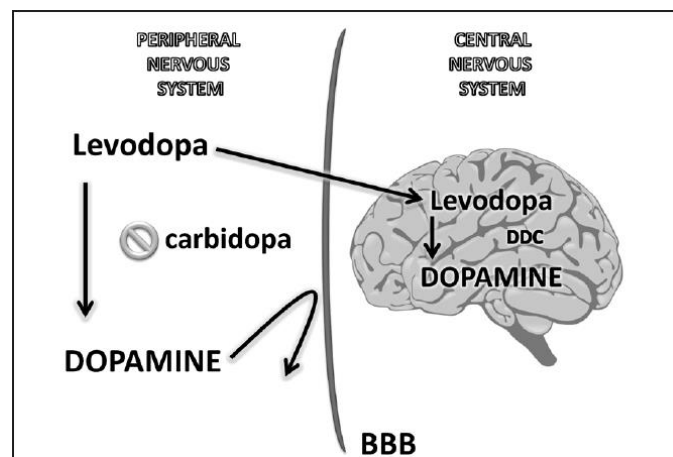
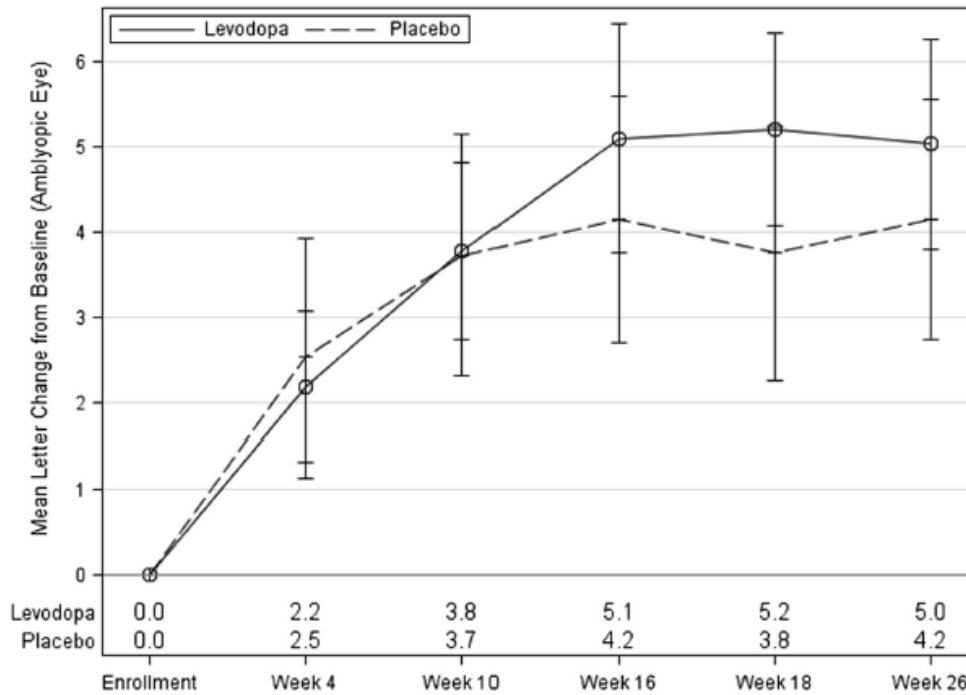


Figura 13. Actuación de Carbidopa sobre Levodopa.

Se han realizado múltiples ensayos clínicos con este fármaco, dos de los cuales se verán a continuación.

Un ensayo clínico realizado por el grupo de investigación PEDIG (pediatric eye disease investigador group) que tiene como objetivo demostrar la eficacia de Levodopa como tratamiento para la ambliopía residual en niños y niñas. Participaron 139 niños y niñas de

7 a 12 años con ambliopía residual debido a estrabismos, anisometropía o a la combinación de ambas. Se administró durante 16 semanas Levodopa o placebo vía oral tres veces al día, combinado con oclusión directa durante dos horas al día. Como resultado no se produjo una mejora significativa en la agudeza visual (Gráfica 3) comparada con el uso de placebo y oclusión directa (Repka et al., 2015).



Gráfica 3. Comparación de letras ganadas con Levodopa y placebo

Un segundo ensayo clínico que pretende estudiar la eficacia y tolerabilidad de Levodopa-Carbidopa en niños y niñas con diferentes tipos de ambliopía. Participaron 50 niños y niñas ambliopes de 5 a 20 años. Después de conseguir la mejor AV con corrección, los pacientes fueron divididos en dos grupos de forma aleatoria. En el grupo 1 se administró Levodopa-Carbidopa combinado con oclusión directa, mientras que en el grupo 2 se administró placebo combinado con oclusión directa. La duración fue de tres meses. Como resultado, la AV mejoró en ambos grupos, pero la mejora fue más significativa en el primer grupo que en el segundo (Tabla 8) (Sofi et al., 2016). En este ensayo clínico la dosis de Levodopa-Carbidopa fue mayor que en el primer ensayo clínico. Además, en ambos casos tras dejar de usar Levodopa-Carbidopa se ha registrado una disminución de la AV.

Effect of treatment on the mean logMAR in both dominant and amblyopic eyes at baseline and at 1st, 2nd & 3rd FU visits					
follow-up visit	LogMAR	Group 1, Levodopa / carbidopa + occlusion, n=25, mean ± (SD)	Group 2, Occlusion + placebo, n=25, mean ± (SD)	t-test	P value
Baseline	Dominant	0.138 ± (0.216)	0.142 ± (0.186)	-0.063	0.95
	Amblyopic	0.728 ± (0.270)	0.606 ± (0.262)	1.614	0.113
1st FU visit (month 1)	Dominant	0.100 ± (0.173)	0.128 ± (0.170)	-0.592	0.557
	Amblyopic	0.338 ± (0.181)	0.503 ± (0.240)	-2.732	0.009
2nd FU visit (month 2)	Dominant	0.079 ± (0.136)	0.116 ± (0.147)	-0.935	0.355
	Amblyopic	0.210 ± (0.157)	0.430 ± (0.239)	-3.836	0.0001
3rd FU visit (month 3)	Dominant	0.049 ± (0.092)	0.108 ± (0.139)	-1.767	0.84
	Amblyopic	0.106 ± (0.135)	0.398 ± (0.254)	-5.06	0.0001

Tabla 8. Comparación entre ambos grupos desde el inicio hasta los 3 meses de seguimiento.

#### IV. 1.3.2. CITOCOLINA

La Citocolina es una molécula que actúa como intermediario en la biosíntesis de las membranas celulares. Este fármaco tiene un efecto neuroprotector, actuando en la membrana celular, manteniendo la integridad anatómica y funcional. Por esta razón se ha utilizado como apoyo en el tratamiento de patologías traumáticas, isquémicas y degenerativas, ya sean neurológicas u oftalmológicas (Kraus and Culican, 2018a).

Hay múltiples ensayos clínicos sobre la Citocolina, pero las investigaciones se encuentran muy atrasadas con respecto a la de otros fármacos como el caso de Levodopa-Carbidopa. Se destacan dos ensayos clínicos.

En este primer ensayo clínico, se tuvo como objetivo determinar la efectividad de la adición de Citocolina combinada con oclusión mediante parche en el tratamiento de la ambliopía. En este ensayo participaron niños y niñas de 4 a 13 años que fueron divididos de forma aleatoria en dos grupos (Tabla 9).

Nuevas técnicas y avances en el tratamiento de la ambliopía en niños

Characteristics	Group I	%	Group II	%	Total	%	P
Type of Amblyopia							
Strabismus	15	37.50	16	36.36	31	36.90	0.978
Anisometropia	14	35.00	15	34.09	29	34.52	
Combined	11	27.50	13	29.55	24	28.57	
Total	40	100.00	44	100.00	84	100.00	
Age							
4-5	3	7.5	2	4.55	5	5.95	0.52
5-6	7	17.5	9	20.45	16	19.05	
6-7	9	22.5	13	29.55	22	26.19	
7-8	8	20	7	15.91	15	17.86	
8-9	8	20	7	15.91	15	17.86	
9-10	3	7.5	3	6.82	6	7.14	
10-11	2	5	1	2.27	3	3.57	
11-12	0	0	1	2.27	1	1.19	
12-13	0	0	1	2.27	1	1.19	
Total	40	100	44	100	84	100.00	

Tabla 9. Distribución del estudio en dos grupos.

El ensayo clínico se dividió en dos fases, una fase 1 (Tabla 10) en la que ambos grupos recibieron oclusión mediante parche. Se fue controlando la AV cada mes, no encontrándose diferencia de AV entre ambos grupos. Sin embargo, en la fase 2 (Tabla 10), el grupo 1 recibió Citocolina combinada con oclusión mediante parche mientras que el grupo 2 recibió solo oclusión mediante parche. En los primeros 4 meses no hubo diferencia de AV entre ambos grupos, pero a los 12 meses hubo una mejoría en la AV del grupo 1 en comparación con la del grupo 2 (Pawar et al., 2014).

Follow up	Mean visual acuity (LogMAR)			P value
	Group I	Group II	Total	
<b>Phase 1 (Patching for both the groups)</b>				
1 month	0.75±0.32	0.74±0.34	0.74±0.33	0.900
2 months	0.71±0.31	0.70±0.35	0.70±0.32	0.900
3 months	0.69±0.31	0.68±0.31	0.69±0.31	0.900
4 months	0.64±0.30	0.64±0.32	0.63±0.31	0.953
5 months	0.58±0.30	0.57±0.30	0.57±0.30	0.954
6 months	0.55±0.31	0.55±0.29	0.55±0.30	0.900
7 months	0.52±0.30	0.53±0.30	0.53±0.30	0.900
Plateau	0.49±0.33	0.49±0.28	0.49±0.31	0.996
<b>Phase 2</b>				
<b>(Citicoline+Patching) (Patching alone)</b>				
1 month	0.47±0.33	0.49±0.28	0.48±0.30	0.854
2 months	0.44±0.31	0.48±0.27	0.46±0.27	0.502
3 months	0.42±0.31	0.48±0.27	0.45±0.26	0.455
4 months	0.39±0.31	0.48±0.29	0.42±0.27	0.150
5 months	0.36±0.30	0.49±0.29	0.43±0.27	0.035*
6 months	0.33±0.29	0.51±0.29	0.42±0.26	0.005*
7 months	0.30±0.26	0.51±0.28	0.45±0.28	0.000*
8 months	0.29±0.25	0.51±0.28	0.40±0.24	0.000*
12 months	0.29±0.24	0.51±0.30	0.40±0.23	0.000*

\* Significant, LogMAR : Logarithm of the minimum angle of resolution

Tabla 10. Agudeza visual (LogMAR) durante el seguimiento.

El segundo ensayo clínico tiene como objetivo investigar los efectos de la Citocolina combinado con filtro bangunter en el tratamiento de la ambliopía. En este ensayo clínico participaron 80 pacientes con ambliopía estrábica, 48 presentaban exotropía y 32 endotropía. Los pacientes fueron divididos en dos grupos de forma aleatoria. El grupo 1 solo recibió oclusión mediante el filtro bangunter, mientras que el grupo 2 recibió Citocolina vía oral una vez al día combinado con oclusión mediante el filtro bangunter durante 12 meses. Como resultado en el grupo 1 la AV mejoró, pero en el grupo 2 la mejora de AV fue mayor que el grupo 1 sobre todo en el caso de pacientes con ambliopía estrábica por exotropía (Tabla 11). A pesar de que la Citocolina tiene menos efectos adversos y causa un rápido incremento de la AV hasta 5 meses después de dejar de usar este fármaco (Sabeti et al., 2017), los efectos beneficiosos de la Citocolina necesitan ser más estudiados mediante la realización de más ensayos clínicos controlados.

Mean visual acuity (LogMAR)				
Group 1 ( Bangerter filter)			Group 2 ( Bangerter filter + Citicoline)	
Follow up	Exotropy	Endotropy	Endotropy	Exotropy
Previous AV	0.25	0.3	0.3	0.4
After 12 month	0.15	0.15	0.15	0.1

Tabla 11. Agudeza visual (LogMAR) comparativa entre ambos grupos.

#### IV. 1.3.3. GABA-ANTAGONISTA

Es un neurotransmisor como muchos de los otros que hay en la corteza cerebral. Su función es principalmente inhibitoria.

Hay múltiples estudios que confirman que el GABA interviene en la inhibición de las señales provenientes del ojo ambliope en la corteza visual. Por esta razón, si se usa un fármaco antagonista que se una al receptor GABA, como la Bicuculina, no se producirán las inhibiciones de las señales que provienen del ojo ambliope. De esta forma, se reduce la supresión pudiéndose recuperar la capacidad de respuesta de las células binoculares de la corteza visual (Pescosolido et al., 2014b).

Aun así, este fármaco está en una fase experimental, por lo que se necesitan más ensayos clínicos para determinar su efectividad y efectos adversos.

#### IV. 1.4. CIRUGÍA REFRACTIVA

Dentro de la ambliopía refractiva, tanto la ambliopía anisométrica e isoamétrica se pueden corregir completamente con corrección óptica mediante gafas o lentes de contacto. Para ello es necesario un cumplimiento riguroso, que unido a los problemas sensoriales y aniseiconia por llevar la corrección óptica mediante gafas y a la intolerancia a las lentes de contacto se hace aún más difícil de cumplir. Por esta razón, a pesar de que la cirugía refractiva tiene un riesgo mayor que otras terapias tradicionales, ha demostrado beneficios en niños y niñas con ambliopía refractiva que no tenían un buen cumplimiento o resultados con el tratamiento clásico (Kraus and Culican, 2018b).

Se ha dividido la corrección del error refractivo en cirugía extraocular e intraocular.

##### IV. 1.4.1. CIRUGÍA REFRACTIVA EXTRAOCULAR

Es cuando se actúa en la superficie corneal, no entrando dentro del ojo. Hay distintas técnicas, entre la que se destacan PRK, LASEK Y LASIK.

- La técnica PRK (Queratectomía fotorefractiva) consiste en retirar el epitelio corneal de forma manual, una vez retirado aplicamos el láser excimer (Figura 14).

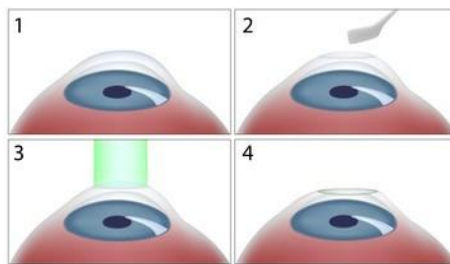


Figura 14. Técnica PRK

Una forma muy efectiva de retirar el epitelio es mediante el cepillo de amoils (figura 15), ya que la desepitelización es redonda, centrada, con bordes continuos y limpios.



Figura 15. Cepillo de Amoils.

- La técnica LASEK (Laser subepithelial Keratomileusis) es una variante del PRK propuesta por Camellín. Esta técnica consiste en retirar un flap fino epitelial, previamente se aplica alcohol 20% durante 30-40 segundos para disminuir la adhesión del epitelio

corneal al estroma. Posteriormente, se retira el flap, se aplica el láser excimer y se vuelve a colocar el flap (figura 16). Se suele terminar adaptándole al paciente una lente de contacto terapéutica (Astle et al., 2004).

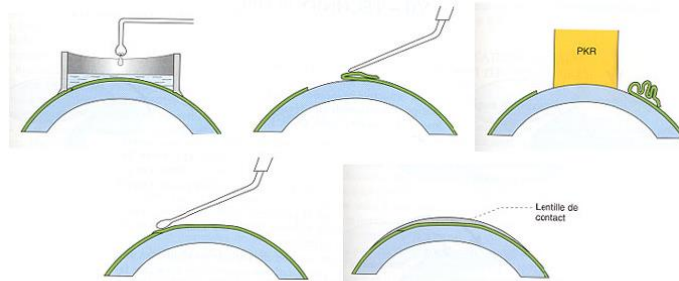


Figura 16. Técnica LASEK

- La técnica LASIK (laser in situ keratomileusis) consiste en crear un lentículo corneal mediante un instrumento llamado microqueratomo, cuando el lentículo está hecho se levanta manualmente quedando enganchado en uno de los laterales al ojo a modo de bisagra. Posteriormente se aplica el láser excimer y se vuelve a colocar el lentículo corneal (Figura 17) (Lawless and Hodge, 2013).

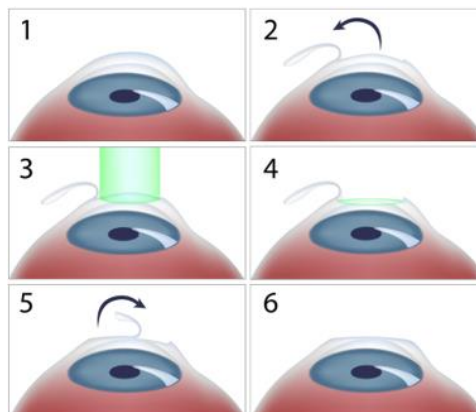


Figura 17. Técnica LASIK.

#### IV. 1.4.2. CIRUGÍA INTRAOCULAR

La única opción para tratar una ambliopía por privación debido a una catarata congénita es mediante la cirugía intraocular. Se extrae el cristalino y se coloca una lente pseudofáquica.

A día de hoy, el campo de la cirugía refractiva en la población pediátrica se desarrolla muy lentamente y las publicaciones no son muy habituales debido a las estrictas indicaciones para operar, ya que los ojos de los niños y niñas están en continuo desarrollo (Stahl, 2017).



## IV. 2. DISCUSIÓN FINAL

Después de evaluar los resultados se puede señalar que todos los nuevos avances y técnicas en el tratamiento de la ambliopía no se utilizan para todos los tipos de ambliopía. Para aplicar un tratamiento u otro es necesario determinar el tipo de ambliopía, mediante un examen optométrico completo, y su severidad.

Con respecto al tratamiento con videojuegos de forma monocular y binocular, se producen mejoras en la AV, al igual que con el tratamiento clásico, pero también se consiguen mejoras en la sensibilidad al contraste y estereopsis, y la eliminación de la supresión mediante videojuego binocular en niños, niñas, adolescentes y adultos. Todas estas mejoras no se consiguen con el tratamiento clásico. La limitación que presenta este tratamiento es que para que sea efectivo tiene que tener un buen cumplimiento y muchos niños y niñas no lo logran. A pesar de esto, las mejoras conseguidas en el ojo ambliope se conservan semanas posteriores, en las que ya no se usa este tratamiento, a diferencia del tratamiento farmacológico, en el que las mejoras conseguidas desaparecen tras dejar de tomar el tratamiento.

En referencia a este tratamiento, se ha demostrado su eficacia cuando se combina con la oclusión directa mediante parche o filtro banguenter. Sin embargo, la mayoría de estos fármacos se encuentran en una fase experimental. Se han encontrado artículos y ensayos clínicos en los que las dosis varían, no habiendo un consenso sobre ella, y tampoco se han determinado con claridad los efectos adversos que estos fármacos pueden provocar a largo plazo en la población ambliope.

Siempre que se pueda corregir una ambliopía refractiva mediante corrección óptica es mejor que con cirugía refractiva corneal, ya que no se saben con exactitud los efectos que esta intervención puede producir en niños y niñas cuyos ojos están en continuo desarrollo. Aun así, es una opción valorable en casos especiales, cuando la corrección óptica mediante gafas o lentes de contacto no funciona. Por otro lado, la única forma de tratar una ambliopía por privación debido a una catarata congénita es mediante la extracción del cristalino e implantación de una LIO pseudofáquica.

Por último, se debe mencionar que los tratamientos comportamentales como el Syntonic o fototerapia optométrica no se pueden comparar su efectividad en el tratamiento de la ambliopía con respecto a los demás tratamientos, ya que su eficacia no se ha demostrado

científicamente. A pesar de esto, es una pseudoterapia que dice que puede tratar la ambliopía y hay que tenerla en cuenta y valorarla como opción de tratamiento.

## V. CONCLUSIÓN

Tras analizar los resultados obtenidos sobre los diferentes avances o técnicas para el tratamiento de la ambliopía, y atendiendo a los objetivos específicos que se plantearon al principio de este estudio, las conclusiones obtenidas son las siguientes:

1. Las nuevas técnicas o avances más novedosos y actuales para el tratamiento de la ambliopía son el uso de videojuegos de forma monocular y binocular como el Tetris o Dig Rush, la fototerapia sintónica, el uso de fármacos como Citocolina, Levodopa-Carbidopa y GABA-antagonista y la cirugía refractiva extraocular e intraocular. Para posibles mejoras en el futuro es conveniente que se realicen investigaciones sobre la creación de dispositivos que faciliten el cumplimiento del tratamiento o videojuegos más actuales y divertidos, ya que la falta de cumplimiento es uno de los principales problemas que dificultan el éxito del tratamiento.
2. El tratamiento más efectivo y adecuado para la ambliopía estrábica y refractiva es la combinación del tratamiento clásico junto al uso de videojuegos. Primero, se corrige el error refractivo, si es que el paciente presenta un error refractivo, de esta forma se intenta conseguir que el paciente vea lo máximo por el ojo ambliope. Posteriormente, se recurre a la oclusión del ojo no ambliope combinado con la utilización de videojuegos de forma monocular, de esta forma se activa el ojo ambliope, consiguiendo que por competencia binocular se desarrollen las células que representan a este ojo. Una vez conseguida una buena AV en el ojo ambliope se empieza a utilizar videojuegos de forma dicóptica para eliminar la supresión y trabajar el sistema binocular, mejorando aún más la AV, la estereopsis y la sensibilidad al contraste. Los tratamientos farmacológicos han demostrado ser efectivos en pacientes con ambliopía estrábica, pero sus efectos no son duraderos. Además, son necesarias más investigaciones sobre sus efectos adversos y la dosis necesaria. La cirugía refractiva extraocular queda en un segundo plano para el

tratamiento de la ambliopía refractiva, siendo la cirugía intraocular el tratamiento más efectivo para la ambliopía por privación debido a una catarata congénita.

3. La ambliopía más frecuente es la refractiva, seguida de la estrábica, por lo que el tratamiento más utilizado para la ambliopía será el tratamiento clásico. Aunque según este trabajo lo ideal sería la combinación del tratamiento clásico junto al uso de videojuegos. Con respecto al resto de tratamientos, algunos están todavía en vía de desarrollo, como es el caso del farmacológico, mientras que otros como la cirugía intraocular solo se emplean para la ambliopía por privación por una catarata congénita, cuya frecuencia es muy baja. Como futura línea de investigación es de importancia que se realicen más estudios comparativos de los beneficios de la fototerapia sintónica frente a otros tratamientos de la ambliopía.

## **VI. BIBLIOGRAFÍA**

Astle WF, Huang PT, Ingram AD, Farran RP. Laser-assisted subepithelial keratectomy in children. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:2529–35.

Carlos POJ, Rosa GB, Mireia CP. Ambliopía. *Visión Binocul.*, Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya; 1998a, p. 146.

Carlos POJ, Rosa GB, Mireia CP. Estrabismo. Aspectos teóricos. *Visión Binocul.*, Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya; 1998b, p. 181.

Carlos POJ, Rosa GB, Mireia CP. Estrabismo. Aspectos teóricos. *Visión Binocul.*, Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya; 1998c, p. 182.

Carlos POJ, Rosa GB, Mireia CP. Estrabismo. Aspectos teóricos. *Visión Binocul.*, Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya; 1998d, p. 182–3.

Carlos POJ, Rosa GB, Mireia CP. Estrabismo. Aspectos teóricos. *Visión Binocul.*, Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya; 1998e, p. 183–4.

Carlos POJ, Rosa GB, Mireia CP. Ambliopía. *Visión Binocul.*, Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya; 1998f, p. 147.

Carlos POJ, Rosa GB, Mireia CP. Ambliopía. *Visión Binocul.*, Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya; 1998g, p. 148.

Carlos POJ, Rosa GB, Mireia CP. Ambliopía. *Visión Binocul.*, Barcelona: Universidad de La Salle; 1998h, p. 148–50.

Carlos POJ, Rosa GB, Mireia CP. Ambliopía. *Visión Binocul.*, Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya; 1998i, p. 157.

Carlos POJ, Rosa GB, Mireia CP. Ambliopía. *Visión Binocul.*, Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya; 1998j, p. 158–9.

Carlos POJ, Rosa GB, Mireia CP. Ambliopía. Visión Binocul., Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya; 1998k, p. 150–2.

Carlos POJ, Rosa GB, Mireia CP. Ambliopía. Visión Binocul., Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya; 1998l, p. 160.

Carlos POJ, Rosa GB, Mireia CP. Estrabismo. Diagnóstico y tratamiento. Visión Binocul., Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya; 1998m, p. 201–3.

Carlos POJ, Rosa GB, Mireia CP. Ambliopía. Visión Binocul., Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya; 1998n, p. 161–2.

Carlos POJ, Rosa GB, Mireia CP. Estrabismo. Diagnóstico y tratamiento. Visión Binocul., Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya; 1998o, p. 204.

Carlos POJ, Rosa GB, Mireia CP. Ambliopía. Visión Binocul., Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya; 1998p, p. 163.

Carlos POJ, Rosa GB, Mireia CP. Ambliopía. Visión Binocul., Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya; 1998q, p. 163–4.

Carlos POJ, Rosa GB, Mireia CP. Ambliopía. Visión Binocul., Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya; 1998r, p. 165.

Carlos POJ, Rosa GB, Mireia CP. Ambliopía. Visión Binocul., Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya; 1998s, p. 164–5.

Dadeya S, Dangda S. Television Video Games in the Treatment of Amblyopia in Children Aged 4–7 Years. *Strabismus* 2016;24:146–52.

Foss AJE. Use of video games for the treatment of amblyopia. *Curr Opin Ophthalmol* 2017;28:276–81.

Gambacorta C, Nahum M, Vedamurthy I, Bayliss J, Jordan J, Bavelier D, et al. An action video game for the treatment of amblyopia in children: A feasibility study. *Vision Res* 2018;148:1–14.

Goñi-Boza E, Ortiz Barrantes R. Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular. *Conceptualización Integr La Ambliopía* 2018;16:91–8.

Gottlieb RL, Wallace LB. Syntonic Phototherapy. *Photomed Laser Surg* 2010;28:449–52.

Holmes JM, Manh VM, Lazar EL, Beck RW, Birch EE, Kraker RT, et al. Effect of a Binocular iPad Game vs Part-time Patching in Children Aged 5 to 12 Years With Amblyopia: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Ophthalmol* 2016;134:1391–400.

Hoyt C. What Is Next in Amblyopia Treatment? *Ophthalmology* 2015;122:871–3.

Hubel DH, Wiesel TN. The period of susceptibility to the physiological effects of unilateral eye closure in kittens. *J Physiol* 1970;206:419–36.

Ikeda H, Wright MJ. Is amblyopia due to inappropriate stimulation of the “sustained” pathway during development? *Br J Ophthalmol* 1974;58:165–75.

Kelly KR, Jost RM, Dao L, Beauchamp CL, Leffler JN, Birch EE. Binocular iPad Game vs Patching for Treatment of Amblyopia in Children. *JAMA Ophthalmol* 2016;134:1402.

Kraus CL, Culican SM. New advances in amblyopia therapy I: binocular therapies and pharmacologic augmentation. *Br J Ophthalmol* 2018a;102:1495.

Kraus CL, Culican SM. New advances in amblyopia therapy II: refractive therapies. *Br J Ophthalmol* 2018b;102:1611–4.

Lawless M, Hodge C. LASIK. *Int Ophthalmol Clin* 2013;53:111–28.

Li J, Thompson B, Deng D, Chan LYL, Yu M, Hess RF. Dichoptic training enables the adult amblyopic brain to learn. *Curr Biol* 2013;23:R308-9.

Li RW, Ngo C, Nguyen J, Levi DM. Video-game play induces plasticity in the visual system of adults with amblyopia. *PLoS Biol* 2011;9:1–11.

Long To, Thompson B, Blum JR, Maehara G, Hess RF, Cooperstock JR. A Game Platform for Treatment of Amblyopia. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2011;19:280–9.

Lopez Alemany A. *Optometría pediátrica*. Valencia: Xátiva: Ulleye; 2005.

Maconachie GDE, Gottlob I. The challenges of amblyopia treatment. *Biomed J* 2015;38:510–6.

Manh VM, Holmes JM, Lazar EL, Kraker RT, Wallace DK, Kulp MT, et al. A Randomized Trial of a Binocular iPad Game Versus Part-Time Patching in Children Aged 13 to 16 Years With Amblyopia. *Am J Ophthalmol* 2018;186:104–15.

Martha RBL. *Ambliopía y desarrollo visual. Ambliopía desde la Optom. pediátrica*. 1º, Bogotá: Ediciones unisalle; 2015, p. 23.

Merchant MM, Clínica A, San O, Sevilla B. *Pediatría integral. Estrabismo y Ambliopía* 2013:489–506.

Papageorgiou E, Asproudis I, Maconachie G, Tsironi EE, Gottlob I. The treatment of amblyopia: current practice and emerging trends. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2019:1–18.

Pawar PV, Mumbare SS, Patil MS, Ramakrishnan S. Effectiveness of the addition of citicoline to patching in the treatment of amblyopia around visual maturity: a randomized controlled trial. *Indian J Ophthalmol* 2014;62:124–9.

Pediatric Eye Disease Investigator Group JM, Holmes JM, Manny RE, Lazar EL, Birch EE, Kelly KR, et al. A Randomized Trial of Binocular Dig Rush Game Treatment for Amblyopia in Children Aged 7 to 12 Years. *Ophthalmology* 2019;126:456–66.

- Pescosolido N, Stefanucci A, Buomprisco G, Fazio S. Amblyopia Treatment Strategies and New Drug Therapies. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 2014a;51:81–2.
- Pescosolido N, Stefanucci A, Buomprisco G, Fazio S. Amblyopia Treatment Strategies and New Drug Therapies. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 2014b;51:78–86.
- Pupo Negreira EC, Labrada Rodríguez YH, Verdecia Jacobo K. *Revista Cubana de Oftalmología. Rehabil Vis En Niños Amblíopes* 2009;22:34–42.
- Repka MX, Kraker RT, Dean TW, Beck RW, Siatkowski RM, Holmes JM, et al. A Randomized Trial of Levodopa as Treatment for Residual Amblyopia in Older Children. *Ophthalmology* 2015;122:874–81.
- Sabetti L, Masedu F, Tresca C, Bianchi F, Valenti M. The use of choline in association with the Bangerter filters for the treatment of amblyopia. *Int J Ophthalmol* 2017;10:1777–8.
- Sociedad Española de Optometría. Posicionamiento sobre pseudoterapias en rehabilitación y terapia visual. Madrid: 2019.
- Sofi IA, Gupta SK, Bharti A, Tantry TG. Efficiency of the occlusion therapy with and without levodopa-carbidopa in amblyopic children-A tertiary care centre experience. *Int J Health Sci (Qassim)* 2016;10:249–57.
- Stahl ED. Pediatric refractive surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2017;28:305–9.
- Suttle CM. Active treatments for amblyopia: a review of the methods and evidence base. *Clin Exp Optom* 2010;93:287–99.
- Wallace LB. The Theory and Practice of Syntonic Phototherapy: A Review 2009;40:73–81.
- Yen M-Y. Therapy for Amblyopia: A newer perspective. *Taiwan J Ophthalmol* 2017;7:59.