



Beneficios de la realidad virtual en terapia visual para ambliopía

Benefits of virtual reality in visual therapy for amblyopia

Autores:

Sara Alzate Toral, Est. Optometría Universidad Antonio Nariño

Correo: salzate76@uan.edu.co

Geimar Loaiza Ramírez, Est. Optometría Universidad Antonio Nariño

Correo: gloaiza330@uan.edu.co

Lorena Pedraza García, Est. Optometría Universidad Antonio Nariño

Correo: gperdraza43@uan.edu.co

Camila Soler Flórez, Est. Optometría Universidad Antonio Nariño

Correo: msoler48@uan.edu.co

Resumen

La ambliopía es un desorden del desarrollo que limita la agudeza visual (A.V.) y otras funciones binoculares. Objetivo: Determinar los beneficios de la terapia de realidad virtual en pacientes con ambliopía. Metodología: Revisión narrativa en PubMed, American Academy of Ophthalmology, P.M.C, SciELO, entre los años 2006 y 2021, se obtuvieron 36 artículos en total, 20 se incluyeron por cumplir con los criterios de

inclusión. Resultados: La A.V, la estereopsis y la supresión se ven mejoradas con las terapias de realidad virtual en adultos, a diferencia de los niños que evidencian un efecto menor en el tratamiento en comparación a los métodos tradicionales. Conclusión: El uso de esta terapia es eficaz para el tratamiento de pacientes adultos con ambliopía, principalmente de tipo estrábico y anisométrico, no obstante, puede llegar a ser eficaz para niños.

Descriptores: ambliopía, realidad virtual , terapia visual, estrábica, anisométrica

Abstract

Amblyopia is a developmental disorder that limits visual acuity (A.V.) and other binocular functions. Objective: To determine the benefits of virtual reality therapy in patients with amblyopia. Methodology: Narrative review in PubMed, American Academy of Ophthalmology, P.M.C, SciELO, between 2006 and 2021, a total of 36 articles were obtained, 20 were included because they met the inclusion criteria. Results: A.V, stereopsis and suppression are improved with virtual reality therapies in adults, unlike in children who show a lower effect in the treatment compared to traditional methods. Conclusion: The use of this therapy is effective for the treatment of adult patients with amblyopia, mainly of the strabismic and anisometropic type, however, it can be effective for children.

Descriptors: Amblyopia, virtual reality, visual therapy, strabismic, anisometropic.

1. Introducción

Fisiológicamente la ambliopía se debe a una actividad anormal en el funcionamiento del cortex visual primario, para instaurar la binocularidad, debido a la necesidad de los dos ojos de recibir los mismos estímulos en las columnas de dominancia (1). Esta es definida como la dificultad o los problemas para recuperar la agudeza visual óptima (20/20) con su mejor corrección, este desorden en el desarrollo binocular -además- degrada la visión espacial, la estereopsis y la agudeza visual, y se presenta con una prevalencia del 1% al 4% en las etapas pre escolar y escolar, entre los 3 a 7 años de edad principalmente (2).

Las anomalías binoculares y monoculares en la ambliopía se deben a la supresión tónica activa del ojo sano al ojo ambliope, y esto lo hace por medio de la inhibición neuronal del neurotransmisor GABAérgico (1), como resultado de esta hay una disminución de las condiciones visuales y de profundidad. La expresión alta de este neurotransmisor da una respuesta de reducción en las neuronas en el área V1 ya que al haber supresión la corteza visual inhibe los estímulos del ojo ambliope, generando una alteración de las conexiones neuronales en las capas V1 a V2 en el ojo afectado para perfeccionar el ojo sano (3).

En la primera etapa de desarrollo de los infantes, es importante presentar estímulos visuales adecuados para desarrollar un enfoque y alineamiento correcto de ambos ojos, con el fin de lograr un proceso de maduración de la retina en la zona foveolar, y a su vez, desarrollo visual óptimo. Si este no se cumple en la zona foveal no se presenta de manera correcta, produciéndose la ambliopía (4).

El tratamiento de la ambliopía se ejecuta por medio de terapia visual, siendo en la actualidad el uso de videojuegos una herramienta motivante para los pacientes, razón

por la cual se produce mayor adherencia a este. Dentro de ellos, RV, conocida como realidad virtual es una simulación en la que a través de un ordenador se genera un entorno real en una interfaz hombre-máquina (5).

En la RV se deben tener en cuenta dos definiciones principales: interacción e inmersión. La interacción involucra la visualización y la representación de imágenes, que permiten que se produzca un intercambio con la realidad virtual en un tiempo real; esto define cómo la persona percibe el mundo ofreciendo una sensación de poder tocar un objeto a través de una pantalla digital; en cuanto al segundo, el usuario tiene la idea y logra sentir que se encuentra físicamente en el mundo virtual a través de dispositivos electrónicos (6).

Es importante que los profesionales de la salud visual conozcan que existen otras opciones de tratamiento para la ambliopía como la RV, alternativa más novedosa y motivante para los niños y adultos, siendo más efectivo para la ambliopía refractiva y estrábica, puesto que para los otros tipos el manejo es quirúrgico u oftalmológico, por tal, este trabajo tiene por objetivo determinar los beneficios de la RV en el tratamiento de la ambliopía.

2. Materiales y métodos

Objetivo:

Determinar los beneficios de la realidad virtual en la terapia visual para el tratamiento de la ambliopía.

Fuentes de información:

Se realizó una revisión narrativa, observacional, descriptiva, retrospectiva, basada en artículos divulgados entre los años 2006 y 2021, que contengan información sobre realidad virtual en terapia visual en ambliopía en bases de datos como PubMed, American Academy of Ophthalmology, P.M.C, SciELO, con texto completo en idioma inglés y español. Utilizando los siguientes descriptores: *ambliopía, realidad virtual, terapia visual, estrábica, anisométrica*.

2.1 Criterios de inclusión:

- Estudios con diferentes tipos de edades en la población, desde niños hasta adultos que padecían alteración visual por ambliopía.
- Estudios que aportaran información significativa respecto al efecto positivo o negativo de la terapia de realidad virtual como terapia visual en pacientes con ambliopía.
- Publicaciones entre el año 2006 y 2021 con tipos de estudio, revisiones bibliográficas, estudios experimentales y ensayos clínicos, en idioma inglés o español.

2.3 Criterios de exclusión:

- Artículos sobre terapia de realidad virtual en pacientes con ambliopía relacionada con patologías de segmento posterior.
- Artículos que no presentaron texto completo o investigación sin culminar.

3. Resultados

Se recolectaron 36 artículos de los cuales 16 no cumplieron con las ponderaciones establecidas y 20 fueron seleccionados por cumplir con los criterios de inclusión.

A continuación, se presentan los resultados establecidos por diferentes investigaciones sobre el efecto del tratamiento con RV en personas de diferentes edades con algún tipo de ambliopía presente (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados artículos investigados por orden de característica de tratamiento.

AUTOR	OBJETIVO	TIPO DE ESTUDIO	TIPO DE AMBLIOPÍA	POBLACIÓN	TERAPIA UTILIZADA	RESULTADOS
Ballesteros-Sánchez, A (2019) (7)	Conocer métodos novedosos que se usen en la actualidad, con el fin de encontrar el uso correcto de estos y su efectividad en las diferentes ambliopías.	Revisión bibliográfica	Estrábica, refractiva y por privación.	Niños entre los 4 y 16 años	Terapia tradicional, tratamiento dicóptico, oclusión directa.	Muestran que a pesar de encontrar una mejoría de A.V. en pacientes que usaron juegos de forma binocular, la oclusión directa produce mayor mejoría de esta de lejos y cerca.

Díaz Y, Díaz NJ. (2016) (8)	Evidenciar estrategias que se hayan utilizado como un tratamiento de tipo binocular con la realidad virtual para la ambliopía	Revisión bibliográfica	Ambliopías en general	Niños y adultos con algún tipo de ambliopía	Realidad virtual, tratamiento binocular interactivo	El tratamiento binocular interactivo maneja sistemas denominados I-BiT™, la mayoría de los pacientes lograron mejorar la A.V., a las personas que se siguieron monitoreando incluso al finalizar el tratamiento, presentaron mejorías o mantuvieron la AV que lograron con el tratamiento de realidad virtual. En conclusión, a las cuatro semanas de haber iniciado tratamiento, se
-----------------------------	---	------------------------	-----------------------	---	---	--

					<p>evidenció, lo cual es un periodo corto en comparación del tratamiento convencional con oclusión.</p> <p>Para el tratamiento de la supresión se basaron en tres partes: reconocimiento de la capacidad de fusión, cuantificación de la supresión y reducción de la supresión. En este tratamiento se hace también uso de videoclips y video juegos.</p>
--	--	--	--	--	---

						<p>En el uso de videoclips 3D se encontró que pueden incidir positivamente en la recuperación de la estereopsis.</p> <p>Con esto, se reportó reducción significativa de la supresión y por ende recuperación de la estereopsis, incluso aquellos pacientes que no poseían estereopsis la establecieron luego del tratamiento.</p>
--	--	--	--	--	--	---

<p>Li RW, Ngo C, Nguyen J, Levi DM (2011) (9)</p>	<p>Examinar la efectividad de los videojuegos en el tratamiento de adultos ambliopes.</p>	<p>Estudio experimental</p>	<p>Estrábica, anisométrica y por privación</p>	<p>Adolescentes y adultos entre 15 y 61 años con cualquier tipo de ambliopía</p>	<p>Terapia de oclusión convencional y terapia con videojuegos.</p>	<p>Los experimentos muestran que jugar videojuegos en periodos cortos de tiempo - de 40 a 80 horas, 2 horas/día- mejora de manera sustancial funciones visuales como, A.V. (33%), agudeza posicional (16%), atención espacial (37%) y estereopsis (54%). La recuperación de la A.V. es al menos 5 veces más rápida de lo que cabría esperar de la terapia de</p>
---	---	-----------------------------	--	--	--	--

						<p>oclusión en la ambliopía infantil.</p> <p>Se hizo uso de ruido posicional y modelado para revelar los mecanismos neuronales subyacentes a las mejoras visuales en términos de distorsión espacial disminuida (7%) y mayor eficiencia de procesamiento (33%).</p>
Žiak P, Holm A, Halička J, Mojžiš P,	Evaluar el efecto del entrenamiento visual dicóptico	Estudio experimental	Anisométrico	Adolescentes y adultos	Entrenamiento visual dicóptico	Se encontró que la A.V. mejoró significativamente desde un valor medio antes

<p>Piñero DP (2017) (10)</p>	<p>utilizando una pantalla de realidad virtual montada en la cabeza, en una muestra de adultos ambliopes anisométricos y evaluar la utilidad potencial de esta opción de tratamiento.</p>			<p>entre 17 y 69 años</p>		<p>del entrenamiento (0,58 +/- 0,35) a un valor medio después del entrenamiento (0.43+/-0,38). Además, el cambio de la mejor agudeza visual corregida (MAVC) del ojo ambliópico osciló antes de entrenar de 20/400 a 20/25 y de 20/400 a 20/20 después del entrenamiento.</p> <p>La estereoagudeza media tuvo un cambio de 263,3 ± 135,1 antes del entrenamiento dicóptico a</p>
----------------------------------	---	--	--	---------------------------	--	--

						176,7 ± 152,4 de arco después del entrenamiento. Ocho pacientes (47,1%) antes del tratamiento dicóptico tenían estereoagudeza inconmensurable con el método que venía siendo utilizado, luego de este, solo 2 pacientes (11,8%) no lograron la medida.
Waddingham PE, Butler TKH, Cobb	El objetivo de esta serie de casos fue examinar la	Estudio experimental	Estrábica y anisométrica	Niños de 5 a 7 años a quienes les	Juegos interactivos y videos con I-	La A.V. antes del tratamiento en el ojo ambliópico osciló entre 6/12

<p>SV, Moody ADR, Comaish IF, Haworth SM, et al (2006) (11)</p>	<p>eficacia de I-BiTTM para mejorar la visión en los ojos ambliópicos de seis niños.</p>			<p>haya fallado el tratamiento convencional</p>	<p>BiTTM con presentación de imágenes binoculares en streaming.</p>	<p>y 6/120, todos los pacientes tenían al menos 6/7,5 de visión en su mejor ojo. No se especificó el nivel de visión de entrada para este estudio piloto, las personas con ambliopía grave fueron sorprendentemente capaces de mirar la pantalla de televisión y jugar sin suprimir el ojo ambliópico. Se evidenció una mejora media general en la A.V. Log MAR de 10 letras, en</p>
---	---	--	--	---	--	---

						los pacientes que respondieron al tratamiento con I-BiT™. En general, la visión comenzó a mejorar una hora después del tratamiento y la mejoría global de la visión fue del 42%.
Holmes JM, Manh VM, Lazar EL, et al (2016) (12)	Comparar la mejora de la A.V. en niños ambliopes tratados binocularmente	Ensayo clínico	Anisométric a y estrábica	Niños de 5 a 13 años con ambliopía como resultado de estrabismo,	Juego de IPad binocular	Con terapia dicóptico - juego de IPad binocular- la media de A.V. del ojo ambliope mejoró 1.05 líneas, mientras que los pacientes en tratamiento

	<p>con juegos en Tablets frente a la aplicación de parches a tiempo parcial.</p>			<p>anisometropía o ambos</p>		<p>solo con parche recuperaron 1.35 líneas, luego de 16 semanas de tratamiento.</p> <p>En los participantes jóvenes en tratamiento para ambliopía (de 5 a <7 años), la A.V. del ojo ambliópico presentó mejoría en promedio de 2,5 (1,5) líneas en el grupo con terapia binocular en relación a 2,8 (0.8) líneas en los pacientes de parcheo.</p>
--	--	--	--	------------------------------	--	--

<p>Li J, Thompson B, Deng D, Chan LY, Yu M, Hess RF. (2013) (13)</p>	<p>Proporcionar evidencia de mejoría de la supresión del ojo ambliope por medio de estímulos dicópticos produce mayores niveles de plasticidad en relación con el uso forzoso del ojo ambliópico.</p>	<p>Estudio experimental</p>	<p>Ambliopías en general</p>	<p>Adultos con ambliopía en general</p>	<p>Tratamiento dicóptico y terapia monocular tradicional</p>	<p>Los resultados muestran que el tratamiento dicóptico posee efectos mayores que el tratamiento monocular, esto se evidencia en los resultados de la A.V., los dos tratamientos tuvieron un efecto positivo en la A.V, pero el dicóptico condujo a unas mejoras mayores (A.V. = 12.4) y significativas con respecto al tratamiento monocular (A.V. = 2.5). Para el caso de la estereopsis, el tratamiento</p>
--	---	-----------------------------	------------------------------	---	--	---

						<p>monocular no tuvo un efecto con valor significativo, como sí lo tuvo el dicóptico, de esta manera el efecto de la reducción de la supresión es mayor que en el tratamiento monocular (mayor a factor de 4).</p> <p>Cuando se cruzaron los pacientes que habían estado con tratamiento monocular al tratamiento dicóptico, se produjo una</p>
--	--	--	--	--	--	---

							mayor reducción de la supresión (A.V. = 13,1).
Li, SL, Reynaud, A., Hess, RF, Wang, YZ, Jost, RM, Morale, SE, De La Cruz, A., Dao, L., Stager, D., Jr y Birch, EE. 2015 (14)	Investigar la eficacia de un método de película potencialmente más atractivo para potenciar una experiencia binocular con contraste equilibrado a través de la	Estudio experimental de cohorte prospectivo	Ambliopías en general	Niños ambliópicos de 4 a 10 años de edad	Visualización de películas dicópticas en pantalla 3D pasiva	Se encontraron cambios en la agudeza visual que era mediada por el ojo ambliope, en dos semanas se observó una mejora de 2 líneas pasando de un logaritmo de resolución desde la línea base de $0,72 \pm 0,08$ a $0,52 \pm 0,09$. Los cambios en la estereoagudeza o la	

	estimulación dicóptica complementaria					supresión interocular no llegaron a ser significativos.
Herbison, N., Cobb, S., Gregson, R. <i>et al.</i> 2013 (15)	Informar el efecto del tratamiento binocular interactivo basado en computadora en la agudeza visual de niños con ambliopías.	Estudio experimental	Ambliopía estrábica, anisométrica o mixta	10 niños con ambliopía estrábica, anisométrica o mixta, con una edad promedio de 5,4 años	Tratamiento binocular de tipo interactivo usando un computador (I-BiT) para la ambliopía, que utiliza "lentes obturadores"	Por el número de pacientes, 9 de los 10 niños completaron el ciclo presentando una mejora de 0,18, además, 6 de los 9 tuvieron una mejora clínicamente significativa de 0,125 unidades.

					3D disponibles comercialme nte	
Kelly KR, Jost RM, Wang YZ y col. 2018 (16)	Evaluación de los resultados binoculares (estereoagudeza, supresión) en niños que han recibido tratamiento binocular para la ambliopía infantil.	Estudio experimental	Ambliopía estrábica, anisométric a y mixta	Niños ambliópicos (estrábica, anisométropi ca y mixta) entre 4 y 10 años	Tratamiento binocular con juegos, vídeos y películas.	Se encontraron cambios en la A.V. del ojo ambliope, la estereoagudeza, extensión y profundidad de la supresión, en dos semanas presentaron una reducción del 87%, la profundidad de supresión se redujo más en los niños menores de 8 años.

<p>Alcalde, N.G; Barraza, J.F; Colombo E.M 2018 (17)</p>	<p>Presentar avances del entrenamiento perceptual como una propuesta alterna al tratamiento convencional usado en ambliopías, haciendo un enfoque en terapias binoculares y en métodos de</p>	<p>Revisión bibliográfica</p>	<p>Ambliopías en general</p>	<p>Todas las personas que han estado en estudios para tratamiento de ambliopías</p>	<p>Revisión de los diferentes tratamientos presentados</p>	<p>Las personas que padecen ambliopía pueden llegar a recuperarse, incluso al haber terminado el periodo neuronal, si se enfocan en tratamientos binoculares que incluyan los dos ojos, por otro lado, sugieren que se tenga en cuenta el ojo no amblope y cómo este puede afectar los tratamientos. Además, encontraron que las pruebas con las que se mide el grado de supresión</p>
--	---	-------------------------------	------------------------------	---	--	--

	medición de mejora de los tratamientos.					y la estereopsis no son objetivas ni llegan a ser precisas.
Zarzuelo, N 2016 (18)	Revisión bibliográfica sobre la evolución del aprendizaje perceptivo y los videojuegos utilizados en el tratamiento de la ambliopía	Revisión bibliográfica	Ambliopías en general	Niños y adultos con ambliopías	Se evaluaron videojuegos, terapia pasiva, terapia activa y tratamientos convencionales	Con el uso del aprendizaje perceptivo se mejoran las capacidades visuales en adultos y niños, evidenciando mejoras hasta en el 68% de los participantes y, además, se usa como terapia de complemento a la terapia tradicional.

						Los dos ojos deben trabajar de manera cooperativa para que se logre el restablecimiento de la visión binocular.
Yao J , Luna H , Qu X. 2020 (19)	Comparar la agudeza visual del ojo ambliope y la mejora de la binocularidad de un juego binocular con el parche a tiempo parcial en el tratamiento de	Ensayo clínico aleatorizado	Ambliopía anisométrica	Niños de 3 a 13 años con ambliopía anisométrica	Grupos de tratamientos binoculares, grupos con terapia de parcheo y grupos con las dos terapias.	A los 3 meses la A.V. del ojo ambliope mejoró 0,18 logaritmo en el grupo con tratamiento binocular, 0,26 en el grupo de parcheo y 0,30 en el grupo combinado. Por último, la estereoagudeza dinámica mejoró en el grupo

	niños chinos con ambliopía anisométrica						combinado significativamente.
Singh A, Sharma P, Saxena R. 2017 (20)	Evaluar el papel de los videojuegos monoculares como cooperador y ayudante de la terapia de oclusión en el tratamiento de la ambliopía anisométrica	Estudio experimental prospectivo aleatorizado	Ambliopía anisométrica	Niños entre 6 y 14 años con ambliopía anisométrica, sin manifestar estrabismo y con AV mejor que 6/36 pero peor que 6/12	Un grupo con terapia de videojuegos y oclusión, otro grupo solo con oclusión	En el grupo de videojuegos y oclusión, la AVMC presentó mejoría de $0,61 \pm 0,12$ log MAR a $0,51 \pm 0,14$ log MAR al mes del tratamiento y $0,40 \pm 0,15$ los 3 meses. En el grupo de solo oclusión, la AVMC se evidencian mejoras de $0,65 \pm 0,09$ log MAR al inicio del estudio a $0,60 \pm 0,10$ log	

						MAR al mes y $0,48 \pm 0,10$ log MAR) a los 3 meses. Presencia de mejora significativamente mayor en el grupo de videojuegos y oclusión comparado con el grupo que tuvo tratamiento únicamente de oclusión.
Subhash Dadeya & Sonal Dangda 2016	Investigar el papel de los videojuegos que se usan en televisión para el	Estudio prospectivo, aleatorizado e intervencionista	Ambliopía unilateral	Niños de 4 a 7 años de edad con ambliopía unilateral que asistían a	Un grupo con terapia de parcheo a tiempo completo y al	En el grupo de parcheo completo más videojuegos se evidenciaron mayores mejoras de la agudeza visual mejor corregida con

(21)	tratamiento de la ambliopía infantil.			clínica de estrabismo	otro grupo parcheo a tiempo completo más video juegos de acción	un cambio de $0,89 \pm 0,16$ a $0,46 \pm 0,22$ Log MAR; sin embargo, en el grupo de solo parcheo se establecieron mejoras de $0,84 \pm 0,19$ a $0,55 \pm 0,21$ Log MAR.
Vedamurthy I, Nahum M, Huang SJ, et al. 2015. (22)	Evaluación de la eficacia de un nuevo videojuego de acción dicóptico que combina los tres enfoques	Estudio experimental	Ambliopía unilateral, anisométrica y estrábica	Adultos con ambliopía unilateral	Un grupo con tratamiento de videojuego de acción dicóptico, un grupo con tratamiento	Para el grupo de juegos, la A.V. mejoró en promedio $0,14$ log MAR tanto en pacientes anisométricos como en estrábitos. Por otro lado, los pacientes tratados con películas,

	(aprendizaje perceptual, juego de videojuegos y entrenamiento dicóptico)				de ver películas, pero con un ojo parcheado	mejoraron de manera similar, demostrando el impacto de la oclusión ocular supervisada en adultos, a diferencia de lo que se pensaba. Finalmente, la estereoagudeza, velocidad de lectura, sensibilidad y contraste acrecentó más en el grupo de videojuegos que en el de películas.
Li RW, Ngo C,	Análisis de la inducción de	Estudio experimental	Ambliopías en general	Adultos entre los 15 y 61	Videojuegos de acción,	En los grupos en los que se implementaron video

<p>Nguyen J, Levi DM 2011 (23)</p>	<p>plasticidad en el sistema visual de adultos que presentan ambliopía por parte de los videojuegos.</p>			<p>años de edad con ambliopía sin enfermedad ocular manifiesta o nistagmo</p>	<p>video juego de no acción y mixto</p>	<p>juegos de acción y no acción se encontraron mejorías en agudeza visual (33%), agudeza posicional (16%), atención espacial (37%) y estereopsis (54%). Sugieren como trabajo piloto, ya que la muestra no es significativa, que los videojuegos pueden llegar a tener principios interesantes que puedan ser aplicados para el tratamiento de la ambliopía.</p>
--	--	--	--	---	---	--

Li, R., Ngo, C. y Levi, D. 2015 (24)	Evaluar si los videojuegos alteran también el procesamiento temporal en el cerebro ambliópico	Estudio experimental	Ambliopías en general	Adultos con ambliopías en general	Juego activo de videojuegos con técnica de presentación visual rápida.	Se encontró una reducción del 40% del parpadeo de atención a través del ojo ambliópico, lo que causó que esta mejora de rendimiento se transfiriera al ojo sano que no se encontraba entrenado.
Hussain Zahra, Astle Andrew T., Webb Ben S., McGraw Paul V.	Combinación de aprendizaje perceptivo y terapia de videojuegos.	Estudio experimental	Ambliopías en general	Niños con edad media de 9,3 y adultos con edad media de 41 años	Desarrollo de un videojuego que combine el aprendizaje perceptivo con los	Los umbrales de contraste del juego funcionaron para los adultos, pero no tuvieron significancia en los niños, pero la agudeza visual log MAR mejoró

2014 (25)					beneficios de la terapia de juegos	significativamente para los dos grupos en promedio 1,3 líneas
Abich, J, Parker J, Murphy, J Morgan E. 2021 (26)	Adopción de una perspectiva independiente del dominio para identificar el conocimiento, las habilidades (KSA) que se han entrenado de manera eficaz o mejorada	Revisión bibliográfica	Ambliopías en general	Revisión de pacientes que han sido tratados con realidad virtual	Capacitación de realidad virtual usando juegos, voces, comandos de voz y gestos en interacciones	La terapia de realidad virtual mejora el rendimiento psicomotor, la adquisición de conocimientos y la capacidad espacial.

	haciendo uso de la realidad virtual					
--	--	--	--	--	--	--

Las investigaciones incluyeron terapias de oclusión directa, realidad virtual basada en programas y combinada, para tratar la ambliopía en niños, jóvenes y adultos, y se sugiere su uso de acuerdo a la edad de los sujetos (Tabla2).

Tabla 2. Tipo de terapias utilizadas en la población

Ambliopía en niños	Ambliopía en jóvenes y adultos
Terapia tradicional	Terapia con videojuegos
Oclusión directa	Entrenamiento visual dicóptico
Juegos interactivos y videos con I-BiT en pacientes que hayan tenido fallas en el tratamiento convencional	Tratamiento dicóptico combinado con terapia monocular tradicional
Visualización de películas dicóptico en pantalla 3D pasiva	Aprendizaje perceptivo por medio de terapia pasiva, activa y tratamiento convencional
Tratamiento combinado con juegos binoculares, vídeos y películas	Videojuegos de acción y no acción
Aprendizaje perceptivo como complemento a tratamiento tradicional	Videojuegos con técnica de presentación visual rápida
Tratamiento combinado de terapia binocular y terapia de parcheo	
Tratamiento combinado de videojuegos y terapia convencional de oclusión.	
Tratamiento con videojuegos de acción dicóptico con terapia de parcheo a tiempo completo.	

Fuente: Elaboración propia

La terapia de oclusión logra mejorar la A.V. en niños y jóvenes de manera significativa, incluso después de las 12 semanas de tratamiento, el efecto no disminuye, por el contrario, logra aumentar valores de agudeza visual, mientras que, en niños de 4 a 16 años, la terapia con video juegos no logró mostrar mayores resultados que con la oclusión directa (7).

Las nuevas tecnologías o sistemas interactivos binoculares, denominados I-Bit™ consiguieron proporcionar al paciente beneficio en la A.V. que se mantuvo después de finalizado el tratamiento. Al usar estos sistemas, se pudo observar avance en aproximadamente 4 semanas, esto le confiere una gran ventaja si se tiene en cuenta el tiempo que se requiere para ver efectos con oclusión directa con los mismos resultados (8).

Li RW et al, expusieron resultados muy similares, esto fue realizado en jóvenes y adultos desde los 15 hasta los 61 años, se pudo evidenciar un incremento sustancial en agudeza visual posicional, atención espacial y estereopsis (9), con una recuperación de A.V. cinco veces más rápida que la obtenida con oclusión en la terapia de ambliopía infantil. Estos resultados sugirieron que la terapia indicada para el paciente va a depender del desarrollo y de la edad del sujeto.

El tratamiento dicóptico para ambliopías anisométricas y estrábicas, lo que hace es disminuir el contraste del ojo sano para igualar la imagen del ambliope (27) reportando mejora significativa en A.V. y estereoagudeza (10), también las personas con ambliopía profunda fueron capaces de mirar televisión y jugar sin la interrupción del ojo ambliópico (11).

Usar los dos tratamientos como complemento evidenció un aumento significativo en comparación con los resultados de cada terapia por separado. Entre tanto, al contrastar los resultados del estudio realizado por Holman, et al (12) en niños de 5 a 13 años, la terapia de realidad virtual tuvo un valor disminuido con relación a los tratamientos convencionales como el parche. Es así como, Li J, et al. (13) determinaron que la terapia de realidad virtual haciendo uso del tratamiento dicóptico mostró resultados más eficaces en adultos que la terapia monocular. En estos estudios se mostró que, dependiendo de la edad, la terapia de realidad virtual puede ser efectiva como se espera para el caso de los adultos, mientras que puede arrojar resultados por debajo de lo esperado para el caso de los niños.

Li SL, et al (14), investigaron sobre la eficacia de un tratamiento con película a través de estimulación dicóptica complementaria y encontraron que, en niños entre los 4 y 10 años con dos semanas de terapia, mostraron y cambios significativos llegando a aumentar dos líneas en el ojo ambliope, sin embargo, no se establecieron valores significativos en la progresión de la estereoagudeza o la supresión interocular.

En contraste con esto, Herbison, N; et al (15) implementó un tratamiento binocular basado en computador (I-BiT) con lentes obturadores 3D encontrando aumento significativo de 0,125 en 6 niños de los 10 participantes. Mientras que Kelly KR; et al (16) reportó cambios en la A.V., la estereoagudeza, la extensión con tratamientos binoculares, y la profundidad de la supresión se redujo hasta en un 87%.

Con el auge de las terapias binoculares, Alcalde, N.G, et al (17) realizaron una evaluación de los avances del entrenamiento perceptual como una alternativa de terapia de la ambliopía y encontraron que las personas que la padecen, incluso en la edad adulta pueden llegar a recuperarse, por último, también lograron explicar que las pruebas que se utilizan para medir grados de supresión y estereopsis no son precisas ni objetivas.

Haciendo un enfoque hacia el aprendizaje perceptivo, y entendiendo que se basa en la repetición sistemática en busca de aprendizajes y desarrollo del área cortical V1, su empleo estimula una acción mutua sensorial y motora, y con ello el cerebro reajusta las vías neuronales (28), es así como, Zarzuelo, N (18) en su revisión encontró que el uso de los videojuegos como terapia mejora las capacidades visuales en adultos y niños, hasta en un 68%, tal como lo plantea, Yao, J., et al (19) quien comparó la agudeza visual del ojo ambliope y su mejora usando videojuegos binoculares y parcheo a tiempo parcial en niños con ambliopía anisométrica, encontraron que el ojo ambliópico aumenta en 0,18 log MAR cuando se utiliza solo terapia binocular, 0,26 únicamente parcheo y 0,30 en terapia combinada.

Además de este tipo de videojuego binoculares, Singh A, et al, (20), se enfocaron en los videojuegos monoculares como coadyuvantes en la terapia de oclusión, al combinar las dos terapias se presentaron mejorías de 0,61 a 0,51 log MAR al mes de tratamiento y a 0,40 a los tres meses, en relación con el grupo de oclusión mejoró de 0,65 a 0,48 en los tres meses.

Así mismo, Subhash D, et al (21) evaluaron el papel de los videojuegos de televisión en niños y hallaron resultados similares a los mencionados, en el grupo combinado (parcheo completo y videojuegos) encontraron mayores cambios en la agudeza visual (de 0,89 a 0,46 log MAR) y con solo parcheo de 0,84 a 0,55 log MAR.

Vedammurthy, I, et al (22), por su parte evaluaron los tres enfoques: técnicas con aprendizaje perceptual, uso de videojuegos y entrenamiento dicóptico, donde encontraron que el grupo que fue tratado con videojuegos mejoró de manera similar a los pacientes tratados con películas, lo que demuestra el impacto de la oclusión; sin embargo, factores como la estereoagudeza, velocidad de lectura, sensibilidad al contraste mejoran en el grupo de videojuegos de manera más significativa que en el de películas.

Al igual, Li RW, et al (23) investigaron sobre la plasticidad de estos videojuegos en adultos y encontraron que los de acción y no acción mejoran agudeza visual en un 33%, posicional en un 16%, atención espacial en un 37% y la estereopsis en un 54%.

De otra parte, Li, R, et al (24) y Hussain Zahra, et al (25), al investigar sobre la alteración del procesamiento del cerebro ambliópico y su combinación con videojuegos que ayuden a mejorar la agudeza visual, encontraron que con el parpadeo de atención se logra avances en el rendimiento y eso se transfieren al ojo sano, sin embargo, los umbrales de contraste del juego usado no fueron significativos para niños, pero sí en adultos.

En atención a los resultados obtenidos, en la tabla 3 se muestra -de manera resumida- el efecto que pueden tener las diferentes terapias en el tratamiento de la ambliopía.

Tabla 3. Condiciones que presentan mejoría después de la terapia utilizada

CONDICIONES QUE PRESENTAN MEJORÍA	
Terapia tradicional	Agudeza visual
Tratamiento binocular interactivo	Agudeza visual Estereopsis Supresión
Terapia con videojuegos	Agudeza visual Agudeza posicional Atención espacial Estereopsis
Entrenamiento visual dicóptico	Agudeza visual Estereoagudeza inconmensurable
Tratamiento dicóptico combinado con terapia monocular	Agudeza visual Estereopsis y reducción de supresión
Tratamiento combinado con juegos binoculares, vídeos y películas	Videojuegos de acción y no acción
Visualización de películas dicóptico en pantalla 3D pasiva	Agudeza visual
Tratamiento binocular combinado terapia de parcheo	Agudeza visual Estereoagudeza
Tratamiento combinado de videojuegos y terapia convencional de oclusión.	Agudeza visual

Tratamiento con videojuegos de acción dicóptico con terapia de parcheo a tiempo completo.	Agudeza visual Estereoagudeza Velocidad de lectura Sensibilidad Contraste
---	---

Fuente: Elaboración propia

4. Discusión

Se lograron determinar los beneficios que aporta el uso de la RV como terapia en pacientes con ambliopía, realizando una revisión narrativa en la que diferentes estudios usaron como terapia la oclusión como tratamiento convencional para la ambliopía, el uso de videojuegos basados en la metodología de realidad virtual y la combinación de los dos tratamientos como complemento.

El presente estudio arrojó como resultado que la terapia de realidad virtual brinda mayores beneficios en adultos que en niños, ya que los niños con la terapia de oclusión, consigue disminuir las señales neurológicas del ojo sano para estimular el ojo ambliope, por lo que los niños antes del periodo crítico tienen mejor plasticidad neuronal en comparación en jóvenes y adultos (27), y por ello obtienen mejores resultados a corto y largo plazo con el tratamiento de oclusión, a diferencia de los adultos quienes avanzan de manera más significativa al ser sometidos a terapia de realidad virtual (7), (8), 10). De la misma forma, lo afirma Vedamurthy I. (2015) en su estudio con población adulta, jóvenes y niños, donde el uso de la terapia con realidad virtual aplicada a sistemas como los videojuegos, logró tomar fuerza en los años recientes para el manejo de la ambliopía y los déficits visuales, incluso en pacientes después de los 8 años donde finaliza el período crítico para el desarrollo del visón en

niños (14). Esto puede explicar porque algunas metodologías como la realidad virtual logran corregir parámetros visuales alterados por ambliopías.

Los efectos de los juegos de realidad virtual dicópticos proporcionaron mayor beneficio en el tratamiento de la estereoaquitectura, agudeza visual, agudeza espacial, estereopsis, percepción, concentración y supresión en personas adultas, por medio del uso de películas y vídeos sumado al parcheo con resultados más significativos (13), (17), (22), (24), esto también fue comprobado por Martín S, et al (2020), quien adelantó un ensayo clínico usando una metodología de desequilibrio binocular donde sugiere que la realidad virtual puede llegar a ser a futuro aún más prometedora que el tratamiento convencional en adultos con ambliopía, al respecto, recalca que deben medirse parámetros diferentes a la A.V., ya que no es el único déficit que se produce por esta y procurar complementar la investigación clínica con estereoaquitectura y desequilibrio binocular (29).

El tratamiento de realidad virtual para niños es poco efectivo y no tiene un impacto relevante al ser comparado con los métodos convencionales, como lo afirma Ballesteros-Sánchez (7), no obstante, la investigación de cohortes realizada en 2016 por Birch EE, et al, a 50 niños en etapa preescolar, sugiere que realizar un enfoque binocular puede llegar a ser efectivo en mejor proporción que la oclusión con parches, estos resultados pueden ser explicados al tener en cuenta que el estudio realizó mediciones de estereoaquitectura de puntos por ser niños y no estereoaquitectura híbrida como se ejecutó en los citados anteriormente, incluso algunos no realizaron medición de este parámetro. Además, la terapia con parcheo no fue totalmente suspendida en

algunos niños, mientras que en otros se combinó a diferentes horas y a pesar de esto, no se encontró mayor mejoría en la A.V. con cada esquema de tratamiento (30).

Contrario a esto, algunos estudios arrojaron que la terapia con videojuegos en niños puede llegar a ser significativa si se complementa con los tratamientos convencionales como la oclusión, ya que, al trabajar con diferentes grupos, los grupos trabajados con terapias combinadas obtuvieron mayores resultados frente a los que solo tuvieron tratamiento convencional o con videojuegos (14), (21), (25). Estos resultados se complementan y sugieren direccionar el tratamiento en cooperación entre las técnicas, puede llegar a ser más eficiente y además de mejorar agudeza visual, también puede recuperar la estereoagudeza y la supresión.

Entre tanto, Pediatric Eye Disease Investigator Group, et al, (2019) no establecieron mejorías en A.V. por ambliopía en niños al ser tratados con juegos binoculares (31), lo cual concuerda con lo expuesto por Holmes JM, Manh VM, Lazar EL, et al (7) en donde los niños sometidos a juegos dicópticos, no mostraron mejores resultados en relación con la terapia de parcheo. Al comparar los resultados de estos estudios con lo expuesto por Kelly KR, et al (32) quien usó el mismo juego binocular indicado por Pediatric Eye Disease Investigator Group, encontraron discordancia, ya que determinaron mejorías en la A.V. en comparación con el grupo que solo usó el parche de oclusión, demostrando que la terapia de realidad virtual si puede tener efectos significativos en niños.

Los resultados se pueden ver afectados por la edad del paciente, en los estudios donde los niños presentaban menor edad, el tratamiento con realidad virtual resultó

ser menos significativo que en aquellos que se encontraban en etapa mayor (Tabla 2). Además, esto evidencia que dependiendo del tipo de ambliopía la terapia con realidad virtual puede o no ser mejor que los tratamientos convencionales, hay que tener en cuenta el modelo de terapia que se aplica, ya que la diferencia entre monocular, binocular y combinada con tratamientos convencionales puede tener un impacto significativo en los resultados del estudio (tabla 3).

Uno de los problemas que se presentan en los estudios, es la poca adherencia del paciente al tratamiento de realidad virtual con videojuegos ya que despierta poco interés en ellos, por ser repetitivos y predecibles desde cierto punto, esto fue estudiado por Gao TY, et al,(33) en su ensayo clínico, quien trabajó con un videojuego placebo y uno específico para tratamiento binocular, concluyendo que el videojuego específico no muestra mejoras relevantes a las producidas con el videojuego placebo, lo cual demuestra que pueden usarse videojuegos que generen un mayor interés en los pacientes, siempre y cuando cumplan con las indicaciones terapéuticas necesarias (34).

Algunas de las limitaciones encontradas en esta investigación, fueron, la imposibilidad de observar si la ambliopía estrábica se clasificó con fijación excéntrica o fijación central, ya que no han sido reportadas en los estudios investigados.

5. Conclusiones

La terapia de RV, como los videojuegos dicópticos, es más eficiente binocularmente en el manejo de la ambliopía. Con esta se consiguen mejores resultados en los adultos a diferencia con la oclusión ya que estos poseen menor plasticidad neuronal y la RV

actúa sobre la corteza visual trabajando sobre las células corticales sacando al ojo ambliope de la supresión activa tónica por los neurotransmisores GABA del ojo fijador, a diferencia que, en niños, donde el tratamiento convencional es más eficiente, antes del periodo crítico porque estos poseen suficiente plasticidad neuronal para estimular el ojo ambliope solo con el parche, no obstante la terapia con realidad virtual en simultáneo refleja mejores resultados.

6. Recomendación

Se recomienda la investigación y el énfasis en la creación de nuevos videojuegos como tratamientos para la ambliopía que sean menos repetitivos y predecibles, de tal manera que puedan captar la atención del paciente, generando así una mayor adherencia que permita mostrar resultados más eficaces al tener un mayor número de terapias finalizadas.

7. Bibliografía

1. Negrete, M. Ambliopía y plasticidad sensorial. 2020. Trabajo de grado. [Citado 2021 Nov 7] Disponible en: <https://n9.cl/4yh5w>
2. Pérez Menjura, B. Efectos de la ambliopía refractiva en el estado de las habilidades de lectura en niños escolarizados de 7 a 12 años. 2018. [Trabajo de grado]. Universidad de La Salle. [citado 2021 Ago 28]. [Internet] Disponible en: <https://cutt.ly/VEiAWg6>
3. Joly, O., & Frankó, E. Neuroimaging of amblyopia and binocular vision: a review. *Frontiers in integrative neuroscience*, 8, 62. 2014. [Citado 2021 Nov 7] Disponible en: <https://n9.cl/viytj>
4. Pardo J, Agudelo C, Pardo GI, Pinilla BJC. “Guía para la detección temprana de alteraciones visuales y patologías oculares”. [citado 2021 Ago 28]. [Internet]. Disponible en: <https://n9.cl/cxw5a>
5. Peñasco-Martín B, de los Reyes-Guzmán A, Gil-Agudo Á, Bernal-Sahún A, Pérez-Aguilar B, de la Peña-González AI. Aplicación de la realidad virtual en los aspectos motores de la neurorrehabilitación [Application of virtual reality in the motor aspects of neurorehabilitation]. *Rev Neurol*. 2010 Oct 16;51(8):481-8. [Citado 2021 Ago 28]. Disponible en: <https://cutt.ly/CEiSxof>

6. Viña, N. Tecnologías de realidad virtual para el tratamiento de la ambliopía en adultos. (Trabajo fin de grado). 2015. Universidad la Laguna. [Citado 2021 Ago 28]. [Internet] Disponible en: <https://cutt.ly/HEiSaVn>
7. Ballesteros - Sánchez, A. Nuevas técnicas y avances en el tratamiento de la ambliopía en niños. (Trabajo Fin de Grado Inédito). 2019. Universidad de Sevilla, Sevilla. [Citado 2021 Ago 28]. [Internet]. Disponible en: <https://cutt.ly/mEiSYqx>
8. Díaz Y, Díaz NJ. Tratamiento binocular de la ambliopía basado en la realidad virtual. Rev Cubana Oftalmol [Internet]. 2016. [citado 2021 Ago 28]; 29(4): 674-687. Disponible en: <https://cutt.ly/fEqvQIU>
9. Li RW, Ngo C, Nguyen J, Levi DM. Video-Game Play Induces Plasticity in the Visual System of Adults with Amblyopia. PLOS Biology 9(8): e1001135. [Internet]. 2011. [citado 2021 Ago 28]. Disponible en: <https://cutt.ly/IEiSLzZ>
10. Žiak P, Holm A, Halička J, Mojžiš P, Piñero DP. Amblyopia treatment of adults with dichoptic training using the virtual reality oculus rift head mounted display: preliminary results. BMC Ophthalmol. 2017.[citado 2021 Ago 28];17(1):105. doi: 10.1186/s12886-017-0501-8. Disponible en: <https://cutt.ly/8EqvTw3>
11. Waddingham PE, Butler TKH, Cobb SV, Moody ADR, Comaish IF, Haworth SM, et al. Preliminary results of the use of the novel interactive binocular treatment system (I-BiT), in the treatment of strabismic and anisometropic amblyopia. 2006; [citado 2021 Ago 28]. 20 (3): 375–8. Disponible en: <https://cutt.ly/fEiS0Ln>

12. Holmes JM, Manh VM, Lazar EL, et al. Effect of a binocular iPad game vs Part-time patching in children aged 5 to 12 years with amblyopia. *JAMA Ophthalmol*. 2016; 134 (12): 1391–1400. [Citado en 2021 Ago 28]. doi: 10.1001 [Internet] Disponible en: <https://cutt.ly/oEiS3fK>
13. Li J, Thompson B, Deng D, Chan LY, Yu M, Hess RF. Dichoptic training enables the adult amblyopic brain to learn. *Curr Biol*. 2013. [citado 2021 Ago 28];23(8):R308-9. doi: 10.1016/j.cub.2013.01.059. PMID: 23618662. [Internet]. Disponible en: <https://cutt.ly/GEiDtZX>
14. Li, SL, Reynaud, A., Hess, RF, Wang, YZ, Jost, RM, Morale, SE, De La Cruz, A., Dao, L., Stager, D., Jr y Birch, EE. La visualización de películas con dichoptico trata la ambliopía infantil. *Journal of AAPOS: publicación oficial de la Asociación Estadounidense de Oftalmología Pediátrica y Estrabismo*, 19 (5), 2015. 401–405. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2015.08.003>
15. Herbison, N., Cobb, S., Gregson, R. et al. Tratamiento binocular interactivo (I-BiT) para la ambliopía: resultados de un estudio piloto del sistema de lentes con obturador 3D. *Eye* 27, 1077–1083 (2013). <https://doi.org/10.1038/eye.2013.113>
16. Kelly KR, Jost RM, Wang YZ y col. Resultados binoculares mejorados después del tratamiento binocular para la ambliopía infantil. *Invest Ophthalmol Vis Sci* . 2018; 59 (3): 1221-1228. doi: 10.1167 / iovs.17-23235

17. Alcalde, N.G; Barraza, J.F; Colombo E.M. Estrategias de tratamiento binocular en la ambliopía. Universidad Nacional Tucumán. 2018 doi: <https://afan.df.uba.ar/journal/index.php/analesafa/article/view/2191/2211>
18. Zarzuelo, N. Aprendizaje perceptivo y videojuegos en el tratamiento de la ambliopía. Universidad de Valladolid. 2016. Tomado de: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/19127/TFG-G1810.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
19. Yao J , Luna H , Qu X. Juego binocular versus parche a tiempo parcial para el tratamiento de la ambliopía anisométrica en niños chinos: un ensayo clínico aleatorizado. *British Journal of Ophthalmology* 2020; 104: 369-375. Doi: <http://dx.doi.org/10.1136/bjophthalmol-2018-313815>
20. Singh A, Sharma P, Saxena R. Evaluation of the Role of Monocular Video Game Play as an Adjuvant to Occlusion Therapy in the Management of Anisometropic Amblyopia. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 2017 Jul 1;54(4):244-249. doi: 10.3928/01913913-20170320-04. Epub 2017 May 17. PMID: 28510773.
21. Subhash Dadeya & Sonal Dangda. Los videojuegos de televisión en el tratamiento de la ambliopía en niños de 4 a 7 años, estrabismo, 2016, 24: 4, 146-152, DOI: 10.1080 / 09273972.2016.1242637
22. Vedamurthy I, Nahum M, Huang SJ, et al. A dichoptic custom-made action video game as a treatment for adult amblyopia. *Vision Res*. 2015;114:173-187. doi:10.1016/j.visres.2015.04.008

23. Li RW, Ngo C, Nguyen J, Levi DM. Video-Game Play Induces Plasticity in the Visual System of Adults with Amblyopia. 2011. PLOS Biology 9(8): e1001135. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001135>
24. Li, R., Ngo, C. y Levi, D. Alivio del parpadeo atencional en el cerebro ambliópico con videojuegos. *Sci Rep.* 5, 8483 2015. <https://doi.org/10.1038/srep08483>
25. Hussain Z, Astle T., Webb Ben S., McGraw V. The challenges of developing a contrast-based video game for treatment of amblyopia. *Frontiers in Psychology.* Vol 5. 2014. Doi: 10.3389/fpsyg.2014.01210
26. Abich, J, Parker J, Murphy, J Morgan E. Una revisión de la evidencia de la efectividad del entrenamiento con la tecnología de realidad virtual. *Virtual reality* . 2021. DOI: 10.1007 / s10055-020-00498-8
27. Hess RF, Mansouri B, Thompson B. A new binocular approach to the treatment of amblyopia in adults well beyond the critical period of visual development. *Restor Neurol Neurosci.* 2010;28(6):793-802. [Citado 2021 nov 7] Disponible en: doi:10.3233/RNN-2010-0550
28. Blanco, S. Nuevas tecnologías en el tratamiento de la ambliopía. 2015. [Internet] Disponible en: file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/211097052.pdf
29. Martín S, Portela JA, Ding J, Ibarrodo O, Levi DM. Evaluation of a Virtual Reality implementation of a binocular imbalance test. *PLoS One.* 2020;15(8): e0238047. [citado 2021 Sep 12]. [Internet]. Disponible en: <https://cutt.ly/xEiDvG6>

30.. Birch EE, Li SL, Jost RM, Morale SE, De La Cruz A, Stager D Jr, et al. Binocular iPad treatment for amblyopia in preschool children. *J AAPOS*. 2015;19(1):6–11.

[citado 2021 Sep 12]. [Internet]. Disponible en: <https://cutt.ly/7EiDQH4>

31. Pediatric Eye Disease Investigator Group, 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(3):456–66.

[citado 2021 Sep 12]. [Internet]. Disponible en: <https://cutt.ly/IEiDRnL>

32. Kelly KR, Jost RM, Dao L, Beauchamp CL, Leffler JN, Birch EE. Binocular iPad game vs patching for treatment of amblyopia in children: A randomized clinical trial. *JAMA Ophthalmol*. 2016;134(12):1402. [citado 2021 Sep 12]. [Internet]. Disponible en:

<https://cutt.ly/qEiDYck>

33. Foss, Alexander J.E. Use of video games for the treatment of amblyopia. *Current Opinion in Ophthalmology*: May 2017 - Volume 28 - Issue 3 - p 276-281 doi: 10.1097/ICU.0000000000000358. [citado 2021 Sep 12]. [Internet]. Disponible en:

<https://cutt.ly/hEiDPi6>

34. Gao TY, Guo CX, Babu RJ, Black JM, Bobier WR, Chakraborty A, et al. Effectiveness of a binocular video game vs placebo video game for improving visual functions in older children, teenagers, and adults with amblyopia: A randomized

clinical trial. *JAMA Ophthalmol.* 2018;136(2):172–81. [citado 2021 Sep 12]. [Internet].

Disponible en: <https://cutt.ly/CEiDSa0>