

REALIDAD VIRTUAL en REHABILITACIÓN VISUAL

Tutor: JOSE ALBERTO DE
LÁZARO YAGÜE

Año de defensa: 2024 (curso
2023-2024)

Autora: MARÍA ISABEL ALISTE
HERRERA

Tipo de TFM: x Revisión

Investigación

Fecha de la defensa: 5/6/2024



FACULTAD DE MEDICINA

MÁSTER EN REHABILITACIÓN VISUAL
MEMORIA TRABAJO FIN DE MÁSTER TITULADO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
RELEVANCIA DEL TRABAJO	5
OBJETIVOS	5
MATERIAL Y MÉTODOS.....	6
Criterios de inclusión	6
Criterios de exclusión	6
Herramientas utilizadas.....	6
RESULTADOS.....	7
REALIDAD VIRTUAL NO INMERSIVA	7
REALIDAD VIRTUAL MIXTA	8
Realidad virtual en videojuegos.....	8
REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA TOTAL.....	8
EQUIPOS DE REALIDAD VIRTUAL	8
EQUIPOS DE REALIDAD VIRTUAL NO INMERSIVA	9
EQUIPOS DE REALIDAD VIRTUAL MIXTA	9
Equipos de realidad virtual en videojuegos.....	9
EQUIPOS DE REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA TOTAL.....	9
ANÁLISIS DE LA EVIDENCIA CIENTÍFICA.....	10
TABLA 1.....	11
DISCUSIÓN	16
CONCLUSIONES	27
BIBLIOGRAFÍA	28

RESUMEN

Introducción: La discapacidad visual es una deficiencia que no mejora mediante ningún método ni médico ni quirúrgico, siendo la rehabilitación visual la principal ayuda para las personas con esta condición. Este procedimiento clínico-optométrico, trata de manejar las secuelas visuales de los sujetos que padecen baja visión.

Gracias al creciente desarrollo de las nuevas tecnologías, se ha incorporado el uso de la realidad virtual a los nuevos métodos de terapia. Esta tecnología, permite crear entornos completamente digitales y provocar una sensación de estar sumergido en un espacio tridimensional, el cual puede estar ligado a la realidad o no.

Gracias a su versatilidad se han desarrollado nuevos métodos, que intentan mejorar la función visual de los pacientes con baja visión.

Material y métodos: Se realizó una revisión bibliográfica entre enero y mayo de 2024 basada en estudios publicados entre el 2019 y 2023, la base de datos utilizada ha sido “PubMed” y los operadores booleanos “virtual reality and visual rehabilitation”.

Resultados: Se analizaron 16 artículos, en los cuales se observa un uso mayoritario de los dispositivos Oculus Rift, HTC Vive, Samsung Gear, eSight, Oculus Go, Microsoft Hololens, SightPlus, para conseguir el propósito de mejora de la función visual en personas con baja visión. Los pacientes tratados con esta nueva tecnología, han obtenido beneficios sobre la expansión del campo visual, mejora de la sensibilidad al contraste, identificación de colores, detección del movimiento y orientación espacial, reducción de la tasa de colisiones, mejora de la coordinación ojo-mano, aumento de la velocidad de lectura y reconocimiento facial.

Conclusiones: Se ha comprobado que el uso de la realidad virtual, incide en la mejora de las capacidades visuales residuales de los pacientes con baja visión. Sin embargo, se descubre la necesidad de presentar estudios con un tamaño de muestra mayor, más homogeneizado, contando siempre con un grupo de control, para obtener resultados más fiables.

ABSTRACT

Introduction

Visual impairment is a deficiency that cannot be improved by any medical or surgical method, making visual rehabilitation the primary aid for people with this condition. This clinical-optometric procedure aims to manage the visual aftereffects of individuals with low vision.

Thanks to the growing development of new technologies, the use of virtual reality has been incorporated into new therapy methods. This technology allows the creation of fully digital environments and creates the feeling of being immersed in a three-dimensional space, which may or may not be related to reality.

Due to its versatility, new methods which attempt to improve the visual function of patients with low vision have been developed.

Material and Methods

A bibliographic review was conducted between January and May 2024, based on studies published between 2019 and 2023. The database used was "PubMed" with the boolean operators "virtual reality and visual rehabilitation."

Results

Sixteen articles were analyzed, showing a predominant use of devices such as Oculus Rift, HTC Vive, Samsung Gear, eSight, Oculus Go, Microsoft Hololens, and SightPlus to achieve the goal of improving visual function in people with low vision. Patients treated with this new technology have obtained benefits in terms of expanding the visual field, improving contrast sensitivity, color identification, motion detection, and spatial orientation. Additionally, there has been a reduction in collision rates, improvement in hand-eye coordination, increased reading speed, and facial recognition.

Conclusions

It has been proven that the use of virtual reality enhances the residual visual capabilities of patients with low vision. However, there is a need for studies with a larger, more homogenized sample size, always including a control group, to obtain more reliable results.

INTRODUCCIÓN

La discapacidad visual, según la OMS, es una deficiencia visual que está causada por una enfermedad, afectando a sus funciones, las cuales no mejorarán mediante otro método clínico, ni óptico.¹

En la visión están implicados varios factores que se conocen por función visual, por lo que habrá que tener en cuenta a todos ellos a la hora de determinar la posible discapacidad visual. Forman parte de la función visual la sensibilidad al contraste, la visión de los colores, el campo visual, la agudeza visual y la fijación.^{1,2}

La baja visión se define con una agudeza visual en el mejor ojo de 0'3 en la escala decimal y un campo visual de 20°.²

Según un estudio del INE en 2008, se estima que alrededor de 979.200 personas en España, de 6 o más años, padecen algún tipo de discapacidad visual. De las cuales 920.900 tienen discapacidad visual y 58.300 son ciegos, por lo que la prevalencia en España de la discapacidad visual es del 2,14%.² Por comunidades autónomas, las más afectadas son en orden descendente de prevalencia Extremadura, Castilla la Mancha, Castilla y León y Galicia.²

La rehabilitación visual, se puede definir como un procedimiento clínico-optométrico, que engloba un conjunto de técnicas que ayudan al manejo de problemas visuales o de procesamiento visual, en los casos en los que ningún otro tratamiento es suficiente, para tratar las habilidades visuales afectadas.^{1,3}

La rehabilitación visual pretende optimizar y aprovechar el resto visual, para mejorar la calidad visual, reduciendo las limitaciones y haciendo a los pacientes con baja visión participes de la vida social, disminuyendo el riesgo de accidentes domésticos y en exteriores y facilitando la realización de actividades de la vida diaria.⁴

La realidad virtual, es una tecnología que permite la creación de entornos y escenas, de manera informática, sumergiendo por completo al usuario en un espacio tridimensional, provocando la sensación de estar inmerso en él.^{5,6} Permite además una interacción directa con el entorno, superponiendo imágenes y/o objetos, en una escena del mundo real.⁷

Para poder interactuar con la realidad virtual, es necesario el uso de un dispositivo conocido como gafa o casco de realidad virtual.^{6,7}

Esta tecnología, presenta múltiples aplicaciones, entre las que se encuentra la rehabilitación visual, la cual permite mejorar el estado psicosocial y sensorial del sujeto, gracias a novedosas técnicas que lo involucran.⁵⁻⁷ Aunque puede producir efectos secundarios, como el llamado “mareo cibernético”, limitando la aplicabilidad de la técnica.⁵

RELEVANCIA DEL TRABAJO

El creciente aumento y progreso de la tecnología en nuestra sociedad, proporciona nuevas herramientas, que pueden ser incorporadas en procesos de rehabilitación visual, haciendo que los métodos utilizados se actualicen e incorporen nuevas aplicaciones, de las que puedan beneficiarse los pacientes con baja visión.

Las nuevas tecnologías son muy versátiles, ya que permiten utilizar el mismo dispositivo, en ámbitos distintos y con fines diferentes, pudiendo modificar sus características, sin necesidad de más instrumental.

Además, el desarrollo de la realidad virtual supone uno de los mayores avances tecnológicos en los últimos años, permitiendo poner en marcha toda nuestra imaginación, para poder utilizarla en base a la rehabilitación, elaborando actividades más dinámicas, amenas y con posibilidad de ser más efectivas, que hagan de este proceso, una actividad entretenida y favorezca la participación del paciente.

OBJETIVOS

- Definir la tecnología de realidad virtual y su utilidad en la rehabilitación visual.
- Enumerar los dispositivos de realidad virtual que se encuentran disponibles en el mercado.
 - Dispositivos globales
 - Dispositivos usados en rehabilitación visual
- Determinar la aplicación de la realidad virtual en la rehabilitación visual.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este trabajo consiste en una revisión bibliográfica, basada en la evidencia que existe sobre la realidad virtual aplicada a la rehabilitación visual.

Esta técnica es muy novedosa en el ámbito de la realidad virtual, ya que los mayores avances, se han desarrollado en el último lustro. Así se ve reflejado en la base de datos “PubMed”, la cual nos muestra como más de la mitad de los artículos relacionados, fueron publicados entre el 2019 y 2023.

La mayoría de las búsquedas se ha realizado en PubMed, pero también fueron utilizadas las bases de datos Google Scholar y Scopus. Para facilitar la investigación, se emplearon palabras clave como “virtual reality” o “visual rehabilitation” y al combinar ambas búsquedas, utilizando los operadores booleanos (and) “virtual reality and visual rehabilitation”, se obtienen resultados más concretos.

Criterios de inclusión

Los criterios de inclusión para la selección de los artículos empleados son los siguientes:

- Fecha de publicación del artículo.
- El uso de la realidad virtual como método estimulación y rehabilitación visual.

Criterios de exclusión

Todos aquellos artículos que no utilizaban la realidad virtual como método de rehabilitación visual, ya que muchos de ellos durante la investigación, muestran como esta tecnología es utilizada para otro tipo de rehabilitaciones, que no son aplicables al estudio.

Herramientas utilizadas

Para la elaboración del trabajo, se ha utilizado la herramienta Word de Microsoft, como plataforma de redacción y recogida de datos, en el caso de las referencias, se utilizó MyBib.

RESULTADOS

REALIDAD VIRTUAL

La realidad virtual engloba a todas aquellas tecnologías que utilizan un sistema informático para proporcionar, en tiempo real, una imagen que opaca completa o parcialmente la realidad, creando un ambiente digital. Se trata de una realidad perceptiva, ya que no utiliza ningún soporte físico para crear la experiencia visual, sino que se basa en la proyección de imágenes, permitiendo al usuario, entrar en un mundo virtual sin moverse del lugar en el que se encuentre.^{8,9}

La realidad virtual permite la recreación de un mundo digital, que sólo existe en los dispositivos electrónicos, los cuales variarán en función de la modalidad utilizada, ya que van desde la pantalla de un teléfono inteligente, hasta los dispositivos más sofisticados y conocidos, como son las gafas con auriculares, aparatos mucho más grandes y costosos, que aíslan completamente el usuario del mundo real.⁸⁻¹⁰

La realidad virtual genera un entorno dinámico interactivo y tridimensional, que permite la estimulación de sensaciones visuales, mediante un alto contenido de tipo gráfico, aunque también mezcla sensaciones acústicas. La simulación generada mediante ordenador, se percibe como altamente interactiva y completamente artificial.¹¹

A continuación, se detallan los distintos tipos de realidad virtual:

REALIDAD VIRTUAL NO INMERSIVA

Esta modalidad no necesita del empleo de grandes dispositivos, sino que, con la utilización de un ordenador o un teléfono inteligente, será suficiente para materializar la experiencia, dado que se trata de una especie de navegación. La interacción del usuario con el entorno, se hará mediante dispositivos de entrada estándares, como un ratón, el teclado, o un controlador.

Su principal ventaja es la accesibilidad que presenta, dado que no requiere de una gran inversión, además de no producir mareo o desconexión temporal, situaciones que algunas personas pueden experimentar en la modalidad inmersiva.^{10,11}

REALIDAD VIRTUAL MIXTA

El modelo de realidad virtual mixto, combina sensaciones virtuales con imágenes reales. Se trata de una superposición de hologramas en el campo visual, gracias a dispositivos de visión especializados.¹¹

REALIDAD VIRTUAL EN VIDEOJUEGOS

Permite extender los gráficos del videojuego más allá de los límites de la pantalla de televisión, para generar una experiencia más realista, los elementos que la gafa de realidad virtual puede captar, están fuera del contexto del televisor, permitiendo proyectar imágenes en toda la habitación.¹²

Para que esto sea posible, es necesario que el equipamiento incorpore un sensor para escanear la habitación.¹²

Entre sus limitaciones, está la calidad de imagen, ya que este tipo de gafas no proporciona una nitidez tan clara como en la inmersiva, además algunos de estos dispositivos están diseñados para usarlos sentados y no cuentan con detractores de movimiento.¹²

REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA TOTAL

Es el tipo más conocido de realidad virtual, en ella el sujeto se sumerge en un mundo tridimensional completamente virtual, gracias a un equipo formado por gafas con auriculares, o un casco y unos controladores de movimiento (trajes y/o guantes), siendo capaz de manipular objetos y conseguir desplazarlos, en un entorno creado completamente de una manera artificial.^{10,11}

EQUIPOS DE REALIDAD VIRTUAL

En el mercado existen múltiples opciones de dispositivos, cada uno de los cuales, se puede considerar en cada tipo de realidad virtual, dado que sus características, así lo permiten.

EQUIPOS DE REALIDAD VIRTUAL NO INMERSIVA

Los dispositivos de realidad virtual no inmersiva, son los más sencillos, ya que sólo basta con un dispositivo para integrar el ordenador o smartphone, cómo las Google Cardboard Standard, las Samsung Gear VR, Gafas Samsung Oculus VR o las FireFly VR.¹³

Consideraciones:

- Sistema operativo y características del terminal compatibles.
- Tamaño de la pantalla compatible con las demandas de la gafa.¹³

EQUIPOS DE REALIDAD VIRTUAL MIXTA

Los dispositivos de realidad mixta recrean mundos virtuales, utilizando de base la realidad, permitiéndola ampliar.

Los dispositivos más utilizados son: Microsoft Hololens, Google Glass, Gafas de VR HP.¹⁴

EQUIPOS DE REALIDAD VIRTUAL EN VIDEOJUEGOS

La siguiente propuesta de gafas, permiten ser utilizadas en videojuegos, eliminando limitaciones en cuanto a jugabilidad y visionado, sofisticando la experiencia. En este grupo se presentan las gafas de RV para ordenador y consola, como son las Play Station VR, Oculus Rift, Oculus Quest, HTC Vive.¹⁴

EQUIPOS DE REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA TOTAL

Los dispositivos que permiten una experiencia inmersiva total, pueden ser gafas o cascos, los cuales son completamente autónomos. Proyectan un mundo 100% digital, pudiendo utilizar en algún momento la realidad virtual mixta, sirviéndose de apoyo con el entorno del paciente.^{15,16}

Algunos dispositivos son: Meta Quest 2, Meta Quest 3, Meta Quest Pro, PICO 4.^{15,16}

En rehabilitación visual, también se utilizan dispositivos de rehabilitación visual, entre todos los existentes, se seleccionan aquellos que se creen más convenientes para los objetivos que se quieran alcanzar, dentro de las posibilidades de cada paciente.

Los dispositivos encontrados en la literatura existente, utilizados para rehabilitación visual, son: gafas de realidad virtual para rehabilitación optocinética – VIZO,¹⁷ Microsoft Hololens Generación 1,¹⁸ eSight Gafas RA eSight 3,¹⁹ Samsung Gear VR,²⁰ Sayed et al AR DSpecs,²¹

ANÁLISIS DE LA EVIDENCIA CIENTÍFICA

Los artículos mencionados a continuación, han sido seleccionados por cumplir los criterios de inclusión y exclusión. La tabla 1, muestra los estudios revisados, desglosando las características específicas de cada uno.

En la búsqueda se han encontrado más artículos relacionados con la realidad virtual enfocada a la rehabilitación visual, sin embargo, los 15 estudios aquí mencionados, son los que se han considerado más relevantes para el análisis.

TABLA 1: Breve descripción de los estudios analizados: metodología, tamaño de la muestra, tipo de intervención (dispositivos utilizados), variables analizadas y resultados.

	AUTOR	TIPO DE ESTUDIO	TAMAÑO DE LA MUESTRA (N)	TIPO DE INTERVENCIÓN (DISPOSITIVOS UTILIZADOS)	VARIABLES ANALIZADAS	RESULTADOS
1	Daiana R. Pur, Nathan Lee-Wing, Mark D. Bona, 2023	Revisión sistemática	382	Uso de realidad aumentada y realidad virtual en pantallas LCD (HMD-un Head Mounted Display)	Agudeza visual, campo visual	Mejora de la agudeza visual de 0,9 a 0,2 LogMar y mejora del CV de 3 a 9 veces
2	Joon-Ho Shin, Mingyu Kim, Ji-Yeong Lee, Mi-Young Kim, Yu-Jin Jeon, Kwanguk Kim, 2023	Ensayo controlado aleatorio, simple ciego y con diseño cruzado	11	Terapia de exploración visual de realidad virtual utilizando Oculus Rift DK1	Función perceptual y función exploratoria en negligencia hemiespacial	Mejora de la negligencia hemiespacial en función perceptual visual espacial y en función exploratoria en el espacio
3	Arathy Kartha, Roksana Sadeghi, Chris Bradley, ChauTran, WillGee, Gislin Dagnelie, 2023	Diseño prospectivo	37	FOVE Inc.	Localización espacial y detección de movimiento	Mayor sensibilidad a cambios de contraste y luminancia. Mejora en la detección del movimiento y localización y detección espacial
4	Anastasios Nikolas Angelopoulos, Hossein Ameri, Debbie Mitra, Mark Humayun, 2019	Ensayo aleatorizado con enmascaramiento	10	Microsoft Hololens	Número de colisiones y tiempo empleado sorteando obstáculos en pacientes con retinitis pigmentaria	Reducción de la tasa de colisiones en movilidad y agarre, reducción del tiempo para completar carreras de obstáculos
5	Ashley Deemer, Bonnielin K	Estudio observacional	30	Telescopio bióptico virtual y	Función visual	Mejoras en la información visual,

	Swenor, Kyoko Fujiwara, James T Deremeik, Nicole C Ross, Danielle Natale, Chris Bradley, Frank S Werblin, Robert Massof, 2019	prospectivo de resultados clínicos		una pantalla de proyección virtual, montados en la cabeza (HMD), con una cámara de alta resolución y rastreadores de cabeza		lectora y en tareas fuera y dentro del hogar. No fue efectivo para la mejora de la movilidad y la función visuomotora.
6	Hein Min Htike, Tom Margrain, Yu Kun Lai, Parisa Eslambolchilar, 2020	Revisión sistemática	28	Head-mounted displays (HMDs)	Movilidad influenciada por campo visual, sensibilidad al contraste y agudeza visual	Mejora de la visión, mayor rendimiento de escaneo visual, reconocimiento de objetos y evitación de obstáculos
7	Ellen Lambert Bowman, Lei Liu, 2017	Estudio de investigación	12	Simulador de realidad virtual (ordenador de juego, tres proyectores X VGA Panasonic PT-LB90NTU, tres pantallas 241 x 183 cm, sistema de sonido envolvente Logitech Z90)	Entrenamiento en orientación y movilidad	Las habilidades de orientación y movilidad aprendidas en entornos virtuales, mejoran la seguridad en la vida real

8	Monica Daibert-Nido, Yulia Pyatova, Kyle Cheung, Camilo Nayomi, Samuel Markowitz, Eric Bouffet, Michael Reber, 2021	Estudio pragmático de dos casos	2	HMD Oculus Go	Sensibilidad al contraste, campos visuales (binocular y monocular), velocidad lectora	Aumento de la sensibilidad al contraste en ambos ojos, aumento del campo visual (más en binocular), mejora de la velocidad lectora
9	Marie-Céline Lorenzini, Walter Wittich, 2021	Estudio controlado aleatorio	60	eSight Eyewear	Reclutamiento, retención, accesibilidad y aceptabilidad de la telerehabilitación para aumentar la eficacia y número de sesiones de seguimiento, reduciendo el tiempo de viaje y los gastos	Se demostró la viabilidad de la telerehabilitación
10	Walter Wittich, Marie-Céline Lorenzini, Samuel Markowitz, Miguel Tolentino, Scott Gartner, Judith E	Ensayo prospectivo multicéntrico	51	eSight Eyewear	Capacidad visual, visión funcional subjetiva y objetiva	Mejoras en la capacidad visual reconocimiento facial, lectura

	Goldstein, Gislin Dagnelie, 2018					
11	Michael D Crossland, Sandra Starke, Piotr Imielski, James Wolffsohn, Andres Webster, 2019	Diseño de métodos mixtos	60	SightPlus	Agudeza visual, (ETDRS), sensibilidad al contraste (Pelli-Robson), rendimiento de lectura (MNREAD)	Mejora de la agudeza visual de 0,63 a 0,20 logMar, mejora de la SC de 0,22 unidades logarítmicas a 1,21. Mejora del rendimiento lector: AV y tamaño crítico (la velocidad lectora disminuyó)
12	Wendy Powell, Vaughan Powell, Marc Cook. 2020	Estudio de caso con entrevista semiestructurada y observación directa	1	Dispositivos cefálicos comerciales de realidad virtual (HTC Vive, Samsung Gear VR) y dispositivos de realidad aumentada	Reconocimiento de objetos, colores y reconocimiento facial en paciente de DMAE	Mejoras en el reconocimiento de objetos, caras y colores, aumentando el brillo de la pantalla. Estudio detallado de elementos estáticos y en movimiento
13	Ahmed Sayed, Mostafa Abdel-Mottaleb, Kashem erupcionado, Vatookarn Roongpoovapatr, Amr Elsayy, Mohamed Abdel-	Serie de casos prospectivo	23	Gafas digitales de realidad virtual (DSpecs)	Campo visual periférico en pacientes con glaucoma	Conciencia de los objetos periféricos

	Mottaleb, Richard K Parrish 2do, Mohamed Abou Shousha, 2019					
14	Y Zhao, CL Bennett, H Benko, E Cutrell, C Holz, MR Morris, M Sinclair, 2018	Estudio de casos, con estudio formativo y estudio evaluación	9	Canetroller	Navegación en interiores y exteriores	Entrenamiento de la orientación y movilidad, mantenimiento y preparación del entorno
15	Kazuhiro Yasuda, Daisuke Muroi, Mizuki Hirano, Kenta Saichi, Hiroyasu Iwata, 2018	Informe de caso	1	Head-mounted display (HMD) (Oculus Rift Development Kit 2)	Mejoras y cambios a largo plazo de la negligencia hemiespacial unilateral en el espacio de lejos y de cerca	Mejor rendimiento neuropsicológico y menor que tasa de abandono, pero no se vio reflejado en las actividades de la vida diaria
16	N Nesaratnam, P. Tomás, A Vivian, 2017	Estudio de viabilidad	3	Casco de realidad virtual Oculus Rift (versión comercial 2016)	Comparar el desempeño de una prueba de realidad virtual con la pantalla Lees tradicional	Elimina la influencia de la posición de la cabeza, (la inclinación de la cabeza, sí podría afectar), ayuda a registrar la posición de la cabeza durante las mediciones (pudiendo indicarle al paciente, que regrese a la posición neutral)

DISCUSIÓN

Cada vez más, la realidad virtual está presente en numerosas terapias, su versatilidad junto con los nuevos avances que rápidamente están disponibles en el mercado hace que su uso para la recuperación visual, sea de gran ayuda para los especialistas.

En la revisión bibliográfica realizada, se han encontrado ensayos, revisiones y estudios que aportan datos suficientes, como para poder afirmar que esta tecnología presenta ventajas e inconvenientes en su aplicación a la rehabilitación de pacientes con discapacidad visual.

En esta revisión, se trata de concretar qué aspectos de la visión residual de los pacientes con baja visión, se pueden mejorar y mediante qué técnicas de rehabilitación visual, se consigue.

En los estudios realizados por Daiana R., y por Michael D Crossland, obtienen una mejora de la agudeza visual y de la sensibilidad al contraste, utilizando un dispositivo cefálico. En este segundo estudio, además es importante destacar las mejoras en la velocidad lectora y el tamaño crítico, que se encontraron tras el entrenamiento.^{24,34}

Daiana R. , tiene en cuenta el país de origen, la enfermedad ocular, la edad, el sexo, siendo muy similar al estudio firmado por Michael D Crossland, en donde se tiene en cuenta la edad media de los pacientes, el sexo, la agudeza visual, el campo visual y las patologías causantes de baja visión.^{24,34}

En ambas investigaciones, se estudian las secuelas visuales que acarrear patologías como, la retinitis pigmentaria, el glaucoma y la degeneración macular asociada a la edad (DMAE), aunque el segundo, evalúa además enfermedades como el síndrome de Usher, neuritis óptica, albinismo, retinopatía diabética, catarata congénita, aniridia, acromatopsia, retinopatías serosa central, amaurosis congénita de Leber y otras enfermedades maculares hereditarias.^{24,34}

A pesar de tratar pacientes con muchas patologías, este estudio no pudo concretar las mejoras específicas de cada una de ellas, debido a las limitaciones con las que se encontraron, ya que los criterios de inclusión fueron demasiado amplios y no se utilizó un método de muestreo estandarizado, además el tamaño

de la muestra, no era lo suficientemente grande, como para determinar los beneficios específicos de cada patología.^{24,34}

En ambos estudios, los sujetos referían la voluntad de utilizar estos dispositivos cefálicos tanto en público, como en reuniones privadas, en el trabajo o la escuela. Un pequeño porcentaje de pacientes experimentaron reacciones adversas como cibermareo, dolor de cabeza, náuseas, fatiga visual, deslumbramiento, sequedad ocular o mareos.^{24,34}

Sólo en el estudio realizado por Michael D y compañeros se reportó un 10% de los pacientes, que no pudieron completar la terapia debido a los efectos adversos.³⁴

Otro inconveniente, recogido en un estudio distinto, hacía del dispositivo cefálico, un aparato “socialmente inaceptable”, la causa era su diseño voluminoso y pesado. En el estudio se mencionan algunos ejemplos, como Oculus Rift o Samsung Gear, proponiendo a su vez, una alternativa menos voluminosa, pero con un precio relativamente alto, las Google Glasses.²⁴

En otro estudio, se registró un aumento de la sensibilidad al contraste y luminancia, relacionado con la mejor detección del movimiento, esto se consiguió gracias a pruebas de realidad virtual en las que se presentaban objetos, distribuidos en tres ensayos por nivel de dificultad. Se alteró la luz de la habitación y el contraste de objeto y fondo, de modo que se comprobó que las tareas de detección de movimiento, resultaban más fácilmente entrenables, que las de localización y detección espacial.²⁶

Este dispositivo (FOVE Inc.) no pretendía mejorar la agudeza visual del paciente, por lo que se comprueba que la AV, no debe considerarse siempre un gold standard para los ensayos clínicos, debido a que pacientes con la misma agudeza visual, obtienen medidas diferentes, demostrando que la AV no es siempre, un buen predictor de la capacidad visual, en lo que a tareas diarias se refiere.²⁶

En este caso, no se encontró cibermareo, sin embargo, sí se reflejó el inconveniente del peso (0'8 kg), pudiendo llegar a imposibilitar la realización de sesiones de rehabilitación prolongadas. Este inconveniente se resolvió dando los

descansos adecuados. Dejando así reflejado, que la fatiga visual sumada al peso, son dos razones principales, para que los sujetos realicen descansos durante la sesión.²⁶

El estudio realizado por Ahmed Sayed y compañeros, trata los defectos campimétricos que deja el glaucoma. Este estudio es muy relevante, a pesar de trabajar con una muestra pequeña de pacientes (n=23), ya que más de 60 millones de personas, sufren pérdidas visuales irreversibles, secundarias a esta enfermedad, según HA Quigley, AT Broman, en su revisión publicada en 2006.^{22,36}

Se utilizaron dos métodos de reemplazo de imagen, ambos con el dispositivo cefálico de realidad virtual DSspecs. En el primero de ellos, se reasignaban las imágenes, combinando el tamaño y realizando las operaciones geométricas necesarias, para que encajasen en el área del campo visual periférico que estuviese intacto.³⁶

El segundo método, utilizaba un algoritmo para reasignar las imágenes. Este algoritmo se basaba en desplazar la imagen y cambiar su tamaño, haciendo a los sujetos más capaces de identificar un mayor número de detalles, después de la reasignación.³⁶

DSspecs es capaz de personalizar el aumento que cada sujeto necesita, mostrando imágenes reales, reubicadas en el campo visual restante del paciente. Una de las ventajas que presenta, es la no superposición de imágenes, evitando así la confusión óptica.³⁶

En las mediciones que se realizaron durante el estudio se obtuvo un error del 7'65% en comparación con las estrategias comúnmente utilizadas, porcentaje muy bajo y que evidencia la eficacia de este dispositivo, para mejorar la conciencia periférica del campo.³⁶

DSspecs, al igual que FOVE Inc., no produce desorientación ni mareos, sin embargo, presenta una serie de limitaciones, como es el uso de imágenes estáticas durante la terapia, a pesar de que la gran mayoría de actividades de la vida cotidiana, se basan en el reconocimiento de objetos dinámicos, además también se reporta que la minificación y desplazamiento de la imagen, podrían

afectar a los movimientos de las manos y el cuerpo, durante la realización de tareas.

Además, en el estudio se encontró, que no todos los pacientes son capaces de percibir las mejoras, como por ejemplo, aquellos con defectos periféricos menores de campo, lo que remarca la necesidad de crear estrategias de terapia específicas, para cada condición visual.³⁶

Existen múltiples dispositivos de realidad virtual, la investigación en este campo ha permitido ampliar horizontes y modificar técnicas e instrumentos ya existentes. En el 2018, se trabajó en un dispositivo de realidad virtual que incluía un bastón de movilidad, el cual podía ser conectado a un casco de realidad virtual. Estaba equipado con la tecnología necesaria para recrear entornos virtuales, en los que los pacientes pudieran entrenar y posteriormente, transferir las habilidades adquiridas a la vida real.³⁷

Contenía comandos de voz y era capaz de redirigirse automáticamente, lo que hacía posible el entrenamiento tanto en personas ciegas, como en el resto de discapacitados visuales, ya que permitía su conexión con el dispositivo cefálico de realidad virtual (HTC Vive), que recreaba tanto escenas de interiores como de exteriores.³⁷

Se obtuvieron mejores resultados en escenas interiores que en exteriores, ya que en los escenarios de interior, todos los participantes, cumplieron los objetivos, pero en los escenarios al aire libre 3 de los 9 participantes, no completaron con éxito la tarea, las razones no fueron concluyentes.³⁷

Los investigadores concluyeron que este dispositivo tan completo, tiene un potencial muy alto en áreas de entrenamiento de la movilidad, capacitación en operaciones y mantenimiento y preparación del entorno.

Kazuhiro Yasuda y compañeros realizaron un informe sobre los resultados obtenidos con un paciente, que presentaba negligencia espacial izquierda.³⁸

A este paciente se le presentó un programa de realidad virtual inmersivo, con el dispositivo Oculus Rift Development Kit 2. Este paciente estuvo en terapia durante 6 semanas, mostrando al final de estas, una mejora en el rendimiento de las pruebas neuropsicológicas, sin embargo, no reportó mejoras ni beneficios

en situaciones de la vida real. Al igual que en otros estudios anteriormente mencionados, no hubo efectos secundarios relacionados con los estímulos visuales 3D (mareos, vértigo).³⁸

Este estudio no tiene la relevancia científica que pueden llegar a tener otros, ya que la muestra analizada es muy pequeña.

El estudio llevado a cabo por N Nesaratnam, P. Tomás y A Vivian, elimina la necesidad de mantener la posición de la cabeza y permite al paciente cabecear, haciendo la terapia más confortable, permitiendo cierta movilidad.³⁹

La posición del estímulo está acoplada directamente sobre la cabeza del paciente (Oculus Rift), haciendo que la dirección de la mirada no cambie con el movimiento de la cabeza. Además, este dispositivo, incorpora seguimiento de la orientación y seguimiento de la posición, lo que podría usarse para indicarle que regrese a una posición normal, si cambia de postura.³⁹

Algunas pruebas disociativas tradicionales, son la prueba rojo verde, la prueba de Hess o la prueba de Lees, en este artículo se demuestra cómo los cascos de realidad virtual, permiten una disociación completa y un control total del estímulo, dado que este, es presentado frente a los ojos del paciente.³⁹

Se comprueba cómo el uso de un dispositivo cefálico, es factible para cuantificar la desalineación ocular y como es una prueba disociativa viable del estrabismo.³⁹

En este estudio también se demuestra cómo los estímulos visuales combinados con los auditivos, mejoran los resultados, algo que ha sido observado en varios de los artículos analizados.³⁹

Varios estudios mencionan la negligencia hemiespacial, provocada tras un accidente cerebrovascular, pero uno de ellos, centra toda su investigación en estos pacientes.³⁸

El dispositivo utilizado (Oculus Rift), vincula la atención espacial, hacia el espacio del campo descuidado, utilizando una guía de señales auditivas y visuales, demostrando una vez más, qué la interacción de ambas, en la terapia de rehabilitación visual, es beneficiosa.³⁸

Oculus Rift es uno de los dispositivos cefálicos de realidad virtual que más se repite en nuestra búsqueda, por lo que al igual que en otros estudios, Joon-Ho Shin y compañeros, encuentran en este aparato, una función de seguimiento de la cabeza, que cambia de acuerdo con la rotación de la misma.²⁵

El uso de Oculus Rift fue similar al de FOVE Inc., ya que ambos grupos de investigadores basaron su terapia, en la presentación de objetos distribuidos de manera aleatoria en el espacio. Gracias a esto, lograron mejorar la función perceptivo-atencional, motor-intencional y exploratoria, logrando transversalizar estas mejoras al mundo real. Los pacientes lograron adquirir estas habilidades, gracias a un conocimiento espacial del entorno virtual, que imitaba al entorno físico.^{25,26}

Una de las grandes ventajas de estos dispositivos, es mencionada al final del estudio, dónde se refleja la buena adaptación de esta tecnología, a la rehabilitación en el hogar o la telerehabilitación, haciendo que el paciente incorpore con naturalidad, el uso de este dispositivo, en sus tareas diarias.²⁶

En uno de los artículos analizados, se eligió Microsoft Hololens, frente a Meta 2 y Epson Moverio, para tratar las secuelas de la retinosis pigmentaria. Su elección fue debida a la libertad de movimiento que presentaba, ya que Meta 2 y Epson Moverio, debían estar conectados a un ordenador o un teléfono inteligente. Es precisamente esta característica, la que permite a los pacientes mejorar su movilidad, en todos los escenarios y particularmente en los mesópicos, evitando choques con obstáculos y aumentando la discriminación de la profundidad.²⁷

Otra mejora reportada por Anastasios Nikolas Angelopoulos y compañeros, es la mejora en la captación de objetos en menos tiempo, consiguiendo aumentar su confianza en el uso de utensilios de la vida cotidiana, como electrodomésticos y viéndose más capaces de otras tareas básicas.²⁷

Secundariamente, además ayuda a los pacientes con deficiencias del color, aumentando la discriminación entre los diferentes pigmentos.²⁷

En el estudio llevado a cabo por Ashley Deemer y compañeros, se usó un telescopio bióptico, con una pantalla de proyección de realidad virtual, que debía

estar conectado a un teléfono inteligente, para intentar mejorar la función visual de los pacientes con baja visión.²⁸

Los investigadores observaron mejoras en los dominios de información visual, lectura y tareas tanto fuera como dentro del hogar, sin embargo, no fue efectivo para mejorar la movilidad y la función visuomotora, lo que produjo la sospecha de que podía deberse, a la poca práctica y adaptación de los usuarios al dispositivo de realidad virtual.²⁸

Es en este estudio, de todos los analizados, donde más efectos negativos se encontraron, ya que los participantes reportaban dificultades a la hora de escribir, cocinar, comer, orientarse, identificar dónde están las manos o problemas con la luminancia. Aunque ninguno de ellos reportaba mareos, los investigadores sí recogieron la posibilidad de que pudiese darse esta situación, durante el uso del dispositivo.²⁸

Los investigadores lo asociaron igualmente a la falta de práctica y mala adaptación al dispositivo, a pesar de que en rasgos generales, lo encontraron útil para los pacientes de baja visión.²⁸

Ellen Lambert Bowman y Lei Liu, realizan un amplio estudio sobre un tema que es abordado en muchos de los otros artículos analizados en este estudio, la orientación y movilidad de las personas con discapacidad visual en las calles y entornos exteriores.³⁰

Estos investigadores encuentran que las operaciones aprendidas en las calles virtuales, pueden ser utilizadas para mejorar la seguridad de estos pacientes en las calles reales. Sin embargo, este estudio presenta una serie de limitaciones, como es la falta de un grupo de control, el cual no debe ser tratado con este dispositivo, o la participación exclusiva de pacientes adultos, excluyendo al resto de la población, a pesar de que en niños y adultos jóvenes la discapacidad visual, también es un grave problema.³⁰

La última limitación mencionada en la investigación, es el uso de pacientes con discapacidad visual, de severa a profunda, para comprobar la efectividad de este simulador, pero se dieron cuenta que las personas con mejor visión, podrían

requerir mayor calidad de visión, a través del simulador, por lo que se necesitaría un grupo más heterogéneo de pacientes en los que probar el dispositivo.³⁰

El estudio llevado a cabo por Monica Daibert-Nido y compañeros, reafirma lo ya mencionado por otros autores, al trabajar con un dispositivo cefálico de realidad virtual, en pacientes con hemianopsias.³¹

En su estudio participan dos pacientes, con situaciones visuales muy similares, pero con resultados distintos, ya que el paciente 1 reporta mejoras en su visión periférica izquierda, además de conseguir unos resultados objetivos, relacionados con el aumento de la velocidad lectora, así como de su calidad de vida. La percepción visual periférica, mejoró tanto en el campo visual monocular, como en el binocular sin embargo, no se observaron variaciones en la agudeza visual.³¹

El segundo paciente, por su parte, mostró mejoras de la sensibilidad al contraste y una cierta reorganización del campo visual binocular, con un ligero aumento del mismo, sin embargo, la fijación era inestable. Se dedujo que dicha discrepancia, se debía a la fijación inestable que presentaba, dado que padecía exotropía izquierda. A pesar de ello, se reportó un aumento en la calidad de vida y de la velocidad lectora, mostrando mejoras con respecto a su situación previa a la terapia de realidad virtual.³¹

En la literatura científica, existe un menor número de estudios, en los que se trabaje la terapia visual domiciliar de pacientes de baja visión, mediante dispositivos de realidad virtual. Este artículo recoge este tipo de tratamiento, mostrando como el paciente, trabaja con estímulos visuales y auditivos, además de con un sistema de seguimiento ocular, el cual recoge información del comportamiento visual, elaborando un programa de estimulación audiovisual, más específico.³³

Walter Wittich y compañeros realizan un ensayo con el dispositivo de realidad virtual, eSight Eyewear, en el cual instruyen a los pacientes de manera telemática con asesoramiento telefónico y un manual de práctica, lo que se asemeja en gran medida, al estudio realizado por Monica Daibert-Nido y compañeros. Sin embargo, en este estudio, sí se refleja la necesidad de un programa de

rehabilitación específico (realidad virtual), administrado por un terapeuta cualificado.^{33,31}

En este estudio participan 51 pacientes, en los cuales se observa una mejora significativa de lectura de textos en visión lejana, así como en visión cercana, además de un aumento del tamaño crítico.³³

Estos parámetros, después de mejorar, permanecieron sin cambios tras haber pasado 3 meses de haber realizado la terapia visual, algo que tienen muy en cuenta, para comprobar la perdurabilidad de los resultados.³³

El aumento en la velocidad lectora era tan pequeño, que no se consideraba estadísticamente significativo como para reflejarlo, sin embargo, la sensibilidad al contraste aumentó significativamente.³³

Este estudio además, incorpora una nueva característica, como es la percepción facial, la cual mejora tras el uso del dispositivo de realidad virtual, haciendo al sujeto capaz de identificar el sexo y la expresión facial del rostro presentado.³³

También se reportaron mejoras en la coordinación ojo-mano, en las situaciones en las que se requería, como por ejemplo vertir líquido sobre una taza.³³

La terapia diseñada con este dispositivo, no pretendía ayudar a la movilidad, sin embargo, secundariamente, se vio reflejada una mejora en la orientación y movilidad.³³

Pero este ensayo presenta una serie de limitaciones, como son el elevado costo del dispositivo y la sensación de mareo percibida durante su uso, factores que pueden ser debidos al abandono de la terapia, ya que inicialmente el número de participantes era de 68, pero 17 de estos sujetos abandonaron.³³

Tampoco se comparó el rendimiento de este dispositivo, con el rendimiento de otras herramientas similares, por lo que no fueron capaces de comparar la efectividad del mismo, frente al resto de dispositivos disponibles en el mercado.³³

En el 2020 Wendy Powell y compañeros realizaron un estudio sobre la efectividad de los dispositivos de realidad virtual y realidad aumentada en pacientes con degeneración macular asociada a la edad (DMAE), en el que

obtuvieron resultados más prometedores usando los dispositivos de realidad virtual, frente a los de realidad aumentada.³⁵

Usando HTC Vive y Samsung Gear, consiguieron percibir detalles como el color, el tipo de ropa, el cabello, incluso llegar a dar descripciones detalladas sobre todo lo que le rodea.³⁵

Esta mejora en la capacidad de identificar objetos cotidianos, es en gran medida debida, a los dispositivos de realidad virtual que permiten fijar más cerca de la fovea y obtener una mayor resolución visual, proporcionando mayor agudeza visual.

Pero es importante destacar que este tipo de dispositivos, son más eficientes cuando presentan un mayor brillo de pantalla, ya que configurarlo al máximo, facilita un mayor rendimiento visual.

El número de personas que padecen baja visión, es cada vez mayor, debido al aumento de la esperanza de vida, por ello se trabaja en ensayos en los que la forma de terapia, sea beneficiosa tanto para el rehabilitador, como para el paciente. Existen estudios, en los que se recoge la eficacia de la telerehabilitación como alternativa, para ofrecer servicios de rehabilitación especializada, permitiendo a las personas permanecer en casa e interactuar con el profesional de un modo cómodo.³²

Marie-Céline Lorenzini y Walter Wittich, evalúan la viabilidad de este tipo de terapia, en un grupo de 60 pacientes durante 12 meses, en los que se obtienen resultados muy prometedores acerca de su potencial, proporcionando atención personalizada, aumentando la eficacia y a la vez reduciendo el tiempo de viaje y los costes derivados de este.³²

Se observa que los objetivos conseguidos, son muy similares a los de cualquier otro tipo de intervención, ya que se consigue aumentar la capacidad para leer, escribir, así como conseguir una mejor coordinación ojo-mano y entrenar la fijación excéntrica.³¹⁻³³

Los participantes se sentían cómodos realizando este tipo de terapia y la percibían como eficiente y efectiva, además estaban totalmente de acuerdo en

qué podrían volver a utilizar la telerehabilitación, en caso de que sus necesidades visuales cambiaran.³²

Una de las razones por las que se cree que los participantes mantienen la motivación a lo largo de la terapia, es el coste inicial que implica obtener este dispositivo, ya que una vez comprado, el paciente pretende usarlo a lo largo del tiempo.³²

Sin embargo, de los 60 participantes, 9 abandonaron el estudio, lo que se relacionó, con una falta de apoyo por parte de sus familiares y amigos en la realización de este tipo de terapia, así como una falta de atención personalizada por la ausencia de terapeuta.³²

CONCLUSIONES

La realidad virtual es una tecnología, que crea entornos completamente virtuales, que sumergen al usuario en un escenario tridimensional, utilizando un dispositivo de realidad virtual.

Existen 3 tipos de realidad virtual: la primera de ellas es la realidad virtual no inmersiva, con dispositivos como Google Cardboard Standard, las Samsung Gear VR, Gafas Samsung Oculus VR o las FireFly VR. En segundo lugar, la realidad virtual mixta, con Microsoft Hololens, Google Glass, Gafas de VR HP, dentro de esta, se encuentra el subgrupo de la realidad virtual en videojuegos, algunos ejemplos son Play Station VR, Oculus Rift, Oculus Quest, HTC Vive. Y finalmente la realidad virtual inmersiva total, con dispositivos como Meta Quest 2, Meta Quest 3, Meta Quest Pro, PICO 4.

Los beneficios que estos dispositivos son capaces de proporcionar al paciente, cuentan con la expansión del campo visual, mejora de la sensibilidad al contraste, ayuda a la identificación de colores, ayuda en la detección del movimiento y orientación espacial, reducción en la tasa de colisiones con objetos, mejora de la coordinación ojo-mano, aumento de la velocidad de lectura y ayuda al reconocimiento facial, para conseguir esto, los dispositivos más usados por los investigadores fueron: Oculus Rift, HTC Vive, Samsung Gear, eSight, Oculus Go, Microsoft Hololens, SightPlus.

BIBLIOGRAFÍA

- 1 Informe mundial sobre la visión. World Health Organization; 2020.
- 2 Informe sobre la ceguera en España. Available from: https://www.esvision.es/wp-content/uploads/2019/11/Informe_Ceguera.pdf
Fecha de búsqueda (12/01/2024)
- 3 Terapia y Rehabilitación Visual. Elena Espinosa Clínica de Optometría y Terapia Visual. [cited 2024 Feb 11]. Available from: <https://elenaespinosa.eu/terapia-y-rehabilitacion-visual/> Fecha de búsqueda (12/01/2024)
- 4 Equipos y servicios de rehabilitación de baja visión. American Academy of Ophthalmology. 2021. Available from: <https://www.aao.org/salud-ocular/enfermedades/rehabilitacion-baja-vision>
Fecha de búsqueda (24/01/2024)
- 5 Bruno RR, Wolff G, Wernly B, Masyuk M, Piayda K, Leaver S, et al. Virtual and augmented reality in critical care medicine: the patient's, clinician's, and researcher's perspective. *Critical Care*. 2022 Oct 25;26(1).
- 6 Realidad Virtual: otro mundo al alcance de tus ojos. Iberdrola. Available from: <https://www.iberdrola.com/innovacion/realidad-virtual>
Fecha de búsqueda (12/01/2024)
- 7 Raphael Romano Bruno, Bruining N, Jung C, Kelm M, Wolff G, Bernhard Wernly. Virtual reality in intensive care. *Intensive Care Medicine*. 2022 Jul 11;48(9):1227–9.
- 8 Realidad virtual. Upc.edu. 2019. Available from: <https://www.fib.upc.edu/retro-informatica/avui/realitatvirtual.html> Fecha de búsqueda (24/02/2024)
- 9 ¿En qué se diferencian la realidad aumentada y la realidad virtual?. www.nationalgeographic.com.es. 2024. Available from: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/que-se-diferencian-realidad-aumentada-y-realidad-virtual_21204 Fecha de búsqueda (24/02/2024)
- 10 Realidad Virtual, cuando la fantasía se convierte en realidad. ACDeS Digital. 2018. Available from: <https://acdesdigital.org/realidad-virtual-fantasia-en-realidad/#:~:text=Caracter%C3%ADsticas%20de%20la%20realidad%20virtual>
Fecha de búsqueda (24/02/2024)
- 11 luciaclemares. ¿Qué tres tipos de realidad virtual existen?. Telefónica. 2023. Available from: <https://www.telefonica.com/es/sala-comunicacion/blog/que-tres-tipos-realidad-virtual-existen/> Fecha de búsqueda (27/02/2024)
- 12 Los videojuegos entran en la era de la realidad virtual. BBC News Mundo. 2012 [cited 2024 Mar 17]. Available from: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2012/09/120913_tecnologia_videojuegos_realidadvirtual_aa Fecha de búsqueda (27/02/2024)

- 13 Luis ER de. Qué necesito para poder disfrutar de la realidad virtual en casa: espacio, accesorios, iluminación, hardware. Xataka. 2020. Available from: <https://www.xataka.com/seleccion/que-necesito-para-poder-disfrutar-realidad-virtual-casa-espacio-accesorios-iluminacion-hardware>
Fecha de búsqueda (7/03/2024)
- 14 Naranjo F. Dispositivos para sumergirse en la Realidad Virtual. Observatorio.Digital. 2020 [cited 2024 Mar 17]. Available from: <https://observatorio.digital/blog/realidad-virtual/> Fecha de búsqueda (7/03/2024)
- 15 Equipos, juegos, accesorios y gafas de realidad virtual Meta Quest | Meta Quest. www.meta.com. Available from: <https://www.meta.com/es/quest/>
Fecha de búsqueda (7/03/2024)
- 16 Luis ER de. Mejores gafas de realidad virtual (2024): cuál comprar y nueve modelos recomendados para todos los presupuestos. Xataka. 2024 [cited 2024 Mar 17]. Available from: <https://www.xataka.com/seleccion/guia-compra-gafas-realidad-virtual-16-modelos-para-todas-expectativas-necesidades-presupuestos>
Fecha de búsqueda (7/03/2024)
- 17 Gafas de realidad virtual para rehabilitación optocinética by Vizo | MedicalExpo. www.medicaexpo.es. [cited 2024 Mar 17]. Available from: <https://www.medicaexpo.es/prod/vizo/product-299966-999768.html>
Fecha de búsqueda (2/04/2024)
- 18 joyjaz. Microsoft HoloLens. learn.microsoft.com. [cited 2024 Mar 17]. Available from: <https://learn.microsoft.com/es-es/hololens/>
Fecha de búsqueda (2/04/2024)
- 19 eSight - Electronic eyewear for the visually impaired. eSight Eyewear. Available from: <https://www.esighteyewear.com/>
Fecha de búsqueda (2/04/2024)
- 20 AI-Search. Samsung es. [cited 2024 Mar 17]. Available from: <https://www.samsung.com/es/aisearch/?searchvalue=Samsung%20Gear%20R>
Fecha de búsqueda (2/04/2024)
- 21 Biblioteca Pública de Ciencias (PLoS); 2020. Available from: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0240509.g001>
Fecha de búsqueda (2/04/2024)
- 22 Quigley HA. The number of people with glaucoma worldwide in 2010 and 2020. *British Journal of Ophthalmology*. 2006 Mar 1;90(3):262–7.
- 23 Parmeggiani F, Clinics, Epidemiology and Genetics of Retinitis Pigmentosa. *Current Genomics*, 2011, Vol. 12, No. 4. 236-237.
- 24 Pur DR, Lee-Wing N, Bona MD. The use of augmented reality and virtual reality for visual field expansion and visual acuity improvement in low vision rehabilitation: a systematic review. *Arbeitsphysiologie*. 2023;261(6):1743–55.

- 25 Shin J-H, Kim M, Lee J-Y, Kim M-Y, Jeon Y-J, Kim K. Feasibility of hemispatial neglect rehabilitation with virtual reality-based visual exploration therapy among patients with stroke: randomised controlled trial. *Front Neurosci.* 2023;17:1142663.
- 26 Kartha A, Sadeghi R, Bradley C, Tran C, Gee W, Dagnelie G. Measuring visual information gathering in individuals with ultra low vision using virtual reality. *Sci Rep.* 2023;13(1):3143.
- 27 Angelopoulos AN, Ameri H, Mitra D, Humayun M. Enhanced depth navigation through augmented reality depth mapping in patients with low vision. *Sci Rep.* 2019;9(1):11230.
- 28 Deemer AD, Swenor BK, Fujiwara K, Deremeik JT, Ross NC, Natale DM, et al. Preliminary evaluation of two digital image processing strategies for head-mounted magnification for low vision patients. *Transl Vis Sci Technol.* 2019;8(1):23.
- 29 Htike HM, Margrain TH, Lai YK, Eslambolchilar P. Ability of head-mounted display technology to improve mobility in people with low vision: A systematic review. *Transl Vis Sci Technol.* 2020;9(10):26.
- 30 Bowman EL, Liu L. Individuals with severely impaired vision can learn useful orientation and mobility skills in virtual streets and can use them to improve real street safety. *PLoS One.* 2017;12(4):e0176534
- 31 Daibert-Nido M, Pyatova Y, Cheung K, Nayomi C, Markowitz SN, Bouffet E, et al. Case report: Visual rehabilitation in hemianopia patients. Home-based visual rehabilitation in patients with hemianopia consecutive to brain tumor treatment: Feasibility and potential effectiveness. *Front Neurol.* 2021;12:680211.
- 32 Lorenzini M-C, Wittich W. Personalized telerehabilitation for a head-mounted low vision aid: A randomized feasibility study. *Optom Vis Sci.* 2021;98(6):570–81.
- 33 Wittich W, Lorenzini M-C, Markowitz SN, Tolentino M, Gartner SA, Goldstein JE, et al. The effect of a head-mounted low vision device on visual function. *Optom Vis Sci.* 2018;95(9):774–84
- 34 Crossland MD, Starke SD, Imielski P, Wolffsohn JS, Webster AR. Benefit of an electronic head-mounted low vision aid. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2019;39(6):422–31.
- 35 Powell W, Powell V, Cook M. The accessibility of commercial off-the-shelf virtual reality for low vision users: A macular degeneration case study. *Cyberpsychol Behav Soc Netw.* 2020;23(3):185–91
- 36 Sayed AM, Abdel-Mottaleb M, Kashem R, Roongpoovapatr V, Elsayy A, Abdel-Mottaleb M, et al. Expansion of peripheral visual field with novel virtual reality digital spectacles. *Am J Ophthalmol.* 2020;210:125–35.

37 Zhao Y, Bennett CL, Benko H, Cutrell E, Holz C, Morris MR, et al. Enabling people with visual impairments to navigate virtual reality with a haptic and auditory cane simulation. In: Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '18. New York, New York, USA: ACM Press; 2018.

38 Yasuda K, Muroi D, Hirano M, Saichi K, Iwata H. Differing effects of an immersive virtual reality programme on unilateral spatial neglect on activities of daily living. *BMJ Case Rep.* 2018;2018.4

39 Nesaratnam N, Thomas P, Vivian A. Stepping into the virtual unknown: feasibility study of a virtual reality-based test of ocular misalignment. *EYE.* 2017;31(10):1503–6.