

Aplicación de la realidad virtual y realidad aumentada en la rehabilitación

Fernando Mauricio León Martínez¹, Doris Patricia Bermeo Chuqui¹, Erick Gibran Riera Astudillo¹, Marcelo Sebastián Torres Astudillo¹

¹ Universidad Católica de Cuenca. Carrera de Medicina. Cuenca-Ecuador.

Correspondencia: León Martínez Fernando Mauricio

Correo electrónico:

fleon@ucacue.edu.ec

Dirección: Av. 24 de mayo 2-463 y Manuel Niveló

Código postal: EC 010107

Teléfono: (593) 995840794

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3969-2986>

Fecha de recepción: 22-05-2024

Fecha de aprobación: 03-08-2024

Fecha de publicación: 30-12-2024

Membrete Bibliográfico

León M. FM, Bermeo CH. DP, Riera Astudillo. EG, Torres Astudillo. MS. Aplicación de la realidad virtual y realidad aumentada en la rehabilitación. Rev. Ateneo. 26. (2) , pág. 110-126

Artículo Acceso Abierto

RESUMEN

Introducción: La “realidad virtual (RV)” y la “realidad aumentada (RA)” son tecnologías capaces de revolucionar la rehabilitación. Comprender el impacto de estas tecnologías en la rehabilitación es primordial en el contexto actual, donde la atención personalizada y la optimización de tratamientos son prioritarios, gracias al explorar el alcance, los beneficios y las posibles limitaciones de la RV y RA, que significa un avance en la medicina orientada al cuidado del público.

Objetivo: Analizar la aplicación efectiva de la realidad aumentada y la realidad virtual en el campo de la rehabilitación para pacientes con diversas condiciones médicas.

Metodología: Se basó en una revisión sistemática de literatura, dentro de bases de datos como "PubMed", "Scopus", "Dialnet", "Web Of Science", "SciELO", entre otras, comprendiendo artículos publicados en los últimos cinco años, inglés o español, con diferentes diseños, siendo 20 en total.

Resultados: La rehabilitación con RV y RA es capaz de mejorar la marcha y equilibrio de las personas con Parkinson, recuperación funcional por cambios en la plasticidad neuronal de los supervivientes de un accidente cerebrovascular, una mejor función motora gruesa de las extremidades superiores en pacientes con afecciones en estas partes, mejor rehabilitación en pacientes con EPOC, etc.

Conclusiones: La RV y RA introducen innovaciones que mejoran la calidad de vida de pacientes con diversas condiciones médicas, aumentando la motivación, participación de los pacientes, recuperación funcional y aprendizaje motor. Aunque enfrentan desafíos actualmente, su integración en programas de rehabilitación puede mejorar los resultados terapéuticos.

PALABRAS CLAVE: Realidad virtual, realidad aumentada, rehabilitación, tecnología.

ABSTRACT

Introduction: "Virtual reality (VR)" and "augmented reality (AR)" are technologies capable of revolutionizing rehabilitation. Understanding the impact of these technologies on rehabilitation is paramount in the current context, where personalized care and treatment optimization are a priority, thanks to exploring the scope, benefits and possible limitations of VR and AR, which means a breakthrough in care-oriented medicine for the public.

Objective: To analyze the effective application of augmented reality and virtual reality in the field of rehabilitation for patients with various medical conditions.

Methodology: It was based on a systematic literature review, within databases such as "PubMed", "Scopus", "Dialnet", "Web Of Science", "SciELO", among others, comprising articles published in the last five years, English or Spanish, with different designs, being 20 in total.

Results: VR and AR rehabilitation is able to improve gait and balance in people with Parkinson's disease, functional recovery due to changes in neuronal plasticity in stroke survivors, better gross motor function of upper extremities in patients with upper limb disorders, better rehabilitation in COPD patients, etc.

Conclusions: VR and AR introduce innovations that improve the quality of life of patients with various medical conditions, increasing motivation, patient engagement, functional recovery, and motor learning. Although they currently face challenges, their integration into rehabilitation programs may improve therapeutic outcomes.

KEY WORDS

Virtual reality, augmented reality, rehabilitation, technology.

INTRODUCCIÓN

En la búsqueda constante de innovaciones que mejoren los procesos de rehabilitación y superen los desafíos que estos conllevan, la “realidad aumentada (RA)” y la “realidad virtual (RV)” emergen como ciencias prometedoras con la amplia posibilidad de revolucionar este ámbito. Este estudio se centra en analizar la aplicación efectiva de la “RV” y la “RA” en la rehabilitación, explorando el potencial de estas tecnologías y como pueden ofrecer nuevas oportunidades para la recuperación funcional y optimizar resultados terapéuticos, de modo que optimicen las vidas involucradas.

En un contexto donde la atención personalizada y la optimización de los resultados son prioritarias, comprender el impacto y las posibilidades de la RV y la RA en la rehabilitación se vuelve crucial, dada la necesidad urgente de soluciones más innovadoras y efectivas. A través de esta investigación, se pretende profundizar en el alcance y los beneficios que estas tecnologías pueden aportar, así como identificar posibles desafíos y áreas de mejora. Con un enfoque en la efectividad y la aplicación práctica, este estudio aspira a proporcionar una visión integral que contribuya al avance y la adopción de la RV y la RA como herramientas terapéuticas en el ámbito de la rehabilitación, comprendiendo su capacidad para mejorar el

futuro de muchas personas, restaurar funciones y ofrecer nuevas esperanzas a aquellos que buscan recuperar las riendas de su vida.

Puesto que la rehabilitación cumple un papel fundamental en la recuperación y mejora de la vida de pacientes con diversos trastornos de salud, desde lesiones musculoesqueléticas hasta enfermedades neurológicas degenerativas, es preciso explorar las ramas más actuales y prometedoras estas. En este contexto, el uso de nuevas tecnologías como la conocida “realidad virtual (RV)” y “realidad aumentada (RA)” está ganando cada vez más atención como herramientas innovadoras para mejorar los programas de rehabilitación (1), por lo que examinar diferentes textos acerca de ello nos puede acercar cada vez más a una aplicación efectiva. Según estudios del 2021, la RV ha demostrado ser especialmente eficaz en la rehabilitación muscular, al aumentar significativamente la motivación de los pacientes y reducir el dolor durante y después de las terapias, incrementando la motivación de los pacientes para culminar el programa exitosamente, gracias al ambiente interactivo que ofrece (2). Asimismo, la RV inmersiva ha mostrado potencial en la mejora física y funcional de pacientes con enfermedades neurodegenerativas como el Parkinson, aunque se precisan más investigaciones en el tema de dicha enfermedad (3).

La literatura científica respalda la eficacia de la RA en la rehabilitación ortopédica y neurológica, proporcionando una experiencia interactiva y personalizada que puede acelerar el proceso de recuperación. Otros estudios resaltan que la RA ofrece beneficios significativos en la rehabilitación posquirúrgica y neurológica, lo que permite una mejor calidad de vida en los enfermos y disminuir la necesidad de visitas frecuentes a las clínicas de rehabilitación (1). Además, la RA se ha destacado como una herramienta prometedora para la rehabilitación de trastornos mentales graves, ofreciendo terapias asistidas por ordenador que mejoran las conductas cognitivas de los pacientes (4).

Sin embargo, a pesar de los avances en este campo, persisten limitaciones en cuanto a la calidad metodológica y la cantidad de estudios disponibles. Se necesita una mayor investigación para comprender completamente el potencial de la RV y la RA en la rehabilitación y para establecer protocolos de tratamiento efectivos y basados en evidencia, que puedan generar experiencias inmersivas y controladas, adecuadas a cada proceso, incluyendo los psicológicos (5).

Dentro de otros problemas, la rehabilitación después de un accidente cerebrovascular (ACV) es un desafío importante debido a las consecuencias funcionales que enfrentan los pacientes. Sin embargo, se ha observado que la neuroplasticidad permite cierto grado de recuperación en estos individuos, por lo que la aplicación del aprendizaje motor ha ganado prominencia y se ha demostrado que puede ser efectiva (6). Adicionalmente, el origen de la RV como un instrumento prometedor en la rehabilitación vestibular, ofreciendo nuevas formas de modificar la relación del individuo con su entorno, lo que la convierte en una herramienta atractiva para abordar trastornos de este tipo (7). Es por ello que resulta importante explorar estas tecnologías emergentes y sus aplicaciones en la rehabilitación con la finalidad de que los resultados mejores del tratamiento y la calidad de vida de los pacientes (2).

En base a esta información, si bien actualmente se han realizado avances significativos en la investigación sobre el uso de estas tecnologías en la rehabilitación de diversas condiciones de salud, aún existen áreas de incertidumbre y desconocimiento que deben abordarse. La situación problemática radica en la falta de comprensión completa de los mecanismos subyacentes que hacen que la RV y la RA sean efectivas en la rehabilitación, así como en la necesidad de identificar y superar las barreras que limitan su implementación y adopción en entornos clínicos y comunitarios.

La realidad problemática se manifiesta en la brecha entre el potencial teórico y la aplicación práctica de la RV y la RA en la rehabilitación. Aunque la literatura científica ha demostrado los posibles beneficios de estas tecnologías en la mejora de la función física y cognitiva en diversas poblaciones, aún falta una comprensión más profunda de cómo optimizar su uso para obtener resultados óptimos. Además, la falta de acceso a tecnologías avanzadas y la limitada capacitación del personal médico y terapeutas en su uso representan barreras significativas que obstaculizan su implementación a gran escala.

Por lo tanto, la problemática que guiará esta investigación se centra en identificar los mecanismos de acción de la RV y la RA en la rehabilitación, así como en abordar los desafíos y limitaciones que impiden su adopción generalizada en entornos

clínicos y comunitarios. Al comprender mejor estos aspectos, será posible desarrollar estrategias más efectivas para aprovechar el potencial completo de la RV y la RA en la mejora de los resultados de rehabilitación para una variedad de condiciones de salud, respondiendo a la interrogante de: ¿Cuáles son las aplicaciones de la realidad virtual y la realidad aumentada en la rehabilitación actual en pacientes con lesiones, enfermedades y/o discapacidades?

De acuerdo a los estudios presentados, se puede decir que la correcta aplicación de la “realidad virtual” y la “realidad aumentada” dentro de la rehabilitación mejorará la calidad de vida de pacientes con diferentes condiciones médicas. Sin embargo, como toda revisión sistemática, existen alcances y limitaciones, estando dentro de los alcances: posible evaluar la efectividad de la RV y RA en la eficacia de las funciones motoras y cognitivas de los afectados, además de investigar la aplicación de estas en lesiones de diferente índole, como las neurológicas, ortopédicas y cardiovasculares, dando paso así a oportunidades de personalización de tratamientos que se adapten a las necesidades individuales del individuo; mientras que en cuanto a limitaciones: la disponibilidad de equipos y otros recursos tecnológicos, cuya escasez significa un obstáculo para su implementación, la aceptación de adherencias a rehabilitación con estas nuevas tecnologías, y finalmente, la carencia de estudios a largo plazo de los efectos y seguridad de la RV y RA, son parámetros a tener en consideración.

Este artículo se llevó a cabo en el año 2024, producto de un estudio ya concluido de análisis de otros artículos cuyas publicaciones se encuentran entre el 2019 y el 2024, siendo estas revisiones de literatura, ensayos clínicos, estudios observacionales, artículos de revistas, etc. El objetivo de esta revisión el analizar la efectividad de la correcta aplicación de la realidad virtual y la realidad aumentada en el campo de la rehabilitación para pacientes con diversas condiciones médicas. Esto lográndose al explorar tendencias actuales sus usos, sus ventajas en comparación con los métodos tradicionales de rehabilitación y las herramientas y prácticas contemporáneas de las mismas.

METODOLOGÍA

La metodología empleada en este estudio sobre la aplicación efectiva de la “realidad virtual (RV)” y la “realidad aumentada (RA)” en la rehabilitación consistió en una revisión sistemática íntegra de la literatura científica investigada

pertinentemente. En esta, se llevaron a cabo varias búsquedas exhaustivas en numerosas bases de datos confiables, incluyendo “Scopus”, “PubMed”, “Web of Science”, “Dialnet” y “Scielo”, utilizando palabras clave como "realidad virtual", "realidad aumentada", "rehabilitación", “terapias médicas” y sus combinaciones. Los criterios de selección fueron artículos relevantes publicados en los últimos cinco años (2019-2024), escritos en inglés o español, que examinaran el uso de RV y RA en la rehabilitación de diversas condiciones de salud. Por otro lado, se excluyeron estudios que no evaluaran intervenciones de RV o RA en pacientes con afecciones neurológicas, ortopédicas o musculoesqueléticas.

Se consideraron estudios de diferentes diseños metodológicos, incluyendo revisiones sistemáticas, ensayos clínicos, estudios observacionales y artículos de revistas, resultando en la selección y análisis de 20 artículos sobre el tema. La extracción de datos fue realizada de manera independiente por tres investigadores en el marco de la cátedra de “Informática Aplicada a la Medicina”. Para evaluar los artículos seleccionados, se seleccionaron los estudios pertinentes según criterios predefinidos y recogieron información sobre las peculiaridades de los estudios (diseño, población de estudio, intervención de RV/RA, resultados principales), la información relevante fue sintetizada y organizada en una tabla de estado del arte en Excel, permitiendo una valoración detallada de los datos aportados por cada artículo. Se empleó un enfoque narrativo para resumir los hallazgos y resaltar las tendencias observadas en la literatura. Esta revisión sistemática permitió identificar posibles sesgos y limitaciones en los estudios revisados, proporcionando una evaluación global del material existente sobre el tema teniendo en cuenta su variabilidad, fiabilidad y validez, de modo que los resultados sean capaces de abrir camino para futuros estudios que continúen explorando y ampliando esta área de investigación.

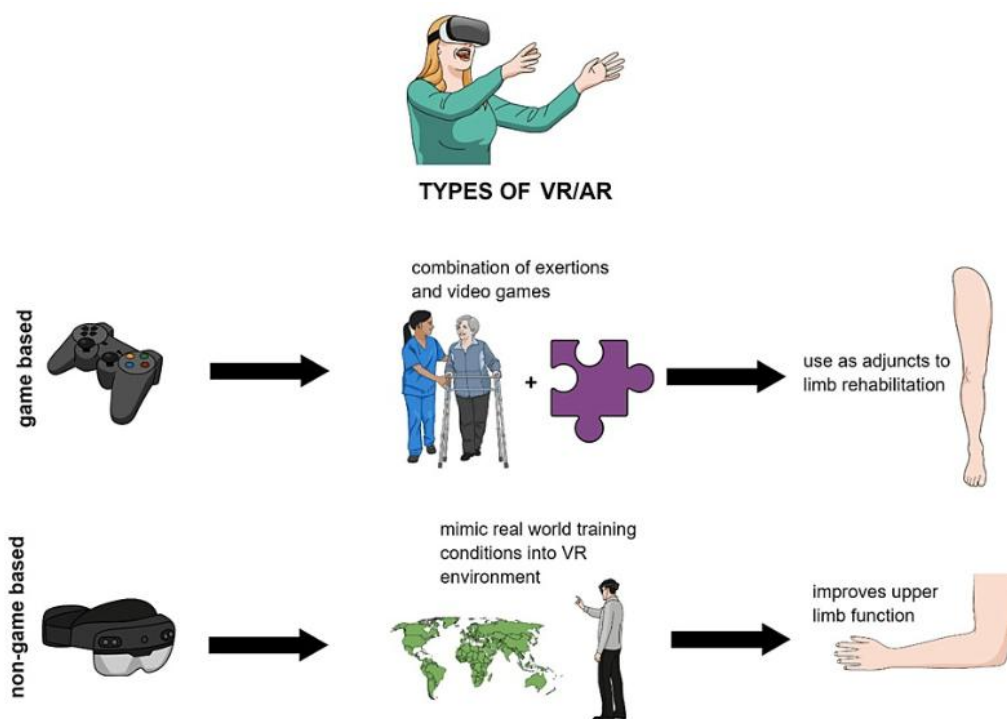
RESULTADOS

Dentro de los estudios acerca de la correcta aplicación de RA y RV en rehabilitación, se dieron hallazgos importantes para personas afectadas en diversos sistemas y de variadas maneras. La RV se presenta como tratamiento prometedor para mejorar la marcha en personas con enfermedad de Parkinson, la cual afecta al sistema nervioso causando trastornos del control de la postura y de la movilidad,

y gracias a estímulos visuales, auditivos y somatosensoriales, los pacientes pueden interactuar con una realidad virtual artificial mientras los profesionales de la salud monitorean su progreso (8). Aunque los estímulos externos, incluidas las señales visuales, han demostrado beneficios en la marcha de pacientes con Parkinson, aún no existe suficiente evidencia para afirmar la eficacia total de dicha tecnología en la motricidad (8). Los resultados del estudio demostraron que la rehabilitación con RV y RA es capaz de mejorar las puntuaciones en las pruebas BBS (escala de Berg) , TUGT, UPDRS3 y FGA en pacientes con Parkinson, con gran potencial de desarrollo por su carácter inmersivo y motivador, aunque siguen existiendo limitaciones, como el tiempo de la investigación y el tamaño de muestra, por lo que son necesarios más ensayos clínicos a largo plazo para confirmar hallazgos y explorar los efectos de grupos separados en edad y sexo (8).

En el aspecto de la plasticidad neuronal, en personas que sufrieron accidentes cerebrovasculares (ACV) y realizaron rehabilitación con realidad virtual se dieron hallazgos positivos como la mejora del equilibrio interhemisférico, una mayor conectividad cortical, mayor activación de regiones de la corteza frontal, etc (9). Así mismo, se encontró una relación entre cambios en la plasticidad neuronal y recuperación funcional de beneficiosos efectos terapéuticos, permitiendo comprender a mayor profundidad los mecanismos neurofisiológicos de la rehabilitación basada en RV y su aplicación (9). Para pacientes que tuvieron ACV y sufrieron lesiones motoras de las extremidades superiores, en cambio, la terapia de ejercicio con soporte de RV resultó ser significativa para la rehabilitación de la función motora de los pacientes, con marcadas mejoras en el rango de movimiento, fuerza muscular e independencia en actividades del día a día (10).

En la rehabilitación post-ictus la RV y RA se han convertido en una herramienta competente para la neurorrehabilitación (11). Según estudios realizados en conjunto forman un sistema de RA/RV, la cual se puede categorizar en subtipos asociados a juegos y otros no asociados a juegos (Figura 1) (11). Este sistema VR/RA ofrece una herramienta para dirigir y corregir el comportamiento motor de los pacientes, mejorando su proceso de aprendizaje y motivación durante el proceso de rehabilitación (11).



Fuente: Cureus. Khokale R, S. Mathew G, Ahmed S, et al. "Realidad virtual y aumentada en la rehabilitación posterior a un accidente cerebrovascular: una revisión narrativa" (11).

Elaboración: Por los autores

Se ha evidenciado que sistemas RV/RA generan mejores resultados cuando se usan conjuntamente con la rehabilitación convencional. Un ejemplo sería el sistema Nuero, que se fundamenta en la terapia del espejo. Este sistema muestra la imagen del paciente reflejada en entorno virtual, donde un brazo virtual sustituye al brazo afectado(11).Es decir, el paciente ejecutara movimientos físicos con el brazo afectado, mientras que la interfaz hombre-computadora, que consiste en electromiografía el cual activa los movimientos del brazo virtual (11).Sin embargo, aún no se ha encontrado evidencia de que los beneficios sean a largo plazo, una vez finalizada la intervención, lo cual precisa más ensayos que amplíen estos descubrimientos y garanticen resultados confiables (10,11).

Para pacientes que viven en la comunidad, se han realizado ensayos que exploran el uso de la IA en programas de rehabilitación virtual (VRehab), aplicándose de diversas formas como soporte para la vida de las personas, por ejemplo, los sensores y datos de entrada, incluyendo cámaras RGB, cámaras de profundidad Kinect, monitores de frecuencia cardíaca, entre otros, recopilan datos que sirven para entrenar algoritmos de IA y que estos puedan personalizarse cada vez más y sean capaces de prescribir ejercicios, proporcionar retroalimentación visual y textual, y generar informes para los médicos, además de evaluar la calidad del ejercicio, la movilidad y el dolor de los pacientes (12). Respecto a la eficacia de la IA en VRehab, se evaluó usando métricas como la tasa de reingreso hospitalario, la satisfacción del paciente, utilidad percibida, especificidades de la enfermedad, etc., dando resultados que evidencian la satisfacción del paciente, una tasa menor de reingreso hospitalario, una buena relación entre la finalización del programa y el aumento de calidad de vida, y una buena alternativa a la rehabilitación tradicional (12).

Otros estudios que compararon los efectos de una tecnología de rehabilitación en personas afectadas con EPOC (enfermedad obstructiva pulmonar crónica) usando RV, uno de rehabilitación tradicional y otro que juntaban las dos corrientes, observaron que la suma de rehabilitación con realidad virtual y ejercicio tradicional resultaban en mejoras significativas en comparación al grupo solo de ejercicio tradicional, inclusive, en 3 de los 6 componentes evaluados (flexión de brazos, posición de silla y la prueba de caminata de 6 minutos), la RV fue significativamente superior al ejercicio tradicional (13).

Para el tratamiento de pacientes con dolor del miembro fantasma, estudios emplearon instrumentos de realidad virtual como auriculares, el dispositivo Oculus Rift DK2, materiales complementarios y rehabilitación de datos dentro de programas de rehabilitación, otros usaron la realidad aumentada con microvibradores, bandas elásticas y amplificadores EMG, algunos incluso combinando estas dos formas de tratamiento (14,18). La asociación de la RV con estímulos vibrotáctiles en las regiones colaterales de la amputación tuvo resultados benéficos, desde mejorando la condición del miembro afectado hasta reportando una leve analgesia en algunos casos, puntos reforzados en estudios que practicaban la unión de RV y RA en la rehabilitación mediante reconocimiento de patrones mioeléctricos en la vida diaria (3).

Por otro lado, en el caso del trastorno del espectro autista (TEA), el cual es síndrome neurológico complejo caracterizado por presentar incapacidad en la comunicación social, interacción social y comportamientos repetitivos, que actualmente no cuenta con un tratamiento aceptado (17). Los programas de intervención educativa y conductual son cada vez más eficaces usando tecnologías como paneles táctiles, dispositivos móviles, sistemas de entretenimientos y realidad virtual (17). Entre todas estas tecnologías, la realidad virtual ha llegado a ser la más eficaz en la rehabilitación neurocognitivas de los pacientes con TEA, ya que crea un medio multidimensional con varios canales sensoriales que permiten al paciente explorar el entorno virtual a través de la percepción visual, auditiva, táctil e incluso olfativa, lo que genera un medio interactivo e inmerso para el paciente (17). La realidad virtual se ha convertido en una herramienta útil para el entrenamiento y la rehabilitación debido a sus múltiples beneficios.

La RV y RA también se utilizan en simulación preoperatoria, navegación intraoperatoria y rehabilitación posoperatoria, especialmente en cadera y neurocirugía (19,20). La tecnología de RV y RA es aplicada en cirugías dando resultados satisfactorios, presentado un entorno virtual por medio de sistemas de perspectiva óptica o videofluoroscópios (19). Además, la RV y RA no solo contribuye al personal de salud con la simulación quirúrgica sino también con la guía adecuada para la colocación de implantes (19,20). Por ejemplo, la aplicación de ROBODOC, que es un sistema robótico diseñado específicamente para la cirugía de reemplazo de cadera. Esta herramienta permite a los cirujanos ortopédicos examinar con precisión la estructura ósea del paciente y desarrollar planes preoperatorios antes de la cirugía de reemplazo total de cadera (19).

DISCUSIÓN

La Realidad Virtual (RV) y la Realidad Aumentada (RA) han mostrado resultados significativos en la rehabilitación de diversas condiciones médicas. En pacientes con enfermedad de Parkinson, la RV ha demostrado potencial para mejorar la marcha y la movilidad a través de estímulos visuales, auditivos y somatosensoriales (1,5,11,17). Aunque se han observado mejoras en escalas como BBS, TUGT, UPDRS3 y FGA, se requieren más ensayos clínicos a largo plazo para confirmar su eficacia total, especialmente diferenciados por edad y sexo. Posterior a un

accidente cerebrovascular (ACV), la RV ha facilitado mejoras en el equilibrio interhemisférico, la conectividad cortical y la activación de la corteza frontal, sugiriendo beneficios en la plasticidad neuronal y la recuperación funcional (8,14). Además, la terapia con RV ha sido efectiva para rehabilitar la función motora en pacientes con lesiones en extremidades superiores, mejorando el rango de movimiento y la independencia en actividades diarias (2,6).

La combinación de RV y RA, como en el sistema Neuro basado en terapia de espejo, ha mostrado mejoras en la recuperación motora post-ictus, aunque se requiere más investigación sobre sus beneficios a largo plazo (10,15). La integración de inteligencia artificial (IA) en programas de rehabilitación virtual ha demostrado reducir la tasa de reingreso hospitalario, mejorar la satisfacción del paciente y aumentar la calidad de vida (18). Sensores como cámaras RGB y monitores de frecuencia cardíaca permiten personalizar ejercicios y proporcionar retroalimentación visual y textual, mejorando la evaluación del ejercicio, la movilidad y el dolor del paciente.

En pacientes con enfermedad obstructiva pulmonar crónica (EPOC), la combinación de RV y ejercicio tradicional ha mostrado mejoras significativas en comparación con el ejercicio tradicional solo, especialmente en aspectos como la flexión de brazos y la prueba de caminata de 6 minutos (18,19).

La aplicación de RV y RA con estímulos vibrotáctiles ha sido beneficiosa en el tratamiento del dolor del miembro fantasma, mejorando la condición del miembro afectado y proporcionando alivio del dolor (16,19). En la rehabilitación neurocognitiva de pacientes con TEA, la RV ha creado entornos interactivos que mejoran diversas percepciones sensoriales, facilitando la rehabilitación y el entrenamiento de habilidades sociales y comunicativas (18,19,20). En el ámbito quirúrgico, tanto la RV como la RA se utilizan en la planificación y ejecución de cirugías, como en cirugía de cadera y neurocirugía. Herramientas avanzadas permiten una planificación precisa, mejorando los resultados quirúrgicos (14,20).

CONCLUSIONES

La realidad virtual (RV) y la realidad aumentada (RA) están transformando la rehabilitación médica al ofrecer innovadoras propuestas que logren mejorar las condiciones de vida de pacientes con diversas condiciones. Estas tecnologías no

solo incrementan la motivación y la participación de los pacientes, sino que también potencian la recuperación funcional mediante la neuroplasticidad y el aprendizaje motor. Aunque actualmente enfrentan desafíos como la ausencia de estudios durante tiempo indefinido y la necesidad de herramientas específicas, la evidencia sugiere que integrar RV y RA en programas de rehabilitación puede significativamente mejorar los resultados terapéuticos. La implementación efectiva de estas tecnologías requiere más investigación, acceso a recursos y capacitación ideal para profesionales del área de la salud. En síntesis, la RV y la RA representan el futuro de la rehabilitación, ofreciendo nuevas esperanzas y oportunidades para la recuperación funcional y en la búsqueda del bienestar de los pacientes.

Contribución del autor (s)

León M. FM: Concepción y diseño del autor. Recolección de datos, revisión bibliográfica, escritura y análisis del artículo con lectura y aprobación de la versión final. Bermeo C. DP: Concepción y diseño del autor. Recolección de datos, revisión bibliográfica, escritura y análisis del artículo con lectura y aprobación de la versión final.

Información del autor (s)

Fernando Mauricio León Martínez: MSc. Docente de la Facultad de Medicina Especialista en Bioestadística. Profesor de la Facultad de Medicina de la Universidad Católica de Cuenca - Ecuador. Maestría en Educación Superior, Ciencias de la Computación, Doctorante de Ciencias de la Comunicación. Universidad de la Habana Cuba.
Doris Patricia Bermeo Chuqui, Erick Gibran Riera Astudillo, Marcelo Sebastián Torres Astudillo. Estudiantes de la Universidad Católica de Cuenca

Disponibilidad de datos

Los datos fueron recolectados de revistas y bibliotecas virtuales y está a disposición.

Declaración de intereses

El autor no reporta conflicto de intereses.

Autorización de publicación

El autor autoriza su publicación en la revista Ateneo. El autor enviará firmado un formulario que será entregado por el Editor.

Consentimiento informado

El autor (s) deberán enviar al Editor, el consentimiento informado firmado por el paciente o sus representantes, previo a su publicación, en caso de investigación en seres humanos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rodríguez M, Vera B, Ormaza B, et al. Aplicación de la realidad aumentada en la rehabilitación física. Rev. AG. Internet]. 2021 [citado el 12 de mayo de 2024];73(10):358. Disponible en:
https://www.researchgate.net/profile/Elizabeth-Ormaza-Esmeraldas/publication/379821745_Application_of_augmented_reality_in_physical_rehabilitationAplicacion_de_la_realidad_aumentada_en_la_rehabilitaci

[on fisica/links/662715d639e7641c0be2e834/Application-of-augmentedreality-in-physical-rehabilitationAplicacion-de-la-realidad-aumentada-en-larehabilitacion-fisica.pdf](https://on.fisica/links/662715d639e7641c0be2e834/Application-of-augmentedreality-in-physical-rehabilitationAplicacion-de-la-realidad-aumentada-en-larehabilitacion-fisica.pdf)

2. Coronado K, Están A, Natera B, De la Hoz R, Salas K. El valor agregado de la realidad virtual en tratamientos de rehabilitación muscular. Revisión de literatura. Rev. Dialnet. [Internet]. 2021 [citado el 12 de mayo de 2024];73(10):358. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8843582>
3. Campo Prieto P, Santos García D, Cancela Carral JM, Rodríguez Fuentes G. Estado actual de la realidad virtual inmersiva como herramienta de rehabilitación física y funcional en pacientes con enfermedad de Parkinson: revisión sistemática. Rev Neurol [Internet]. 2021 [citado el 12 de mayo de 2024];73(10):358. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34755889/>
4. Valero Aguayo L, Ureña García A. Rehabilitación de personas con trastorno mental grave: Una revisión sistemática sobre el uso de tecnologías de la información. Rev Esp Comun Salud [Internet]. 23 de noviembre de 2023 [citado 12 de mayo de 2024];14(2):55-3. Disponible en: <https://e-revistas.uc3m.es/index.php/RECS/article/view/7326>
5. SEIVANE, Mariana Soledad; BRENLLA, María Elena. Aplicaciones de la realidad virtual al campo de la evaluación psicológica: una revisión sistemática. Rep. Ins. UCA. 2022. [Internet]. 2021 [citado el 12 de mayo de 2024];73(10):358. Disponible en: <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/15534>
6. Sánchez-Silverio Víctor, Abuín-Porras Vanesa, Rodríguez-Costa Isabel. Principios del aprendizaje motor: una revisión sobre sus aplicaciones en la rehabilitación del accidente cerebrovascular. Rev Ecuat Neurol [Internet]. 2020 [citado el 2024 Mayo 12] ; 29(3): 84-91. Disponible en: [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S263125812020000300084&lng=es.](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S263125812020000300084&lng=es)
7. Álvarez-Otero Rafael. Revisión sobre la aplicación de la realidad virtual en la rehabilitación vestibular. Rev. ORL [Internet]. 2020 [citado 2024 Mayo 12] ; 11(1): 97-106. Disponible en:

http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2444-79862020000100010&lng=es

8. Feng H, Li C, Liu J, Wang L, Ma J, Li G, et al. Virtual reality rehabilitation versus conventional physical therapy for improving balance and gait in Parkinson's disease patients: A randomized controlled trial. *Med Sci Monit* [Internet]. 2019 [citado el 17 de junio de 2024];25:4186–92. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.12659/msm.916455>
9. Hao J, Xie H, Harp K, Chen Z, Siu K-C. Effects of virtual reality intervention on neural plasticity in stroke rehabilitation: A systematic review. *Arch Phys Med Rehabil* [Internet]. 2022 [citado el 17 de junio de 2024];103(3):523–41. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34352269/>
10. Chen J, Or CK, Chen T. Effectiveness of using virtual reality–supported exercise therapy for Upper Extremity motor rehabilitation in patients with stroke: Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Med Internet Res* [Internet]. 2022 [citado el 17 de junio de 2024];24(6):e24111. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35723907/>
11. Khokale R, S. Mathew G, Ahmed S, et al. Realidad virtual y aumentada en la rehabilitación posterior a un accidente cerebrovascular: una revisión narrativa. *Cureus* [Internet]. 2023 [citado el 27 de junio de 2024];15(4): e37559. Disponible en: <https://www.cureus.com/articles/148880-virtual-and-augmented-reality-in-post-stroke-rehabilitation-a-narrative-review#!/>
12. Abedi A, Colella TJF, Pakosh M, Khan SS. Artificial intelligence-driven virtual rehabilitation for people living in the community: A scoping review. *NPJ Digit Med* [Internet]. 2024 [citado el 17 de junio de 2024];7(1). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/s41746-024-00998-w>
13. Rutkowski S, Rutkowska A, Kiper P, Jastrzebski D, Rachenjuk H, Turolla A, et al. Virtual reality rehabilitation in patients with chronic obstructive pulmonary disease: A randomized controlled trial. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* [Internet].

- 2020 [citado el 17 de junio de 2024]; 15:117–24. Disponible en: <https://www.dovepress.com/virtual-reality-rehabilitation-in-patients-with-chronic-obstructive-pu-peer-reviewed-fulltext-article-COPD>
14. Fernandes EC, Nascimento Júnior MB do, Souza FES de, Farias BRF de, Nascimento EGC do, Melo V de P. Influência da Realidade Virtual e Aumentada no tratamento da dor do membro fantasma: Revisão integrativa. Res Soc Dev [Internet]. 2021 [citado el 17 de junio de 2024];10(9):e5610917660. Disponible en: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/17660>
15. Castro-Espichan J, Espinoza-Flores J, Montero JN, Gamboa-Cruzado J, Gago DO, Gerónimo RM. Visión Artificial con Realidad Aumentada para el Desplazamiento de Personas con Discapacidad Visual: Una Revisión Sistemática de la Literatura. RISTI - Rev Ibér Sist Tecnol Inf [Internet]. 2021;45:346–57. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2647405810?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true&sourcetype=Scholarly%20Journals>
16. Granizo Rodríguez AV, Tacuri Uquillas AA, Pallo Almache JP. La realidad virtual y su aplicación en el tratamiento de la demencia: Una revisión de la literatura científica. Cienc Serv Salud Nutr [Internet]. 2020 [citado el 17 de junio de 2024];11(2):13–24. Disponible en: <http://revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/cssn/article/view/367>
17. Karami B, Koushki R, Arabgol F, Rahmani M, Vahabie A-H. Effectiveness of virtual/augmented reality–based therapeutic interventions on individuals with autism spectrum disorder: A comprehensive meta-analysis. Front Psychiatry [Internet]. 2021 [citado el 25 de junio de 2024];12. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3389/fpsy.2021.665326>
18. Yeung AWK, Tosevska A, Klager E, Eibensteiner F, Laxar D, Stoyanov J, et al. Virtual and augmented reality applications in medicine: Analysis of the scientific literature. J Med Internet Res [Internet]. 2021 [citado el 27 de junio de 2024];23(2):e25499. Disponible en: <https://www.jmir.org/2021/2/e25499/>

19. Sun P, Zhao Y, Men J, Ma Z-R, Jiang H-Z, Liu C-Y, et al. Application of virtual and augmented reality technology in hip surgery: Systematic review. J Med Internet Res [Internet]. 2023 [citado el 27 de junio de 2024];25(1):e37599. Disponible en: <https://www.jmir.org/2023/1/e37599>
20. Desselle MR, Brown RA, James AR, Midwinter MJ, Powell SK, Woodruff MA. Augmented and virtual reality in surgery. Comput Sci Eng [Internet]. 2020[citado 27 de junio de 2024];22(3):18–26. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8993789>