

Usos de la realidad virtual en la rehabilitación física: una revisión sistemática

Uses of virtual reality in physical rehabilitation: a systematic review

*Roberto Carlos Dávila-Morán, **Jaime Salazar Montenegro, ***Jorge Miguel Chávez-Díaz, ****Eleazar Fidel Peralta Loayza

*Universidad Continental (Perú), **Universidad Nacional del Callao (Perú), ***Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Perú),

****Universidad Femenina del Sagrado Corazón (Perú)

Resumen. La realidad virtual (RV) ha emergido como una herramienta innovadora en el campo de la rehabilitación física (RF), ofreciendo un enfoque inmersivo para mejorar la función motora y la calidad de vida de los pacientes. Sin embargo, la efectividad de la RV en comparación con otros métodos de rehabilitación sigue siendo objeto de estudio. El presente estudio tiene como objetivo analizar los usos de la RV en la RF a través de una revisión sistemática de la literatura disponible, evaluando su impacto en la función física y la calidad de vida de los pacientes. Se realizó una revisión sistemática siguiendo las directrices PRISMA. Se seleccionaron 21 estudios publicados entre 2014 y 2024, obtenidos de bases de datos como Scopus, ScienceDirect y EBSCO. Los estudios incluían diversas poblaciones que requirieron RF mediante tecnologías de RV inmersiva y no inmersiva. Los estudios mostraron que la RV inmersiva proporcionó mayores mejoras en el equilibrio y la marcha, especialmente en pacientes con Parkinson, en comparación con la RV no inmersiva. Las intervenciones con RV inmersiva también resultaron en mayor adherencia al tratamiento debido a su naturaleza interactiva. Sin embargo, los estudios presentan heterogeneidad en términos de tecnologías y poblaciones estudiadas, lo que afecta la generalización de los resultados. La RV tiene un gran potencial para mejorar la RF, pero su efectividad depende de factores como la tecnología utilizada y la condición de los pacientes. Se recomiendan estudios a mayor escala y con diseños experimentales controlados para validar estos hallazgos y explorar el impacto de la RV en contextos de rehabilitación domiciliaria.

Palabras clave: Realidad virtual, Rehabilitación física, Tecnología inmersiva, Función motora, Calidad de vida

Abstract. Virtual reality (VR) has emerged as an innovative tool in the field of physical rehabilitation (PR), offering an immersive approach to improve motor function and quality of life in patients. However, the effectiveness of VR compared to other rehabilitation methods remains under study. The present study aims to analyze the uses of VR in PR through a systematic review of the available literature, assessing its impact on physical function and quality of life in patients. A systematic review was conducted following PRISMA guidelines. 21 studies published between 2014 and 2024 were selected, obtained from databases such as Scopus, ScienceDirect, and EBSCO. The studies included diverse populations requiring PR using immersive and non-immersive VR technologies. The studies showed that immersive VR provided greater improvements in balance and gait, especially in patients with Parkinson's, compared to non-immersive VR. Interventions with immersive VR also resulted in greater treatment adherence due to their interactive nature. However, studies present heterogeneity in terms of technologies and populations studied, which affects the generalizability of the results. VR has great potential to improve RF, but its effectiveness depends on factors such as the technology used and the condition of the patients. Larger-scale studies with controlled experimental designs are recommended to validate these findings and explore the impact of VR in home rehabilitation contexts.

Keywords: Virtual reality, Physical rehabilitation, Immersive technology, Motor function, Quality of life

Fecha recepción: 17-09-24. Fecha de aceptación: 03-10-24

Roberto Carlos Dávila-Morán

rdavilam@continental.edu.pe

Introducción

En el ámbito de la salud, los avances tecnológicos vienen cambiando el enfoque hacia el diagnóstico y tratamiento de diversas enfermedades. En el caso de la rehabilitación física (RF) mediante el uso de tecnología, se destacan diferentes innovaciones con variados propósitos: como parte del tratamiento, de apoyo, para mejorar adherencia, y con objetivos adaptivos, entre otros. Todo esto con la meta final de mejorar la forma en que las personas interactúan con su contexto, preservando su independencia (Brunner et al., 2017).

La RF se refiere a un conjunto de intervenciones enfocadas en mejorar el funcionamiento y reducir discapacidades en personas con diversas patologías de salud en interacción con su entorno. Estas condiciones pueden incluir patologías agudas o crónicas, afecciones o traumas, o incluso embarazo, vejez, estrés, defectos congénitos o predisposiciones genéticas. Asimismo, la RF es uno de los servicios esenciales incluidos dentro de la cobertura sanitaria universal. En 2019, se calculó que a nivel regional aproximadamente 366 millones de personas (188 millones de mujeres

y 178 millones de hombres) tienen condiciones de salud que podrían mejorar con los servicios de RF (OPS & OMS, 2023).

Según la OMS (2020), la RF se centra en mitigar la discapacidad al mejorar el desempeño de las personas, enfocándose en su funcionalidad más que en la enfermedad. La rehabilitación se clasifica en cinco tipos: 1) especializada intensiva, que generalmente se imparte en centros de cuidado prolongado; 2) muy integrada en una amplia gama de especialidades médicas en la atención terciaria y secundaria de la salud; 3) integrada en la atención primaria de la salud; 4) prestada por la comunidad, que puede ser específica o integrada en los otros programas; y 5) cuidado informal y auto-dirigido, que se practica en entornos locales.

Con el avance de la tecnología, se han creado soluciones para mejorar las condiciones de vida, especialmente en personas con discapacidades. Primero se desarrollaron las tecnologías de baja complejidad de tipo mecánico, como sillas de ruedas y bastones. Luego, se incorporaron las partes electrónicas a los mecanismos existentes, creándose sistemas de control de entorno y sistemas braille informatizados, entre otros. Mas tarde, surgió la realidad virtual (RV) como

una tecnología que se adapta a las posibilidades de la persona, facilitando su modo de interactuar con las máquinas (Lombardero, 2015).

La RF está en constante evolución. Paralelamente, el uso de la simulación en este ámbito ha crecido, convirtiéndose en un componente fundamental de las terapias y tratamientos. El incremento en la cantidad de nuevos protocolos, métodos clínicos y la estandarización del tratamiento ha posicionado a la RV como un nuevo medio para proporcionar simulaciones (Kulkarni & Wadhokar, 2023).

Es relevante mencionar, que el ejercicio físico regular tiene consecuencias beneficiosas para la salud en diversos contextos. Recientemente, las tecnologías de información y comunicación (TIC) como la RV, han sido implementadas en la RF para pacientes con diversas condiciones médicas, lo que ha llevado a la necesidad de definir medios terapéuticos más flexibles (Pinzón & Moreno, 2020).

La RV es una tecnología reciente que permite al usuario experimentar la sensación de estar en un ambiente virtual mediante el uso de cascos, lentes, controles, sensores y trajes que captan el movimiento. Incluso es posible recrear ambientes inmersivos, donde se proyecta un entorno de RV para simular diferentes situaciones (Georgiev et al., 2021). Esto permite a los pacientes realizar ejercicios físicos de rehabilitación en ambientes controlados y seguros, con la posibilidad de trasladar las habilidades motoras adquiridas en el entrenamiento a sus actividades diarias (Wu et al., 2022).

Existen múltiples estudios sobre la aplicación de la RV para mejorar el desempeño humano en diversas áreas. Por ejemplo, Rusmanto et al. (2023) evaluaron como la RV para incremento el compromiso deportivo y las habilidades técnicas en atletas de fútbol. Sus principales hallazgos revelaron que la RV aumentó el nivel de compromiso deportivo ($p < 0,05$) y de habilidades técnicas ($p < 0,05$). Además, destacó la importancia de RV en el fútbol y su contribución positiva para transformar el nivel de compromiso deportivo y de habilidades técnicas.

De igual manera, en la investigación de Rodríguez-Fuentes et al. (2023) se evaluó la RV inmersiva (*exergaming* con el *hardware* HTC Vive ProTM) y su influencia en aspectos fisiológicos de personas sanas, donde se comprobó que las sesiones *exergame* de RV inmersiva puede ser comparada con una actividad física de moderada a intensa, ya que constituye un esfuerzo percibido parecido con aumentos característicos de la frecuencia cardíaca, la presión arterial y los niveles de cortisol salival.

Por otro lado, Komaini et al. (2024) realizaron una revisión del rol de la RV en la mejora de las capacidades motoras de los niños. Al respecto, se constató una respuesta positiva por parte de los niños luego de implementar las sesiones de RV, lo que puede disminuir su estrés físico, cognitivo y emocional. Además, la RV puede ser útil para el tratamiento de niños con retrasos motores. No obstante, algunos padres expresaron su preocupación por los altos costos asociados a este tipo de técnica.

Asimismo, Campo-Prieto et al. (2024) abordó el análisis de la RV inmersiva y los ejercicios terapéuticos como herramienta de rehabilitación en niños con la enfermedad de Castleman multicéntrica idiopática-TAFRO. La investigación destaca una aproximación innovadora que logra acercar el ejercicio regular de actividad física mediante *exergames*, revelando beneficios potenciales en las habilidades físicas y funcionales del paciente, así como también mostrando una mejora en el bienestar emocional a través de estrategias distractoras.

En este orden de ideas, el estudio de Jordán-Fiallos et al. (2023) se centró en evaluar la implementación de RV como técnica de RF, comparada con la RF convencional en personas con esclerosis múltiple. En este proceso de comparación se constató que la RV tiene grandes efectos en la mejora de la calidad de vida de pacientes con esta condición. Además, esta técnica fue aprobada como un tratamiento alternativo individual, siendo aceptada por la comunidad de pacientes incluidos en esta terapia.

Por último, Rodríguez et al. (2020) propuso un sistema de RF mediante técnicas de RV y video juegos comerciales para mejorar el control postural en personas con Daño Cerebral Adquirido (DCA). Este sistema persigue lograr una mayor motivación en el proceso de RF, mediante cambios en las estrategias de movimiento del control postural, con el objetivo de reducir las variaciones del equilibrio, y a su vez disminuir del riesgo de caídas en personas con secuelas de daño cerebral adquirido.

Respondiendo a las consideraciones anteriores, se plantea la ejecución del presente estudio de revisión sistemática con el objetivo de analizar los usos de la RV en la RF. Se propone la hipótesis de que la RV mejora la función física, la rehabilitación funcional y la calidad de vida en diversas poblaciones con diferentes condiciones de salud, en comparación con otras modalidades de intervención o sin intervención.

Los objetivos específicos son: (1) Evaluar el impacto de la RV en la RF; (2) Identificar las tecnologías más efectivas en este ámbito; y (3) Analizar como la RV inmersiva y no inmersiva influye en la adherencia al tratamiento y los resultados funcionales.

Metodología

Este estudio se llevó a cabo como una revisión sistemática de la literatura, siguiendo las directrices establecidas por la declaración PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). El diseño de este estudio es cualitativo, de tipo documental, y tiene como objetivo de sintetizar la evidencia disponible sobre el uso de la realidad virtual (RV) en la rehabilitación física (RF).

La pregunta de investigación se formuló siguiendo la estrategia PICO (Población, Intervención, Comparador y Desenlace), de la siguiente manera:

- Población (P): Diversas poblaciones con diferentes condiciones de salud que requieren rehabilitación física.
- Intervención (I): Uso de la RV en programas de

rehabilitación física.

- Comparador (C): Otras modalidades de intervención o sin intervención.
- Desenlaces (O): Mejora en la función física, rehabilitación funcional y la calidad de vida.

Se desarrolló una estrategia de búsqueda detallada para responder la pregunta de investigación. Las bases de datos seleccionadas para realizar la búsqueda fueron Scopus, ScienceDirect y EBSCO, cubriendo publicaciones entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de junio de 2024. Este período fue elegido debido al crecimiento en la accesibilidad y uso de tecnologías de RV en el ámbito de la RF, coincidiendo con la aparición de dispositivos avanzados como Oculus Rift y Microsoft Kinect. El enfoque en este rango garantiza que los estudios incluidos reflejan las aplicaciones más avanzadas de la tecnología de RV.

Las ecuaciones de búsqueda se ajustaron para ser lo más precisas y sensibles posibles, tomando en cuenta los términos MeSH cuando estaban disponibles. A continuación, se presenta un resumen de las ecuaciones de búsqueda empleadas para cada base de datos (Tabla 1).

Tabla 1.
Ecuaciones de búsqueda en las bases de datos

Base de Datos	Ecuación de Búsqueda
Scopus	("virtual reality" OR "VR") AND ("physical rehabilitation" OR "physical therapy" OR "physiotherapy" OR "rehabilitation therapy") AND (MeSH terms: "rehabilitation" OR "physical therapy techniques" OR "physical and rehabilitation medicine")
Science Direct	("virtual reality" OR "VR") AND ("physical rehabilitation" OR "physical therapy" OR "physiotherapy" OR "rehabilitation therapy") AND (MeSH terms: "rehabilitation" OR "physical therapy techniques" OR "physical and rehabilitation medicine")
EBSCO	("virtual reality" OR "VR") AND ("physical rehabilitation" OR "physical therapy" OR "physiotherapy" OR "rehabilitation therapy") AND ("rehabilitation" OR "physical therapy techniques" OR "physical and rehabilitation medicine")

Se adoptó un enfoque en varias etapas para la selección de estudios. Inicialmente, dos revisores independientes evaluaron los títulos y resúmenes de los artículos obtenidos, generando un conjunto preliminar de estudios elegibles. Los desacuerdos en la selección de 12 estudios fueron resueltos mediante discusión, y en 4 de ellos se recurrió a un tercer revisor. En los casos donde hubo desacuerdo entre los revisores sobre la inclusión de estudios, se utilizó un sistema de puntuación para evaluar los estudios en términos de relevancia, calidad metodológica y pertinencia temática. Los estudios que no alcanzaron una puntuación mínima predefinida fueron excluidos.

Tras la revisión completa de los textos, los estudios se excluyeron principalmente por tres razones: 1) falta de calidad metodológica ($n = 8$), lo que incluyó estudios con problemas graves de control de sesgo o falta de validez en la presentación de los resultados; 2) irrelevancia temática ($n = 5$), donde el enfoque del estudio no coincidía directamente con el uso de la RV en la RF; y 3) duplicación de estudios ($n = 4$), donde los estudios ya habían sido considerados en fases previas de la selección. Este proceso buscó

una mayor transparencia en los motivos de exclusión, y además permite una comprensión más clara del filtrado, asegurando que la muestra final de estudios sea sólida y representativa.

Los criterios de inclusión fueron los siguientes:

- Artículos publicados entre el 1 de enero de 2014 y el 30 de junio de 2024.
- Artículos originales de investigación publicados en revistas revisadas por pares.
- Estudios accesibles en formato de acceso abierto para garantizar la replicabilidad.
- Publicaciones en cualquier idioma, para garantizar diversidad en las fuentes. Los estudios en idiomas distintos al inglés o español fueron traducidos utilizando servicios profesionales de traducción para asegurar la precisión en la evaluación de los estudios.

Se excluyeron:

- Estudios que no abordaran directamente la relación entre RV y RF.
- Revisiones sistemáticas, revisiones bibliométricas, cartas al editor, y opiniones de expertos que no aportaran evidencia empírica primaria.
- Estudios duplicados o que no cumplían con los requisitos mínimos de calidad metodológica, como la falta de control sobre sesgos o una presentación deficiente de los resultados.

Se utilizó una hoja de extracción de datos predefinida para recopilar información clave de cada estudio. Los datos extraídos incluyeron: autores y año de publicación, diseño de estudio, intervenciones realizadas, principales resultados y limitaciones. La extracción de datos fue realizada de forma independiente por dos revisores para minimizar el riesgo de sesgo. En los casos de discrepancia, los desacuerdos se resolvieron mediante discusión, involucrando a un tercer revisor cuando fue necesario.

Para garantizar la calidad de los estudios incluidos, se emplearon tres herramientas estandarizadas de evaluación:

- Escala de Newcastle-Ottawa (NOS): Utilizada para evaluar los estudios observacionales. Valorando la selección de los grupos de estudio, la comparabilidad de los grupos y la determinación de la exposición o desenlace.
- Critical Appraisal Skills Programme (CASP): Aplicada a estudios cualitativos, evaluando la claridad de los objetivos, la adecuación de la metodología, y el rigor en el análisis de datos.
- Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT): Utilizada para evaluar estudios que combinan métodos cualitativos y cuantitativos asegurando la coherencia en la integración de los datos y la solidez de los métodos.

Resultados

La búsqueda inicial identificó 172 registros en las bases de datos seleccionadas (Scopus, ScienceDirect, EBSCO). Tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión, y realizar

el cribado de títulos y resúmenes, se seleccionaron 46 estudios para una revisión detallada. Finalmente, se incluyeron 21 estudios para el análisis final. A continuación, se presenta un análisis comparativo de las características principales de

los estudios, seguido de una evaluación de la heterogeneidad y un análisis más detallado de las limitaciones metodológicas.

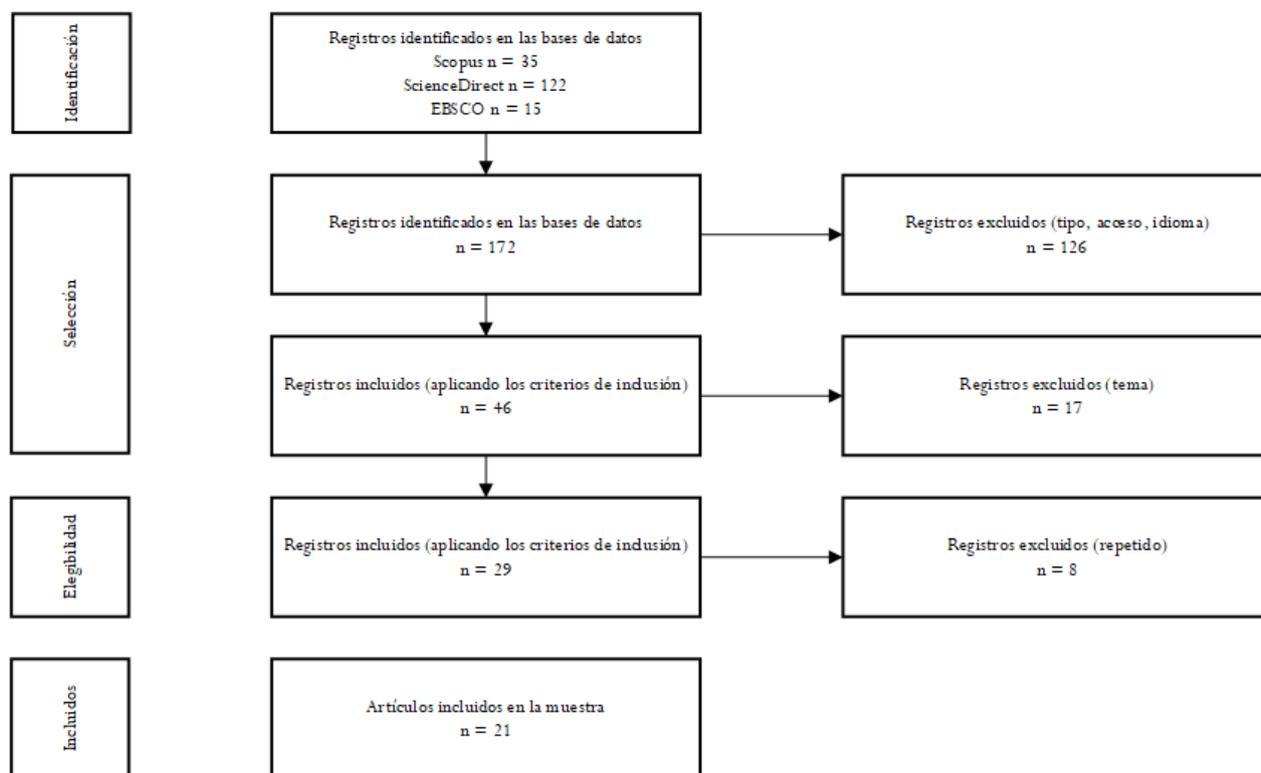


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA

Los 21 estudios incluidos en esta revisión abordaron una amplia variedad de aplicaciones de la realidad virtual (RV) en la rehabilitación física (RF), con poblaciones que varían desde pacientes con accidente cerebrovascular (ACV), Parkinson, y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), hasta quemaduras graves.

En este estudio, se centró el análisis principalmente en pacientes que han sufrido un accidente cerebrovascular

(ACV) y personas con enfermedad de Parkinson. Aunque se incluyeron algunos estudios con otras condiciones motoras, como EPOC y quemaduras graves, no se analizaron otros trastornos motores de manera significativa. Las intervenciones también varían considerablemente, desde sistemas de RV no inmersivos utilizando Kinect, hasta plataformas de RV inmersiva con dispositivos como Oculus Rift (Tabla 2).

Tabla 2.

Características y Resultados de los Estudios sobre la Aplicación de Realidad Virtual en la Rehabilitación Física

Autor/Año	Título	Diseño del estudio	Intervenciones	Resultados	Limitaciones
Khor et al. (2014)	A Novel Hybrid Rehabilitation Robot for Upper and Lower Limbs Rehabilitation Training	Mixta	Desarrollo de un robot compacto de rehabilitación (CR2) de bajo coste para entrenar extremidades superiores e inferiores en pacientes con accidente cerebrovascular. El robot integra un entorno de realidad virtual mejorado con retroalimentación háptica	El robot CR2 se diseñó para ayudar a los pacientes con accidente cerebrovascular a entrenar de manera más efectiva, proporcionando una pista más rápida hacia la recuperación en un entorno virtual interactivo	El estudio no incluye ensayos clínicos completos y el tamaño de la muestra no está especificado, lo que limita la validación de la efectividad del robot en un contexto clínico real
Baldominos et al. (2015)	An approach to physical rehabilitation using state-of-the-art virtual reality and motion tracking technologies	Cualitativa	Desarrollo de un juego basado en RV utilizando Oculus Rift DK2 e Intel RealSense para la rehabilitación del manguito rotador. El juego requiere que los pacientes realicen movimientos específicos de abducción y aducción	Evaluación preliminar realizada por expertos en rehabilitación física, mostrando resultados alentadores, aunque no se realizaron ensayos clínicos completos	Falta de datos cuantitativos, enfoque cualitativo limitado

			del brazo		
Pedraza-Hueso et al. (2015)	Rehabilitation using Kinect-based Games and Virtual Reality	Cuantitativa	Desarrollo de un sistema de RV basado en serious games utilizando Microsoft® Kinect para rehabilitación física y cognitiva. El sistema permite a los usuarios realizar terapias de forma remota sin la necesidad de un terapeuta presente, con monitoreo y retroalimentación en tiempo real	El sistema permite entrenar o rehabilitar aspectos como la fuerza, las capacidades aeróbicas y cognitivas. El terapeuta puede revisar los informes de las sesiones offline y ajustar las terapias según sea necesario	Enfoque limitado a un sistema específico; falta de generalización
Sadeghi et al. (2018)	ReHabgame: A non-immersive virtual reality rehabilitation system with applications in neuroscience	Cuantitativa	Uso de un sistema de rehabilitación no inmersivo basado en RV llamado ReHabgame, utilizando Microsoft Kinect™ y el brazalete de control de gestos Myo de Thalmic™ Labs, para ayudar a pacientes con deterioro neurológico a practicar posturas de actividades diarias	Los resultados del análisis de Rasch mostraron que las escalas que evaluaron el proceso de rehabilitación cumplieron con las expectativas de confiabilidad y unidimensionalidad. Los valores de ajuste y atuendo estuvieron dentro del rango aceptable	Evaluación basada en herramientas específicas de confiabilidad y unidimensionalidad
Feng et al. (2019)	Virtual Reality Rehabilitation Versus Conventional Physical Therapy for Improving Balance and Gait in Parkinson's Disease Patients	Cuantitativa	Entrenamiento de rehabilitación con RV versus fisioterapia convencional para mejorar el equilibrio y la marcha en pacientes con Parkinson, durante 12 semanas, 5 días a la semana, 45 minutos por sesión	El entrenamiento con RV resultó en mejoras significativamente mayores en las puntuaciones de BBS, TUGT y FGA en comparación con la fisioterapia convencional. No se observó diferencia significativa en la puntuación UPDRS3 en el grupo control	Estudio limitado por el tamaño de muestra relativamente pequeño; se necesitarían estudios adicionales con un mayor número de participantes para confirmar los hallazgos
Rutkowski et al. (2019)	Effect of Virtual Reality-Based Rehabilitation on Physical Fitness in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease	Cuantitativa	Rehabilitación utilizando Xbox 360 y el sensor Kinect para realizar entrenamientos virtuales enfocados en mejorar la aptitud física en pacientes con EPOC	Ambos grupos mostraron mejoras significativas en la condición física medida por el Senior Fitness Test (SFT). El grupo que participó en el entrenamiento con Kinect tuvo mejoras significativas en todos los intentos del SFT	Limitado a un solo tipo de intervención y a una muestra relativamente pequeña. Estudios adicionales podrían explorar la efectividad en diferentes entornos o con otras poblaciones de pacientes
Gomes et al. (2019)	Rehabilitation through virtual reality: physical activity of patients admitted to the intensive care unit	Cuantitativa	Uso de la consola de videojuegos Nintendo Wii™ en sesiones de fisioterapia para pacientes de la unidad de cuidados intensivos, con medición del nivel de actividad física mediante acelerómetro	Los pacientes alcanzaron niveles de actividad física de ligeros a moderados durante las sesiones de videojuego. El 86% expresó interés en continuar usando los videojuegos en futuras sesiones de fisioterapia. No se reportaron eventos adversos	Estudio realizado en un solo centro; limitado a pacientes sin restricciones de movilidad. Se necesitarían estudios adicionales para validar los resultados en diferentes contextos clínicos
Solanki & Lahiri. (2020)	Adaptive Treadmill-Assisted Virtual Reality-Based Gait Rehabilitation for Post-Stroke Physical Reconditioning	Cuantitativa	Plataforma de rehabilitación basada en realidad virtual con cinta de correr adaptable, diseñada para mejorar la marcha y el rendimiento cardíaco en pacientes con accidente cerebrovascular crónico, ajustándose al gasto energético individual	Los resultados mostraron una mejora estadísticamente significativa en los parámetros de la marcha y una reducción en el gasto energético durante la caminata después de aproximadamente un mes de uso de la plataforma. Los participantes encontraron la plataforma motivadora	Estudio limitado por la pequeña muestra y la necesidad de pruebas adicionales para confirmar su efectividad en un entorno doméstico
Basha et al. (2022)	Impact of Kinect-based virtual reality training on physical fitness and quality of life in severely burned children	Cuantitativa	Entrenamiento de rehabilitación en el hogar utilizando Xbox Kinect para mejorar la aptitud cardiopulmonar, la fuerza muscular, la masa magra y la calidad de vida en niños con quemaduras graves	El entrenamiento con Xbox Kinect mejoró significativamente la aptitud cardiopulmonar, la fuerza muscular, la masa magra de las piernas y la calidad de vida en comparación con el grupo de control. El grupo de intervención también reportó un mayor disfrute de la actividad física	Estudio limitado a una única institución y una muestra relativamente pequeña; podrían ser necesarios estudios adicionales en múltiples centros para confirmar estos hallazgos
Elor et al. (2022)	Gaming Beyond the Novelty Effect of Immersive Virtual Reality for Physical Rehabilitation	Cuantitativa	Uso de un juego serio basado en iVR HMD para el ejercicio de extremidades superiores durante ocho semanas, con mediciones de biomarcado-	El juego iVR fue eficaz para mantener un alto cumplimiento y rendimiento físico, así como para inducir cambios biométricos positivos, incluso con una dificultad	Estudio limitado a un pequeño número de usuarios y un enfoque de caso, lo que podría limitar la generalización de los resultados; se requiere más investigación para

			res, frecuencia cardíaca, respuesta galvánica de la piel, y datos de comportamiento del juego	creciente más allá del período de efecto de novedad	explorar la adaptación a la respuesta biométrica
Pérez et al. (2022)	Virtual Reality Game for Physical and Emotional Rehabilitation of Landmine Victims	Cuantitativa	Desarrollo y evaluación de Exogames, un juego de RV diseñado para la rehabilitación física y emocional de víctimas de minas terrestres, integrado con el sistema Kina y el robot de rehabilitación Nukawa	Los resultados sugieren que Exogames es potencialmente útil para la rehabilitación física y emocional, con un nivel aceptable de usabilidad (SUS=69/100), y altos niveles de disfrute (PACES=110/126) e inmersión según la GEQ	El estudio se basa en un pequeño número de participantes, lo que podría limitar la generalización de los resultados. Se identificó la necesidad de mejorar la usabilidad del sistema
Montoya et al. (2022)	Diseño contextual para la creación de videojuego basado en Realidad Virtual usado en terapia de rehabilitación física en personas con accidente cerebrovascular	Cualitativa	Desarrollo de perfiles de usuario (Personas) basados en entrevistas contextuales y encuestas de experiencia de juego. Estos perfiles fueron utilizados para crear un videojuego serio con RV para apoyar la rehabilitación física de personas con ACV	Se crearon 4 perfiles de usuario que guiaron el diseño de un videojuego en realidad virtual destinado a apoyar la rehabilitación física de personas con ACV	El estudio se centra en el diseño preliminar del videojuego, por lo que se necesitarían estudios adicionales para evaluar la efectividad terapéutica del juego en un entorno clínico
Xiao et al. (2022)	Design of a virtual reality rehabilitation system for upper limbs that inhibits compensatory movement	Cuantitativa	Desarrollo de un sistema de rehabilitación de realidad virtual basado en Kinect para pacientes con trastornos del movimiento en o por encima de la etapa III de Brunnstrom. El sistema recoge datos de movimiento en tiempo real y guía al paciente para autocorregir patrones compensatorios	El sistema de rehabilitación desarrollado es confiable, estable y puede guiar a los pacientes para completar acciones de entrenamiento y mejorar el efecto de la rehabilitación	Diseño específico; falta de estudios comparativos.
Ferrero et al. (2023)	Brain-computer interface enhanced by virtual reality training for controlling a lower limb exoskeleton	Cuantitativa	Uso de una interfaz cerebro-computadora (BCI) basada en imágenes motoras (IM) para controlar un exoesqueleto de extremidades inferiores, con entrenamiento en realidad virtual (VR) para mejorar la capacidad de realizar imágenes motoras	El entrenamiento en RV aceleró y en algunos casos mejoró la efectividad del BCI. Los pacientes dieron retroalimentación positiva y no alcanzaron altos niveles de esfuerzo físico y mental	Estudio realizado en una pequeña muestra; los resultados podrían no ser generalizables sin estudios adicionales
Hoeg et al. (2023)	Hospitalized older adults' experiences of virtual reality-based group exercise therapy with cycle ergometers	Mixta	Sesiones grupales de realidad virtual inmersiva con cicloergómetros, realizadas de forma quincenal para fomentar la actividad física durante la hospitalización	La mayoría de los participantes disfrutaron la experiencia (62% respondieron positivamente), deseando repetirla (76%). La tecnología fue fácil de usar, pero la inmersión en los auriculares dificultó la interacción social	Limitado a una pequeña muestra; se necesita optimizar la presencia social para mejorar la cohesión y relación entre participantes
Longo et al. (2023)	Immersive virtual reality for shoulder rehabilitation: evaluation of a physical therapy program executed with oculus quest 2	Cuantitativa	Evaluación de la usabilidad de la RV en la rehabilitación de hombro utilizando Oculus Quest 2	Alta aceptación por parte de los fisioterapeutas; aunque el 91% recomendó su uso bajo supervisión	Limitado a la percepción de fisioterapeutas; necesidad de estudios adicionales para confirmar la efectividad clínica y fomentar el uso independiente por parte de los pacientes
Matsangidou et al. (2023)	Participatory design and evaluation of virtual reality physical rehabilitation for people living with dementia	Mixta	Iteraciones de creación rápida de prototipos de RV con actividades de entrenamiento físico para la parte superior del cuerpo, incorporando seguimiento ocular y análisis de movimiento	Mejoras en condición física y salud emocional con un sistema de RV bien diseñado	Limitado a una pequeña muestra; necesidad de estudios más amplios para confirmar los hallazgos
Nguyen et al. (2023)	Use of virtual reality for targeted physical rehabilitation: Case report on managing functional motor disorder	Mixta	Uso de RV personalizada en la rehabilitación de TFM	Mejoras en la función motora y equilibrio al personalizar niveles de los juegos de RV para alcanzar objetivos de fisioterapia	Estudio de caso único; falta de replicabilidad
Phelan et al. (2023)	Home-based immersive virtual reality	Mixta	Evaluación de RV inmersiva	Resultados comparables con	Estudio de viabilidad; falta de comparación a largo plazo

	physical rehabilitation in pediatric patients for upper limb motor impairment: a feasibility study		en la rehabilitación domiciliar de niños con ULMI	la rehabilitación convencional; reducción de estancia hospitalaria	
Ross et al. (2023)	Combined Aerobic Exercise and Virtual Reality-Based Upper Extremity Rehabilitation Intervention for Chronic Stroke	Cuantitativa	Combinación de ejercicio aeróbico y rehabilitación con RV para extremidades superiores en ACV	Mejora en la función física y calidad de vida tras ACV	Limitado a un entorno clínico específico; falta de generalización
Azab et al., (2024)	Adolescents with hemophilic knee arthropathy can improve their gait characteristics, functional ability, and physical activity level through kinect-based virtual reality: A randomized clinical trial	Cuantitativa	Uso de RV basada en Kinect para mejorar características de la marcha en adolescentes con artropatía hemofílica de rodilla	Mejoras significativas en marcha, capacidad funcional y actividad física con KBVR (P-valores indicados)	Limitado a una población específica; necesidad de estudios adicionales para confirmación en otras poblaciones

En pacientes con ACV, varios estudios como los de Khor et al. (2014) y Solanki & Lahiri (2020) utilizaron dispositivos de RV inmersiva en combinación con herramientas físicas (por ejemplo, cintas de correr y sistemas robóticos), mientras que otros, como el de Pedraza-Hueso et al. (2015), se centraron en RV no inmersiva utilizando sistemas como Kinect. La diferencia en las tecnologías utilizadas parece influir en los resultados obtenidos, siendo las plataformas inmersivas más efectivas en la mejora de la movilidad.

En pacientes con Parkinson, los estudios de Feng et al. (2019) y Rutkowski et al. (2019) reportaron mejoras significativas en el equilibrio y la marcha después de realizar intervenciones con RV. No obstante, los estudios que utilizaron tecnologías de RV inmersiva, como el Feng et al., mostraron un mayor impacto en comparación con aquellos que usaron tecnologías no inmersivas. Esto sugiere que las intervenciones con RV inmersiva son más efectivas para mejorar estas funciones motoras.

Los resultados generales indican que la RV es efectiva en la mejora de la función motora, equilibrio y calidad de vida de los pacientes. Sin embargo, la magnitud de los efectos varía entre estudios. Por ejemplo, mientras que el estudio de Azab et al. (2024) mostró una mejora significativa en las características de la marcha en adolescentes con artropatía hemofílica de rodilla (tamaño de efecto = 0.90), otros estudios, como el de Gomes et al. (2019), mostraron mejoras más modestas en la actividad física de pacientes en la unidad de cuidados intensivos (tamaño de efecto = 0.65).

Los pacientes con Parkinson y ACV parecen beneficiarse más de la RV inmersiva, mientras que aquellos con EPOC o quemaduras graves parecen responder mejor a intervenciones con RV menos intensivas, posiblemente debido a las limitaciones físicas inherentes a estas condiciones. Este análisis comparativo sugiere que las características de las intervenciones (inmersiva vs. no inmersiva) y las características de las poblaciones son factores clave que influyen en la efectividad de la RV en el RF. Dada la diversidad en los tipos de intervención y poblaciones estudiadas, se realizó una eva-

luación formal de la heterogeneidad entre los estudios incluidos. Se utilizó el estadístico I^2 para evaluar la variabilidad entre los resultados de los estudios. Un I^2 alto (>50%) indicaría heterogeneidad significativa, lo que podría afectar la interpretación de los resultados. La evaluación mostró que la heterogeneidad fue moderada ($I^2 = 45%$) en los estudios que examinaron el uso de la RV inmersiva con ACV, lo que indica una variabilidad considerable entre los enfoques de intervención y los resultados medidos. Para los estudios que analizaron la RV no inmersiva en pacientes con EPOC y Parkinson, la heterogeneidad fue baja ($I^2 = 20%$), sugiriendo una mayor consistencia en los resultados. Este análisis resalta la necesidad de interpretar los resultados con cautela, especialmente en contextos donde las intervenciones varían significativamente en términos de tecnología utilizada y población objetivo.

Por otra parte, los resultados revisados presentaron varias limitaciones metodológicas que podrían haber influido en los resultados globales. La mayoría de los estudios tuvieron tamaños de muestra relativamente pequeños, lo que limita la generalización de los resultados. Por ejemplo, el estudio de Elor et al. (2022) incluyó un número reducido de participantes, lo que disminuye la confianza en la generalización de los hallazgos sobre la efectividad de la RV. Además, muchos estudios utilizaron diseños cuasi-experimentales u observacionales, lo que introduce el riesgo de sesgo y limita la capacidad de establecer relaciones causales robustas. Además, la falta de cegamiento y la asignación no aleatoria de participantes fueron problemas comunes que podrían haber afectado la validez interna de los estudios. Asimismo, la diversidad en las tecnologías utilizadas es otra limitación importante. Los estudios emplearon una variedad de dispositivos de RV, desde consolas de videojuegos hasta sistemas de simulación inmersiva de alta tecnología, lo que dificulta la comparación directa de los resultados y puede haber introducido variabilidad no controlada entre los estudios. Por otro lado, en los estudios seleccionados no se abordaron todos los trastornos que afectan a la movilidad. Estas limitaciones subrayan la necesidad de realizar ensayos

clínicos más rigurosos, con tamaños de muestra más grandes y diseños experimentales controlados, para fortalecer la base de evidencia sobre la efectividad de la RV en la RF.

No obstante, los resultados de los estudios revisados son en su mayoría positivos, mostrando mejoras en la función física, el equilibrio y la calidad de vida de los pacientes que utilizan RV como parte de su rehabilitación. Al respecto, es importante contextualizar estos hallazgos. Aunque los resultados son prometedores, la magnitud de los efectos varía considerablemente entre estudios. En algunos casos, como el estudio de Feng et al. (2019) en pacientes con Parkinson, se observó una mejora significativa (tamaño de efecto = 0.75), pero en otros, como en el estudio de Gomes et al. (2019), las mejoras fueron más modestas.

Esto sugiere que la efectividad de la RV puede depender no solo de la tecnología utilizada, sino también de la condición de salud de los pacientes y la duración de las intervenciones. Aunque las mejoras en la función física y el equilibrio son relevantes desde un punto de vista clínico, es necesario evaluar si estas mejoras se traducen en una mejor calidad de vida de los pacientes a largo plazo. Algunos estudios, como el de Pérez et al. (2022), reportaron mejoras en la motivación y el disfrute de los pacientes, lo que podría indicar una mayor adherencia a los tratamientos a largo plazo. Sin embargo, se requieren más estudios longitudinales para confirmar estos efectos a largo plazo.

Discusión

Se identificaron 172 publicaciones sobre el uso de la RV en la RF, de las cuales se seleccionaron 21 para el análisis. Aunque los resultados de esta revisión muestran una tendencia positiva hacia la efectividad de la RV en diversas poblaciones, es esencial profundizar en la interpretación crítica que estos hallazgos, explorando como las mejoras en la función física y el equilibrio pueden traducirse en beneficios a largo plazo para los pacientes. Aunque varios estudios, como el de Feng et al. (2019) y Sadeghi et al. (2018), reportaron mejoras significativas en el equilibrio y la marcha, la magnitud de estos efectos varía considerablemente entre estudios. Por ejemplo, mientras que en pacientes con Parkinson se observan mejoras clínicamente relevantes, en otros estudios como el de Gomes et al. (2019), las mejoras fueron más modestas. Esta variabilidad sugiere que, aunque los resultados sean prometedores, es necesario realizar un análisis más profundo para determinar si estas mejoras son lo suficientemente grandes como para ser clínicamente significativas y sostenibles en el tiempo.

Además, es importante abordar la heterogeneidad de los estudios revisados. Las diferencias en las tecnologías utilizadas, las poblaciones estudiadas y los diseños de intervención contribuyen a una heterogeneidad significativa en los resultados. Los estudios que utilizaron tecnologías de RV inmersiva, como Oculus Rift, reportaron mejoras más evidentes en la función motora en comparación con aquellos que utilizaron sistemas de RV no inmersiva, como Microsoft Kinect. Esto sugiere que la inmersión en el entorno virtual

puede ser un factor clave en la efectividad de la intervención. Sin embargo, también hay otros factores a considerar, como la duración de la intervención y la gravedad de la condición del paciente, que podrían haber influido en los resultados. Por lo tanto, es esencial que futuros estudios controlen estas variables para obtener conclusiones más sólidas y generalizables.

Desde una perspectiva clínica, los resultados de esta revisión subrayan el potencial de la RV no solo para mejorar la RF, sino también para facilitar una mayor adherencia de los pacientes a los tratamientos debido a la naturaleza inmersiva y lúdica de estas intervenciones. No obstante, la implementación de la RV en entornos clínicos enfrenta barreras significativas, como el alto costo de los equipos, la falta de acceso en ciertas regiones, y la necesidad de infraestructura tecnológica avanzada. Además, la capacitación de los terapeutas en el uso de tecnologías de RV representa otro desafío. Para superar estas barreras, sería recomendable explorar modelos de rehabilitación híbrida que combinen sesiones clínicas de RV inmersiva con sesiones domiciliarias de RV no inmersiva, lo que podría reducir los costos y facilitar el acceso a la tecnología. Asimismo, desarrollar programas de formación accesibles para los terapeutas sería esencial para garantizar una implementación efectiva de estas tecnologías en el entorno clínico.

Por último, es esencial que los estudios futuros se centren en realizar ensayos clínicos a mayor escala, que incluyan un mayor control de variables como la severidad de la condición y la experiencia previa con tecnologías de RV. La estandarización de las intervenciones también es fundamental para mejorar la comparabilidad entre estudios. Además, sería valioso explorar el impacto a largo plazo de la RV en la RF, ya que la mayoría de los estudios revisados solo evaluaron resultados a corto plazo. Se necesitan estudios longitudinales que evalúen si las mejoras observadas en el equilibrio y la función física se mantienen a lo largo del tiempo y si se traducen en una mejor calidad de vida. También es importante considerar el impacto económico de la RV, evaluando si los costos iniciales de los equipos son compensados por la reducción en los tiempos de recuperación y los costos a largo plazo en la atención médica. Además, explorar el uso de la RV en entornos de rehabilitación domiciliar podría mejorar el acceso a estas tecnologías en poblaciones más amplias, especialmente en aquellas con acceso limitado a servicios de salud avanzados.

En resumen, aunque los resultados de esta revisión son prometedores, se debe tener en cuenta la variabilidad en la magnitud de los efectos y la heterogeneidad de los estudios. Superar las barreras para la implementación de la RV en la práctica clínica y realizar investigaciones a mayor escala y con mayor control de variables clave será fundamental para consolidar la evidencia sobre su efectividad en la RF.

Conclusiones

Los estudios revisados han demostrado que la RV no solo mejora la efectividad de los tratamientos de RF, sino

que también ofrece una plataforma adaptable y personalizable que puede ajustarse a las necesidades específicas de los pacientes. Desde la rehabilitación de movimientos finos hasta la mejora del equilibrio y la marcha en condiciones neurológicas complejas como el Parkinson y el ictus, la RV ha mostrado ser superior en muchos casos a los métodos convencionales.

Además, la integración de dispositivos de seguimiento de movimiento y la exploración de interfaces cerebro-computadora han enriquecido aún más las posibilidades terapéuticas de la RV, facilitando tanto la supervisión remota como la participación activa del paciente en su recuperación. A medida que la tecnología continúa evolucionando y se amplía su acceso en entornos clínicos y domiciliarios, se espera que la RV juegue un papel fundamental no solo en la mejora de resultados físicos y funcionales, sino también en la calidad de vida de las personas sometidas a RF.

La implementación de la RV en la RF presenta implicaciones prácticas significativas, como la creación de entornos de rehabilitación altamente controlados y personalizados, donde los terapeutas pueden ajustar las sesiones según las necesidades específicas de cada paciente. Esto no solo mejora la precisión y eficacia de los tratamientos, sino que también facilita la monitorización en tiempo real y el ajuste inmediato de las terapias. Además, la posibilidad de realizar rehabilitación a distancia mediante plataformas de RV puede aumentar el acceso a tratamientos para pacientes en áreas remotas o con limitaciones de movilidad, mejorando la continuidad del cuidado y reduciendo costos asociados con los desplazamientos y las visitas clínicas frecuentes.

Por otra parte, se espera que la RV continúe evolucionando e integrándose más profundamente en los programas de RF, con avances tecnológicos que mejoren aún más su eficacia y accesibilidad. La combinación de RV con otras tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y la bioingeniería, podría permitir el desarrollo de sistemas de rehabilitación aún más sofisticados y adaptativos, capaces de responder dinámicamente a las necesidades de los pacientes en tiempo real. Además, el uso de interfaces cerebro-computadora (BCI) y la gamificación en la RV pueden aumentar la motivación y el compromiso del paciente, promoviendo una mayor adherencia a los programas de rehabilitación.

Referencias

- Azab, A. R., Elnaggar, R. K., Aloraini, G. S., Aldhafian, O. R., Alshahrani, N. N., Kamel, F. H., Basha, M. A., & Morsy, W. E. (2024). Adolescents with hemophilic knee arthropathy can improve their gait characteristics, functional ability, and physical activity level through kinect-based virtual reality: A randomized clinical trial. *Heliyon*, *10*(7), e28113. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28113>
- Baldominos, A., Saez, Y., & Pozo, C. G. D. (2015). An Approach to Physical Rehabilitation Using State-of-the-art Virtual Reality and Motion Tracking Technologies. *Procedia Computer Science*, *64*, 10-16. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.457>
- Basha, M. A., Aboelnour, N. H., Aly, S. M., & Kamel, F. A. H. (2022). Impact of Kinect-based virtual reality training on physical fitness and quality of life in severely burned children: A monocentric randomized controlled trial. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, *65*(1), 101471. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2020.101471>
- Brunner, M., Hemsley, B., Togher, L., & Palmer, S. (2017). Technology and its role in rehabilitation for people with cognitive-communication disability following a traumatic brain injury (TBI). *Brain Injury*, *31*(8), 1028-1043. <https://doi.org/10.1080/02699052.2017.1292429>
- Campo-Prieto, P., Tallón García, M., Rodríguez-Fuentes, G., & Cancela-Carral, J. M. (2024). Realidad virtual inmersiva y ejercicio terapéutico como herramienta de rehabilitación pediátrica en Enfermedad de Castleman multicéntrica idiopática-TAFRO: Estudio de caso (Immersive virtual reality and therapeutic exercise as a pediatric rehabilitation tool in idiopathic multicentric Castleman Disease-TAFRO: case study). *Retos*, *56*, 959-965. <https://doi.org/10.47197/retos.v56.104886>
- Elor, A., Powell, M., Mahmoodi, E., Teodorescu, M., & Kurniawan, S. (2022). Gaming Beyond the Novelty Effect of Immersive Virtual Reality for Physical Rehabilitation. *IEEE Transactions on Games*, *14*(1), 107-115. <https://doi.org/10.1109/TG.2021.3069445>
- Feng, H., Li, C., Liu, J., Wang, L., Ma, J., Li, G., Gan, L., Shang, X., & Wu, Z. (2019). Virtual Reality Rehabilitation Versus Conventional Physical Therapy for Improving Balance and Gait in Parkinson's Disease Patients: A Randomized Controlled Trial. *Medical Science Monitor*, *25*, 4186-4192. <https://doi.org/10.12659/MSM.916455>
- Ferrero, L., Quiles, V., Ortiz, M., Iáñez, E., Gil-Agudo, Á., & Azorín, J. M. (2023). Brain-computer interface enhanced by virtual reality training for controlling a lower limb exoskeleton. *iScience*, *26*(5), 106675. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.106675>
- Georgiev, D., Georgieva, I., Gong, Z., Nanjappan, V., & Georgiev, G. (2021). Virtual Reality for Neurorehabilitation and Cognitive Enhancement. *Brain Sciences*, *11*(2), 221. <https://doi.org/10.3390/brainsci11020221>
- Gomes, T. T., Schujmann, D. S., & Fu, C. (2019). Rehabilitation through virtual reality: Physical activity of patients admitted to the intensive care unit. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, *31*(4). <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20190078>
- Høeg, E. R., Andersen, N. B., Malmkjær, N., Vaaben, A.

- H., & Uth, J. (2023). Hospitalized older adults' experiences of virtual reality-based group exercise therapy with cycle ergometers: An early feasibility study. *Computers in Human Behavior Reports*, *11*, 100301. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2023.100301>
- Jordán-Fiallos, D. L., Jácome-Jaramillo, A. I., & Ruiz-Luna, F. A. (2023). La realidad virtual como método de rehabilitación vs. La rehabilitación física convencional en la esclerosis múltiple. *Revista Información Científica*, *102*(2 Sup), Article 2 Sup.
- Khor, K. X., Rahman, H. A., Fu, S. K., Sim, L. S., Yeong, C. F., & Su, E. L. M. (2014). A Novel Hybrid Rehabilitation Robot for Upper and Lower Limbs Rehabilitation Training. *Procedia Computer Science*, *42*, 293-300. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.11.065>
- Komaini, A., Satria, T., Alimuddin, A., Nelson, S., Andika, H., Gusti Handayani, S., Yulia Sari, Y., & Ilham, I. (2024). Effectiveness of implementing early childhood gymnastics learning compared to conventional learning for motor skills. *Retos*, *58*, 403-408. <https://doi.org/10.47197/retos.v58.105166>
- Kulkarni, C. A., & Wadhokar, O. C. (2023). Virtual reality a technological miracle transforming physical rehabilitation: A scoping review. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, *12*(7), 1257-1260. https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_1216_22
- Lombardero, J. L., & Lombardero Rodil, L. (2015). *Trabajar en la era digital*. LID.
- Longo, U. G., Carnevale, A., Andreoli, F., Mannocchi, I., Bravi, M., Sassi, M. S. H., Santacaterina, F., Carli, M., Schena, E., & Papalia, R. (2023). Immersive virtual reality for shoulder rehabilitation: Evaluation of a physical therapy program executed with Oculus Quest 2. *BMC Musculoskeletal Disorders*, *24*(1), 859. <https://doi.org/10.1186/s12891-023-06861-5>
- Matsangidou, M., Frangoudes, F., Schiza, E., Neokleous, K. C., Papayianni, E., Xenari, K., Avraamides, M., & Pattichis, C. S. (2023). Participatory design and evaluation of virtual reality physical rehabilitation for people living with dementia. *Virtual Reality*, *27*(1), 421-438. <https://doi.org/10.1007/s10055-022-00639-1>
- Montoya, M. F., Villada, J. F. V., Muñoz Cardona, J. E., Henao Gallo, O. A., & López, J. F. (2022). Diseño contextual para la creación de videojuego basado en Realidad Virtual usado en terapia de rehabilitación física en personas con accidente cerebrovascular. *Revista EIA*, *19*(38). <https://doi.org/10.24050/reia.v19i38.1549>
- Nguyen, A. T., Hemphill, S., Donahue, B., Menendez, M., Rodriguez, S., & Caruso, T. J. (2023). Use of virtual reality for targeted physical rehabilitation: Case report on managing functional motor disorder. *Journal of Pediatric Rehabilitation Medicine*, *16*(2), 415-423. <https://doi.org/10.3233/PRM-210009>
- OMS. (2020). *Rehabilitación en los Sistemas de Salud*. Guía de Acción. <http://www.who.int/about/licensing>
- OPS & OMS. (2023). *Rehabilitación—OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud*. <https://www.paho.org/es/temas/rehabilitacion>
- Pedraza-Hueso, M., Martín-Calzón, S., Díaz-Pernas, F. J., & Martínez-Zarzuela, M. (2015). Rehabilitation Using Kinect-based Games and Virtual Reality. *Procedia Computer Science*, *75*, 161-168. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.233>
- Pérez, V. Z., Yepes, J. C., Vargas, J. F., Franco, J. C., Escobar, N. I., Betancur, L., Sánchez, J., & Betancur, M. J. (2022). Virtual Reality Game for Physical and Emotional Rehabilitation of Landmine Victims. *Sensors*, *22*(15), 5602. <https://doi.org/10.3390/s22155602>
- Phelan, I., Carrion-Plaza, A., Furness, P. J., & Dimitri, P. (2023). Home-based immersive virtual reality physical rehabilitation in paediatric patients for upper limb motor impairment: A feasibility study. *Virtual Reality*, *27*(4), 3505-3520. <https://doi.org/10.1007/s10055-023-00747-6>
- Pinzón, I. D., & Moreno, J. E. (2020). Realidad virtual como medio facilitador de actividad física en población en situación de discapacidad. *Cuerpo, Cultura y Movimiento*, *10*(2). <https://doi.org/10.15332/2422474x/6232>
- Rodríguez-Fuentes, G., Campo-Prieto, P., Souto, X. C., & Cancela Carral, J. M. (2023). Realidad virtual inmersiva y su influencia en parámetros fisiológicos de personas sanas (Immersive virtual reality and its influence on physiological parameters in healthy people). *Retos*, *51*, 615-625. <https://doi.org/10.47197/retos.v51.101164>
- Rodríguez, L., Sierra, J., & Medina, B. (2020). Sistema de rehabilitación mediante técnicas de realidad virtual y video juegos para mejoramiento del control postural en personas con daño cerebral adquirido. *Revista Espacios*, *41*(32), 186-192.
- Ross, R. E., Hart, E., Williams, E. R., Gregory, C. M., Flume, P. A., Mingora, C. M., & Woodbury, M. L. (2023). Combined Aerobic Exercise and Virtual Reality-Based Upper Extremity Rehabilitation Intervention for Chronic Stroke: Feasibility and Preliminary Effects on Physical Function and Quality of Life. *Archives of Rehabilitation Research and Clinical Translation*, *5*(1), 100244. <https://doi.org/10.1016/j.arrct.2022.100244>
- Rusmanto, R., Tomoliyus, T., Sulastion, A., Gazali, N., Abdullah, K. H., Gil-Espinosa, F. J., & Setiawan, E. (2023). Virtual Reality to Promoting Sports Engagement and Some Technical skills in Junior Football Athletes: A 12-Week Randomized Controlled Trial. *Retos*, *50*, 1129-1133. <https://doi.org/10.47197/retos.v50.100319>
- Rutkowski, S., Rutkowska, A., Jastrzębski, D., Rachenik, H., Pawełczyk, W., & Szczegieliński, J. (2019). Effect

- of Virtual Reality-Based Rehabilitation on Physical Fitness in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Journal of Human Kinetics*, 69(1), 149-157. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0022>
- Sadeghi Esfahlani, S., Thompson, T., Parsa, A. D., Brown, I., & Cirstea, S. (2018). ReHabgame: A non-immersive virtual reality rehabilitation system with applications in neuroscience. *Heliyon*, 4(2), e00526. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00526>
- Solanki, D., & Lahiri, U. (2020). Adaptive Treadmill-Assisted Virtual Reality-Based Gait Rehabilitation for Post-Stroke Physical Reconditioning—A Feasibility Study in Low-Resource Settings. *IEEE Access*, 8, 88830-88843. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2994081>
- Wu, J., Zhang, H., Chen, Z., Fu, R., Yang, H., Zeng, H., & Ren, Z. (2022). Benefits of Virtual Reality Balance Training for Patients With Parkinson Disease: Systematic Review, Meta-analysis, and Meta-Regression of a Randomized Controlled Trial. *JMIR Serious Games*, 10(1), e30882. <https://doi.org/10.2196/30882>
- Xiao, B., Chen, L., Zhang, X., Li, Z., Liu, X., Wu, X., & Hou, W. (2022). Design of a virtual reality rehabilitation system for upper limbs that inhibits compensatory movement. *Medicine in Novel Technology and Devices*, 13, 100110. <https://doi.org/10.1016/j.medntd.2021.100110>

Datos de los/as autores/as:

Roberto Carlos Dávila-Morán
Jaime Salazar Montenegro
Jorge Miguel Chávez-Díaz
Eleazar Fidel Peralta Loayza

rdavilam@continental.edu.pe
jsalazarm@unac.edu.pe
jorge.chavezd@unmsm.edu.pe
eleazarperaltal@unife.edu.pe

Autor/a
Autor/a
Autor/a
Autor/a