



Fecha de recepción: 7 de mayo de 2024
Fecha de aceptación: 24 de febrero de 2025

REVISIÓN SISTEMÁTICA

<https://dx.doi.org/10.14482/sun.41.03.530.063>

Aplicación de imágenes motoras en el proceso de pacientes con enfermedad de Parkinson por medio de realidad virtual: Revisión sistemática

Application of motor imagery in the processing of patients with Parkinson's disease using virtual reality: Systematic review

SERGIO BARBOSA-GRANADOS¹, VALENTINA CASTAÑO-ÁLVAREZ²

¹ Psicólogo, Universidad Autónoma de Bucaramanga (Colombia). Magíster en Neuropsicología Clínica, Universidad Internacional de Valencia (España). Profesor e investigador, Universidad Cooperativa de Colombia, sede Pereira. sergio.barbosag@campusucc.edu.co. <https://orcid.org/0000-0002-2582-2495>

² Psicóloga, Universidad Católica de Pereira (Colombia). Magíster en Neuropsicología y Educación, Universidad Internacional de La Rioja (España). Neuropsicóloga, Pereira (Colombia). psicologavalentinacastano@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0002-0520-5307>

Correspondencia: Sergio Barbosa-Granados. sergio.barbosag@campusucc.edu.co

RESUMEN

Introducción: La enfermedad de Parkinson es un trastorno neurodegenerativo progresivo caracterizado por alteraciones motoras y cognitivas que representan un deterioro, especialmente en poblaciones de adultos mayores. Sin embargo, los avances en neurociencias han permitido el desarrollo de tecnologías innovadoras, como la Imaginería Motora asistida por Realidad Virtual, que ofrecen nuevas perspectivas para la rehabilitación neuromotora. Estas herramientas permiten a los pacientes visualizar y controlar su cuerpo de manera autónoma sin necesidad de movimiento físico, gracias a sensores de alta precisión integrados en equipos de realidad virtual. Esta estrategia no solo optimiza la activación de circuitos neuronales implicados en el control motor, sino que también facilita la neuroplasticidad, contribuyendo así a la mejora funcional en personas con enfermedad de Parkinson.

Objetivo: Realizar una revisión sistemática sobre la aplicación del entrenamiento de imágenes motoras en el proceso de pacientes con enfermedad de Parkinson por medio de realidad virtual.

Metodología: Los datos de la revisión sistemática fueron recopilados siguiendo las directrices del grupo PRISMA. La búsqueda se realizó en bases de datos reconocidas, como Scopus, Web of Science y PubMed. Para la selección de los estudios se aplicaron criterios de inclusión que consideraban artículos publicados en los últimos 10 años, escritos en inglés o español y con revisión por al menos tres pares académicos. Se emplearon palabras clave como “Enfermedad de Parkinson”, “salud mental”, “neuropsicología”, “realidad virtual”, “rehabilitación”, “Imaginería Motora” y “neurotecnología”. Tras aplicar estos filtros se incluyeron siete estudios en la revisión. Los criterios de exclusión, por su parte, se establecieron de acuerdo con la estrategia PICOS previamente definida.

Resultados: Los resultados resaltan el potencial de las imágenes motoras y la realidad virtual en la rehabilitación de pacientes con enfermedad de Parkinson, especialmente en la mejora del equilibrio y la marcha. La incorporación de tecnologías emergentes como la realidad virtual promete avances significativos en la rehabilitación de la función motora de estos pacientes, ya que permite una práctica intensiva y repetitiva en entornos controlados y personalizados. Ofreciendo retroalimentación en tiempo real, lo que mejora el aprendizaje motor y la neuroplasticidad. También puede aumentar la motivación y la adherencia a la terapia, factores claves para la recuperación funcional.

Conclusión: Los estudios sugieren que la combinación de imaginería motora y realidad virtual puede mejorar las funciones motoras en pacientes con enfermedad de Parkinson, especialmente en equilibrio y marcha. Sin embargo, aunque los resultados preliminares son prometedores, aún se requiere mayor evidencia científica para validar su efectividad en distintas etapas de la enfermedad. Es fundamental realizar investigaciones con un enfoque metodológico riguroso para determinar su aplicabilidad clínica. A medida que la tecnología avanza y los dispositivos de realidad virtual se

vuelven más accesibles, su integración en la rehabilitación podría representar una alternativa viable y efectiva, siempre que futuros estudios confirmen su impacto positivo en la recuperación motora.

Palabras clave: Enfermedad de Parkinson, neuropsicología, salud mental, neurotecnología, realidad virtual, imaginación motora, rehabilitación.

ABSTRACT

Introduction: Parkinson's Disease is a progressive neurodegenerative disorder characterized by motor and cognitive alterations that represent a deterioration, especially in elderly populations. However, advances in neuroscience have enabled the development of innovative technologies, such as Motor Imagery assisted by Virtual Reality, which offer new perspectives for neuromotor rehabilitation. These tools allow patients to visualize and control their bodies autonomously without the need for physical movement, thanks to high-precision sensors integrated into virtual reality equipment. This strategy not only optimizes the activation of neural circuits involved in motor control but also facilitates neuroplasticity, thus contributing to functional improvement in people with Parkinson's Disease.

Objective: To conduct a systematic review on the application of motor imagery training in the process of patients with Parkinson's disease using virtual reality.

Methodology: The systematic review data were collected following the PRISMA group guidelines. The search was conducted in recognized databases, such as Scopus, Web of Science, and PubMed. For the selection of studies, inclusion criteria were applied that considered articles published in the last 10 years, written in English or Spanish, and peer-reviewed by at least three academic peers. Keywords such as "Parkinson's Disease", "mental health", "neuropsychology", "virtual reality", "rehabilitation", "Motor Imagery", and "neurotechnology" were used. After applying these filters, seven studies were included in the review. The exclusion criteria, for their part, were established according to the previously defined PICOS strategy.

Results: The results highlight the potential of motor imagery and virtual reality in the rehabilitation of patients with Parkinson's disease, especially in improving balance and gait. The incorporation of emerging technologies such as virtual reality promises significant advances in the rehabilitation of motor function in these patients, as it allows intensive and repetitive practice in controlled and personalized environments. It offers real-time feedback, which improves motor learning and neuroplasticity. It can also increase motivation and adherence to therapy, key factors for functional recovery.

Conclusion: Studies suggest that the combination of motor imagery and virtual reality can improve motor functions in patients with Parkinson's disease, especially in balance and gait. However,

although preliminary results are promising, more scientific evidence is still required to validate its effectiveness at different stages of the disease. It is essential to conduct research with a rigorous methodological approach to determine its clinical applicability. As technology advances and virtual reality devices become more accessible, their integration into rehabilitation could represent a viable and effective alternative, provided that future studies confirm their positive impact on motor recovery.

Keywords: Parkinson's Disease, neuropsychology, mental health, neurotechnology, virtual reality, motor imagery, rehabilitation.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad de Parkinson (EP) es un trastorno neurológico progresivo caracterizado por un gran número de rasgos motores y no motores que pueden afectar a la función del individuo en un grado variable (1, 2). Adicionalmente, la EP presenta capas evolutivas de complejidad. Las cuales se han caracterizado por los rasgos motores clásicos del parkinsonismo asociados a los cuerpos de Lewy y la pérdida de neuronas dopaminérgicas en la sustancia negra (3, 4). Sin embargo, en la actualidad se reconoce que la sintomatología de la enfermedad de Parkinson es heterogénea, con rasgos no motores clínicamente significativos (1, 5).

La causa de la EP sigue siendo desconocida. Sin embargo, ya no se considera que el riesgo de desarrollarla se deba principalmente a factores ambientales (6). En su lugar, la EP parece ser el resultado de una complicada interacción de factores genéticos y ambientales que afectan a numerosos procesos celulares fundamentales (7). La complejidad de la EP va acompañada de retos clínicos, como la incapacidad de realizar un diagnóstico definitivo en las fases más tempranas de la enfermedad y las dificultades en el tratamiento de los síntomas en fases posteriores. Además, no existen tratamientos que ralenticen el proceso neurodegenerativo (8, 9).

En este sentido, la EP es el segundo trastorno neurodegenerativo más común después de la enfermedad de Alzheimer; lo que plantea una creciente carga social y económica a medida que la población envejece (10, 11). A pesar del progresivo interés científico, se cree que procesos como la disfunción mitocondrial, el estrés oxidativo y la proteína mal plegada desempeñan un papel clave en su desarrollo, interactuando con factores no genéticos y genes de susceptibilidad (12,13).

Por otro lado, las innovaciones tecnológicas en el campo de las neurociencias han abierto nuevas oportunidades para comprender la función cerebral y los fundamentos neuronales de los trastornos neuropsiquiátricos y el comportamiento social. Estos avances han creado ventanas que antes estaban cerradas para la comprensión de la actividad cerebral, proporcionando oportunidades sin precedentes para recopilar, almacenar, compartir y manipular información proveniente del cerebro humano (14). Como resultado, el interés público y el respaldo a la investigación neurocientífica han experimentado un notable aumento, impulsados por iniciativas como el proyecto de la Década del Cerebro y otras iniciativas diversas relacionadas con el estudio de la corteza cerebral (15). Este creciente apoyo ha generado nuevas intersecciones entre la neurociencia y la sociedad, fomentando una colaboración más estrecha y prometedora (16).

Sin embargo, el uso de la neurotecnología plantea desafíos significativos en términos de los principios de los derechos humanos, que deben ser abordados para evitar consecuencias no deseadas (17). De hecho, el concepto de integridad mental ha emergido como un tema central en las discusiones sobre la regulación de las neurotecnologías (18). Se sostiene que tecnologías como la estimulación cerebral profunda y las interfaces cerebro-ordenador representan una amenaza singular para la integridad mental, y algunos investigadores han abogado por la implementación de un derecho legal que la proteja (19).

A su vez, existe un riesgo real de que la tecnología se utilice con el propósito de reducir costos o aumentar la eficiencia, a expensas de la calidad de la atención, disminuyendo la interacción personal o incluso eliminando por completo la participación de seres humanos. Esto podría dar lugar a una especie de “carrera hacia la aplicación” en la que se prioriza la tecnología sobre la necesidad humana (20). No obstante, es importante reconocer que siempre se requerirá la presencia humana cuando se implementen intervenciones conductuales, y la tecnología debe ser utilizada de manera complementaria para potenciar la interacción humana, en lugar de reemplazarla (21).

Más recientemente, el entrenamiento con realidad virtual (RV) se ha explorado como posible terapia complementaria para personas con disfunciones motoras y mentales (22, 23). La finalidad de la terapia de RV como tratamiento de las disfunciones motoras y cognitivas es mejorar la neuroplasticidad del cerebro, haciendo que los usuarios participen en un entrenamiento multisensorial (24-26).

De hecho, los entornos virtuales interactivos están ganando cada vez más relevancia en el campo de la neurorrehabilitación como una herramienta para promover movimientos intencionados. En consecuencia, la RV presenta numerosas ventajas, como: (a) permitir a los pacientes visualizar y ajustar sus movimientos en tiempo real dentro de un mundo virtual, (b) ofrecer la oportunidad de realizar prácticas intensivas y variadas con costos de intervención reducidos, (c) desarrollar y aplicar protocolos de ejercicio personalizados y (d) tener la capacidad de monitorizar el progreso del paciente, lo que puede aumentar significativamente la motivación de los sujetos (27-30).

En lo que respecta a pacientes con enfermedad de Parkinson, también se han hallado beneficios del uso de la RV, debido a que simula entornos similares al mundo real y permite a los usuarios interactuar en un espacio de tercera dimensión (3D) (31). En este sentido y dependiendo del grado de inmersión, se distinguen tres tipos de RV: (a) no inmersiva (usada con pantalla de ordenador o consola de videojuegos), (b) semiinmersiva (mediante el uso de grandes pantallas o proyecciones para experimentar visualmente espacios virtuales en 3D) y (c) totalmente inmersiva (uso de dispositivos como pantallas montadas en la cabeza) (32). Todos los grados de inmersión de RV permiten a los pacientes con EP enfrentar situaciones difíciles de forma segura, beneficiando su rehabilitación (33, 34).

Así mismo, la rehabilitación basada en la RV ha arrojado resultados prometedores en la mejora de las actividades de la vida diaria en pacientes que padecen trastornos neurológicos y musculoesqueléticos (10, 35). Además, se ha constatado que la rehabilitación basada en RV también puede tener un impacto significativo en la mejora del equilibrio y la marcha en pacientes con EP (36, 37). A su vez, algunas intervenciones, como la utilización de RV personalizada, han demostrado su eficacia en la mejora de habilidades cognitivas como la atención y la memoria (38, 39). En consecuencia, estas intervenciones pueden ofrecer beneficios sustanciales para abordar los síntomas no motores en pacientes con EP, como el deterioro cognitivo leve o la demencia asociada a esta enfermedad (33, 40, 41).

En cuanto a la Imaginería Motora (IM), es la simulación mental de actividades sin requerir movimiento físico ni activación muscular discernible. Su eficacia en la mejora de las habilidades motoras ha sido comprobada, especialmente en el contexto de trastornos neurológicos que impactan tanto en el reconocimiento como en la ejecución de movimientos. Su implementación permite activar mecanismos compensatorios que facilitan la planificación y conceptualización del movi-

miento voluntario, favoreciendo la reorganización neuronal y la funcionalidad motora. Además, su efectividad es independiente del tratamiento farmacológico, lo que la convierte en una herramienta terapéutica complementaria con gran potencial en la rehabilitación de la EP (42).

En consecuencia, la IM se basa en el proceso de aprendizaje explícito y la RV, en el aprendizaje implícito. Ambas técnicas pueden utilizarse como estrategias complementarias, proporcionando tratamientos combinados para mejorar el equilibrio, la función motora gruesa (marcha) entre los pacientes que sufren EP (2,43-49). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es realizar una revisión sistemática sobre la aplicación del entrenamiento con imágenes motoras en el proceso de pacientes con enfermedad de Parkinson por medio de realidad virtual.

METODOLOGÍA

Los datos de revisión sistemática se han recopilado siguiendo rigurosamente las directrices establecidas por el grupo PRISMA (acrónimo de *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). Estas directrices se han seguido para garantizar la organización del proceso, fortalecer la validez en términos de elegibilidad y asegurar la replicabilidad (50). La búsqueda se ha realizado en bases de datos de alta calidad, como: Scopus, WoS y PubMed, que son conocidas por su fiabilidad y la abundancia de artículos de investigación y revisiones sistemáticas disponibles (51).

A su vez, la evaluación del riesgo de sesgo en los estudios incluidos en este estudio se realizó mediante un análisis detallado de la calidad metodológica (52, 53). No obstante, se optó por una evaluación manual de la calidad metodológica, considerando aspectos claves como la claridad en los criterios de inclusión y exclusión, la definición precisa de la población y variables de estudio, el uso de métodos estadísticos adecuados y la transparencia en la presentación de los resultados.

Además, para fortalecer la validez de la selección y análisis de los estudios, se llevó a cabo una evaluación por pares, en la cual los autores realizaron una revisión independiente de los artículos incluidos, contrastando los hallazgos y asegurando un proceso más riguroso. Esta estrategia permitió identificar posibles sesgos en la recopilación y análisis de datos, contribuyendo a la solidez y confiabilidad de la revisión.

Estrategia de búsqueda

La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo aplicando criterios y características específicas que son altamente relevantes para la investigación. Esta estrategia permitió obtener una selección minuciosa y precisa de los artículos. Se utilizaron filtros basados en palabras clave, títulos y resúmenes, y la búsqueda se actualizó por última vez en septiembre de 2023.

No obstante, en Scopus se utilizó la siguiente búsqueda: (TITLE-ABS-KEY (“virtual reality”) AND TITLE-ABS-KEY (“Parkinson” OR “Parkinson disease”) AND TITLE-ABS-KEY (“motor imagery”)) y se obtuvo un total de 15 documentos. Por su parte, en WoS se utilizó la siguiente búsqueda: “virtual reality” (All Fields) AND “Parkinson” OR “Parkinson disease” (All Fields) AND “motor imagery” (All Fields) y se obtuvo un total de 13 documentos. Adicionalmente, se realizó búsqueda en PubMed con los siguientes criterios de búsqueda: ((“virtual reality”) AND (“Parkinson” OR “Parkinson disease”)) AND (“motor imagery”) y se obtuvo un total de 9 artículos.

Criterios de inclusión

En el proceso de selección de artículos que concordaron con nuestras variables de búsqueda, se aplicaron criterios de inclusión al examinar los resúmenes. Posteriormente, se procedió a realizar filtrado, clasificación y selección de documentos de acuerdo con su pertinencia al objeto de estudio. Estos criterios de inclusión se basaron en: a) la publicación en idioma español o inglés, b) debe tener revisión por pares los artículos, c) la tipología del estudio, que podía ser tanto estudios primarios como secundarios. d) se consideró la fecha de publicación dentro de los últimos 10 años. Estos criterios de selección se alinearon seguidamente con la estrategia PICOS (54).

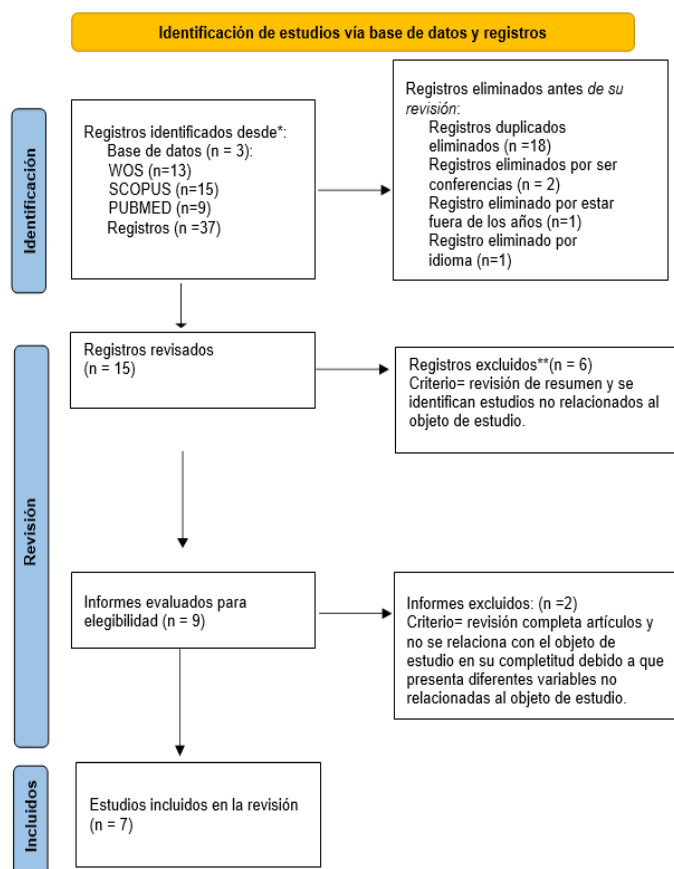
Extracción de datos

En lo que refiere a la extracción de datos, se realizó una revisión detallada de la documentación y se analizaron las causas que motivaron a la exclusión de determinados artículos, tras someterlos a análisis de calidad. En este sentido, se implementó un protocolo específico para la selección de los artículos que conforman esta revisión, a fin de extraer y retener los elementos más relevantes para la investigación. Este protocolo ha comprendido los siguientes componentes: (a) detalles del estudio, englobando información como la fuente de la base de datos, autoría y afiliación de los autores, título del artículo y año de publicación, (b) diseño del estudio y metodología, diferen-

ciando entre aspectos primarios y secundarios de relevancia, (c) palabras clave significativas y (d) principales observaciones y resultados destacados del estudio.

Simultáneamente, se procedió a la descarga de los artículos completos desde diversas fuentes de bases de datos y plataformas digitales, seguido de la verificación de la integridad de los datos recopilados. En cuanto a la evaluación de la calidad de los artículos incorporados en este estudio, se llevaron a cabo tres categorías distintas. En consecuencia, se seleccionaron artículos sólidos para este estudio, definidos como aquellos que no recibieron calificaciones “negativas” en ninguna de las subcategorías evaluadas, que incluyeron revisión por pares, idioma de publicación, diseño del estudio, año de publicación y los cuatro componentes del modelo PICOS. En contraste, los artículos de calificación moderada solo presentaron una calificación “negativa” en una subcategoría, mientras que los de calidad inferior obtuvieron calificaciones “negativas” en dos o más subcategorías. Por lo tanto, se optó exclusivamente por incluir los artículos categorizados como sólidos, lo que resultó en una selección final de siete artículos para su posterior análisis y revisión científica.

Ahora bien, en la figura se presenta la síntesis de los resultados acorde con el proceso de selección de artículos y extracción de datos bajo el procedimiento PRISMA. Según estos criterios, en la fase de identificación se consideraron 37 artículos en las tres bases de datos. De los cuales fueron eliminados 22 artículos antes de su revisión. Lo anterior tras eliminar duplicados ($n = 18$), productos de conferencia ($n = 2$), artículo por fuera de la ventana de los 10 años ($n = 1$) y un artículo por estar en idioma alemán. Por su parte, en la fase de revisión se procedió a leer el resumen de los 15 artículos que quedaron del primer filtro, a partir de la lectura de resúmenes, se descartaron 6 artículos, principalmente por tratarse de estudios que no estaban relacionados con el objeto de estudio de este trabajo. Posteriormente, se realizó un segundo filtro, en el cual se procedió a leer en su completitud los artículos evaluados para elegibilidad ($n = 9$) de los cuales se eliminaron dos artículos debido a que los estudios presentaban variables no relacionadas, al objeto de estudio. Finalmente, en la fase de inclusión, siete artículos cumplieron con los criterios y se seleccionaron para llevar a cabo la revisión sistemática.



Fuente: elaboración propia.

Figura. Filtrado de artículos de la revisión sistemática según flujo PRISMA

RESULTADOS

En la tabla 1 se presentan los diferentes documentos seleccionados para la revisión sistemática en relación con el objeto de este estudio. Además, los documentos se encuentran ordenados en función cronológica con la finalidad de facilitar la comprensión y lectura de los resultados. A su vez, se desglosa la información sobre los siete artículos incluidos en la revisión sistemática (autores, título del artículo, muestra, metodología y resultados).

Tabla. Artículos incluidos en la revisión sistemática

Autores	Título	Muestra	Metodología	Resultados
Mirelman et al. (43)	Virtual Reality and Motor Imagery: Promising tools for assessment and therapy in Parkinson's disease.	Se identificaron 16 artículos: 4 utilizaron IM y 12 RV para la evaluación y el tratamiento de los trastornos de la marcha en la EP.	Revisión sistemática	Se encontraron hallazgos alentadores sobre los beneficios potenciales del uso de la IM y la RV en la EP, aunque todavía se necesita más investigación de buena calidad.
Behrendt y Schuster-Amft, (25)	Using an interactive virtual environment to integrate a digital Action Research Arm Test, motor imagery and action observation to assess and improve upper limb motor function in patients with neuromuscular impairments: a usability and feasibility study protocol.	75 pacientes con deficiencias neuromusculares (incluyendo pacientes con EP).	Estudio observacional: participación en un entrenamiento de 4 semanas con el sistema Bi-Manu-Trainer (BM-T) y RV.	Los resultados ofrecen recomendaciones y conocimientos relativos a la aplicación de tareas de observación en la acción e IM utilizando un sistema de entrenamiento.
Kashif et al. (28)	Effects of virtual reality with motor imagery techniques in patients with Parkinson's disease: study protocol for a randomized controlled trial.	34 pacientes con EP (estadios I-III) asignados aleatoriamente en una proporción de 1:1	Ensayo controlado aleatorizado de diseño paralelo de dos brazos, simple ciego (cegado por el evaluador), unicéntrico, y protocolo de estudio basado en las directrices SPIRIT.	Se realizó el registro del protocolo clínico en el registro iraní de ensayos clínicos. Sin embargo, los datos no aparecen en este estudio y se deja para futuros trabajos de los autores.
Kashif, Ahmad, Bandpei, Gillani, et al. (46)	Combined effects of virtual reality techniques and motor imagery on balance, motor function and activities of daily living in patients with Parkinson's disease: a randomized controlled trial.	44 pacientes, de ambos sexos, que padecían EP idiopática fueron asignados aleatoriamente a dos grupos mediante métodos de sorteo. Ambos grupos recibieron tratamiento de fisioterapia (PT), mientras que el grupo experimental (N: 20) recibió RV e IM además de PT.	Ensayo controlado aleatorio de diseño paralelo.	La RV con técnicas de IM, además de la fisioterapia rutinaria, mejoró significativamente la función motora, el equilibrio y las AVD en pacientes con EP en comparación con la fisioterapia sola.
Kashif, Ahmad, Bandpei, Syed, et al. (45)	A Randomized Controlled Trial of Motor Imagery Combined with Virtual Reality Techniques in Patients with Parkinson's Disease	44 pacientes con EP idiopática fueron asignados aleatoriamente a uno de dos grupos. La RV y la IM se administraron junto con la fisioterapia en el grupo experimental, mientras que el tratamiento de fisioterapia solo se administró en el grupo de control. Ambos grupos recibieron el tratamiento asignado durante 12 semanas, 3 días a la semana, en días alternos.	Ensayo controlado aleatorio prospectivo, de dos brazos y diseño paralelo.	La RV y el entrenamiento de IM en combinación con la fisioterapia de rutina pueden mejorar significativamente los temblores en reposo, la rigidez, la postura, la marcha y la bradicinesia corporal en individuos con EP en comparación con los pacientes que solo reciben fisioterapia de rutina.
Kashif, Ahmad, Bandpei, y Gillani (44)	The combined effects of virtual reality with motor imagery techniques in patients with Parkinson's disease.	un hombre de 60 años y una mujer de 63, diagnosticados con EP.	Informe de caso	La RV en combinación con la IM, además de la fisioterapia habitual, mostró una mejora en los resultados de los 2 pacientes.
Cuomo et al. (41)	Motor imagery and gait control in Parkinson's disease: techniques and new perspectives in neurorehabilitation	Revisión sobre los correlatos de las IM y la locomoción. Análisis del impacto de las nuevas tecnologías para la rehabilitación de pacientes con EP.	Revisión de literatura	las intervenciones de IM podrían tener efectos beneficiosos en la EP, especialmente en la locomoción, y el uso de nuevas tecnologías podría mejorar la rehabilitación para mejorar la capacidad de caminar en pacientes con EP.

Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

Este estudio se ha centrado en una revisión sistemática de la literatura con el objetivo de analizar y sintetizar los resultados de investigaciones que han empleado imágenes motoras a través de la tecnología de realidad virtual para el tratamiento y manejo de pacientes diagnosticados con la EP. A través de esta revisión se ha logrado identificar características esenciales, evaluar la calidad de los estudios incluidos y resumir los hallazgos claves. En esta sección se pretende realizar un análisis de los principales resultados obtenidos en los estudios revisados, destacando tanto los beneficios como los desafíos inherentes a la utilización de IM a través de la RV en el contexto de esta enfermedad neurodegenerativa. Asimismo, se explora las implicaciones clínicas derivadas de las conclusiones y se trazan posibles direcciones de investigación y aplicaciones futuras.

Los trabajos de (27, 44, 46) evidencian que existen efectos beneficiosos potenciales del uso de IM en la rehabilitación de la marcha en pacientes con EP. En estos estudios, las actividades suelen consistir en la visualización de movimientos específicos, como la marcha o el levantamiento de una pierna, guiada por instrucciones auditivas o visuales en un entorno controlado. En algunos protocolos, los pacientes observan modelos virtuales o avatares realizando la tarea motora antes de intentar reproducirla mentalmente, lo que facilita la activación de las redes neuronales motoras sin necesidad de realizar el movimiento físicamente. La presentación de las imágenes puede ser en primera persona, donde el paciente se visualiza a sí mismo ejecutando la tarea, o en tercera persona, observando a un avatar ejecutar el movimiento, lo que favorece el aprendizaje motor.

En concordancia con lo anterior, el estudio (55) evidenció que la incorporación de la observación de la acción en un entorno de RV puede potenciar el rendimiento de la IM. En estos experimentos, los participantes suelen interactuar con escenarios virtuales en los que pueden manipular objetos o seguir trayectorias de movimiento, lo que estimula la actividad cerebral relacionada con la función motora. Además, se ha demostrado que la combinación de la observación de la acción basada en RV con la IM cinestésica optimiza los patrones rítmicos cerebrales y mejora la diferenciación de tareas motoras, lo que sugiere un enfoque prometedor para el desarrollo de nuevos protocolos de rehabilitación en la EP.

A su vez, un estudio piloto (56) sugiere que el uso de RV puede potenciar la eficacia de la detección de IM en interfaces cerebro-ordenador (BCI). Estas mejoras se traducen en una mayor precisión

y una detección más rápida, lo que tiene implicaciones significativas para la optimización de la tecnología de BCI y la mejora de la comunicación y el control de dispositivos por parte de personas con dificultades en la generación de señales EEG detectables.

En contraste, el estudio realizado por (57) destaca que los pacientes con EP muestran una mayor activación cerebral durante la imaginación de caminatas habituales, lo que sugiere la utilización de estrategias compensatorias. Sin embargo, su capacidad para aumentar la activación cerebral durante tareas de caminata más complejas se ve limitada en comparación con adultos mayores sanos. Estos hallazgos resaltan la compleja relación entre la actividad cerebral, la EP y la función locomotora, lo que puede tener implicaciones significativas para la terapia y la rehabilitación en pacientes con EP.

Por su parte, en lo que respecta a la relación entre la frecuencia y duración de las sesiones de entrenamiento de imágenes motoras a través del uso de realidad virtual y el progreso de las habilidades motoras en pacientes con EP, los estudios de Kashif et al. (30, 47-49) han reportado resultados alentadores. En su investigación, los participantes realizaron sesiones de 60 minutos, tres veces por semana, durante un período de 12 semanas. Estas sesiones combinaban fisioterapia con el uso de realidad virtual e imágenes motoras guiadas. Los resultados evidenciaron mejoras significativas en la marcha, el equilibrio y la coordinación motora, lo que sugiere que la integración de la RV y la IM puede ser una estrategia efectiva para la rehabilitación motora en pacientes con EP.

En este contexto, se realizó un estudio con pacientes afectados por la EP en el que se llevaron a cabo 10 sesiones RV. Estas sesiones se realizaron de 2 a 3 veces por semana, con una duración de 30 minutos por sesión. indica (32) una mejora en el desempeño de los pacientes con EP a lo largo de las sesiones, desde la primera hasta la última. Además, no se observaron efectos adversos relacionados con la participación en juegos de RV.

Por otro lado, un programa de entrenamiento de 6 semanas (34) que combinó ejercicios de marcha y equilibrio con la observación de la acción y el entrenamiento de IM arrojó como conclusión que la observación de la acción y el entrenamiento de la IM mejoran las habilidades motoras en pacientes con EP que padecen inestabilidad postural y trastornos en la marcha, promoviendo así la plasticidad funcional de las áreas cerebrales implicadas en los procesos de IM y el control de la marcha/equilibrio.

En lo que respecta a la efectividad del entrenamiento de IM a través de RV en pacientes con EP, una revisión sistemática realizada por (36) evidenció que el entrenamiento de rehabilitación con RV no solo puede lograr el mismo efecto que el entrenamiento de rehabilitación convencional. Además, tiene un mejor rendimiento sobre la marcha y el equilibrio en pacientes con EP. En conjunto, cuando el efecto del entrenamiento de rehabilitación tradicional en la marcha y el equilibrio de los pacientes con EP no es lo suficientemente bueno, se cree que el entrenamiento de rehabilitación con RV puede al menos ser utilizado como una terapia alternativa.

Siguiendo en línea con lo mencionado, un estudio que englobó un metaanálisis con una población de más de mil participantes para evaluar los efectos del entrenamiento con RV en la rehabilitación de pacientes con enfermedad de Parkinson (35), arrojó resultados significativos. Se observó que, en comparación con la rehabilitación activa, que implica fisioterapia convencional, el entrenamiento con RV condujo a mejoras sustanciales en la longitud de la zancada, al tiempo que demostró igual efectividad en cuanto a la velocidad de la marcha, el equilibrio, la coordinación, la función cognitiva, la salud mental, la calidad de vida y las actividades de la vida diaria. En este contexto, el uso de dispositivos de RV de acceso público disponibles en el mercado puede potenciar el acceso de un mayor número de pacientes a tratamientos desde la comodidad de sus hogares (58).

Adicionalmente, las intervenciones basadas en RV consiguen una buena adherencia al tratamiento, aportan innovación y motivación a la rehabilitación, y proporcionan *feedback*, así como estimulación cognitiva y sensorial en pacientes con EP (59, 60). Por lo tanto, la RV puede considerarse una alternativa para la rehabilitación personalizada y para el tratamiento domiciliario (41).

En contraste, la revisión realizada por (31) afirma que a pesar de las sugerencias de que la RV puede proporcionar una rehabilitación más eficaz y menos laboriosa que la rehabilitación sin RV, hasta la fecha existen pocas pruebas que respalden estas afirmaciones. No obstante, existe un gran potencial no explotado para el uso de la RV con el fin de proporcionar una evaluación y rehabilitación personalizadas que optimicen el aprendizaje motor tanto en el entorno clínico como en el doméstico y se adapten a los cambios que se produzcan en los individuos con el paso del tiempo.

Por otra parte, es de destacar que este estudio no está exento de limitaciones, las cuales pueden ser objeto de mejoras en futuras investigaciones. En primer lugar, se debe subrayar que la principal dificultad que hemos enfrentado en esta revisión se relaciona con la escasa disponibilidad

de publicaciones en este campo de estudio. Adicionalmente, es de señalar que, si bien hemos trabajado con las publicaciones disponibles, muchas de ellas también presentan sus propias limitaciones. Estas restricciones pueden incluir problemas en el diseño de los estudios, falta de grupos de control adecuados, pequeño tamaño de la muestra o sesgos metodológicos. Estas limitaciones afectan la capacidad de generalizar los resultados a una población más amplia. No obstante, en futuras investigaciones, se deben abordar estas limitaciones al buscar aumentar la disponibilidad de datos y mejorar la calidad metodológica de los estudios en este campo. Lo anterior permitirá obtener resultados más sólidos y aplicables.

CONCLUSIÓN

Los resultados analizados en este trabajo permiten concluir que la aplicación de IM a través de la RV muestra un gran potencial como herramienta de estudio en el tratamiento de pacientes EP, particularmente en lo que respecta a la mejora del equilibrio y la marcha. A pesar de los beneficios prometedores observados en su aplicación, se necesita a futuro un mayor número de investigaciones para comprender de manera más exhaustiva su uso óptimo y su aplicabilidad en las diferentes etapas de la EP.

Adicionalmente, es importante destacar la disponibilidad de dispositivos de realidad virtual en el mercado, lo que puede ampliar el acceso de un mayor número de pacientes a tratamientos desde la comodidad de sus hogares, con el consiguiente impacto positivo en la salud mental, la calidad de vida y las actividades cotidianas de los pacientes con EP. Sin embargo, es necesario señalar que la evidencia actual no es suficiente para afirmar que los programas basados en la IM mediados por la RV producen cambios significativos.

En lo que respecta a la frecuencia y duración de los protocolos, aún deben explorarse con mayor profundidad. A pesar de ello, los resultados de los estudios preliminares son alentadores, pero se requieren investigaciones adicionales con un enfoque más sólido en la metodología y un control más exhaustivo de las variables para validar completamente la eficacia de estas intervenciones.

Financiación: No se ha recibido financiación de ninguna persona, organización o entidad.

Conflicto de intereses: Los autores no presentaron ningún conflicto de intereses durante la realización de esta revisión.

Agradecimiento: Los autores expresan su agradecimiento a la doctora Sara Morales Alonso, profesora de la Universidad Internacional de Valencia, por sus valiosas observaciones y recomendaciones a este trabajo.

REFERENCIAS

1. Pfeiffer RF. Non-motor symptoms in Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord*. 2016 enero 1;22:S119-22.
2. Moustafa AA, Chakravarthy S, Phillips JR, Gupta A, Keri S, Polner B, et al. Motor symptoms in Parkinson's disease: A unified framework. *Neurosci Biobehav Rev*. 2016 sep 1;68:727-40.
3. Koeglsperger T, Rumpf SL, Schließer P, Struebing FL, Brendel M, Levin J, et al. Neuropathology of incidental Lewy body & prodromal Parkinson's disease. *Molecular Neurodegeneration* 2023 18:1 [Internet]. 2023 May 12 [citado 8 sep 2023];18(1):1-18. Disponible en: <https://molecularneurodegeneration.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13024-023-00622-7>
4. Dijkstra AA, Voorn P, Berendse HW, Groenewegen HJ, Rozemuller AJM, van de Berg WDJ. Stage-dependent nigral neuronal loss in incidental Lewy body and Parkinson's disease. *Mov Disord*. 2014 sep 1;29(10):1244-51.
5. Jankovic J. Parkinson's disease: clinical features and diagnosis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* [Internet]. 2008 Apr 1 [citado 8 sep 2023];79(4):368-76. Disponible en: <https://jnnp.bmj.com/content/79/4/368>
6. Gómez-Chavarín M, Torres-Ortiz MC, Pérez-Soto G. Interacción entre factores genéticos ambientales y la epigénesis de la enfermedad de Parkinson. *Archivos de Neurociencias*. 2016 oct 15;21(1):32-44.
7. Martínez-Carrasco A, Real R, Lawton M, Iwaki H, Tan MMX, Wu L, et al. Genetic meta-analysis of levodopa induced dyskinesia in Parkinson's disease. *NPJ Parkinsons Dis*. 2023 dic 1;9(1).
8. Kalia L V., Lang AE. Parkinson's disease. *The Lancet*. 2015 ago 29;386(9996):896-912.
9. Qian Y, Fu X, Zhang H, Yang Y, Wang G. Comparative efficacy of 24 exercise types on postural instability in adults with Parkinson's disease: a systematic review and network meta-analysis. *BMC Geriatr*. 2023 dic 1;23(1):522.
10. Takahashi K, Kamide N, Suzuki M, Fukuda M. Quality of life in people with Parkinson's disease: the relevance of social relationships and communication. *J Phys Ther Sci*. 2016 feb 1;28(2):541-6.

11. Yang W, Hamilton JL, Kopil C, Beck JC, Tanner CM, Albin RL, et al. Current and projected future economic burden of Parkinson's disease in the U.S. *npj Parkinson's Disease* 2020 6:1 [Internet]. 2020 julio 9 [citado 8 sep 2023];6(1):1-9. Disponible en: <https://www-nature-com.bbibliograficas.ucc.edu.co/articles/s41531-020-0117-1>
12. de Lau LM, Breteler MM. Epidemiology of Parkinson's disease. *Lancet Neurol.* 2006 junio 1;5(6):525-35.
13. Postuma RB, Berg D, Adler CH, Bloem BR, Chan P, Deuschl G, et al. The new definition and diagnostic criteria of Parkinson's disease. *Lancet Neurol.* 2016 mayo 1;15(6):546-8.
14. Desai P, Shook JR, Giordano J. Addressing and Managing Systemic Benefit, Burden and Risk of Emerging Neurotechnology. <https://doi-org.bbibliograficas.ucc.edu.co/101080/2150774020212001087> [Internet]. 2021 [citado 9 sep 2023];13(1):68-70. Disponible en: <https://www-tandfonline-com.bbibliograficas.ucc.edu.co/doi/abs/10.1080/21507740.2021.2001087>
15. Scorza FA, do Carmo AC, Fiorini AC, Nejm MB, Scorza CA, Finsterer J, et al. Sudden unexpected death in Parkinson's disease (SUDPAR): a review of publications since the decade of the brain. *Clinics.* 2017 enero 1;72(11):649-51.
16. Racine E, Waldman S, Rosenberg J, Illes J. Contemporary neuroscience in the media. *Soc Sci Med* [Internet]. 2010 ago [citado 9 sep 2023];71(4):725-33. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20609506/>
17. Ienca M, Andorno R. Towards new human rights in the age of neuroscience and neurotechnology. *Life Sci Soc Policy* [Internet]. 2017 dic 1 [citado 9 sep 2023];13(1):1-27. Disponible en: <https://lssjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40504-017-0050-1>
18. Ligthart S, Bublitz C, Alegre S. Neurotechnology: we need new laws, not new rights. *Nature.* 2023 ago 31;620(7976):950.
19. Zohny H, Lyreskog DM, Singh I, Savulescu J. The Mystery of Mental Integrity: Clarifying Its Relevance to Neurotechnologies. *Neuroethics* [Internet]. 2023 dic 1 [citado 9 sep 2023 9];16(3):1-12. Disponible en: <https://link-springer-com.bbibliograficas.ucc.edu.co/article/10.1007/s12152-023-09525-2>

20. Putrino D, Krakauer JW. Neurotechnology's Prospects for Bringing About Meaningful Reductions in Neurological Impairment. <https://doi-org.bbibliograficas.ucc.edu.co/101177/15459683221137341> [Internet]. 2022 nov 16 [citado 9 sep 2023];37(6):356-66. Disponible en: <https://journals-sage-pub-com.bbibliograficas.ucc.edu.co/doi/10.1177/15459683221137341>
21. Berger S, Rossi F. AI and Neurotechnology. *Commun ACM* [Internet]. 2023 feb 22 [citado 9 sep 2023];66(3):58-68. Disponible en: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3529088>
22. Nieto-Escamez F, Cortés-Pérez I, Obrero-Gaitán E, Fusco A. Virtual Reality Applications in Neurorehabilitation: Current Panorama and Challenges. *Brain Sciences* [Internet]. 2023 mayo 18 [citado 12 sep 2023];13(5):819. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3425/13/5/819/htm>
23. Severiano MIR, Zeigelboim BS, Teive HAG, Santos GJB, Fonseca VR. Effect of virtual reality in Parkinson's disease: a prospective observational study. *Arq Neuropsiquiatr* [Internet]. 2018 feb 1 [citado 8 marzo 2025];76(2):78-84. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/anp/a/wSGpNrSk-DfGP3W6HrYpWqfG/?lang=en>
24. Teo WP, Muthalib M, Yamin S, Hendy AM, Bramstedt K, Kotsopoulos E, et al. Does a combination of virtual reality, neuromodulation and neuroimaging provide a comprehensive platform for neurorehabilitation? - A narrative review of the literature. *Front Hum Neurosci*. 2016 junio 24;10:181191.
25. Lv Z, Guo J. Virtual Reality Neurorehabilitation. *International Journal of Mental Health Promotion* [Internet]. 2022 marzo 17 [citado 12 sep 2023];24(3):287-310. Disponible en: <https://www.techscience.com/IJMHP/v24n3/47054/html>
26. Agostini F, Conti M, Morone G, Iudicelli G, Fisicaro A, Savina A, et al. The Role of Virtual Reality in Postural Rehabilitation for Patients with Parkinson's Disease: A Scoping Review. *Brain Sci* [Internet]. 2025 enero 1 [citado 8 marzo 2025];15(1):23. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3425/15/1/23/htm>
27. Behrendt F, Schuster-Amft C. Using an interactive virtual environment to integrate a digital Action Research Arm Test, motor imagery and action observation to assess and improve upper limb motor function in patients with neuromuscular impairments: a usability and feasibility study protocol. *BMJ Open* [Internet]. 2018 julio 1 [citado 9 sep 2023];8(7). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30012780/>

28. Kourtesis P, MacPherson SE. How immersive virtual reality methods may meet the criteria of the National Academy of Neuropsychology and American Academy of Clinical Neuropsychology: A software review of the Virtual Reality Everyday Assessment Lab (VR-EAL). *Computers in Human Behavior Reports*. 2021 ago 1;4:100151.
29. Oker A, Pecune F, Vallverdu J. Editorial: Virtual reality for neuropsychology and affective cognitive sciences: Theoretical and methodological avenues for studying human cognition. *Front Virtual Real*. 2022 dic 19;3:1100387.
30. Kashif M, Ahmad A, Bandpei MAM, Gillani SA, Hanif A, Iram H. Effects of Virtual Reality with Motor Imagery Techniques in Patients with Parkinson's Disease: Study Protocol for a Randomized Controlled Trial. *Neurodegener Dis* [Internet]. 2021 feb 4 [citado 9 sep 2023];20(2-3):90-6. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1159/000511916>
31. Canning CG, Allen NE, Nackaerts E, Paul SS, Nieuwboer A, Gilat M. Virtual reality in research and rehabilitation of gait and balance in Parkinson disease. *Nat Rev Neurol*. 2020 ago 1;16(8):409-25.
32. Yun SJ, Hyun SE, Oh BM, Seo HG. Fully immersive virtual reality exergames with dual-task components for patients with Parkinson's disease: a feasibility study. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 2023 dic 1 [citado 16 sep 2023];20(1):1-13. Disponible en: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12984-023-01215-7>
33. Kwon SH, Park JK, Koh YH. A systematic review and meta-analysis on the effect of virtual reality-based rehabilitation for people with Parkinson's disease. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 2023 dic 1 [citado 16 sep 2023];20(1):1-14. Disponible en: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12984-023-01219-3>
34. Badarny S, Aharon-Peretz J, Susel Z, Habib G, Baram Y. Virtual reality feedback cues for improvement of gait in patients with Parkinson's disease. *Tremor Other Hyperkinet Mov (N Y)* [Internet]. 2014 abril 1 [citado 12 sep 2023];4(0):225. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24719779/>
35. Triegaardt J, Han TS, Sada C, Sharma S, Sharma P. The role of virtual reality on outcomes in rehabilitation of Parkinson's disease: meta-analysis and systematic review in 1031 participants. *Neurol Sci* [Internet]. 2020 marzo 1 [citado 16 sep 2023];41(3):529-36. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31808000/>

36. Lei C, Sunzi K, Dai F, Liu X, Wang Y, Zhang B, et al. Effects of virtual reality rehabilitation training on gait and balance in patients with Parkinson's disease: A systematic review. *PLoS One*. 2019 nov 1;14(11).
37. Dockx K, Bekkers EMJ, Van den Bergh V, Ginis P, Rochester L, Hausdorff JM, et al. Virtual reality for rehabilitation in Parkinson's disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews* [Internet]. 2016 dic 21 [citado 8 marzo 2025];2016(12). Disponible en: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD010760.pub2/full>
38. Marotta N, Calafiore D, Curci C, Lippi L, Ammendolia V, Ferraro F, et al. Integrating virtual reality and exergaming in cognitive rehabilitation of patients with Parkinson disease: a systematic review of randomized controlled trials. *Eur J Phys Rehabil Med* [Internet]. 2022 dic 1 [citado 16 sep 2023];58(6):818-26. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36169933/>
39. Garcia-Agundez A, Folkerts AK, Konrad R, Caserman P, Tregel T, Goosses M, et al. Recent advances in rehabilitation for Parkinson's Disease with Exergames: A Systematic Review. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 2019 enero 29 [citado 16 sep 2023];16(1). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30696453/>
40. Parra AG, Gonzalez-Medina G, Perez-Cabezas V, Casuso-Holgado MJ, Vinolo-Gil MJ, García-Muñoz C. Dropout Rate of Participants in Randomized Clinical Trials That Use Virtual Reality to Train Balance and Gait in Parkinson's Disease. A Systematic Review with Meta-analysis and Meta-regression. *J Med Syst* [Internet]. 2023 dic 1 [citado 16 sep 2023];47(1). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37010723/>
41. Rodríguez-Mansilla J, Bedmar-Vargas C, Garrido-Ardila EM, Torres-Piles ST, González-Sánchez B, Rodríguez-Domínguez MT, et al. Effects of Virtual Reality in the Rehabilitation of Parkinson's Disease: A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine* [Internet]. 2023 julio 26 [citado 16 sep 2023];12(15):4896. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2077-0383/12/15/4896/htm>
42. Martin JA, Zimmermann N, Scheef L, Jankowski J, Paus S, Schild HH, et al. Disentangling motor planning and motor execution in unmedicated de novo Parkinson's disease patients: An fMRI study. *Neuroimage Clin* [Internet]. 2019 enero 1 [citado 16 sep 2023];22. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30925383/>
43. McAvinue LP, Robertson IH. Measuring motor imagery ability: A review. *European Journal of Cognitive Psychology*. 2008 marzo;20(2):232-51.

44. Cuomo G, Maglianella V, Ghanbari Ghooshchy S, Zoccolotti P, Martelli M, Paolucci S, et al. Motor imagery and gait control in Parkinson's disease: techniques and new perspectives in neurorehabilitation. <https://doi.org/10.1080/1473717520222018301> [Internet]. 2021 [citado 9 sep 2023];22(1):43-51. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14737175.2022.2018301>
45. López ND, Monge Pereira E, Centeno EJ, Miangolarra Page JC. Motor imagery as a complementary technique for functional recovery after stroke: a systematic review. *Top Stroke Rehabil*. 2019 nov 17;26(8):576-87.
46. Mirelman A, Maidan I, Deutsch JE. Virtual reality and motor imagery: Promising tools for assessment and therapy in Parkinson's disease. *Movement Disorders* [Internet]. 2013 sep 15 [citado 9 sep 2023];28(11):1597-608. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/mds.25670>
47. Kashif M, Ahmad A, Bandpei MAM, Gillani SA. The combined effects of virtual reality with motor imagery techniques in patients with Parkinson's disease. *J Pak Med Assoc* [Internet]. 2022 dic 1 [citado 9 sep 2023];72(12):2549-54. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37246689/>
48. Kashif M, Ahmad A, Bandpei MAM, Syed HA, Raza A, Sana V. A Randomized Controlled Trial of Motor Imagery Combined with Virtual Reality Techniques in Patients with Parkinson's Disease. *Journal of Personalized Medicine* 2022, Vol 12, Page 450 [Internet]. 2022 marzo 12 [citado 9 sep 2023];12(3):450. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2075-4426/12/3/450/htm>
49. Kashif M, Ahmad A, Bandpei MAM, Gillani SA, Hanif A, Iram H. Combined effects of virtual reality techniques and motor imagery on balance, motor function and activities of daily living in patients with Parkinson's disease: a randomized controlled trial. *BMC Geriatr* [Internet]. 2022 dic 1 [citado 9 sep 2023];22(1):1-14. Disponible en: <https://bmgeriatr.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12877-022-03035-1>
50. Yepes-Nuñez JJ, Urrútia G, Romero-García M, Alonso-Fernández S. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Rev Esp Cardiol*. 2021 sep 1;74(9):790-9.
51. Prancutė R. Web of Science (WoS) and Scopus: The Titans of Bibliographic Information in Today's Academic World. *Publications* 2021, Vol 9, Page 12 [Internet]. 2021 marzo 12 [citado 17 sep 2023];9(1):12. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2304-6775/9/1/12/htm>

52. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Rev Esp Cardiol* [Internet]. 2021 sep 1 [citado 17 sep 2023];74(9):790-9. Disponible en: <http://www.revespcardiol.org/es-declaracion-prisma-2020-una-guia-articulo-S0300893221002748>
53. Urrútia G, Bonfill X. Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Medicina Clínica*. 2010; 135: 507-11.
54. Schiavenato M, Chu F. PICO: What it is and what it is not. *Nurse Educ Pract* [Internet]. 2021 oct 1 [citado 18 sep 2023];56. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34534728/>
55. Lakshminarayanan K, Shah R, Daulat SR, Moodley V, Yao Y, Madathil D. The effect of combining action observation in virtual reality with kinesthetic motor imagery on cortical activity. *Front Neurosci*. 2023 junio 13;17:1201865.
56. Amini Gougeh R, Falk TH. Enhancing motor imagery detection efficacy using multisensory virtual reality priming. *Frontiers in Neuroergonomics*. 2023 abril 6;4:1080200.
57. Maidan I, Rosenberg-Katz K, Jacob Y, Giladi N, Deutsch JE, Hausdorff JM, et al. Differential neural activation in healthy older adults compared to subjects with Parkinson's disease during motor imagery of walking in virtual environments. *International Conference on Virtual Rehabilitation, ICVR*. 2015 dic 16;5-10.
58. Galna B, Jackson D, Schofield G, McNaney R, Webster M, Barry G, et al. Retraining function in people with Parkinson's disease using the Microsoft kinect: Game design and pilot testing. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 2014 abril 14 [citado 17 oct 2023];11(1):1-12. Disponible en: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-0003-11-60>
59. Rodríguez DKM, Gómez CAP. Abordajes de personas con Enfermedad de Parkinson usando realidad virtual. *Revisión Sistemática. Retos* [Internet]. 2024 dic 1 [citado 8 marzo 2025];61:1484-94. Disponible en: <https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/article/view/104561>
60. Duarte MJP, Cabrera BD. Realidad virtual y enfermedad de Parkinson: aplicación a la mejora motora y verbal de Actividades de la Vida Diaria (AVD). *Philologia Hispalensis* [Internet]. 2023 julio 28 [citado 8 marzo 2025];37(1):121-40. Disponible en: <https://revistascientificas.us.es/index.php/PH/article/view/20944/21187>