

Abordajes de personas con Enfermedad de Parkinson usando realidad virtual. Revisión Sistemática

Virtual reality approaches to people with Parkinson's disease. Systematic Review

Diana Katherine Munar Rodríguez, Carlos Alberto Pérez Gómez

Escuela Colombiana de Rehabilitación (Colombia)

Resumen. La Enfermedad de Parkinson (EP) es una enfermedad neurodegenerativa que en función de su progresión produce alteración en las funciones motoras y cognitivas e impacta directamente sobre la independencia y calidad de vida de las personas. Existen diferentes tratamientos que varían en función de los síntomas que se pretenden impactar. Dentro de las múltiples opciones no farmacológicas actualmente se proyecta la Realidad Virtual (RV) como una estrategia eficaz que favorece tanto las funciones motoras como cognitivas y genera beneficios en la funcionalidad y el funcionamiento de la persona. Objetivo: Proponer recomendaciones basadas en evidencia a partir de una revisión de la literatura científica que permita a los Fisioterapeutas respaldar el uso de la Realidad Virtual como intervención clínica terapéutica en Colombia. Método: Para la revisión sistemática se identificaron estudios a partir de terminología MeSH. Se seleccionaron de manera primaria ensayos clínicos aleatorizados y se incluyeron además artículos de igual o superior nivel de evidencia. Resultados: Se incluyeron 23 estudios en total, los cuales cumplieron con los criterios de inclusión relacionados con el componente motor. Las investigaciones consultadas reportaron abordajes de marcha, equilibrio y postura. Los diferentes estudios combinaron realidad virtual con entrenamiento convencional, generando además mejoría en la función motora, y la calidad de vida de la persona con Parkinson. Conclusión: Emplear Realidad Virtual optimiza el tiempo de recuperación, generando motivación y estimulando el aprendizaje visual, auditivo, táctil y motor, siendo una intervención precisa que brinda efectos positivos en el paciente.

Palabras Clave: Fisioterapia, Enfermedad de Parkinson, Trastornos del movimiento, Realidad Virtual, Anciano.

Abstract. Parkinson's Disease (PD) is a neurodegenerative disease that, depending on its progression, produces alterations in motor and cognitive functions and directly impacts people's independence and quality of life. There are different treatments that can vary depending on the symptoms on which it is intended to influence. Within the multiple non-pharmacological options Virtual Reality (VR) is currently projected as an effective strategy, which favors both motor and cognitive functions and generates benefits in the functionality and functioning of the person. Objective: To propose evidence-based recommendations from a systematic review using tools of the GRADE System, that allows Physiotherapists to support the use of Virtual Reality as a therapeutic clinical intervention in Colombia. Method: For the systematic review, studies were identified based on MeSH terminology. Relevant studies were identified from a detailed review of randomized clinical trials and articles of equal or higher level of evidence was carried out. Results: A total of 23 studies were included, which met the inclusion criteria related to the motor component. The researches consulted reported approaches to gait, balance and posture. The different studies combined virtual reality with conventional training, also generating improvement in motor function, and the quality of life of the person with Parkinson's disease. Conclusion: Using Virtual Reality optimizes recovery time, generating motivation and stimulating visual, auditory, tactile and motor learning, being a precise intervention that provides positive effects on the patient.

Keywords: Physiotherapy, Parkinson Disease, Movement Disorders, Virtual Reality, Aged.

Fecha recepción: 12-02-24. Fecha de aceptación: 17-06-24

Carlos Alberto Pérez Gómez

carlos.perez@ecr.edu.co

Introducción

La enfermedad de Parkinson (EP) se reconoce como la segunda enfermedad neurodegenerativa a nivel mundial, la prevalencia en el mundo se calcula que es de 150 por cada 100.000 habitantes, y estas cifras aumentan si hay ajustes de edad por cada década (Ariza Serrano et al., 2016). La EP dada la pérdida de neuronas dopaminérgicas genera síntomas motores característicos y deterioro neurológico incremental que se traduce en dificultad para la realización de actividades diarias, dependencia funcional, y así mismo, en una percepción negativa de la calidad de vida (Hurtado et al., 2017). Actualmente no existe cura para la EP, por esto, los tratamientos disponibles se encaminan a retrasar la evolución de la enfermedad, aliviar los síntomas y mejorar la calidad de vida de los pacientes (Hurtado et al., 2017). Hay distintas estrategias para el tratamiento de la Enfermedad de Parkinson, específicamente para manejar los síntomas motores como el temblor en

reposo, la rigidez muscular, bradicinesia, alteración postural y trastornos de la marcha y para tratar las manifestaciones no motoras como disfunción olfatoria, deterioro cognitivo, síntomas psiquiátricos, trastornos del sueño, disfunción autonómica dolor y/o fatiga. Es frecuente el abordaje a partir de fármacos para manejar síntomas motores y manifestaciones no motoras; este abordaje farmacológico ayuda a controlar los síntomas y aumenta o reemplaza el efecto de la dopamina, no obstante, los beneficios se ven interrumpidos por las complicaciones motoras inducidas por la levodopa (discinesias), comprometiendo progresivamente la calidad de vida del paciente.

Además de las alternativas médicas, se encuentran abordajes no farmacológicos que incluyen fisioterapia convencional con programas de ejercicio (enfocados en la postura, fuerza, flexibilidad, balance y equilibrio), que brindan beneficios al paciente y reducen los niveles de depresión y ansiedad; así mismo, se usan estrategias como Estimulación Eléctrica

Transcutánea (TENS), ultrasonido, corriente interferencial, corriente excito-motora y láser infrarrojo que pueden acompañar parcialmente el abordaje farmacológico.

Bajo los términos Decs/Mesh [realidad virtual], [Enfermedad de Parkinson], [Rehabilitación], y sus equivalentes en inglés, se realizó búsqueda en Bireme, Pubmed, y Lilacs. de antecedentes investigativos sobre el uso de la realidad en el abordaje desde la rehabilitación. Se encontró que los logros de terapéutica actuales pueden ser potenciados a partir de avances tecnológicos emergentes que han ganado espacios de uso en salud, como es el caso de la Realidad Virtual (RV) que cuenta con creciente desarrollo por las amplias posibilidades en la generación de espacios de inmersión que a partir de ambientes inmersivos que permiten controlar los estímulos ambientales, visuales y auditivos, puede favorecer la realización tareas funcionales, desarrollo de cualidades físicas como equilibrio y marcha, abordaje de funciones cognitivas, entre otras; y que combinada con estrategias tradicionales tiene el potencial de generar importantes beneficios en la funcionalidad del paciente, brindando mayor seguridad y controlando factores de riesgo en la persona mayor como la posibilidad de caída.

El objetivo principal de la Realidad Virtual es usar dispositivos de Hardware y Software que recrean digitalmente ambientes, y de manera interactiva transportan a los usuarios a espacios virtuales multisensoriales, creando una experiencia inmersiva que simula la presencia real en dicho entorno. Esto se logra a través de dispositivos como los Head-Mounted Display (HMD), que permiten una interacción completa con el entorno virtual. Las aplicaciones de la RV se extienden a una amplia gama de áreas, incluyendo educación, entretenimiento, ingenierías, industria aeronáutica y, por supuesto, el campo de la salud (Campo-Prieto et al., 2020).

Son múltiples los estudios que se han realizado para documentar los efectos tanto físicos como cognitivos, que pueden ser atribuibles al uso de realidad virtual, tanto invasiva como no invasiva (Rodríguez-Fuentes et al., 2023). Las investigaciones realizadas han logrado evidenciar diversos efectos asociados al uso de la realidad virtual. Ahora bien, se reconoce la dificultad para atribuir exclusivamente los efectos a la realidad virtual, por cuanto los abordajes se desarrollan como complemento a la terapéutica tradicional. Estudios como el de los autores mencionados reconoce el uso exclusivo de realidad virtual, pero centrados en población sana. Otra limitación que justifica la realización de esta investigación, es la amplia variedad de dispositivos y de software de VR, como Kinect®, Wii®, apoyados de visores de RV, y videojuegos comerciales para uso de RV; situación que busca mayor precisión en la presente investigación, delimitando no sólo los efectos, sino la tecnología a la que se asocian. Es pertinente tener en cuenta que, para reducir las posibilidades de riesgos, se deben tener realizar juicios valorativos, que permitan tomar decisiones acertadas sobre los casos y momentos en que es viable el uso de la realidad virtual como estrategia terapéutica (Lange et al.,

2012).

Así, esta revisión documental presenta la evidencia que soporta el uso de la realidad virtual como parte de la intervención fisioterapéutica para el manejo de desenlaces motores derivados de la Enfermedad de Parkinson. Para dar soporte al alcance de esta investigación, se construyó una pregunta PICO que permite reconocer las alternativas de intervención a comparar y delimita los desenlaces de interés que direccionarán la búsqueda y análisis documental que se desarrollará: ¿Cuáles son las características de tecnología, efectos y evidencia que soportan los efectos de la Realidad Virtual (I) sola o combinada con otras modalidades terapéuticas (C) sobre desenlaces motrices (O) en personas con Enfermedad de Parkinson (P)?

Los resultados constituyen una guía dirigida a profesionales en rehabilitación que realizan tratamiento a personas con EP. Los hallazgos pueden ser de interés y uso por otros profesionales de salud y deporte que realicen abordajes a personas con alteraciones motoras progresivas (principalmente derivados de la Enfermedad de Parkinson).

Método

Se realizó un estudio de revisión documental que incluye recomendaciones basadas en evidencia. La búsqueda de artículos científicos se realizó a partir de combinaciones de palabras clave como: [Enfermedad de Parkinson]; [Realidad Virtual]; [Rehabilitación]; [Fisioterapia]; [Desenlace] en bases de datos y metabuscadores como Medline, Cochrane y Bireme. Además, se realizó una búsqueda abierta en Scholar Google, para identificar documentos que aún siendo de calidad, no se encontraran en bases de datos específicas.

Estructura de organización de estudios para la propuesta de recomendaciones

Para realizar la organización de las fuentes, así como para la realización de la extracción de información sobre alcances y hallazgos de los estudios, se incorporaron parcialmente algunas herramientas del sistema GRADE (Brožek et al., 2009) (metodología para la realización de recomendaciones para la práctica clínica) que se presenta en la figura 1. Se reconocen de forma general sesgos potenciales en la parte final de la presentación de resultados.



Figura 1. Sistema GRADE para elaboración de guía de recomendaciones.

Para poder realizar recomendaciones basadas en evidencia, se realizó evaluación de la calidad metodológica de las investigaciones recuperadas previo a la extracción y sistematización de la información. Luego se delimitaron las alternativas de intervención con realidad virtual, reconociendo sus efectos positivos en los desenlaces seleccionados y los niveles de evidencia que lo soportan, siempre procurando reconocer las intervenciones de la forma más precisa como las proponen los autores originales de los estudios consultados.

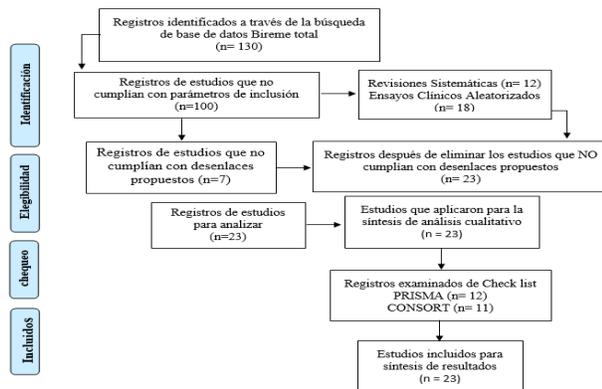


Figura 2. Diagrama de flujo del para selección de artículos

Crterios para la consideración de estudios para esta revisión

Se seleccionaron Ensayos Clínicos Aleatorizados (ECA) y Revisiones Sistemáticas (RS) elaboradas con ensayos clínicos, publicados entre 2011 y 2021, que abordaran como desenlaces la marcha y el equilibrio. Para verificar la rigurosidad metodológica de los estudios incluidos, se aplicaron las listas de la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) y CONSORT (CONsolidated Standards Of Reporting Trials); además, el nivel de evidencia de cada uno de los estos artículos fue categorizado según la clasificación de niveles de evidencia de Oxford (OCEBM).

Se describe cada intervención reportada como realidad virtual reconociendo la diversidad de tecnologías de Software y Hardware. Se menciona el nombre comercial si aplica, y si se desarrollaron diseños propios o comerciales de ambientes (o juegos) para la intervención. Además, para favorecer la recomendación basada en evidencia se realiza una descripción de la prescripción, lo que permitirá al lector tener no sólo una panorámica de la tecnología usada, sino de la forma de aplicación y los efectos reportados.

Se seleccionaron como desenlaces la marcha y el equilibrio, por el impacto que estos presentan sobre la funcionalidad e independencia funcional.

La figura 2 muestra el proceso de selección de artículos. Una vez seleccionados los artículos, se realizó un proceso de lectura crítica y extracción de la información relacionada con los tipos de intervenciones con tecnología (Realidad Virtual),

otros tratamientos fuera de lo convencional y así mismo los resultados detallados de cada uno.

Resultados

La totalidad de los estudios seleccionados para la guía de recomendaciones tuvieron como objetivo principal evidenciar la efectividad del uso de realidad virtual como tratamiento para mejorar la función motora encaminada en el equilibrio y la marcha. Los resultados se dividen en dos componentes: los aspectos generales de alcance y resultados de los estudios, y la síntesis de las intervenciones, presentada como tabla 1, que incluye la categorización del nivel de evidencia. Es muy frecuente ver resultados de estudios documentales que agrupan o consolidan los hallazgos de manera sintética, consolidando los reportes de varios autores de manera sumaria. Esto no se considera una opción viable en este documento dada la variedad de las tecnologías aplicadas tanto en recursos de hardware como de software y la variedad de prescripciones asociadas a cada tecnología, que difieren de documento a documento consultado. Además, la intención de la presentación de resultados que a continuación se realizará, se proyecta como una guía para los rehabilitadores que permita la replicabilidad de las intervenciones reportadas; y dado que no se encontraron dos documentos con idénticos abordajes, se considera esencial realizar una presentación menos típica que reporte los artículos de manera independiente, describiendo la tecnología empleada, la prescripción y los hallazgos. Se presentarán los niveles de evidencia para cada uno de los documentos, brindando suficiente información para favorecer la probabilidad de replicación en contexto real de las intervenciones con mejor evidencia.

Un estudio realizado por Fontoura et al. (2017) evaluó la capacidad funcional y la calidad de vida de las personas con enfermedad de Parkinson (EP). La investigación demostró que la rehabilitación virtual es una estrategia innovadora y prometedora como intervención para el tratamiento de pacientes con EP que presentan alteraciones motoras en la marcha, el equilibrio y la postura.

Además, Cano Porras et al. (2018) enfocaron su estudio en el uso de la realidad virtual para la rehabilitación del equilibrio y la marcha en 6 cohortes con eventos neurológicos. En el documento se concluye que la realidad virtual es útil como intervención terapéutica, y la sugirieron como una intervención multimodal (motor-cognitiva) combinada con entrenamiento en trotadora para obtener mayores beneficios y reducir el riesgo de caídas. De manera consecuente, diversos estudios han evaluado el impacto de la realidad virtual (RV) en el tratamiento de la enfermedad de Parkinson (EP), con resultados consistentemente positivos. Lina et al. (2020) realizaron una revisión sistemática de 12 estudios, encontrando mejoras significativas en el equilibrio durante la marcha, la función motora y la capacidad para realizar actividades de la vida diaria

en pacientes con EP que recibieron terapia RV. Estos resultados fueron reafirmados por Chen et al. (2020), quienes compararon la RV con intervenciones activas tradicionales en 14 ECA y encontraron un efecto a corto plazo positivo en el equilibrio, la marcha y el balance en pacientes con EP. El grupo RV mostró un rendimiento significativamente mejor que el grupo control en cuanto al equilibrio. Así mismo, Dockx et al. (2016) también aportaron evidencia a favor de la RV, al analizar 8 ECA y concluyeron que la terapia RV indujo mayores beneficios en todos los resultados del estudio en comparación con las intervenciones del grupo control. Estos estudios sugieren que la RV puede ser una herramienta terapéutica eficaz para mejorar la calidad de vida de los pacientes con EP.

Ahora bien, enfocados en desenlaces diferentes, Lei et al. (2019) realizaron una revisión sistemática con 16 artículos que analizan los efectos de la realidad virtual en la rehabilitación de la marcha y el equilibrio. Se encontró que la intervención basada en realidad virtual evidenció mejores valores finales en equilibrio, fuerza y marcha, lo cual impactó directamente en la calidad de vida.

Con resultados parcialmente contrarios se encontró la investigación de Wang et al. (2019) que evaluó la efectividad de las intervenciones de realidad virtual en el equilibrio y la marcha en personas con Parkinson. Se seleccionaron 12 estudios controlados aleatorios que compararon el tratamiento con terapia convencional versus el tratamiento con realidad virtual. Los resultados demostraron mejoras significativas en el equilibrio con el entrenamiento en realidad virtual, aunque el entrenamiento de la marcha no mostró cambios significativos. Sin embargo, debido al bajo número de estudios que investigaron el entrenamiento de la marcha con realidad virtual, se requiere más investigación para obtener conclusiones definitivas.

Bajo la misma línea tecnológica, se encontró el estudio de Ferraz et al. (2017) quienes evaluaron la efectividad del Nintendo Wii en adultos con Parkinson en estadios I a III de la escala Hoehn & Yahr. Los autores revisaron 12 estudios que utilizaron el Nintendo Wii para realizar intervenciones basadas en realidad virtual. Concluyeron que aunque la evidencia es limitada, el tratamiento con Nintendo Wii podría ser una terapia alternativa para mejorar el equilibrio funcional y la estática dinámica de los pacientes.

Con uso de tecnología similar, Freitag et al. (2019) reconocieron los efectos positivos de la realidad virtual en el entrenamiento de la marcha en pacientes con Parkinson. En su revisión, seleccionaron 19 estudios que utilizaron diversas consolas y juegos como Nintendo Wii, Wii Fit, Kinect y Xbox. Los autores concluyeron que el entrenamiento de la marcha con realidad virtual, combinado con tecnología, aumenta la motivación de los pacientes para participar en programas de rehabilitación.

Juras et al. (2019) presentan un documento de revisión de 20 artículos sobre el uso de juegos de realidad virtual en el

equilibrio de pacientes con accidente cerebrovascular y enfermedad de Parkinson. Los estudios incluidos utilizaron diferentes consolas y juegos, como Wii Fit, Nintendo Wii, Xbox y Kinect. Los resultados indican que las intervenciones con realidad virtual producen resultados significativamente mejores en comparación con las intervenciones convencionales. Sin embargo, los autores advierten que los protocolos de entrenamiento en realidad virtual deben adaptarse al nivel de compromiso motor de cada paciente.

Ahora bien, en una revisión sistemática de 27 artículos con metaanálisis de 10 de ellos, se reportó el uso de consolas como Wii, Xbox Kinect y Oculus Rift, y sus correspondientes videojuegos. Los resultados mostraron que el entrenamiento con realidad virtual generó mejoras en el funcionamiento motor, equilibrio, coordinación, función cognitiva y calidad de vida de los pacientes (Triegaardt et al., 2020).

Un resultado controversial es mostrado en la investigación de Morales Gómez et al., (2018) en donde se examinó la efectividad terapéutica de la realidad virtual en pacientes con Parkinson. Los autores realizaron una revisión básica con la inclusión de 4 artículos. La intervención impactó el equilibrio y la función cognitiva bajo dos tipologías de intervención. Los grupos de control realizaron ejercicios convencionales y educación, mientras que los grupos experimentales utilizaron la realidad virtual (Wii Fit) para el entrenamiento del equilibrio y actividades cognitivas. Los resultados mostraron fueron contrapuestos, sin mostrar un resultado diferencial a favor de la efectividad de los programas de entrenamiento con realidad virtual en comparación con los programas de entrenamiento tradicional para mejorar el equilibrio y prevenir caídas en personas con Parkinson.

A diferencia de los estudios anteriores, Mendes et al. (2012) presentan un estudio experimental en pacientes con Parkinson y ancianos sanos para analizar los cambios en el equilibrio, el control del centro de gravedad y el control motor. Emplearon el Nintendo Wii Fit con videojuegos de fútbol como intervención, que además de trabajar el aspecto motor, también involucraba procesos cognitivos. Los resultados reconocen una mejora en la capacidad de los pacientes para cambiar su centro de gravedad, lo que sugiere el potencial terapéutico de la realidad virtual (RV) en personas mayores con Parkinson

Los estudios de Feng et al. (2019); (Gandolfi et al., 2017); (Kim et al., 2017); y (Liao et al., 2015) evaluaron la efectividad de la realidad virtual (RV) como herramienta terapéutica en pacientes con enfermedad de Parkinson (EP). Aunque los estudios encontraron resultados positivos en cuanto a la mejora del equilibrio y la marcha en pacientes con EP que reciben terapia RV, así como mejoría en la funcionalidad motora y el rendimiento al cruzar obstáculos en personas con EP; se debe reconocer que los autores usaron tecnologías diferentes, así, Feng et al. compararon la RV con la fisioterapia convencional, mientras que Gandolfi et al. compararon la RV supervisada en

el hogar con la RV en la clínica. Kim et al. evaluaron la seguridad de la caminata prolongada en RV inmersiva, y Liao et al. utilizaron Wii Fit para el entrenamiento basado en RV.

De forma similar, de Melo et al. (2018) presentan de manera experimental los efectos del entrenamiento de la marcha con RV en personas con Parkinson. La investigación reportó el alcance de mayores distancias y mayor velocidad en el grupo experimental entrenado con RV en comparación con el grupo de control, lo que muestra el potencial de la RV para modular progresivamente los niveles de complejidad y generar un desafío para los pacientes.

Pazzaglia et al. (2020) por otro lado, compararon un programa de rehabilitación de RV con un programa de rehabilitación convencional en pacientes con Parkinson. Los participantes que utilizaron RV mostraron mejores resultados en funciones como equilibrio, marcha y calidad de vida en comparación con el grupo de control. Estos hallazgos respaldan el uso de la RV como una estrategia efectiva en la rehabilitación de pacientes con Parkinson.

Finalmente, Yang et al. (2016) evaluaron si el entrenamiento con RV en el hogar es más efectivo que el entrenamiento convencional en pacientes con Parkinson. No encontraron diferencias significativas entre los dos grupos, lo que respalda tanto el uso de la terapia convencional como el uso de la RV en la mejora del equilibrio, la marcha y la calidad de vida en pacientes con Parkinson.

Así, los estudios revisados demuestran que la realidad virtual es una estrategia efectiva en la rehabilitación de la función motora, especialmente en el equilibrio y la marcha, en personas con enfermedad de Parkinson. Estos hallazgos respaldan la utilización de la realidad virtual como una intervención terapéutica prometedora en este contexto. Sin embargo, se requiere más investigación para determinar el alcance y la efectividad de estas intervenciones y para establecer protocolos de entrenamiento adecuados para cada paciente.

Síntesis de estudios para la elaboración de recomendaciones

Ahora bien, para facilitar procesos de prescripción, la tabla 1 presenta una síntesis de la intervención que se llevó a cabo en los estudios incluidos, presentando la intervención, los juegos, programas o sistemas, el protocolo y el nivel de evidencia de cada estudio. Esta información se considera clave para la toma de decisiones del profesional de Fisioterapia ampliando su campo en cuanto a las diversas estrategias de intervención haciendo uso de la RV. Se extrajo información disponible en

los documentos consultados como intensidad y duración de cada sesión, de modo que se puede relacionar la aplicación de las estrategias, la tecnología aplicada (si corresponde) y los efectos logrados tanto en los desenlaces de interés, como en otros desenlaces reportados en la literatura consultada; todo soportado desde la clasificación de evidencia de Oxford.

Recomendación fuerte y a favor

Beneficios y riesgos de la RV

Se reconocen grandes beneficios de la RV combinada con Fisioterapia convencional sobre funciones motoras y cognitivas, mejorando la calidad de vida de los pacientes. Logra adaptar de forma progresiva entornos conforme al grado de alteración motora que presente el paciente; sin embargo, para esto es importante tener claridad del protocolo que se va a implementar y el tiempo de intervención por sesiones que no sea mayor a 60 minutos, ya que puede causar mareo, vértigo o inseguridad en el paciente. Por otro lado, es una herramienta que permite al paciente tener mayor desempeño y motivación, lo que optimiza los tiempos en la rehabilitación del paciente.

El uso de la RV y la combinación de estrategias de rehabilitación desde Fisioterapia, permite que el tiempo de recuperación sea más rápido y contribuya a la calidad de vida y al desempeño según el contexto en el que se desempeñe. Se habla específicamente de la combinación de estrategias, dado que no hay reportes en los que se haya realizado intervención exclusiva con RV, por tanto, los reportes logrados dan cuenta del uso de RV en conjunto con diversas alternativas terapéuticas y las recomendaciones se hacen reconociendo que la aplicación de RV se debe realizar como parte de un tratamiento integral que articula diversas alternativas terapéuticas que con los resultados mostrados se potencia por el uso de tecnología.

Análisis de sesgos

No se reconocieron sesgos asociados a la participación de fabricantes de las diferentes tecnologías en el desarrollo de las investigaciones. Por otro lado, la aplicación de listas de chequeo en función del tipo de artículos incluidos, permite contar con documentos con una adecuada validez interna, no obstante, la validez externa de las investigaciones presentadas en este artículo, dependerá de la disponibilidad de las tecnologías respectivas en los contextos en que se desenvuelven los profesionales de rehabilitación, por lo tanto, la posibilidad de generalización sólo dependerá de la existencia de los recursos tecnológicos respectivos en las instituciones de salud.

Tabla 1.
Síntesis de las intervenciones realizadas en los estudios incluidos*

Autor	Intervención	Juegos, programas o sistemas	Protocolo	Nivel de Evidencia
(Fontoura et al., 2017)	Control: Terapia convencional (ejercicio).	N/A	5 semanas 2 sesiones por semana 60 minutos	1b
	Experimental:	Microsoft, X-Box, Kinect y consola	5 semanas 2 sesiones por semana	

	Juegos de danza: Movimientos anteroposteriores, lateral-posteriores y saltos.		30 minutos	
(Cano Porras et al., 2018)	Entrenamiento: Equilibrio Marcha	Consolas comerciales de bajo costo como Nintendo Wii	2 semanas	2a
(Lina et al., 2020)	Entrenamiento: Equilibrio Marcha Función motora Actividades de la vida diaria	Tele Wii Wii fit Nintendo Wii Juego de K-box	4-12 semanas 2-3 veces 30-50 minutos	2a
	Control: Terapia convencional: Ejercicios tradicionales, ciclismo, equilibrio.	N/A	5-12 semanas	2a
(Chen et al., 2020)	Experimental: Entrenamiento de: Marcha Balance Equilibrio	Exergaming, Wii Fit y Wii		
	Control: Entrenamiento de: Equilibrio Marcha Fuerza	N/A	4-12 semanas 30-60 minutos	2a
(Lei et al., 2019)	Experimental: Entrenamiento de: Equilibrio Entrenamiento con retroalimentación visual Marcha	Wii, Nintendo Wii, X-box 360, Bioflex-FP, Kinect, Tele Wii y Wi Fit		
(De Keersmaecker et al., 2019)	Control: Terapia convencional de entrenamiento de la marcha. Experimental: Correr en cinta usando pantallas HMD y entrenamiento de la marcha por medio de un exoesqueleto (Lokomat-pro).	N/A Lokomat-pro: Run game (exoesqueleto)	3-5 semanas 3-8 sesiones 20-45 minutos	2a
	Control: Terapia convencional desde Fisioterapia en el equilibrio y la marcha.	N/A	4-12 semanas 2-3 sesiones 30 minutos	2a
(Dockx et al., 2016)	Experimental: Estrategias de ejercicio con la RV desde Fisioterapia rehabilitando la marcha y el equilibrio por medio de actividades como movilizaciones de tronco, de miembros superiores e inferiores, equilibrio, fortalecimiento muscular, movimiento de forma rítmica, alineación y conciencia postural, tareas básicas y de mayor capacidad de esfuerzo y ejercicios para la parte cardiorrespiratoria.	Consola de juegos comercial, Nintendo Wii, Wii Fit y Motek		
(Ferraz et al., 2017)	Juego individual para el entrenamiento del equilibrio y la marcha.	Nintendo Wii	4-8 semana 2-3 sesiones 60 minutos	2a
(Mendes et al., 2012)	Juegos de fútbol para el entrenamiento de la agilidad en la marcha, el equilibrio y el control motor en relación al centro de gravedad.	Nintendo Wii Fit	14 semanas 2 sesiones	1b
	Control: Entrenamiento de equilibrio, condición física, marcha y coordinación.	N/A	12 semanas 5 sesiones 45 minutos	1b
(Feng et al., 2019)	Experimental: Fuerza muscular/centro de gravedad/coordinación= Ejercicio de manos y pies para tocar y mover balón Respuesta rápida/centro de gravedad/flexibilidad/equilibrio= Ejercicio de canotaje Movimientos rápidos/giros del cuerpo/coordinación= Ejercicio de desplazarse en un laberinto	Exergaming y Kinect		
(Freitag et al., 2019)	Entrenamiento: Marcha en la ejecución de tareas simples y complejas.	Wii Fit, Nintendo Wii, Kinect, X-box	3-8 semanas 2-3 sesiones 30-40 minutos	2a
(Gandolfi et al., 2017)	Entrenamiento: Ejercicios de auto-desestabilización y desestabilización externa (feedback y feedforward) Ejercicios en patineta simulando desplazarse en ella Ejercicios que involucran movilidad gruesa en escenario de nieve (guerra de nieve)	Nintendo Wii Fit	7 semanas 3 sesiones 50 minutos	1b
(Juras et al., 2019)	Entrenamiento: Equilibrio por medio de juegos como golf, bolos, Yoga, hula-hula, esquí y tenis de mesa.	Wii Fit, Nintendo Wii, X-box, Kinect	3-8 semanas 2-5 sesiones 20-60 minutos	2a

(Kim et al., 2017)	Entrenamiento: Marcha por medio de visores en cinta rodante en un entorno virtual inmersivo.	HMD y Oculus Rift	4 sesiones 5 minutos con 1 minuto de descanso (Se completa lista de chequeo para informar síntomas asociados después de hacer uso de la RV)	1b
(Liao et al., 2015)	Entrenamiento: Fortalecimiento, equilibrio, Yoga, zancada cruzada y agilidad de la marcha en cinta rodante acompañado de Wii Fit.	Wii Fit	6 semanas 12 sesiones 45 minutos	1b
(Maidan et al., 2017)	Entrenamiento: Marcha por medio de caminatas en dos niveles de dificultad (sencillo y complejo). No aborda marcha o equilibrio, pero reporta cambios en la función cerebral por medio de resonancia magnética.	Software Neurobehavioral Systems, Albany, NY por medio de pantalla de cristal inclinada	6 semanas 3 sesiones 1 minuto por nivel	1b
(de Melo et al., 2018)	Control: Entrenamiento de la marcha en cinta de correr. Experimental: Ejercicios de caminar y correr, elevando las rodillas en una marcha estacionaria (desplazamiento del centro de gravedad) Ejercicios de coordinación motoras y para la condición física del paciente.	N/A Kinect X-box 360	4 semanas 3 sesiones 20 minutos	1b
(Morales Gómez et al., 2018)	Control: Entrenamiento del equilibrio y educación para prevenir caídas desde terapia convencional. Experimental: Entrenamiento del equilibrio.	N/A Wii Fit	8 semanas 2 sesiones 50 minutos	2a
(Pazzaglia et al., 2020)	Control: Ejercicio convencional. Experimental: Entrenamiento del equilibrio, la coordinación y la agilidad en miembros superiores e inferiores.	N/A No refiere	6 semanas 1 sesión 40 minutos	1b
(Triegaardt et al., 2020)	Entrenamiento: Equilibrio, funcionamiento motor, coordinación y función cognitiva.	Wii, Kinect X-box, Oculus Rift	8 semanas 2 sesiones	2a
(Wang et al., 2019)	Control: Entrenamiento de la fuerza, balance, equilibrio y marcha. Experimental: Entrenamiento de marcha y equilibrio.	N/A Wii Fit y Kinect X-box	6-7 semanas 2-5 sesiones 30-50 minutos	2a
(Yang et al., 2016)	Control: Entrenamiento de la postura estática y cambios de peso dinámicos. Experimental: Entrenamiento de la postura estática y cambios de peso dinámicos.	N/A Software de RV	6 semanas 2 sesiones 50 minutos	1b

* Fuente autores.

Discusión

En la actualidad, el uso de la RV y los sistemas que se emplean dentro de la misma con fines terapéuticos, han generado un gran impacto en el ámbito clínico, más específicamente en la rehabilitación. Cabe reconocer hay reportes de cambios potenciales en el reaprendizaje motor derivados del uso de RV, como el documento de Pérez Montoya y Henao (2020), quienes hacen un análisis de los alcances del concepto de aprendizaje motor y exponen el potencial de uso de la RV para lograr transformaciones motrices en espacios terapéuticos controlados. Fisiológicamente esto se puede explicar por cambios en la estructura neuronal, de manera que la actividad generada en la corteza prefrontal y en el cerebro es la responsable de la recuperación a nivel motor, relacionado al estímulo-respuesta y a la motivación por parte del paciente. La intervención con RV en pacientes con Parkinson centrado en la función motora, se refleja mediante la implementación de diversas herramientas tecnológicas como

visores, pantallas, ordenadores, controles, consolas, entre otros; que permiten crear diferentes escenarios que se pueden adaptar al paciente según el grado de alteración motora que presente.

Los resultados de la mayoría de los estudios incluidos para esta guía, hacen referencia a efectos positivos generados al realizar entrenamiento de la marcha y el equilibrio por medio de la RV en comparación con la rehabilitación desde la terapia convencional; siendo la RV una oportunidad en el campo de la Fisioterapia en pro de la rehabilitación en pacientes con Parkinson y en el tiempo de recuperación y mejora de la función motora. Sin embargo, el tiempo de intervención por cada sesión no puede pasar de 60 minutos debido a que puede causar mareo o falta de seguridad en el paciente al realizar la marcha.

Se ha demostrado que la RV, es de gran utilidad para mejorar el aprendizaje visual, auditivo, táctil, motor y aportando a la motivación, la RV se ha venido aplicando a la mejora de la habilidad motora post-ictus (Dockx et al., 2016). Así mismo, se ha documentado que llevar a cabo tareas por medio

de la RV mejora las habilidades motoras en las personas con Parkinson (Mendes et al., 2012).

Resultados similares fueron encontrados por De Keersmaecker et al. (2019), quienes resumieron evidencia sobre la efectividad de la rehabilitación haciendo uso de RV sobre la marcha de personas con trastornos del movimiento. Seleccionaron 18 estudios sobre el uso de la RV comparado con terapia convencional. El grupo de control fue intervenido de forma convencional y por otro lado al grupo experimental se le aplicó RV empleando pantallas HMD (Head-Mounted Display) para llevar a cabo actividades como caminatas o tareas que implicaran marcha, además del uso del exoesqueleto lokomat-pro. El estudio concluyó que la RV para el entrenamiento de la marcha fue eficaz para mejorar la función de la marcha.

Van Beek et al. (2019), reconocieron efectos derivados de tecnologías análogas como los Exergaming, reconociendo que además de los efectos fisiológicos potenciales en la destreza de las personas tratadas, se logró mayor adherencia y participación en los tratamientos con una usabilidad categorizada como “muy buena”. Así mismo Maggio et al. (2018), encontraron mejoría además en el componente cognitivo, derivada del uso de la RV específicamente en funciones ejecutivas y también en habilidades visoespaciales, comparados con grupos tratados con terapia convencional; esto se logró luego de 24 semanas de tratamiento divididos en 3 sesiones semanales de 60 minutos de duración.

Así, se hace evidente la importancia del componente motivacional dentro del proceso de recuperación funcional, esto se evidencia además en el estudio de Cikajlo & Peterlin Potisk (2019), quienes documentaron el efecto de la RV inmersiva y no inmersiva sobre la función de la mano y sobre la motivación. Encontraron efectos significativamente mejores en aquellas personas tratadas con sistemas inmersivos, no obstante, aunque el grupo que fue tratado con terapia no inmersiva mostró menos tensión, pero el que empleó terapia inmersiva mostró mejor percepción de logro de resultados. Esto hace evidente la necesidad de articular estrategias de intervención, que permitan resultados combinados en función de las potencialidades de cada estrategia de intervención.

Al estudiar los principios neurobiológicos que respaldan el uso de la realidad virtual (RV), se puede proporcionar una dirección en la creación de entornos virtuales que expliquen las actividades funcionales de manera consecutiva y recompensada en un tiempo determinado. Es importante considerar el nivel de habilidad del paciente con Parkinson, ya que su experiencia en el entorno virtual dependerá de lo que pueda lograr. Estudios han afirmado que el aprendizaje o reaprendizaje desempeña un papel fundamental en la RV, y depende de la información interpretable obtenida. El aumento del nivel de dificultad de las tareas dependerá de la información disponible para el paciente, pero es crucial evitar sobrecargar al paciente. Cuando los pacientes tienen habilidades más avanzadas y no

presentan alteraciones en sus patrones motores, la mecánica de la interfaz individual puede fortalecer sus habilidades y permitir que enfrenten desafíos acordes a sus capacidades, obteniendo así una experiencia de juego más enriquecedora. Sin embargo, como lo refieren en su estudio Pérez Gómez et al. (2020), en el diseño y creación de entornos de RV para rehabilitación, es necesario tener precaución y ser detallados para lograr los objetivos deseados y permitir que el paciente realice tareas específicas que promuevan la funcionalidad y el funcionamiento en su proceso de rehabilitación.

Las revisiones sistemáticas incluidas en su mayoría hacen referencia a los efectos positivos al realizar entrenamiento de la marcha y el equilibrio haciendo uso de la RV por medio de juegos o tareas específicas; sin embargo, la RV se puede combinar con estrategias de ejercicio desde el campo de la Fisioterapia, siendo más riguroso el proceso de rehabilitación en un paciente con alteración motora por causa de la Enfermedad Parkinson. Mirelman et al. (2013), concluyen que la combinación del entrenamiento en cinta rodante con RV en pacientes con Parkinson, reduce el riesgo de caída, mejorando la movilidad y la función cognitiva. Además, mencionan que, para promover el aprendizaje motor para la deambulación segura de los pacientes, es necesario que las intervenciones incluyan aspectos motores y cognitivos relacionados a las caídas, siendo un entrenamiento adecuado para la realización de tareas específicas. Del mismo modo, Feng et al. (2019), indican que la combinación de juegos y el tratamiento orientado por Psicología y Fisioterapia haciendo uso de una pantalla que proporciona escenas artificiales, permite que el paciente se sienta un entorno de juego o viaje, fomentando un proceso de tratamiento agradable y entretenido que motiva al paciente, logrando efectos mentales y fisiológicos beneficiosos.

La combinación de tratamientos convencionales, como el entrenamiento de la marcha, el equilibrio, la postura y la agilidad, junto con la realidad virtual (RV), resulta más efectiva en el proceso de rehabilitación de pacientes con Parkinson. Esta combinación genera beneficios en la función motora, los procesos cognitivos, las actividades diarias, la participación y la calidad de vida relacionada con la salud de los pacientes. Un estudio realizado por Maidan et al. (2017) comparó los efectos de dos formas de ejercicio: a) cinta rodante con RV, y b) solo cinta rodante. Se utilizaron resonancias magnéticas para medir los efectos fisiológicos. Los participantes con contraindicaciones para la resonancia magnética, comorbilidades psiquiátricas, deterioro cognitivo significativo, trastornos neurológicos distintos al Parkinson, problemas ortopédicos o afecciones médicas inestables fueron excluidos del estudio. Se observaron mejoras en la función cerebral mediante resonancia magnética funcional después de ambos tipos de entrenamiento, pero cada tipo de intervención afectó el reclutamiento de diferentes áreas del cerebro. Esto indica que la respuesta cerebral está influenciada

por el tipo de intervención, siendo más activa en las personas entrenadas con RV. Finalmente, Un aspecto fundamental para la implementación de la realidad virtual (VR) en el ámbito terapéutico es la usabilidad y aceptación que esta tecnología pueda tener en los pacientes. Estudios recientes han demostrado una experiencia personal positiva en la mayoría de los casos, lo que se refleja en evaluaciones mediante encuestas como el Game Experience Questionnaire (GEQ). El GEQ funciona como una escala que permite evaluar la experiencia de juego individual, proporcionando información valiosa sobre la percepción del usuario en cuanto a la inmersión, la presencia, el control de la experiencia y la satisfacción general; así, La usabilidad y aceptación de la VR en terapias son aspectos que no deben subestimarse. Al enfocarse en estos factores, se puede maximizar el potencial de esta tecnología para mejorar la calidad de vida de los pacientes (Campo-Prieto et al., 2020)

Conclusiones

Existe gran variedad de opciones terapéuticas disponibles para el abordaje de la Enfermedad de Parkinson con RV. La propuesta en este artículo de delimitación diferenciada de cada una de las tecnologías responde a gama amplia de opciones usadas con énfasis de rehabilitación y énfasis investigativo. En palabras más concretas, No se encontraron dos investigaciones que usaran la misma combinación de tecnología (igual hardware e idéntico juego o ambiente de realidad virtual), por tanto no se consideró pertinente presentar resultados de la aplicación de VR asumiendo que siempre se hace igual.

Partiendo de lo mencionado, se debe considerar la intención de esta investigación como un documento que guía a los terapeutas en la toma de decisión sobre el uso de VR como medio de intervención, bajo esta perspectiva, la información presentada en la tabla 1 consolidó las intervenciones una a una, en función de los detalles presentados por cada autor consultado. Es tarea del rehabilitador analizar los resultados de cada una de las opciones documentadas en conjunto con la tecnología y prescripciones reportadas; y analizar el potencial de uso en su contexto, que estará mediado por la posibilidad de acceso a la tecnología mencionada en esta investigación, y los resultados obtenidos por esta.

Por otro lado, la RV también brinda al Rehabilitador distintas maneras de establecer la reorganización cerebral, por medio de los escenarios que generan un estímulo somatosensorial, auditivo y la retroalimentación visual; además amplía el foco de la rehabilitación, optimizando los procesos de recuperación de los pacientes y da lugar a grandes oportunidades terapéuticas, incluidas las evaluativas, conforme lo propone Bluett en su revisión sistemática (Bluett et al., 2019).

Referencias

Ariza Serrano, L. M., Guerrero Vega, J., Ortiz, P., & Moreno

- Lopez, C. L. (2016). Caracterización de pacientes con enfermedad de Parkinson en un centro de referencia de la ciudad de Bogotá, Colombia. *Acta Neurológica Colombiana*, 32(3).
- Bluett, B., Bayram, E., & Litvan, I. (2019). The virtual reality of Parkinson's disease freezing of gait: A systematic review. *Parkinsonism & Related Disorders*, 61, 26–33. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2018.11.013>
- Brožek, J. L., Akl, E. A., Alonso-Coello, P., Lang, D., Jaeschke, R., Williams, J. W., Phillips, B., Lelgemann, M., Lethaby, A., Bousquet, J., Guyatt, G. H., & Schünemann, H. J. (2009). Grading quality of evidence and strength of recommendations in clinical practice guidelines. *Allergy*, 64(5), 669–677. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2009.01973.x>
- Campo-Prieto, P., Cancela Carral, J. M., Machado de Oliveira, I., & Rodríguez-Fuentes, G. (2020). Realidad Virtual Inmersiva en personas mayores: estudio de casos (Immersive Virtual Reality in older people: a case study). *Retos*, 39. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.78195>
- Cano Porras, D., Siemonsma, P., Inzelberg, R., Zeilig, G., & Plotnik, M. (2018). Advantages of virtual reality in the rehabilitation of balance and gait. *Neurology*, 90(22), 1017–1025. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000005603>
- Chen, Y., Gao, Q., He, C.-Q., & Bian, R. (2020). Effect of Virtual Reality on Balance in Individuals With Parkinson Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Physical Therapy*, 100(6), 933–945. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzaa042>
- Cikajlo, I., & Peterlin Potisk, K. (2019). Advantages of using 3D virtual reality based training in persons with Parkinson's disease: a parallel study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 16(1), 119. <https://doi.org/10.1186/s12984-019-0601-1>
- De Keersmaecker, E., Lefeber, N., Geys, M., Jespers, E., Kerckhofs, E., & Swinnen, E. (2019). Virtual reality during gait training: does it improve gait function in persons with central nervous system movement disorders? A systematic review and meta-analysis. *NeuroRehabilitation*, 44(1), 43–66. <https://doi.org/10.3233/NRE-182551>
- de Melo, G. E. L., Kleiner, A. F. R., Lopes, J. B. P., Dumont, A. J. L., Lazzari, R. D., Galli, M., & Oliveira, C. S. (2018). Effect of virtual reality training on walking distance and physical fitness in individuals with Parkinson's disease. *NeuroRehabilitation*, 42(4), 473–480. <https://doi.org/10.3233/NRE-172355>
- Dockx, K., Bekkers, E. M., Van den Bergh, V., Ginis, P., Rochester, L., Hausdorff, J. M., Mirelman, A., & Nieuwboer, A. (2016). Virtual reality for rehabilitation in Parkinson's disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2016(12). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010760.pub2>

- 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>
- Ferraz, D. D., Trippo, K., Dominguez, A., Santos, A., & Oliveira Filho, J. (2017). Nintendo Wii training on postural balance and mobility rehabilitation of adults with Parkinson's disease: a systematic review. *Fisioterapia Em Movimento*, 30(suppl 1), 383–393. <https://doi.org/10.1590/1980-5918.030.s01.ar07>
- Fontoura, V. C. B., Macêdo, J. G. F. de, Silva, L. P. da, Silva, I. B. da, Coriolano, M. das G. W. de S., & Monteiro, D. (2017). The role of rehabilitation with virtual reality in functional ability and quality of life of individuals with Parkinson's disease. *Acta Fisiátrica*, 24(2). <https://doi.org/10.5935/0104-7795.20170017>
- Freitag, F., Brucki, S. M. D., Barbosa, A. F., Chen, J., Souza, C. de O., Valente, D. F., Chien, H. F., Bedeschi, C., & Voos, M. C. (2019). Is virtual reality beneficial for dual-task gait training in patients with Parkinson's disease? A systematic review. *Dementia & Neuropsychologia*, 13(3), 259–267. <https://doi.org/10.1590/1980-57642018dn13-030002>
- Gandolfi, M., Geroin, C., Dimitrova, E., Boldrini, P., Waldner, A., Bonadiman, S., Picelli, A., Regazzo, S., Stirbu, E., Primon, D., Bosello, C., Gravina, A. R., Peron, L., Trevisan, M., Garcia, A. C., Menel, A., Blocari, L., Valè, N., Saltuari, L., ... Smania, N. (2017). Virtual Reality Telerehabilitation for Postural Instability in Parkinson's Disease: A Multicenter, Single-Blind, Randomized, Controlled Trial. *BioMed Research International*, 2017, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2017/7962826>
- Hurtado, F., Cardenas, M. A. N., Cardenas, F., & León, L. A. (2017). La Enfermedad de Parkinson: Etiología, Tratamientos y Factores Preventivos. *Universitas Psychologica*, 15(5). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.upsy15-5.epet>
- Juras, G., Brachman, A., Michalska, J., Kamieniarz, A., Pawłowski, M., Hadamus, A., Białoszewski, D., Błaszczuk, J., & Słomka, K. J. (2019). Standards of Virtual Reality Application in Balance Training Programs in Clinical Practice: A Systematic Review. *Games for Health Journal*, 8(2), 101–111. <https://doi.org/10.1089/g4h.2018.0034>
- Kim, A., Darakjian, N., & Finley, J. M. (2017). Walking in fully immersive virtual environments: an evaluation of potential adverse effects in older adults and individuals with Parkinson's disease. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 14(1), 16. <https://doi.org/10.1186/s12984-017-0225-2>
- Lange, B., Koenig, S., Chang, C. Y., McConnell, E., Suma, E., Bolas, M., & Rizzo, A. (2012). Designing informed game-based rehabilitation tasks leveraging advances in virtual reality. *Disability and Rehabilitation*, 34(22). <https://doi.org/10.3109/09638288.2012.670029>
- Lei, C., Sunzi, K., Dai, F., Liu, X., Wang, Y., Zhang, B., He, L., & Ju, M. (2019). Effects of virtual reality rehabilitation training on gait and balance in patients with Parkinson's disease: A systematic review. *PLOS ONE*, 14(11), e0224819. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224819>
- Liao, Y.-Y., Yang, Y.-R., Cheng, S.-J., Wu, Y.-R., Fuh, J.-L., & Wang, R.-Y. (2015). Virtual Reality-Based Training to Improve Obstacle-Crossing Performance and Dynamic Balance in Patients With Parkinson's Disease. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 29(7), 658–667. <https://doi.org/10.1177/1545968314562111>
- Lina, C., Guoen, C., Huidan, W., Yingqing, W., Ying, C., Xiaochun, C., & Qinyong, Y. (2020). The Effect of Virtual Reality on the Ability to Perform Activities of Daily Living, Balance During Gait, and Motor Function in Parkinson Disease Patients. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 99(10), 917–924. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001447>
- Maggio, M. G., De Cola, M. C., Latella, D., Maresca, G., Finocchiaro, C., La Rosa, G., Cimino, V., Sorbera, C., Bramanti, P., De Luca, R., & Calabrò, R. S. (2018). What About the Role of Virtual Reality in Parkinson Disease's Cognitive Rehabilitation? Preliminary Findings From a Randomized Clinical Trial. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, 31(6), 312–318. <https://doi.org/10.1177/0891988718807973>
- Maidan, I., Rosenberg-Katz, K., Jacob, Y., Giladi, N., Hausdorff, J. M., & Mirelman, A. (2017). Disparate effects of training on brain activation in Parkinson disease. *Neurology*, 89(17), 1804–1810. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000004576>
- Mendes, F. A. dos S., Pompeu, J. E., Lobo, A. M., da Silva, K. G., Oliveira, T. de P., Zomignani, A. P., & Piemonte, M. E. P. (2012). Motor learning, retention and transfer after virtual-reality-based training in Parkinson's disease – effect of motor and cognitive demands of games: a longitudinal, controlled clinical study. *Physiotherapy*, 98(3), 217–223. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2012.06.001>
- Mirelman, A., Rochester, L., Reelick, M., Nieuwhof, F., Pelosin, E., Abbruzzese, G., Dockx, K., Nieuwboer, A., & Hausdorff, J. M. (2013). V-TIME: a treadmill training program augmented by virtual reality to decrease fall risk in older adults: study design of a randomized controlled trial. *BMC Neurology*, 13(1), 15. <https://doi.org/10.1186/1471-2377-13-15>
- Morales Gómez, S., Elizagaray García, I., Yepes Rojas, Ó.,

- de la Puente Ranea, L., & Gil Martínez, A. (2018). Efectividad de los programas de inmersión virtual en los pacientes con enfermedad de Parkinson. Revisión sistemática. *Revista de Neurología*, 66(03), 69. <https://doi.org/10.33588/rn.6603.2017459>
- Pazzaglia, C., Imbimbo, I., Tranchita, E., Minganti, C., Ricciardi, D., Lo Monaco, R., Parisi, A., & Padua, L. (2020). Comparison of virtual reality rehabilitation and conventional rehabilitation in Parkinson's disease: a randomised controlled trial. *Physiotherapy*, 106, 36–42. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2019.12.007>
- Pérez Gómez, C. A., Montoya Hurtado, O. L., & Henao, L. M. (2020). Aprendizaje motor y realidad virtual. In M. A. Cubillo León (Ed.), *Avances científicos y nuevas tecnologías en neurorehabilitación transdisciplinaria* (1st ed., pp. 119–141). Sociedad de Investigadores y Formadores de Recursos en Rehabilitación Humana.
- 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. <https://doi.org/10.47197/retos.v51.101164>
- Triegaardt, J., Han, T. S., Sada, C., Sharma, S., & Sharma, P. (2020). The role of virtual reality on outcomes in rehabilitation of Parkinson's disease: meta-analysis and systematic review in 1031 participants. *Neurological Sciences*, 41(3), 529–536. <https://doi.org/10.1007/s10072-019-04144-3>
- van Beek, J. J. W., van Wegen, E. E. H., Bohlhalter, S., & Vanbellingen, T. (2019). Exergaming-Based Dexterity Training in Persons With Parkinson Disease: A Pilot Feasibility Study. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 43(3), 168–174. <https://doi.org/10.1097/NPT.0000000000000278>
- Wang, B., Shen, M., Wang, Y., He, Z., Chi, S., & Yang, Z. (2019). Effect of virtual reality on balance and gait ability in patients with Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, 33(7), 1130–1138. <https://doi.org/10.1177/0269215519843174>
- Yang, W.-C., Wang, H.-K., Wu, R.-M., Lo, C.-S., & Lin, K.-H. (2016). Home-based virtual reality balance training and conventional balance training in Parkinson's disease: A randomized controlled trial. *Journal of the Formosan Medical Association*, 115(9), 734–743. <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2015.07.012>

Datos de los/as autores/as:

Diana Katerine Munar Rodríguez
Carlos Alberto Pérez Gómez

diana.munar@ecr.edu.co
carlos.perez@ecr.edu.co

Autor/a
Autor/a