



Universidad Andrés Bello
Facultad de Ciencias de la Rehabilitación

**COMPARACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LA TERAPIA CON REALIDAD
VIRTUAL Y TERAPIA CONVENCIONAL SOBRE LA MARCHA EN
PACIENTES CON ENFERMEDAD DE PARKINSON: UNA REVISIÓN
SISTEMÁTICA**

Actividad Final de Graduación

Autores:

Daniel Bernabé Manríquez Casanova

Ysamar Alejandra Muñoz Cartes

Manfred Franco Pérez Ríos

Tutor:

Álvaro Renato Reyes Ponce

Concepción, Chile

2023

COMPARACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LA TERAPIA CON REALIDAD VIRTUAL Y TERAPIA CONVENCIONAL SOBRE LA MARCHA EN PACIENTES CON ENFERMEDAD DE PARKINSON: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Daniel Manríquez Casanova, Ysamar Muñoz Cartes, Manfred Pérez Ríos
Universidad Andrés Bello, Facultad de Ciencias de la Rehabilitación.
Concepción, Chile, 2023.

RESUMEN

Introducción: Los trastornos neurológicos son la principal causa de discapacidad y la segunda causa de muerte en todo el mundo. La enfermedad de Parkinson (EP) es la segunda enfermedad neurodegenerativa más común. La EP se considera como un trastorno neurodegenerativo lentamente progresivo, que implica la muerte temprana prominente de las neuronas dopaminérgicas en la sustancia negra. Se ha evidenciado que a medida que avanza la EP, la marcha y el equilibrio se ven afectados de forma más grave. En este contexto, en los últimos años, se ha incorporado la realidad virtual (RV), ofreciendo nuevas alternativas para la rehabilitación de los pacientes con EP.

Objetivo: Comparar la efectividad de la terapia con realidad virtual y la terapia convencional en la mejora de la marcha en pacientes con EP.

Metodología: Se realizó una revisión sistemática de ensayos clínicos aleatorizados. Las bases de datos consultadas fueron PubMed, Scopus, WoS, Medline y Science Direct. La estrategia de búsqueda utilizó la metodología PICO. Se evaluó la calidad de la evidencia a través de la escala de PEDro y se utilizó el diagrama de flujo de PRISMA para la selección de los artículos.

Resultados: En nuestro análisis se incluyeron un total de 8 artículos que cumplieron con los criterios de elegibilidad establecidos, con 324 participantes con EP. Estos estudios presentaron una calidad de la evidencia de moderada a alta, según la escala de PEDro. Respecto al entrenamiento de rehabilitación con RV se desempeñó mejor que el entrenamiento de rehabilitación convencional o tradicional en todas las variables evaluadas: Velocidad (RV 10.75 cm/s GC 5.72 cm/s), DGI (RV 3.7 pts., GC 2.6 pts.), Cadencia (RV 3.56 pasos/minuto, GC 2.72 pasos/minuto), FGA (RV 6.5 pts., GC 2.2 pts.), Longitud de zancada (RV 8.3 cm, GC 4.7 cm).

Conclusiones: Los estudios analizados en esta revisión sistemática sugieren que la terapia basada en RV es un medio de rehabilitación más eficaz para las variables de la marcha analizadas en pacientes con EP en comparación a la TC. Sin embargo, se requieren una mayor cantidad de estudios, que posean diseños metodológicos rigurosos y de alta calidad, utilizando muestras de mayor tamaño para confirmar y ampliar estos hallazgos.

Palabras claves: enfermedad de Parkinson, realidad virtual, exergaming, terapia convencional, marcha.

ABSTRACT

Introduction: Neurological disorders are the main cause of disability and the second cause of death worldwide. Parkinson's disease (PD) is the second most common neurodegenerative disease. PD is considered to be a slowly progressive neurodegenerative disorder, involving prominent early death of dopaminergic neurons in the substantia nigra. It has been shown that as PD progresses, gait and balance are affected more severely. In this context, in recent years, virtual reality (VR) has been incorporated, offering new alternatives for the rehabilitation of patients with PD.

Objective: To compare the effectiveness of virtual reality therapy and conventional therapy in improving gait in patients with PD.

Methodology: A systematic review of randomized clinical trials was performed. The databases consulted were PubMed, Scopus, WoS, Medline, and Science Direct. The search strategy used the PICO methodology. The quality of the evidence was evaluated through the PEDro scale and the PRISMA flowchart was used to select the articles.

Results: A total of 8 articles that met the established eligibility criteria were included in our analysis, with 324 participants with PD. These studies had a moderate to high quality of evidence, according to the PEDro scale. Regarding rehabilitation training with VR, it performed better than conventional or traditional rehabilitation training in all the variables evaluated: Speed (VR 10.75 cm/s GC 5.72 cm/s), DGI (VR 3.7 pts., GC 2.6 pts.), Cadence (RV 3.56 steps/minute, GC 2.72 steps/minute), FGA (RV 6.5 pts., GC 2.2 pts.), Stride length (RV 8.3 cm, GC 4.7 cm).

Conclusions: The studies analyzed in this systematic review suggest that VR-based therapy is a more effective means of rehabilitation for the gait variables analyzed in patients with PD compared

to CT. However, a larger number of studies are required, with rigorous and high-quality methodological designs, using larger sample sizes to confirm and expand these findings.

Keywords: parkinson's disease, virtual reality, exergaming, conventional therapy, gait.

INTRODUCCIÓN

Los trastornos neurológicos son la principal causa de discapacidad y la segunda causa de muerte en todo el mundo (1). Entre los trastornos neurológicos examinados en el año 2015 por el Grupo Colaborador de Trastornos Neurológicos (GBD), en el estudio de carga global de enfermedad, lesiones y factores de riesgo, la enfermedad de Parkinson (EP) fue la de más rápido crecimiento en prevalencia, discapacidad y muertes (1). En ese mismo estudio, se estimó que el número total de personas afectadas por esta enfermedad se duplicó con creces en todo el mundo entre 1990 y 2015 (1). La EP es la segunda enfermedad neurodegenerativa más común con una prevalencia mundial de más de 6 millones de personas. En 2016, 6.1 millones de personas en todo el mundo padecían la enfermedad de Parkinson, de los cuales 2.9 millones (47.5 %) eran mujeres y 3.2 millones (52.5 %) eran hombres. Este número corresponde a un aumento de 2.5 veces en la prevalencia durante la última generación, lo que convierte a esta enfermedad en una de las principales causas de discapacidad neurológica (2). La prevalencia y la incidencia aumentan casi exponencialmente con la edad y alcanzan su punto máximo después de los 80 años (3.4). Esta tendencia tiene importantes implicaciones para la salud pública; con una población que envejece y una esperanza de vida en aumento en todo el mundo, se espera que el número de personas con EP aumente en más del 50 % para 2030 (5).

La EP se considera como un trastorno neurodegenerativo lentamente progresivo que comienza años antes de que se pueda hacer el diagnóstico, que implica la muerte temprana prominente de las neuronas dopaminérgicas en la sustancia negra pars compacta (SNpc) (6). Aunque su causa sigue siendo desconocida, se asocia al resultado de una combinación de factores genéticos y ambientales (6). Respecto a la sintomatología, se manifiesta con una amplia gama de síntomas, tanto motores, como no motores. Dentro de los síntomas motores se incluyen la bradicinesia, rigidez muscular, temblor de reposo, deterioro postural y de la marcha. Las características no motoras incluyen

disfunción olfativa, deterioro cognitivo, síntomas psiquiátricos, trastornos del sueño, disfunción autonómica, dolor y fatiga (6).

En relación con esta enfermedad, según estudios se ha evidenciado que a medida que avanza la EP, la marcha y el equilibrio se ven afectados de forma más grave, lo que genera riesgo de caídas y, por lo tanto, afecta las actividades de la vida diaria (7). Por otro lado, se ha demostrado que los problemas de la marcha y el equilibrio en pacientes con EP son resistentes a los medicamentos antiparkinsonianos (8). Por ello, se ha recomendado el uso de intervenciones no farmacológicas, como el ejercicio aeróbico, de resistencia y la actividad física (9,10). Sin embargo, en una revisión sistemática, se encontró que las intervenciones de actividad física tenían un beneficio limitado para los síntomas clínicos de la EP (11). Además, los efectos beneficiosos del ejercicio parecen cesar después de los períodos de seguimiento sin entrenamiento (12) y la adherencia al ejercicio a largo plazo es baja con una tasa de abandono del 10 al 20 %, incluso con la provisión de un entrenamiento óptimo (13).

En este contexto, en los últimos años, se ha incorporado la tecnología (terapia por realidad virtual) para elaborar intervenciones o tratamiento en adultos mayores y personas con EP (14,15). Respecto a esto, la realidad virtual (RV), incluyendo dentro de este concepto los exergaming, ofrecen nuevas alternativas para la rehabilitación de los pacientes con EP. La RV es una nueva herramienta de rehabilitación no convencional, con un valor añadido sobre las terapias tradicionales. Ya que, tiene el potencial de optimizar el aprendizaje motor en un entorno seguro y, al replicar escenarios de la vida real, podría ayudar a mejorar las actividades funcionales de la vida diaria (16). En este sentido la RV se considera una terapia de rehabilitación útil por varias razones, entre ellas: es que permite crear un ambiente controlado, en el que el paciente se puede sentir más seguro al momento de realizar el proceso de terapia o tratamiento; favorece un entorno enriquecido con RV y permite al paciente realizar actividades cognitivas y motoras simultáneamente (17,18). Un programa de realidad virtual simula actividades del mundo real, lo que proporciona una mayor validez ecológica en comparación con la terapia más convencional (19,20). Las actividades riesgosas que no son seguras para practicar en las sesiones de terapia pueden practicarse en un ambiente seguro y regulado; además, los pacientes a menudo practican durante períodos más largos, ya que los

programas de realidad virtual se consideran más interesantes y agradables que los programas convencionales (16).

Sin embargo, a pesar del potencial prometedor de la RV, el nivel y la calidad de la evidencia sobre su efectividad en comparación con la terapia convencional para la mejora de la marcha en pacientes con EP es limitada, por eso surge la siguiente pregunta: ¿en personas con enfermedad de Parkinson, la terapia realidad virtual en comparación a la terapia física convencional es más efectiva sobre los parámetros de la marcha? Es por ello que esta revisión sistemática tiene como objetivo comparar la efectividad de la terapia con realidad virtual y la terapia convencional en la mejora de la marcha en pacientes con enfermedad de Parkinson. Esta comparación ayudará a entender mejor las ventajas y limitaciones de cada terapia y proporcionará orientación para la futura práctica clínica y la investigación en este campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estrategia de búsqueda

Durante abril y mayo del año 2023, se realizó una búsqueda exhaustiva en bases de datos electrónicas de la evidencia disponible sobre la efectividad de la terapia con realidad virtual sobre la marcha en personas con EP. Las bases de datos consultadas fueron PubMed, Scopus, Web of Science (WoS), Medline y Science Direct. La estrategia de búsqueda utilizó la metodología PICO (paciente, intervención, comparación y “outcomes” resultados). Las palabras claves para pacientes fueron: “Parkinson disease”, “Parkinson’s disease”, “Idiopathic Parkinson disease”, “Idiopathic Parkinson's disease”, “Parkinson disease, Lewy body”, “Parkinson's disease, Lewy body”, “Paralysis Agitans” y “Primary Parkinsonism”. Las palabras claves para intervención fueron: “Virtual reality”, “Exergaming”, “Virtual Reality Exercise” y “Active-Video Games”. Las palabras claves para comparación fueron: “Conventional therapy”, “Physical Therapy”, “Neurological Physiotherapy” y “Physiotherapy (techniques)”. Las palabras claves para outcome fueron: “Gait”, “Gait parameters”, “Step length”, “Velocity”, “Cadence” y “spatiotemporal parameters of gait”.

Criterios de Selección

Se seleccionaron estudios experimentales, ensayos clínicos controlados aleatorizados, publicados en inglés, cuyo propósito fuera comparar la efectividad de la terapia/rehabilitación con realidad virtual y la terapia convencional sobre los parámetros de la marcha en personas con enfermedad de Parkinson. Además, se incluyeron aquellos estudios donde los participantes tuvieran un rango etario de 40 a 90 años, con tratamiento farmacológico estable, que estuvieran dentro de los estadios I-III de Hoehn & Yahr (21).

Se excluyeron estudios de casos, estudios observacionales, estudios que incluyeran participantes controles sanos o estudios que no tuvieran grupo control, o que no analizaron las variables de marcha dentro del estudio. Además, se excluyeron aquellos estudios, donde los participantes tuvieran antecedentes de un trastorno neurológico además de la EP, trastornos sensoriales de audición y visión, comorbilidad psiquiátrica y/o problemas ortopédicos.

Extracción de datos

Tres autores (DM, YM y MP) de manera independiente extrajeron la información de los estudios seleccionados. Se diseñó un documento Excel para registrar y guardar la información extraída que incluía: autores, año de publicación, diseño del estudio, objetivo del estudio, número de participantes, tiempo de intervención, variables analizadas, tipo de intervención para los grupos experimental y control, características de los participantes, edad, género y estadio de la enfermedad.

Evaluación de Calidad de la Evidencia

Todos los estudios que cumplieran con los criterios de inclusión fueron evaluados por tres revisores (DM, YM y MP) de manera independiente utilizando la escala PEDro (22). La escala PEDro es un instrumento que consta de 11 ítems con un puntaje de 0 a 10, diseñado para evaluar la calidad de los ensayos clínicos. En general un mayor puntaje es mejor calidad, aunque se ha recomendado la siguiente categorización: 9-10 excelente; 6-8 buena; 4-5 justa (fair); <4 pobre (23). El criterio 1 se evalúa la validez externa, los criterios 2-9 evalúan la validez interna y los criterios 10-11 evalúan información estadística. Los aspectos metodológicos evaluados son: criterios de elección específicos, asignación aleatoria, asignación oculta, similitudes demográficas iniciales, cegamiento de los participantes, cegamiento de los terapeutas, cegamiento de los evaluadores de resultados, si

más del 85 % de los participantes completó el seguimiento durante al menos 1 resultado primario, análisis por intención de tratar, comparaciones estadísticas entre grupos, estimaciones puntuales y variabilidad para al menos una de las medidas de resultado primarias. Las diferencias iniciales entre los tres revisores independientes fueron resueltas por consenso. En casos donde las diferencias no pudieron ser resueltas, la decisión final fue tomada por un cuarto autor independiente (Tabla 1).

Tabla 1. Escala de PEDro.

Artículos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
1 Amgad Droby	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7
2 C. Pazzaglia	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	10
3 Hao Feng	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
4 Peter Ginis	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	8
5 Jozsef Tollar	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	8
6 Pietro Santos	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7
7 Wen-Chieh Yang	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7
8 Ying-Yi Liao	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11

RESULTADOS

Artículos incluidos

La estrategia de búsqueda inicial identificó ciento setenta y dos artículos. Catorce artículos fueron eliminados, ya que, estaban duplicados. Quedando ciento cincuenta artículos para revisión en función de su título, de los cuales ciento veinte de los artículos identificados fueron excluidos. Se evaluaron los resúmenes de los 38 artículos restantes y se excluyeron 19 artículos. Se recuperaron y revisaron los textos completos de los 19 artículos restantes, lo que resultó en la exclusión de 11 artículos por motivos indicados en la Figura 1. Por lo que finalmente 8 artículos fueron incluidos en la revisión sistemática.

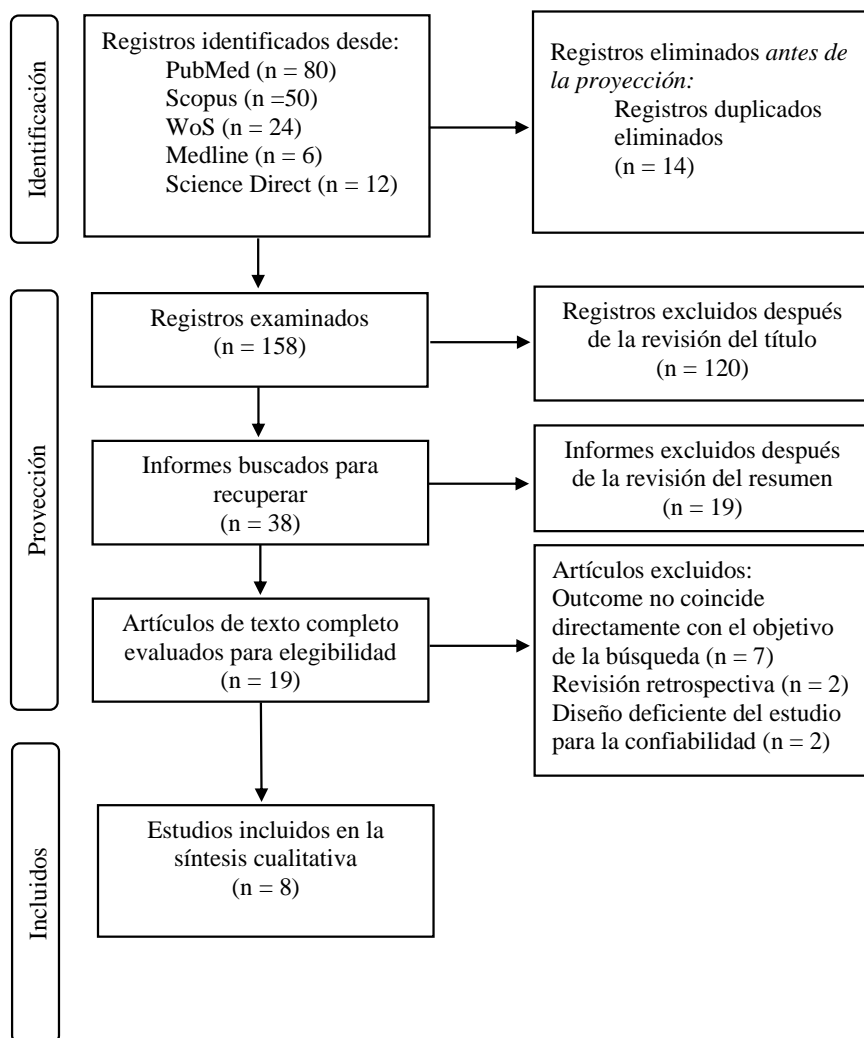


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA

Calidad de la Evidencia

La calidad metodológica de los ocho estudios incluidos, varió entre 7 y 11 puntos según la escala de PEDro, lo cual se categoriza entre una buena y excelente calidad metodológica (23) como se muestra en la Tabla 1. Los puntajes más bajos estuvieron en los criterios 3-5-6-7 principalmente, los cuales tiene relación con la validez interna de los estudios. Tres de los estudios (1,6,7) tuvieron 7 puntos, dos estudios (4,5) tuvieron 8 puntos, un estudio (2) 10 puntos y dos estudios (3,8) tuvieron 11 puntos (Tabla 1).

Características de los Participantes

Se incluyeron ocho estudios, con un total de treientos veinticuatro participantes, la edad promedio de estos varió entre 64.5 y 75.4 años, con una media total de 68.5 años. En relación con el género participaron 198 hombres (61.1%) y 126 mujeres (38.9%). La duración de la enfermedad estuvo entre 4.75 y 11.67 con una media de 7.69 años, con un estudio no informado (1). La etapa de la enfermedad según Hoehn & Yahr (21) varió entre 1.3 y 3.03 con una media de 2.28, con un estudio no informado (2) (Tabla 2).

Tabla 2. Características de los Participantes

Autor	Número de participantes	Edad promedio (años)	Género masculino/femenino	Duración de la enfermedad (años)	Etapa en escala H&Y (promedio)
Amgad Droby	N= 37 GC (18) GE (19)	GC: 73.6 GE: 72.8	GC: 11 /7 GE: 11/8	No informada	GC: 2.61 GE: 2.47
C. Pazzaglia	N= 51 GC (26) GE (25)	GC: 70 GE: 72	GC: 17/9 GE: 18/7	GC: 4.75 GE: 7.42	No informada
Hao Feng	N=28 GC (14) GE (14)	GC: 66.93 GE: 67.47	GC: 7/7 GE: 7/7	GC: 6.60 GE: 7.07	GC: 2.97 GE: 3.03
Peter Ginis	N=38 GC (18) GE (20)	GC: 66.11 GE: 67.30	GC: 13/5 GE: 17/3	GC: 11.67 GE: 10.65	GC: 2,2 GE: 2,3
Jozsef Tollar	N=74 GC (24) sin intervención CYC (25) GE (25)	GC: 70.6 GE: 70.0 GC (S/I): 67.5	GC: 11/14 GE: 12/13 GC (S/I): 13/11	GC: 7.5 GE: 7.5 GC (S/I): 7.3	GC: 2.4 GE: 2.3 GC (S/I): 2.4
Pietro Santos	N=41 GC: (14) GNW: (13) GE: (14)	GC: 64.5 GNW: 61.7 GE: 66.6	GC: 11/3 GNW: 11/2 GE: 9/5	GC: 6.5 GNW: 7.0 GE: 7.8	GC: 1.3 GNW: 1.4 GE: 1.5
Wen-Chieh Yang	N=20 GC: (10) GE: (10)	GC: 75.4 GE: 72.5	GC: 6/4 GE: 7/3	GC: 8.3 GE: 9.4	GC: 3 GE: 3
Ying-Yi Liao	N=20 GC: (10) GE: (10)	GC: 64.6 GTE: 65.1 GE: 67.3	GC: 5/6 GTE: 6/6 GE: 6/6	GC: 6.4 GTE: 6.9 GE: 7.9	GC: 1.9 GTE: 2.0 GE: 2.0

Características de la Intervención

Se incluyeron ocho estudios, los cuales en su totalidad fueron de tipo ECA (1,2,3,4,5,6,7,8). Las variables analizadas fueron, velocidad (1,4,8), índice dinámico de la marcha (DGI) (5,6,7), cadencia del paso (1), evaluación funcional de la marcha (FGA) (3) y longitud de zancada (1,4,8). La frecuencia de intervención varió entre 5 y 12 semanas, de 2 a 5 veces por semana, con una duración entre 30 y 60 minutos. Los tipos de intervención convencional que se realizaron fueron caminata en caminadora o cinta rodante (1,8), ciclismo estacionario en bicicleta estática (5), protocolos que incluían tres fases, calentamiento (movilizaciones pasivas), segunda fase, con ejercicios de condición física principalmente (ejercicios de coordinación y equilibrio/balance, fortalecimiento muscular), y tercera fase de vuelta a la calma, con elongaciones y/o respiraciones profundas (2,3,4,7,8). Respecto al tipo de RV, estas variaron según los estudios como se indica en la Tabla 3. Se utilizó RV en hogar (4,8) y en contexto clínico (1,2,3,5,6,7), se utilizaron retroalimentación visual y auditiva principalmente (1,2,3,5,6,7,8) y sólo retroalimentación auditiva en un estudio (4) (Tabla 3).

Tabla 3. Característica de la intervención

Autor	Nº de participantes	Tipo de estudio	Variables analizadas	Frecuencia de la intervención	Terapia virtual	realidad	Terapia convencional
Amgad Droby	N= 37 GC (18) GE (19)	ECA	Velocidad Cadencia Longitud de zancada	45 minutos, 3 veces por semana, durante 8 semanas	Sistema de RV que requiere superar obstáculos proyectados en una pantalla mientras caminan en una cinta rodante, incluye la retroalimentación del sistema.	RV que	Se utilizó caminadora. Con aumento de la duración y velocidad de la caminata, sin retroalimentación del sistema.
C. Pazzaglia	N= 51 GC (26) GE (25)	ECA	DGI	40 minutos, 3 días por semana durante 6 semanas	Sistema de RV que consistió en realizar diferentes tareas frente a una pantalla táctil en una habitación. Alcanzar con el brazo diferentes objetos proyectados en la pantalla, tales como flores, animales e instrumentos musicales y ordenar objetos que se encuentran	RV que	Consistió en tres fases, la primera fase de calentamiento, movilización pasiva de las principales articulaciones, fortalecimiento muscular de miembros inferiores; en la segunda fase ejercicios de coordinación motora con los miembros

					desordenados en el espacio, cada tarea al momento de lograrse existía un feedback auditivo.	superiores e inferiores, entrenamiento del equilibrio, entrenamiento para caminar; y durante la tercera fase de vuelta a la calma (con paciente sentado) ejercicios de manipulación, movilización ejercicios y ejercicios respiratorios.
Hao Feng	N=28 GC (14) GE (14)	ECA	FGA	45 minutos por sesión, 5 días a la semana, durante 12 semanas.	Protocolo de ejercicio con RV (calentamiento, manos y pies deben tocar una pelota en pantalla, canotaje, caminar en laberintos y ejercicios de vuelta a la calma (elongación, respiraciones profundas).	Protocolo de ejercicios grupales de entrenamiento de rehabilitación tradicional, calentamiento, ejercicios de balance, de condición física, de coordinación y por último fase de vuelta a la calma o enfriamiento (elongación, respiraciones profundas).
Peter Ginis	N=38 GC (18) GE (20)	ECA	Velocidad Longitud de zancada	30 min, tres veces por semana durante seis semanas.	Pautas de ejercicio del ACSM utilizando el Sistema CuPID. Se utilizaron dos aplicaciones: la biorretroalimentación de audio (aplicación ABF-gait) y la señalización instrumentada para el entrenamiento FOG (aplicación FOG-cue). Se proporcionaron comentarios y pistas a través de auriculares o el altavoz del teléfono inteligente.	Pautas de ejercicio del ACSM de manera tradicional. Es una rutina básica de acondicionamiento físico, que incluye ejercicios aeróbicos, fuerza, flexibilidad, equilibrio y agilidad.
Josefz Tollar	N=74 GC (24) sin intervención CYC (25) GE (25)	ECA	DGI	25 sesiones de 60 min, 5 veces por semana durante 5 semanas.	EXE usó 3 módulos de retroalimentación visual del sistema central Xbox 360, durante 15 minutos cada uno: <i>Reflex Ridge</i> , que solicita a los usuarios que respondan reflexivamente a los estímulos visuales;	Ciclismo estacionario (CYC), "clases de spinning".

					<i>Space Pop</i> , que incita a alcanzar objetivos con las 4 extremidades y todo el cuerpo y <i>Just Dance</i> , que incita a los usuarios a generar y secuencias de movimiento.	
Pietro Santos	N=41 GC: (14) GNW: (13) GE: (14)	ECA	DGI	50 min al día, 2 veces por semana durante 8 semanas.	La rehabilitación virtual se realizó en una sala de 20 m ² de superficie, equipada con el sistema NW (Nintendo Company) y un dispositivo multimedia que proyecta la imagen en la pared, utilizando la plataforma Wii Balance Board (WBB) (utilizada para el juego Wii Fit). Entrenamiento de pie: -1ra sesión (Boxeo y Fútbol de cabeza). -2da sesión (Golf y Running).	Rutinas de ejercicios asistidos: -Movimientos diagonales, activo asistido y activo resistido - Entrenamiento de la marcha (se realizó el "ciclo de la marcha") -Movimientos diagonales específicos MMS (flexión-rotación externa abducción/extensión-aducción rotación interna); escapula (elevación y depresión posterior). -MMI (flexión-abducción-rotación externa/extensión-aducción-rotación interna).
Wen Chie Yang	N=20 GC: (10) GE: (10)	ECA	DGI	50 minutos al día, 2 veces por día, durante 6 semanas	A través de una computadora en el hogar con pantalla táctil y una tabla de equilibrio con una caja receptora; El software VR tenía tres programas: aprendizaje básico, tareas diarias en interiores (yoga en casa, cocinando y lavando telas de pie en la tabla de equilibrio, controlar al personaje virtual para recolectar ropa cambiando el peso corporal). Y tareas diarias en exteriores (carrera de coches controlándolo para navegar, caminar por el parque Controlando al personaje virtual).	Se aplican las mismas cantidades de tiempo en sesiones, pero para llevar a cabo el entrenamiento se requirió de la presencia de un terapeuta quien era el que daba las instrucciones. En cada sesión los participantes practicaron el mantenimiento de la postura estática (bloque de 10 minutos) y el cambio de peso dinámico (2 bloques de 10 minutos). El terapeuta guió el entrenamiento y proporcionó

						instrucciones verbales para corregir los movimientos de los participantes.
Yang Yi Liao	N=35 GC: (11) GTE: (12) GE: (12)	ECA	Velocidad	60 minutos, 2 veces por semana, durante 6 semanas	Consistió en 45 min de Ejercicio Wii Fit basado en realidad virtual: -Ejercicios de yoga. -Ejercicios de fortalecimiento. -Juegos de equilibrio (fútbol, canicas, esquí y la burbuja de equilibrio) más 15min entrenamiento en cinta rodante en cada sesión. A través de la tecnología de avatar, las imágenes se proyectaban en la pantalla a través de un proyector. El personaje virtual proporciona retroalimentación visual y auditiva instantánea.	Consistió 45 min de Ejercicio convencional: -Ejercicios de estiramiento. -Ejercicio de fortalecimiento (músculos inferiores de postura, equilibrio y marcha). -Ejercicios de equilibrio (combinaciones de entrenamiento de equilibrio dinámico y entrenamiento de integración sensorial) más 15min entrenamiento en cinta rodante en cada sesión.

Retención, adherencia y eventos adversos de los participantes

La retención de los participantes en los ocho estudios, varió entre el 83.3% y el 100% con un promedio total del 96% de retención, como se observa en la Tabla 4. Por lo que el porcentaje de adherencia en general de los estudios fue alto. Los eventos adversos estuvieron relacionados principalmente con dificultad frente a la intervención (4), no relacionado con la intervención (4) y por falta de motivación (8).

Tabla 4. Resumen de adherencia a la intervención

Autor	Retención de participantes	Abandono de participantes	Evento adverso
Amgad Droby	GC: 19/19 (100%) GE: 18/18 (100%)	GC: 0/19 (0%) GE: 0/18 (0%)	NR
C. Pazzaglia	GC: 26/26 (100%) GE: 25/25 (100%)	GC: 0/26 (0%) GE: 0/25 (0%)	NR
Hao Feng	GC: 14/14 (100%) GE: 14/14 (100%)	GC: 0/14 (0%) GE: 0/14 (0%)	NR
Peter Ginis	GC: 18/18 (100%) GE: 20/22 (90,9%)	GC: 0/18 (0%) GE: 2/22 (9,1%)	n=1 no relacionado con la intervención. n=2 no pudo hacer frente a la intervención.
Jozsef Tollar	GC: 25/25 (100%) GE: 25/25 (100%) GC (S/I): 24/24 (100%)	GC: 0/25 (0%) GE: 0/25 (0%) GC (S/I): 0/24 (0%)	NR
Pietro Santos	GC: 14/15 (93.3%) GNW:13/15(86.6%) GE: 14/15 (93.3%)	GC: 1/15 (6.6%) GNW: 2/15 (13.3%) GE: 1/15 (6.6%)	NR
Wen-Chieh Yang	GC: 10/12 (83.3%) GE: 10/11 (90.9%)	GC: 2/12 (16.6%) GE: 1/11 (9.09%)	GE: 1 prefería el entrenamiento convencional. GC: NR
Ying-Yi Liao	GC: 11/12 (91.6%) GTE: 12/12 (100%) GE: 12/12 (100%)	GC: 1/12 (8.3%) GTE: 0/12 (0%) GE: 0/12 (0%)	GC: Falta de motivación.

Medidas de resultado. Variables analizadas de la marcha:

En nuestro análisis se incluyeron un total de nueve artículos con 324 participantes con EP. Los cuales evaluaron diferentes aspectos asociados a la marcha, entre ellos; cadencia, velocidad, índice dinámico de la marcha (DGI), evaluación funcional de la marcha (FGA) y longitud del paso.

Velocidad

La velocidad de la marcha fue evaluada en tres (1.4 y 8) estudios con un total de 110 individuos. En todos ellos existió una diferencia significativa entre el pretest y la evaluación final tanto el grupo que utilizó TC como RV. En promedio el cambio en la velocidad para el grupo que utilizó TC fue 5.72 cm/s y para el grupo que utilizó RV fue 10.75 cm/s. En el tercer estudio (8) hubo un grupo que no recibió terapia, las diferencias de este grupo con el resto fueron significativas, incluso existió una disminución en la velocidad de 1.9 cm/s en comparación con el pretest (Tabla 5).

Tabla 5. Velocidad

Autor	N° de participantes antes	Forma de evaluar	GC Pre intervención	GC post intervención	Delta GC	GE Pre intervención	GE Post intervención	Delta GE
Amgad Droby	N = 37	Marcha durante 1 minuto	92.39 cm/s	95.25 cm/s	2.86 cm/s	102.5 cm/s	109.85 cm/s	7.35 cm/s
Pieter Ginis	N = 38	Marcha durante 1 minuto	116 cm/s	122 cm/s	6 cm/s	111 cm/s	121 cm/s	13 cm/s
Ying Yi Lao	N = 35	Marcha durante 15 min cinta	80.4 cm/s	78.5 cm/s	-1.9 cm/s	75.2 cm/s	87 cm/s	11.9 cm/s
			77.5 cm/s	85.8 cm/s	8.3 cm/s			

DGI

El DGI se evaluó en tres estudios (5,6,7) con un total de 135 participantes. En el primer estudio (5) no hubo diferencia significativa entre el pretest y posttest entre el grupo de TC y RV. Además, en este estudio se evaluó un tercer grupo, el cual no recibió terapia, dando un resultado de -0.5 puntos (delta). Por otro lado, en el segundo y tercer estudio (6 y 7) se encontraron diferencias significativas entre el pretest y posttest, tanto para el grupo que utilizó TC como RV. En promedio el cambio para el grupo TC fue de 2.6 puntos, y para el grupo RV 3.7 puntos. Respecto al segundo estudio (6), hubo un tercer grupo experimental que combinaba RV y TC al mismo tiempo, los resultados obtenidos fueron significativos y de mayor magnitud que los otros dos grupos por separado (TC, RV) teniendo una mejora en 3.7 puntos, en comparación con los puntajes de RV (3.3 puntos) y TC (2 puntos) (Tabla 6).

Tabla 6. DGI

Autor	Número de participantes	GC Pre intervención	GC Post intervención	Delta GC	GE Pre intervención	GE Post intervención	Delta GE
Jozsef Tollar	N= 74	16.6	16.9	0.3	16.3	17	0.7
		16.4	15.9	-0.5			
Pietro Santos	N = 41	15.6	17.6	2	15.7	19	3.3
		15.8	19.5	3.7			
Wen Chieh	N =20	17.4	20.6	3.2	16.9	21	4.1

Cadencia del paso

En solo un estudio (1) se evaluó la cadencia del paso, con un total de 34 participantes, (1) se evidenció aumento en la cadencia del paso en el grupo experimental con un aumento de 3.56 pasos/minuto en comparación con el grupo control que promedió 2.72 pasos/minuto (Tabla 7).

Tabla 7. Cadencia del paso

Autor	Número de participantes	GC pre intervención	GC post intervención	Delta GC	GE Pre intervención	GE Post intervención	Delta GE
Amgad Droby	N =37	102.39 pasos/min	105.11 pasos/min	2.72 pasos/min	104.17 pasos/min	107.63 pasos/min	3.56 pasos/min

FGA

Respecto a la FGA, se evaluó en un estudio (3) con un total de 28 participante, se evidencian variaciones significativas en el grupo experimental al comparar el pretest y la evaluación final con un cambio en el puntaje de 6.5, a diferencia del grupo control donde no se evidencian cambios significativos promediando solo 2.22 (Tabla 8).

Tabla 8. FGA

Autor	N° de participantes	GC pre intervención	GC post intervención	Delta GC	GE Pre intervención	GE Post intervención	Delta GE
Hao Feng	N=28	16.21	18.43	2.22	14.71	21.21	6.5

Longitud de zancada

En relación con la longitud de zancada, se evaluaron tres estudios (1, 4 y 8) con un total de 110 participantes, Se evidenciaron diferencias significativas en el grupo experimental con RV quienes muestran en promedio un cambio de 8 cm en comparación con el pretest mientras que en el grupo que usó TC promedia un cambio de 4.7 cm. En el tercer estudio (8) se evalúa un tercer grupo que

no se somete a ningún tipo de terapia, la variación post en promedio es de -1.5 cm en comparación a los otros grupos intervenidos valorizados en un promedio post de 8.3 cm pertenecientes al tercer estudio (Tabla 9).

Tabla 9. Longitud de zancada

Autor	N° de participantes	Forma de medición	GC intervención	Pre	GC intervención	Post	Delta GC	GE intervención	Pre	GE intervención	Post	Delta GE
Agmad Droby	N =37	Marcha minuto	1	1.14 m	1.11 m		-0.03 m	1.11 m		1.13 m		0.02 m
Pieter Ginis	N = 38	Marcha minuto	1	1.26 m	1.32 m		0.06 m	1.18 m		1.26 m		0.08 m
Ying Yi Liao	N = 35	Marcha durante 15 min cinta	15	110.3 cm	118.6 cm		8.3 cm	108.9 cm		123 cm		14.1 cm
				109.8	108.3		-1.5 cm					

DISCUSIÓN

En esta revisión sistemática se incluyeron un total de 324 pacientes con EP en ocho estudios. Estos resultados surgen del entrenamiento de rehabilitación con uso de realidad virtual donde sería más efectivo que el entrenamiento convencional para mejorar características propias de la marcha tales como; velocidad, cadencia, longitud del paso y en el resultado de escalas como DGI y FGA. Es por esto, y según los resultados obtenidos consideramos que el uso de la realidad virtual debería contemplarse como una terapia de rehabilitación tan o más eficaz que el entrenamiento tradicional.

Respecto a la calidad de la evidencia según la escala de PEDro se considera que esta es de moderada a alta según los puntajes obtenidos, ya que, los rangos estuvieron entre 7 y 11 puntos, lo cual se categoriza entre una buena y excelente calidad metodológica (23).

La duración de la intervención presenta una gran variación entre los diferentes estudios, esta va desde los 50 minutos a 1 hora, de 2 a 5 veces por semana, durante 5 semanas a 12 semanas.

Existen dos estudios (4 y 8) que no presentaron variaciones significativas en sus mediciones y presentan como factor común que la intervención se realizó con mínima supervisión desde sus

casas, este último factor pudo influir directamente en los resultados de dichos estudios. Este hallazgo nos lleva a pensar que la terapia con realidad virtual es solo posible con supervisión permanente. Otro de los factores que puede influir directamente es la edad de los participantes, al ser en mayoría adultos mayores no están familiarizados con el uso de objetos tecnológicos lo que a su vez puede llevar a una escasa comprensión sobre el uso de estos aparatos tecnológicos.

En relación con la etapa en la escala Hoehn – Yahr, esta fue dentro del rango I – III, pero para cada estudio fue diferente, esta variable podría explicar la diferencia en la efectividad de la intervención entre los diferentes grupos. Se excluyen estudios que abarquen estadios IV ya que se necesita funcionalidad para ejecutar la tarea que en este caso es la marcha. Por definición en el estadio IV existe una limitación en la marcha por lo que no sería compatible con el objetivo de este estudio.

Existe una variada gama de plataformas tecnológicas basadas la realidad virtual para el tratamiento de esta enfermedad, es por esta razón que se encuentran en desarrollo diversas investigaciones abordando esta problemática y como hacer más efectiva esta terapia en el área de rehabilitación, siguiendo esta línea hay revisiones sistemáticas anteriores que evidencian la eficacia de la realidad virtual sobre estos indicadores en enfermedades como el Alzheimer (24) o incluso en accidentes cerebrovasculares (25) teniendo más beneficios que la rehabilitación en base a entrenamiento convencional en indicadores como cadencia del paso o velocidad. A su vez la realidad virtual utilizada en pacientes con EP se está profundizando continuamente y sus resultados aún son controvertidos, sin embargo nuestros resultados son coincidentes con los encontrados por *Ksenija Sevcenko* y *Ingrid Lindgren* en su revisión sistemática, donde por un lado se evidencia un mejor resultado de la realidad virtual en comparación con el tratamiento convencional en el tratamiento de los síntomas motores asociados a la enfermedad de Parkinson, pero por otro lado se deja en evidencia que esta diferencia no es significativa en la mayoría de los estudios analizados (26).

Si bien en general existió en los diferentes estudios una variación positiva para las diferentes variables relacionadas con la marcha, la significancia de esta variación es heterogénea, esto puede estar explicado por las diferencias principalmente en la aplicación de diferentes terapias tanto para el grupo control como para el grupo experimental, sumado a las diferencias en la duración del tratamiento mismo. Lo que sí es evidente es que en los estudios donde existió un grupo control sin intervención la variación fue negativa, existiendo un retroceso en las variables estudiadas.

Existe un estudio (6) en el que se realizó la combinación de terapias (RV + TC) donde se observa una efectividad mayor al evaluar el resultado del DGI pre y post intervención, al compararlo con el grupo experimental. Esto trae consigo la apertura de una puerta a futuros estudios que contemplen el uso de RV y TC combinados ya que podría llegar a ser más eficiente para tratar los síntomas motores relacionados a la marcha presentes en la EP. La realidad virtual es parte de la nueva tecnología que se ha ido ganando espacio en distintas áreas de nuestra vida y ha ganada popularidad para el tratamiento de la EP.

Finalmente mencionar que se requiere una estandarización de las terapias ya sea en su forma, duración y método de aplicación para obtener resultados más confiables en futuro ensayos aleatorios controlados, respecto a esta temática, la cual probablemente se deba ir actualizando en cortos periodos de tiempo debido a la velocidad que se innova en la creación de nuevas tecnologías con uso directo o indirecto en la rehabilitación.

CONCLUSIÓN

Nuestro estudio analizó la efectividad de la terapia de realidad virtual (RV) en comparación con la terapia convencional (TC) en la mejora de la marcha en pacientes con enfermedad de Parkinson (EP). Los resultados obtenidos nos muestran que ambos tipos de terapia son efectivos en las diferentes variables analizadas (velocidad, DGI, FGA, longitud de zancada, cadencia del paso). Sin embargo, los resultados evidencian que la RV es un medio de rehabilitación más eficaz para los parámetros de la marcha en pacientes con EP en comparación a la TC, observándose diferencias a favor del grupo experimental (RV) por sobre el grupo control (TC) en todas las variables de la marcha analizadas.

Es importante destacar que, la RV puede ofrecer beneficios adicionales, tales como la posibilidad de realizar rehabilitación motoras y cognitivas simultáneamente en un ambiente controlado. Este aspecto puede ser especialmente relevante para los pacientes con EP, ya que frecuentemente experimentan una amplia gama de síntomas motores y no motores.

Se requieren una mayor cantidad de estudios que investiguen la efectividad de este tipo de terapia, que posean diseños metodológicos rigurosos y de alta calidad, utilizando muestras de mayor tamaño para confirmar y ampliar estos hallazgos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos quienes nos apoyaron y alentaron en este proceso, no fue un camino fácil y sin ustedes esto no hubiera sido posible, por eso infinitas gracias a nuestras familias, amigos, colegas y parejas... y también a aquellos que desde el cielo nos guían.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) GBD 2015 Neurological Disorders Collaborator Group. Global, regional, and national burden of neurological disorders during 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet Neurol* 2017; 16: 877–97
- (2) GBD 2016 Neurology Collaborators. Global, regional, and national burden of neurological disorders, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Neurol*. 2019 May;18(5):459–480. doi: 10.1016/S1474-4422(18)30499-X
- (3) Driver JA, Logroscino G, Gaziano JM, Kurth T. Incidence and remaining lifetime risk of Parkinson disease in advanced age. *Neurology* 2009; 72: 432–38. 30
- (4) Pringsheim T, Jette N, Frolkis A, Steeves TDL. The prevalence of Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *Mov Disord* 2014; 29: 1583–90
- (5) Dorsey ER, Constantinescu R, Thompson JP, et al. Projected number of people with Parkinson disease in the most populous nations, 2005 through 2030. *Neurology* 2007; 68: 384–86
- (6) Kalia LV, Lang AE. Parkinson's disease. *Lancet*. 2015;386(9996):896-912.
- (7) Kudlicka A, Clare L, Hindle JV. Executive functions in Parkinson's disease: systematic review and meta-analysis. *Mov Disord* 2011;26:2305–15.
- (8) Barbosa AF, Chen J, Freitag F, Valente D, Souza CO, Voos MC, et al. Gait, posture and cognition in Parkinson's disease. *Dement Neuropsychol* 2016;10:280–6.
- (9) Uc EY, Doerschug KC, Magnotta V, Dawson JD, Thomsen TR, Kline JN, et al. Phase I/II randomized trial of aerobic exercise in Parkinson disease in a community setting. *Neurology* 2014;83:413–25
- (10) Shulman LM, Katzel LI, Ivey FM, Sorkin JD, Favors K, Anderson KE, et al. Randomized clinical trial of 3 types of physical exercise for patients with Parkinson disease. *JAMA Neurol* 2013;70: 183–90.
- (11) Lauze M, Daneault JF, Duval C. The effects of physical activity in Parkinson's disease: a review. *J Parkinsons Dis* 2016;6:685–98.
- (12) Tomlinson CL, Patel S, Meek C, Clarke CE, Stowe R, Shah L, et al. Physiotherapy versus placebo or no intervention in Parkinson's disease. *Cochrane Database System Rev* 2012;7:CD002817.

- (13) Van Nimwegen M, Speelman AD, Overeem S, van de Warrenburg BP, Smulders K, Dontje ML, et al. Promotion of physical activity and fitness in sedentary patients with Parkinson's disease: randomised controlled trial. *BMJ* 2013;346:f576.
- (14) Laufer Y, Dar G, Kodesh E. Does a Wii-based exercise program enhance balance control of independently functioning older adults? A systematic review. *Clin Interv Aging* 2014;9:1803–13.
- (15) De Bruin ED, Schoene D, Pichierri G, Smith ST. Use of virtual reality technique for the training of motor control in the elderly. Some theoretical considerations. *Z Gerontol Geriatr* 2010;43:229–34.
- (16) 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 Syst Rev* 2016;21(12). CD010760.
- (17) Maidan I, Rosenberg-Katz K, Jacob Y, Giladi N, Hausdorff JM, Mirelman A. Disparate effects of training on brain activation in Parkinson disease. *Neurology* 2017;89:1804–10.
- (18) Van de Weijer SCF, Hommel ALAJ, Bloem BR, Nonnekes J, De Vries NM. Promising nonpharmacological therapies in PD: targeting late stage disease and the role of computer based cognitive training. *Parkinsonism Relat Disord* 2018;46:S42–6.
- (19) Lopez Maïté C, Gaétane D, Axel C. Ecological assessment of divided attention: what about the current tools and the relevancy of virtual reality. *Rev Neurol (Paris)* 2016;172:270–80.
- (20) Parsons TD, Gaggioli A, Riva G. Virtual reality for research in social neuroscience. *Brain Sci* 2017;16:7.
- (21) M. M. Hoehn and M. D. Yahr: Parkinsonism: onset, progression, and mortality. 1967. *Neurology*, 57(10 Suppl 3), S11-26 (2001).
- (22) De Morton NA. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *Aust J Physiother.* 1 de enero de 2009;55(2):129-33.
- (23) Cashin AG, McAuley JH. Clinimetrics: Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale. *J Physiother.* 1 de enero de 2020;66(1):59.
- (24) Coyle H, Traynor V, Solowij N. Computerized and virtual reality cognitive training for individuals at high risk of cognitive decline: systematic review of the literature. *Am J Geriatr Psychiatry.* 2015 Apr;23(4):335-359.

- (25) Li Z, Han XG, Sheng J, Ma SJ. Virtual reality for improving balance in patients after stroke: A systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil.* 2016 May;30(5):432-40.
- (26) Sevcenko K, Lindgren I. The effects of virtual reality training in stroke and Parkinson's disease rehabilitation: a systematic review and a perspective on usability. *Eur Rev Aging Phys Act.* 2022 Jan 25;19(1):4.