

## Effects of virtual reality on gait and balance in patients with Parkinson's disease: A systematic review

### Efectos de la realidad virtual sobre la marcha y el equilibrio en pacientes con la enfermedad de Parkinson: Una revisión sistemática

María Victoria Palop-Montoro\*, María de las Nieves Cremades-Santiago, Inmaculada Ruiz-López, Martha Cecilia León Garzón

Universidad Católica de Murcia, España.

\* Correspondence: María Victoria Palop-Montoro; [mvpalop@ucam.edu](mailto:mvpalop@ucam.edu)

#### ABSTRACT

Parkinson's disease causes a high level of motor and functional disability. New virtual reality techniques can improve the symptoms of these patients. This study aimed to know the effects of virtual reality on gait and balance in patients with Parkinson's, as well as to describe the virtual reality techniques and the tools used to measure these variables in this pathology. A systematic review was carried out following the PRISMA regulations. The databases used were PubMed/Medline, LILACS and IBECS, Cochrane Library, CINAHL, Sport Discus, Psycinfo and Web of Science. The last search was carried out in May 2023. A total of 8 studies are part of this review and demonstrate that patients with Parkinson's can improve balance and gait using different virtual reality modalities such as the Wii Fit and Xbox 360 video game consoles. The most used tools to measure balance were Sensory Organization Test and Berg Balance Scale, and those to measure gait were Timed Up and Go and Dynamic Gait Index. Virtual reality as a therapy improves gait and balance in patients with Parkinson's and no adverse effects are shown after its use.

#### KEYWORDS

Parkinson's Disease; Virtual Reality; Balance; Gait

#### RESUMEN

La enfermedad de Parkinson provoca un alto nivel de discapacidad motora y funcional. Las nuevas técnicas de realidad virtual pueden mejorar la sintomatología de estos pacientes. Este estudio tuvo como objetivo conocer los efectos de la realidad virtual sobre la marcha y el equilibrio en pacientes

con Parkinson, así como describir las técnicas de realidad virtual y las herramientas utilizadas para medir estas variables en esta patología. Se realizó una revisión sistemática siguiendo la normativa PRISMA. Las bases de datos utilizadas fueron PubMed/Medline, LILACS e IBECS, Cochrane Library, CINAHL, Sport Discus, Psycinfo y Web of Science. La última búsqueda se realizó en mayo de 2023. Un total de 8 estudios forman parte de esta revisión y demuestran que los pacientes con Parkinson pueden mejorar el equilibrio y la marcha utilizando diferentes modalidades de realidad virtual como las videoconsolas Wii Fit y Xbox 360. Las herramientas más empleadas para medir el equilibrio fueron Sensory Organization Test y Berg Balance Scale, y aquellas para medir la marcha fueron Timed Up and Go y Dynamic Gait Index. La realidad virtual como terapia mejora la marcha y el equilibrio en los pacientes con Parkinson y no se muestran efectos adversos tras su utilización.

## **PALABRAS CLAVE**

Enfermedad de Parkinson; Realidad Virtual; Equilibrio; Marcha

## **1. INTRODUCCIÓN**

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la enfermedad de Parkinson (EP) como “una afección degenerativa del cerebro asociada a síntomas motores (lentitud de movimientos, temblores, rigidez, trastornos de la marcha y del equilibrio) y a una amplia variedad de complicaciones no motoras (deterioro cognitivo, trastornos mentales, trastornos del sueño, dolor y otras alteraciones sensoriales)” (OMS, 2023).

La EP se caracteriza por la pérdida o degeneración neuronal producida en la sustancia negra del cerebro que provoca que este no produzca dopamina, sustancia que transmite la información necesaria para poder realizar los movimientos normales de la vida diaria (Camacho Conde, 2019). Las causas que provocan la EP no se conocen con certeza, pero sí que están influenciadas por factores genéticos, medioambientales y por el propio envejecimiento del organismo. La bradicinesia acompañada de rigidez muscular y/o temblor en reposo, son los síntomas clínicos más importantes a tener en cuenta, ya que son los indicadores más claros de que se puede padecer la enfermedad (Monterroso, 2022).

En España hay diagnosticadas entre 120.000 y 150.000 personas con EP, duplicándose en 20 años y triplicándose para el año 2050. El 70% de los pacientes son mayores de 65 años y el 15% menores de 50 años (Pérez Menéndez, 2023).

Las terapias no farmacológicas utilizadas incluyen el ejercicio físico, la fisioterapia, la terapia ocupacional, acupuntura y una buena alimentación, las cuales demuestran tener un alto beneficio en el paciente. En concreto, el ejercicio intenso puede reducir la bradicinesia, aumentar la fuerza física y la fuerza muscular del paciente con EP moderada (Rojas & Adalid, 2022).

El ejercicio físico busca la independencia del paciente mediante intervenciones que mejoren los síntomas motores incluyendo el entrenamiento del equilibrio y de la marcha por medio de ejercicios aeróbicos y de resistencia, ejercicios respiratorios, trabajo del equilibrio y del control postural, así como ejercicios de flexibilidad, coordinación y de relajación (Gago & Seco, 2008).

Además de la terapia tradicional, en los últimos años, aprovechando el desarrollo rápido de las nuevas tecnologías, se ha investigado en la creación de sistemas, programas de realidad virtual y videojuegos que ayudan al tratamiento, entrenamiento y rehabilitación para diferentes intervenciones terapéuticas. Son simulaciones interactivas creadas con el software y hardware adecuados para poder generar entornos personalizados que permitan recrear y hacer partícipe al paciente de simulaciones reales que le ayuden en su vida diaria (Lara et al., 2019; Weiss & Katz, 2004).

Para Peñasco et al. (2010) la realidad virtual se define como “una simulación de un entorno real generada por un ordenador en la que, a través de una interfaz hombre-máquina, se va a permitir al usuario interactuar con ciertos elementos dentro del escenario simulado” (p. 481). En la realidad virtual se deben tener en cuenta dos conceptos importantes: la interacción, que permite al usuario una participación activa en el proceso virtual; y la inmersión, que hace sentir al usuario una sensación de encontrarse realmente dentro del entorno virtual. Su aplicación como parte rehabilitadora, permite controlar y adaptar las características de las acciones virtuales individualmente. Las tareas que realizan los pacientes son muy semejantes a las de la vida real, por lo que se ha demostrado que tiene efectividad para la neuro-rehabilitación y también puede ayudar a la reorganización cortical (de Melo et al., 2018; Peñasco et al., 2010).

Debido a la alta incidencia, y a las secuelas originadas por esta enfermedad, se necesita avanzar más en la investigación clínica. Se hipotetiza que la realidad virtual podría ser incluida como nueva arma terapéutica en pacientes con EP. Por tanto, el objetivo de este estudio es analizar la evidencia científica sobre los efectos de la realidad virtual en la marcha y el equilibrio de pacientes con Parkinson. Asimismo, conocer los protocolos de realidad virtual para la marcha y el equilibrio e identificar las herramientas de medición de estas variables en pacientes con Parkinson tratados con realidad virtual.

## 2. MÉTODOS

Se realizó una revisión sistemática siguiendo la normativa Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). Se consultó la base de datos PubMed a través de la plataforma National Center for Biotechnology Information, también las bases de datos Lilacs e IBECs por medio de la plataforma Biblioteca Virtual en Salud. Además, la base de datos Central a través de la plataforma Cochrane Library, así como las bases de datos CINAHL, Sport Discus, PsycInfo y Academic Search Complete mediante la plataforma EBSCO Host. Finalmente se consultaron las bases de datos Web of Science Core Collection y Scielo en la plataforma Web of Science. La última búsqueda se realizó el 20 de mayo de 2023. A continuación se presentan las estrategias de búsqueda en las diferentes bases de datos (Tabla 1).

**Tabla 1.** Estrategias de búsqueda

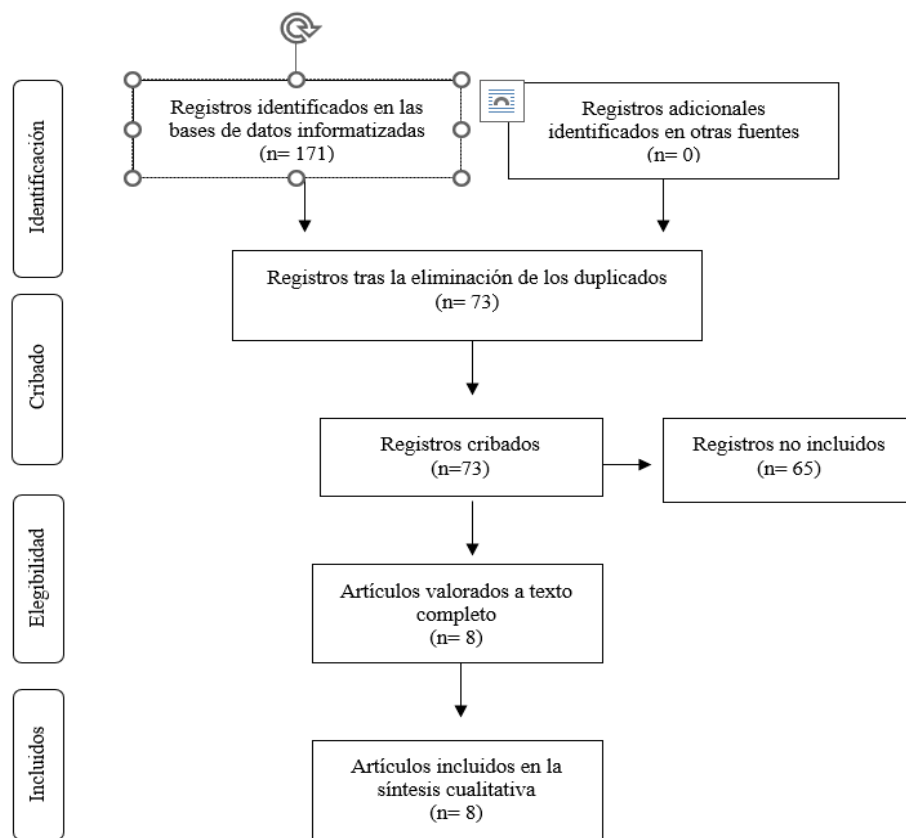
| Bases de datos                                                    | Descriptores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PubMed                                                            | ("Parkinson Disease"[Mesh] AND "Virtual Reality"[Mesh] AND "Postural Balance"[Mesh] AND Gait[Mesh]) OR (Parkinson[tw] AND ("Virtual Reality"[tw] OR "Virtual Reality Rehabilitation"[tw] OR "Virtual Reality Exposure Therapy"[tw]) AND ("Postural Balance"[tw] OR Balance[tw] OR Stability[tw]) AND (Walking[tw] OR Gait[tw]) AND random*[tw])                                                                                                                                                                                                                                 |
| Lilacs e Ibecs                                                    | mh:("Parkinson Disease" AND "Virtual Reality" AND "Postural Balance" AND Gait) OR Tw:(Parkinson AND ("Virtual Reality" OR "Virtual Reality Rehabilitation" OR "Virtual Reality Exposure Therapy") AND ("Postural Balance" OR Balance OR Stability) AND (Walking OR Gait) AND random*)                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Cochrane Library                                                  | ID Search Hits<br>#1(Parkinson) (Word variations have been searched)<br>#2("Virtual Reality" OR "Virtual Reality Rehabilitation" OR "Virtual Reality Exposure Therapy")<br>#3("Postural Balance" OR Balance OR Stability)<br>#4(Walking OR Gait)<br>#5MeSH descriptor: [Parkinson Disease] explode all trees<br><br>#6MeSH descriptor: [Virtual Reality] explode all trees<br>#7MeSH descriptor: [Postural Balance] explode all trees<br>#8MeSH descriptor: [Gait] explode all trees<br>#9(#1 AND #2 AND #3 AND #4) OR (#5 AND #6 AND #7 AND #8)<br>#10random*<br>#11#9 AND #10 |
| CINAHL, Sport Discus, Academic Search Complete y Psycinfo (EBSCO) | MH ("Parkinson Disease" AND "Virtual Reality" AND "Postural Balance" AND Gait) OR (("Virtual Reality" OR "Virtual Reality Rehabilitation" OR "Virtual Reality Exposure Therapy") AND ("Postural Balance" OR Balance OR Stability) AND (Walking OR Gait) AND random*)                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|                |                                                                                                                                                                                                     |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Web of Science | TS=(Parkinson AND ("Virtual Reality" OR "Virtual Reality Rehabilitation" OR "Virtual Reality Exposure Therapy") AND ("Postural Balance" OR Balance OR Stability) AND (Walking OR Gait) AND random*) |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Como criterios de inclusión, los artículos seleccionados en esta revisión debían ser ensayos clínicos controlados aleatorizados que en título y resumen mencionaran el equilibrio y la marcha en pacientes con Parkinson en Estadios I, II y III tratados con realidad virtual y comparados con un grupo de terapia convencional. Se descartaron aquellos cuyo rango de edad de los pacientes era inferior a 55 años y aquellos que combinaban la realidad virtual con otro tipo de tratamientos.

### 3. RESULTADOS

Se identificaron un total de 171 artículos. A través de la herramienta Rayyan QCRY se realizó un primer cribado donde se eliminaron los duplicados, para proceder a la lectura de título y resumen, realizando un segundo cribado donde se descartaron aquellos que no cumplían con los criterios de inclusión. Los restantes estudios fueron valorados a texto a completo y finalmente la revisión quedó compuesta de 8 ensayos clínicos (Figura 1).



**Figura 1.** Diagrama de flujo del proceso de selección de los estudios

Respecto a los dispositivos de realidad virtual utilizados en los artículos analizados, el 50% utilizó videoconsolas comerciales como Kinect Xbox 360 (de Melo et al., 2018) y Wii Fit (Liao et al., 2015b; Liao et al., 2015a; Pompeu et al., 2012). De Melo et al. (2018) realizaron un entrenamiento de la marcha con realidad virtual utilizando Kinect Xbox 360 para estimular la coordinación motora y mejorar la condición física del paciente mientras camina o corre estacionariamente; lo que permite un desplazamiento del centro de gravedad, alternancia de movimientos, ritmo y simetría. En cambio, en los estudios de Liao et al. (2015a, 2015b) se usó la consola Wii Fit con su correspondiente tabla de equilibrio realizando ejercicios de yoga, fortalecimiento y equilibrio. Dicha tabla registra los cambios en el centro de presiones durante el ejercicio, y la realización de estos mejoran la retroalimentación visual y/o auditiva en tiempo real. Así mismo, Pompeu et al. (2012) realizaron un entrenamiento motor y cognitivo basado en la Wii Fit, donde se utilizaron 10 juegos. Estos permitían entrenar, a través de la orientación de movimientos necesarios para la correcta realización del juego, mediante la estimulación somato sensorial, postural, correcciones e instrucciones verbales. Los juegos se dividieron en tres grupos: equilibrio estático, equilibrio dinámico y marcha estacionaria.

El otro 50% de estudios varía en el formato de aplicación de la realidad virtual (Bekkers et al., 2020; Pazzaglia et al., 2020; Yang et al., 2011; Yen et al., 2011). Yen et al. (2011) utilizaron juegos de realidad virtual tridimensional es junto con una plataforma de equilibrio dinámico, con el objetivo de practicar los cambios de peso multidireccionales y de controlar los cambios de peso en entornos cotidianos. En contraste, Yang et al. (2016) utilizaron un sistema de entrenamiento del equilibrio en realidad virtual que consistía en una pantalla táctil y una tabla inalámbrica de equilibrio. Se podían realizar tres tipos de programas: aprendizaje básico, actividades de la vida diaria (AVD) en interiores y AVD en exteriores, con las cuales se trabajó la postura estática y el cambio de peso dinámico. En el ensayo clínico de Pazzaglia et al. (2020) se utilizaron equipos basados en escenarios de realidad virtual que analizaron el movimiento, y un programa NIRVANA basado en dispositivos infrarrojos optoeléctricos que permiten realizar hasta 7 ejercicios en entornos virtuales con inmersión sensorial audiovisual completa. Por su parte, Bekkers et al. (2020) analizaron el entrenamiento combinado motor-cognitivo a través del trabajo conjunto de realidad virtual y marcha en cinta rodante, donde predominó el interés por el estudio del equilibrio y del riesgo de caídas. Con este entrenamiento se generó un entorno virtual complejo e interactivo que buscó la mejora cognitiva, estimular la atención, la ejecución de tareas simples y complejas, la selección de respuestas y la planificación.

En aquellos estudios donde existe un segundo grupo experimental (Liao et al., 2015a; Liao et al., 2015b; Yen et al., 2011), a los pacientes se les aplicó terapias convencionales de equilibrio, cambios de peso dinámicos, desequilibrios externos, estiramientos y fortalecimiento; en contraste con de Melo et al. (2018), que utilizaron una cinta rodante para trabajar el equilibrio y la marcha.

Todos los artículos tuvieron un grupo control. Solo en el caso de Yen et al. (2011), este grupo no realizó ningún entrenamiento. En los artículos de Liao et al. (2015a, 2015b) recibieron educación sobre el riesgo de caídas. Por el contrario, en los estudios de Yang et al. (2016); Pompeu et al. (2012), el entrenamiento fue convencional trabajando el equilibrio y el cambio de peso dinámico. En el ensayo de Pazzaglia et al. (2020) cada sesión constó de tres fases: calentamiento con movilizaciones pasivas y fortalecimiento muscular; fase activa de coordinación motora, entrenamiento del equilibrio y entrenamiento de la marcha; y fase de reposo con ejercicios de movilización y respiratorios. Respecto a Bekkers et al. (2020), estos emplearon la cinta rodante como entrenamiento convencional de la marcha (tabla 2).

**Tabla 2.** Características de las intervenciones

| <b>Autores</b>       | <b>Ejercicio</b>                                                                                                                        | <b>Frecuencia</b> | <b>Duración sesión</b> | <b>Duración intervención</b> |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------|------------------------------|
| Yen et al. (2011)    | GE1: Juegos de realidad virtual tridimensional<br>GE2: Postura estática<br>GC: No recibe fisioterapia                                   | 2 veces/sem       | 30 min                 | 6 semanas                    |
| Pompeu et al. (2012) | GE: Wii Fit (10 juegos)<br>GC: Ejercicios de equilibrio                                                                                 | 2 veces/sem       | 60 min                 | 7 semanas                    |
| Liao et al. (2015a)  | GE1: Wii Fit (Yoga/fortalecimiento/equilibrio)<br>GE2: Estiramientos/fortalecimiento/equilibrio<br>GC: Educación sobre riesgo de caídas | 2 veces/sem       | 60 min                 | 6 semanas                    |
| Liao et al. (2015b)  | GE1: Wii Fit (Yoga/fortalecimiento/equilibrio)<br>GE2: Estiramientos/fortalecimiento/equilibrio<br>GC: Educación sobre riesgo de caídas | 2 veces/sem       | 60 min                 | 6 semanas                    |
| Yang et al. (2016)   | GE: Entrenamiento del equilibrio en realidad virtual<br>GC: Entrenamiento del equilibrio convencional                                   | 2 veces/sem       | 50 min                 | 6 semanas                    |
| de Melo et al.       | GE1: Entrenamiento de la marcha con                                                                                                     | 3                 | 20 min                 | 4 semanas                    |

|                            |                                                                                                      |                |        |           |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------|-----------|
| (2018)                     | realidad virtual (Xbox 360)<br>GE2: Entrenamiento en cinta rodante<br>GC: Entrenamiento convencional | veces/sem      |        |           |
| Pazzaglia et al.<br>(2020) | GE: Realidad virtual (7 ejercicios)<br>GC: Rehabilitación convencional                               | 3<br>veces/sem | 40 min | 6 semanas |
| Bekkers et al.<br>(2020)   | GE: Realidad virtual + Cinta rodante<br>GC: Cinta rodante                                            | 3<br>veces/sem | 45 min | 6 semanas |

*Nota.* GE1: grupo experimental 1; GE2: grupo experimental 2; GE: grupo experimental GC: grupo control; sem: semana; min: minutos

Como ya señalamos, las variables de los estudios incluidos en esta revisión son el equilibrio y/o la marcha en pacientes con EP. Siete artículos analizaron las variables equilibrio y marcha (Bekkers et al., 2020; Liao et al., 2015a; Liao et al., 2015b; Pazzaglia et al., 2020; Pompeu et al., 2012; Yang et al., 2016; Yen et al., 2011) y solo el trabajo de de Melo et al. (2018) se centró en la variable marcha.

Para valorar el equilibrio se utilizaron las herramientas Sensory Organization Test (SOT) (Liao et al., 2015a; Liao et al., 2015b; Yen et al., 2011), Berg Balance Scale (BBS) (Pazzaglia et al., 2020; Pompeu et al., 2012; Yang et al., 2016), Unipedal Stance Test (Pompeu et al., 2012); y Mini Balance Evaluation System (Mini-BEST), Four Square Step Test (FSST) y Short Physical Performance Battery (SPPB) (Bekkers et al., 2020). Respecto a la marcha se emplearon las herramientas Timed Up and Go (TUG) (Liao et al., 2015a; Yang et al., 2016), Functional Gait Assessment (FGA) (Liao et al., 2015b), Dynamic Gait Index (DGI) (Pazzaglia et al., 2020; Yang et al., 2016), The Six Minute Walk Test (6MWT) (de Melo et al., 2018) y New Freezing of Gait Questionnaire g(NFOG-Qb) (Bekkers et al., 2020).

En todos los estudios se hicieron mediciones al inicio y al final de la intervención (Bekkers et al., 2020; de Melo et al., 2018; Liao et al., 2015a; Liao et al., 2015b; Pazzaglia et al., 2020; Pompeu et al., 2012; Yang et al., 2016; Yen et al., 2011). Salvo en el caso de Pazzaglia et al. (2020) y de Melo et al. (2018), que no realizaron medición de seguimiento, los demás realizaron una tercera medición (Bekkers et al., 2020; Liao et al., 2015a; Liao et al., 2015b; Pompeu et al., 2012; Yang et al., 2016; Yen et al., 2011). Tres estudios lo hicieron a las 4 semanas (Liao et al., 2015a; Liao et al., 2015b; Yen et al., 2011), Yang et al. (2016); Pompeu et al. (2012) lo realizaron a los 2 meses, y Bekkers et al. (2020) a los 6 meses.

En relación con el equilibrio, todos los autores observaron mejoras con la aplicación de la realidad virtual en pacientes con EP, manteniéndose durante el seguimiento. En los artículos donde se compara un grupo experimental tratado con realidad virtual con otro grupo experimental tratado con

terapia convencional (Liao et al., 2015a; Liao et al., 2015b), ambos grupos obtuvieron mejoras, siendo estas mayores en el grupo de realidad virtual; excepto en el estudio de Yen et al. (2011), donde el grupo experimental tratado con terapia convencional obtuvo mejores resultados en las tres herramientas SOT somatosensorial, visión y vestibular, siendo esta última la que obtuvo un incremento de 25,6 puntos sobre el grupo experimental tratado con realidad virtual (9,1 puntos). Ambos grupos experimentales demostraron una mejora de la integración sensorial a nivel vestibular. No hubo un efecto significativo después del entrenamiento del grupo de realidad virtual pero sí en el grupo de terapia convencional en la relación sensorial vestibular. Respecto a Yang et al. (2016), ambos grupos obtuvieron mejoras, aunque en el grupo control fue de 4,2 puntos frente a los 3,4 puntos del grupo experimental. Se puede decir que no hubo diferencias significativas entre ambos grupos, pero las mejoras obtenidas se mantuvieron en el seguimiento.

Los resultados más relevantes fueron hallados en los estudios de Liao et al. (2015a; 2015b). En el segundo (2015b) el resultado obtenido a nivel vestibular en el grupo experimental tratado con realidad virtual fue de 19,6 puntos al finalizar el tratamiento, aumentando a 22,1 puntos después de cuatro semanas. También Pompeu et al. (2012) alcanzaron unos resultados en el equilibrio estático de 9,5 puntos tras el tratamiento, y 7,8 puntos tras 2 meses, en el grupo experimental frente al grupo control. Sin embargo, en Bekkers et al. (2020), el incremento en el grupo experimental tras finalizar el tratamiento fue de 0,64 puntos, empeorando a -0,52 puntos en el seguimiento, en la herramienta de medición FSST.

En cuanto a la marcha también se observó que la aplicación de la realidad virtual mejoró dicha variable en pacientes con EP, salvo en el estudio de Liao et al. (2015a), donde hubo un empeoramiento de -2,9 puntos del grupo experimental en TUG y en el de Yang et al. (2016), donde se obtuvieron mejoras al inicio del tratamiento en el grupo experimental, pero se fueron perdiendo tras el tratamiento (-3,3 puntos) y en el seguimiento (-2,2 puntos) en la misma herramienta TUG. Sin embargo, el estudio que obtuvo los mejores resultados fue el de Liao et al. (2015b) con 5,42 puntos en el grupo experimental, manteniéndose a las cuatro semanas con 5,34 puntos, usando la herramienta FGA. También de Melo et al. (2018) obtuvieron mejoras en la herramienta 6MWT (GE1:  $384,04 \pm 85,14^\circ$ ; GE2:  $349,27 \pm 87,64^\circ$ ; GC:  $297,10 \pm 80,89^\circ$ ).

#### 4. DISCUSIÓN

El objetivo de esta revisión sistemática fue conocer los efectos de la realidad virtual sobre la marcha y el equilibrio en pacientes con Parkinson. Se han tratado de comparar diferentes técnicas de rehabilitación convencional con la realidad virtual con el fin de averiguar cuál podía tener mayores beneficios en los pacientes con EP. En términos generales, tanto la terapia virtual como la convencional tuvieron efectos positivos. En algunos estudios (Bekkers et al., 2020; de Melo et al., 2018; Pompeu et al., 2012; Yang et al., 2016; Yen et al., 2011) se obtuvieron cambios significativos que se mantuvieron en el tiempo muy similares en el grupo de realidad virtual y el grupo de entrenamiento convencional, pero entre ambos grupos no se encontraron diferencias significativas.

En cambio, en los estudios de Liao et al. (2015a; 2015b) el grupo de realidad virtual obtuvo mejoras sobre el grupo de terapia convencional; en concreto, en la capacidad de integración sensorial que ayuda a mantener el control del cuerpo, el equilibrio y la marcha. En el primero (2015a) el aumento del equilibrio puede deberse a la retroalimentación virtual que ayuda al paciente a corregirse, y requiere una atención cognitiva que podría activar redes neuronales y neuronas espejo que facilitarían el aprendizaje y el desarrollo motor. En el segundo (2015b) se mejora tanto el equilibrio como la marcha, donde ambas variables obtienen incrementos tanto en la capacidad de integración sensorial como en la fuerza muscular de los miembros inferiores.

Los artículos seleccionados para este estudio proponen el uso de la realidad virtual no inmersiva como tratamiento alternativo o combinado con la terapia convencional por los beneficios que genera en el paciente con EP; sobre todo, a nivel emocional y motivacional. Pero hay otros estudios, como el de Kim et al. (2017), donde analizan el uso de la realidad virtual inmersiva (RVI) para el entrenamiento de la marcha y el equilibrio en pacientes con EP y plantean una serie de beneficios como la sensación de estar en un entorno natural, donde se recrean ambientes que no se pueden reproducir en la clínica y obtener una información sensorial más natural. Existen estudios de RVI que demuestran su efectividad en el tratamiento de la EP sobre los síntomas motores (Rojas & Adalid, 2022).

Sin embargo, Maranesi et al. (2022) plantean el uso de una plataforma más novedosa y eficaz (sistema Tymo<sup>®</sup>) que utiliza videojuegos activos para el ejercicio (Exergames) de realidad virtual no inmersiva, donde cada juego puede ser adaptado a las necesidades del paciente por el terapeuta; tanto para el movimiento como para el equilibrio, la marcha y la capacidad funcional. El uso de Exergames parece demostrar un aumento de la sinapsis que influye en la neurotransmisión, beneficiando los

circuitos funcionales de los pacientes con EP. Este estudio presenta sus resultados preliminares, pero muestra tener efectos beneficiosos en el equilibrio y la marcha en pacientes con EP.

De este modo, existen diferentes dispositivos de realidad virtual para la rehabilitación motora en pacientes con patologías como la EP. Algunas de estas herramientas crean entornos virtuales atractivos y satisfactorios para que los pacientes interactúen en tiempo real; pero se considera importante el comportamiento y/o características del movimiento que se desarrolla con este entorno virtual y que pueda ser aplicable a la vida real (Corral Bergantiños, 2020). Debemos destacar, tras lo señalado y como positivo de esta terapia, que no se describieron efectos adversos en los pacientes con EP realizando el tratamiento bajo supervisión de personal especializado.

La presente revisión no está exenta de limitaciones. Posiblemente uno de los mayores inconvenientes fue que cada estudio realiza un programa con tareas de realidad virtual diferentes, por lo que no se pueden obtener unos resultados homogéneos. Ocurre igual con la variedad de herramientas de medición utilizadas. También hubiera sido interesante que se investigaran rangos de edad más específicos para poder realizar más comparativas entre estratos de edad. Así, se considera conveniente y necesario realizar estudios futuros con mayor muestra de pacientes y mayor tiempo de intervención para comprobar si se pueden obtener resultados positivos que avalen la mejoría, no solo al finalizar el tratamiento, sino también a largo plazo.

La integración de la realidad virtual puede ofrecer infinidad de opciones para su aplicación en el ámbito de la salud. Se pueden adaptar los programas a las necesidades concretas de los pacientes con EP, recreando espacios “naturales” que les ayuden en la vida diaria. Por ello se requiere inversión y personal sanitario especializado que pueda desarrollar estos programas. La realidad virtual presenta además la opción de que el paciente pueda realizarla en su domicilio, ya que la tecnología puede estar conectada telemáticamente, llegando incluso a zonas rurales donde la consulta presencial es más complicada.

## **5. CONCLUSIONES**

Como conclusión, podemos señalar que el uso de la realidad virtual como terapia mejora la marcha y el equilibrio en los pacientes con Parkinson. Los protocolos más utilizados para mejorar el equilibrio y la marcha fueron las videoconsolas Wii Fit y Xbox 360. Los instrumentos más empleados para medir el equilibrio fueron Sensory Organization Test y Berg Balance Scale. Las herramientas más frecuentes para medir la marcha fueron Timed Up and Go y Dynamic Gait Index.

## 6. REFERENCIAS

1. Bekkers, E. M. J., Mirelman, A., Alcock, L., Rochester, L., Nieuwhof, F., Bloem, B. R., Pelosin, E., Avanzino, L., Cereatti, A., Della Croce, U., Hausdorff, J. M., & Nieuwboer, A. (2020). Do patients with Parkinson's disease with freezing of gait respond differently than those without to treadmill training augmented by virtual reality? *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 34(5), 440–449. <https://doi.org/10.1177/1545968320912756>
2. Camacho Conde, J. A. (2019). *Enfermedad de Parkinson: Implicaciones autonómicas y afectivas* (p. 11). Wanceulen Editorial S.L.
3. Corral Bergantiños, Y. (2020). *Desarrollo de un protocolo de realidad virtual con el objetivo de la reeducación funcional del movimiento de alcance en pacientes con Parkinson* [Tesis Doctoral, Universidad de A Coruña].
4. 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>
5. Gago, I., & Seco Calvo, J. (2008). Programa de fisioterapia mejora a largo plazo las habilidades motoras en pacientes con enfermedad de Parkinson. *Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología*, 11(2), 81–92. [https://doi.org/10.1016/S1138-6045\(08\)76326-3](https://doi.org/10.1016/S1138-6045(08)76326-3)
6. 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), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12984-017-0225-2>
7. Lara, G., Santana, A., Lira, A., & Peña, A. (2019). El desarrollo del hardware para la realidad virtual. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 31, 106–117. <https://doi.org/10.17013/risti.31.106-117>
8. Liao, Y. Y., Yang, Y. R., Cheng, S. J., Wu, Y. R., Fuh, J. L., & Wang, R. Y. (2015a). 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>
9. Liao, Y. Y., Yang, Y. R., Wu, Y. R., & Wang, R. Y. (2015b). Virtual reality-based Wii Fit training in improving muscle strength, sensory integration ability, and walking abilities in patients with Parkinson's disease: A randomized control trial. *International Journal of Gerontology*, 9(4), 190–195. <https://doi.org/10.1016/j.ijge.2014.06.007>
10. Maranesi, E., Casoni, E., Baldoni, R., Barboni, I., Rinaldi, N., Tramontana, B., Amabili, G., Benadduci, M., Barbarossa, F., Luzi, R., Di Donna, V., Scendoni, P., Pelliccioni, G., Lattanzio, F., Riccardi, G. R., & Bevilacqua, R. (2022). The effect of non-immersive virtual reality exergames versus traditional physiotherapy in Parkinson's disease older patients: Preliminary results from a randomized-controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22), 1–11. <https://doi.org/10.3390/ijerph192214818>
11. Monterroso Cardona, M. B. (2022). *Rehabilitación en la enfermedad de Parkinson* [Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica].
12. Organización Mundial de la Salud (2023). Enfermedad de Parkinson. Recuperado de <https://www.who.int/es/newsroom/factsheets/detail/parkinson-disease>
13. 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>

14. Peñasco-Martín, B., de los Reyes-Guzmán, A., Gil-Agudo, A., Bernal, A., Pérez-Aguilar, B., & de la Peña, A. I. (2010). Aplicación de la realidad virtual en los aspectos motores de la neurorrehabilitación. *Revista de Neurología*, 51(8), 481–488. <https://doi.org/10.33588/rn.5108.2009665>
15. Pérez Menéndez, A. (11 de abril de 2023). El número de afectados por la enfermedad de Parkinson se duplicará en 20 años y se triplicará en 2050 [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.sen.es/saladeprensa/pdf/Link238.pdf>
16. Pompeu, J. E., Mendes, F. A., Silva, K. G., Lobo, A. M., Oliveira, T. de P., Zomignani, A. P., & Piemonte, M. E. (2012). Effect of Nintendo Wii™-based motor and cognitive training on activities of daily living in patients with Parkinson's disease: A randomised clinical trial. *Physiotherapy*, 98(3), 196–204. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2012.06.004>
17. Rojas-Bustamante, E., & Adalid-Peralta, L. V. (2022). Realidad virtual inmersiva para la rehabilitación de la enfermedad de Parkinson: una revisión narrativa. *Archivos de Neurociencias*, 27(4), 7–64. <https://doi.org/10.31157/an.v27i4.366>
18. Weiss, P. L. T., & Katz, N. (2004). The potential of virtual reality for rehabilitation. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 41(5), 7-10.
19. 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>
20. Yen, C. Y., Lin, K. H., Hu, M. H., Wu, R. M., Lu, T. W., & Lin, C. H. (2011). Effects of virtual reality-augmented balance training on sensory organization and attentional demand for postural control in people with Parkinson disease: A randomized controlled trial. *Physical Therapy*, 91(6), 862–874. <https://doi.org/10.2522/ptj.20100050>

## **AUTHOR CONTRIBUTIONS**

All authors listed have made a substantial, direct and intellectual contribution to the work, and approved it for publication.

## **CONFLICTS OF INTEREST**

The authors declare no conflict of interest.

## **FUNDING**

This research received no external funding.

## **COPYRIGHT**

© Copyright 2025: Publication Service of the University of Murcia, Murcia, Spain.