



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE KINESIOLOGÍA

**EFFECTOS DE UNA INTERVENCIÓN BASADA EN
REALIDAD VIRTUAL Y/O ESTIMULACIÓN ELÉCTRICA
FUNCIONAL SOBRE EL BALANCE DE PACIENTES CON
ENFERMEDAD DE PARKINSON: UNA REVISIÓN DE LA
LITERATURA**

Trabajo presentado para optar al Título Profesional de Kinesiólogo

AUTORES:

MARÍA JOSÉ LÓPEZ MARIÁNGEL

SANDRA VALENTINA MARTÍNEZ LECAROS

MARÍA TERESA SEPÚLVEDA TORRES

GABRIELA STEFANIA VARGAS SILVA

PROFESOR GUÍA: VALESKA GATICA ROJAS

Octubre de 2020
TALCA – CHILE

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2021

©2020, María José López Mariángel, Sandra Valentina Martínez Lecaros,
Gabriela Stefania Vargas Silva.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica que acredita al trabajo y a su autor.

I. DEDICATORIA

A nuestras familias,
por darnos su amor y apoyo en este proceso,

A nuestros amigos y seres queridos,
por su alegría y motivación en esta etapa.

II. AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento a nuestras familias y seres queridos, quienes nos han brindado su amor y apoyo incondicional durante toda nuestra etapa universitaria, celebrando nuestros logros y motivándonos a seguir adelante siempre.

Agradecemos también a la Escuela de Kinesiología de la Universidad de Talca, por inspirarnos siempre a superarnos día a día y dar lo mejor de nosotras en nuestro proceso formativo.

Por último, agradecemos de manera especial a nuestra profesora Sandra Becerra, quien fue un pilar fundamental a lo largo de este año, dándonos consejos y animándonos a creer en nuestras capacidades, además de su disposición para ayudarnos durante este proceso.

III. TABLA DE CONTENIDOS

I.	DEDICATORIA.....	3
II.	AGRADECIMIENTOS.....	4
III.	TABLA DE CONTENIDOS.....	5
IV.	ÍNDICE DE TABLAS	7
V.	ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	8
VI.	RESUMEN.....	9
VII.	ABSTRACT.....	10
1.	INTRODUCCIÓN.....	11
2.	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	20
3.	OBJETIVOS.....	21
	3.1 Objetivo general.....	21
	3.2 Objetivos específicos.....	21
4.	METODOLOGÍA.....	22
	4.1 Criterios de elegibilidad.....	23
	4.1.1 Criterios de inclusión.....	23
	4.1.2 Criterios de exclusión.....	23
5.	RESULTADOS.....	26

6. DISCUSIÓN.....	31
6.1 Efectos de una terapia con Realidad Virtual en el balance de pacientes con enfermedad de Parkinson	31
6.1.1 Efectos de la RV sobre el balance supervisados por terapeuta y selección de juego.....	33
6.1.2 Efectos de la RV sobre el balance según demanda...	36
6.1.3 Efectos de la RV sobre el balance según dosis.....	39
6.1.4 Efecto de la RV sobre el balance según sistema de RV utilizado.....	41
6.2 Evaluaciones clínicas y de laboratorio para el balance.....	43
6.3 Efectos de una terapia con Estimulación Eléctrica Funcional sobre el balance de pacientes con enfermedad de Parkinson.....	45
6.4 Limitaciones.....	46
6.5 Relevancia clínica.....	47
7. CONCLUSIÓN.....	48
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
9. ANEXOS.....	55

IV. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características generales de los estudios y principales resultados.....	27
Tabla 2: Tabla resumen de efectos de RV sobre el balance, de acuerdo a supervisión y selección de juego por medio del tratante	55

V. ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1: Flujograma de búsqueda y selección de estudios	25
---	----

VI. RESUMEN

Antecedentes: La enfermedad de Parkinson (EP) es un trastorno neurodegenerativo crónico y dentro de sus manifestaciones más comunes se encuentra el temblor, rigidez y afección del balance. **Objetivo principal:** El objetivo es realizar una revisión de la literatura sobre los efectos que produce una terapia de realidad virtual (RV) y/o terapia con estimulación eléctrica funcional (FES) en el balance de pacientes con EP y las maneras de evaluarlo. **Metodología:** La búsqueda fue realizada en tres bases de datos electrónicas: *PubMed, Web of Science y Scopus*, utilizando las palabras claves; Parkinson, *Virtual Reality, Exergame, FES, Functional Electrical Stimulation* y Balance. Se incluyeron estudios de tipo ensayo clínico o ensayos clínicos aleatorizados (ECA) realizados en pacientes con EP, donde la intervención consistió en RV y/o FES y sus efectos sobre el balance. **Resultados:** De un total de 337 estudios, 19 publicaciones fueron seleccionadas para realizar lectura del texto completo. Finalmente, 9 estudios fueron incluidos en esta revisión. **Conclusión:** Las principales conclusiones de esta revisión fueron que la RV tiene el potencial de mejorar el balance de los pacientes con EP. Por el contrario, la evidencia sobre el uso de FES aún es insuficiente y poco concluyente.

PALABRAS CLAVES: Enfermedad de Parkinson, Realidad virtual, Estimulación eléctrica funcional, Balance.

VII. ABSTRACT

Background: Parkinson's disease (PD) is a chronic neurodegenerative disorder, among its most common manifestations are tremor, rigidity, and balance impairment. **Objective:** the aim is to carry a review of the literature about the effects produced by a virtual reality therapy (VR) and functional electrical stimulation therapy in balance in people with PD and the ways to evaluate it. **Methods:** the search was carried out in three electronic databases: PubMed, Scopus, and Web of Science, using the following keywords: Parkinson, Virtual Reality, Exergame, FES, Functional Electrical Stimulation and Balance. The review included clinical trial studies or randomized clinical trial studies (RCTs) made in patients with PD, where the intervention consisted in RV and/or FES and their effects on the balance. **Results:** from a total of 337 studies, 19 was selected to read the full text. Finally, 9 studies were included on this review. **Conclusions:** the main conclusions of this review were that VR has the potential to improve the balance of PD patients, on the contrary, the evidence on the use of FES is still insufficient and inconclusive..

KEYWORDS: Parkinson's disease, Virtual Reality, Functional electrical Stimulation, Balance.

1. INTRODUCCIÓN

La enfermedad de Parkinson (EP) es un trastorno neurodegenerativo incurable y progresivo en el tiempo. Actualmente, se considera al envejecimiento como uno de los principales factores de riesgo que determina su aparición (Marchetti et al., 2020). Alrededor del 1% de los adultos mayores de 60 años de edad padece EP, posicionándose como la segunda enfermedad neurodegenerativa más frecuente a nivel mundial (Blauwendraat et al., 2019).

La EP se ha asociado con la pérdida de neuronas dopaminérgicas en la sustancia *nigra pars compacta* y se han observado la presencia de depósitos intracelulares anormales conocidos como cuerpos de Lewy, los cuales contenían α -sinucleína agregada. Estas células alteradas se encuentran presente en las neuronas de los ganglios basales, así como también, en otras regiones cerebrales adyacentes (Gazerani, 2019). En base a lo anterior, es

posible observar el daño clínicamente, manifestado mediante síntomas motores y no motores. Dentro de los motores se encuentran el temblor en reposo, bradicinesia, rigidez e inestabilidad postural, estos afectan principalmente el balance de la persona afectada. Por su parte, dentro de los síntomas no motores se encuentran la disfunción cognitiva, alteraciones del sueño, hiposmia, entre otras (Marchetti et al., 2020). A estas manifestaciones motoras y no motoras se suma las caídas, que representan un problema, el 60% de las personas con EP caen al año, impactando en su calidad de vida, llegando incluso a producir fracturas, hospitalizaciones y el aumento de la mortalidad. (Creaby y Cole, 2018)

En cuanto al tratamiento de esta patología, este se enfoca en atenuar algunos de los síntomas motrices a través de la administración de levodopa (Marinelli, Quartarone, Hallett, Frazzitta y Ghilardi, 2017). No obstante, la terapia física ha cumplido un rol fundamental en la rehabilitación de los síntomas que no pueden ser controlados farmacológicamente, siendo abordados de manera convencional con ejercicios de fuerza, flexibilidad, aeróbicos, entrenamiento de marcha y balance (Ellis y Rochester, 2018). Así

también, el uso de ejercicios funcionales que permiten restablecer aspectos específicos de la movilidad y función física contribuyen en la disminución del nivel de discapacidad (Oguh, Eisenstein, Kwasny y Simuni., 2014).

Sin embargo, durante los últimos años han surgido nuevas áreas de investigación para la evaluación y tratamiento de los pacientes con EP, como lo es la realidad virtual (RV). Lee, Lee y Song (2015) han demostrado que la RV es más efectiva que una terapia convencional (TC), debido a que integra al sistema vestibular, visual y propioceptivo con el sistema nervioso central, permitiendo así actuar sobre el control postural y balance en este tipo de pacientes (Gatica-Rojas y Méndez-Rebolledo, 2014). Cabe destacar que, en un entorno de RV el feedback visual puede ser un factor relevante para los pacientes con EP dado que durante el proceso de rehabilitación se generan cambios en el patrón de movimiento, creándose una red neuronal optimizada (Feng et al., 2019).

Por otra parte, el balance ha sido descrito como la “capacidad de

controlar el centro de masa en relación con la base de soporte” (Sibley, Beauchamp, Van Ooteghem, Paterson y Wittmeier, 2017). Por lo tanto, el balance se relaciona con el concepto de control postural descrito por Doná et al. (2016), quienes afirman que el control postural implica mantener la línea de gravedad del cuerpo dentro de la base de soporte mediante estrategias anticipatorias y/o compensatorias, con el fin de prevenir la inestabilidad postural y, en consecuencia, un mayor riesgo de caídas. Asimismo, postulan que el control postural es una habilidad compleja, en donde se debe mantener la orientación y la estabilidad postural, dependiendo de las interacciones dinámicas entre los procesos motores y sistemas sensoriales: visual, vestibular y somatosensorial.

En cuanto a la forma de evaluar el balance, existen pruebas clínicas y de laboratorio. Dentro de las clínicas, una de las más utilizadas es la Escala de Berg (BBS), que evalúa el balance funcional por medio de 14 ítems de actividades de la vida diaria, mientras más elevado sea el puntaje existirá un mayor rendimiento y, por consiguiente, una mejora en el balance (Gandolfi et al., 2017). Por su parte, la plataforma de fuerza permite cuantificar el

control postural, detectar de manera objetiva alteraciones en el equilibrio e identificar con precisión las variaciones posteriores a un entrenamiento. Al respecto, se ha demostrado que la plataforma de fuerza es una herramienta confiable para evaluar el equilibrio en adultos mayores sanos (Harro y Garascia, 2019).

Por otro lado, los ambientes de RV han sido definidos como una tecnología computarizada capaz de entregar un feedback sensorial artificial en las 3 dimensiones, permitiendo que el aprendizaje motor se desarrolle de manera muy similar a la vida real. Al respecto, los investigadores Feng et al. (2019) evaluaron el rendimiento de la marcha y balance de pacientes con EP y, luego de 12 semanas de entrenamiento con RV, obtuvieron como resultados una mejora en la puntuación de la BBS, tiempo en el test “*Time up and Go*” (TUG) y puntuación de la tercera parte de la Escala de Calificación de la Enfermedad de Parkinson Unificada (UPDRS3), que se compone principalmente de aspectos como, temblor, rigidez, habla, postura, marcha y valoración de la evaluación funcional de marcha (FGA). Este estudio

demonstró que la RV es un tratamiento prometedor para la marcha, el balance y la movilidad en personas con EP.

En la actualidad, y gracias al desarrollo de nuevas tecnologías informáticas y dispositivos telemédicos avanzados, es posible realizar telerehabilitación, es decir, establecer un entorno simulado en el hogar del sujeto, de tal forma que permita al tratante realizar evaluaciones y rehabilitación a distancia (Peretti, Amenta, Tayebati, Nittari y Mahdi, 2017). Es así como Gandolfi et al. (2017) evaluaron la estabilidad postural después de un entrenamiento de balance por medio de la RV en el hogar, supervisado por los fisioterapeutas, obteniendo mejoras sobre el control postural estático y dinámico. De esto se desprende que los entrenamientos de balance por medio de telerehabilitación basados en RV han demostrado ser factibles y efectivos, por lo que podrían ser aplicados en varias afecciones neurológicas (Lloréns, Noé, Colomer y Alcañiz, 2014).

En efecto, la RV permite aprender estrategias motoras nuevas y

desarrollar nuevamente habilidades deterioradas a consecuencia de una lesión o enfermedad (Dockx et al., 2016). Asimismo, proporciona a los pacientes una mayor estimulación sensorial, entregando una retroalimentación en tiempo real durante tareas motoras específicas, reflejando el aprendizaje motor y neuroplasticidad. Del mismo modo, los juegos de RV pueden mejorar la estabilidad postural de los pacientes, al aumentar la capacidad de organización e integración de los órganos vestibulares, así como la retroalimentación visual permite al paciente observar la posición adecuada que debe realizar, sentir su propia posición y dirección de movimiento en el espacio, entrenando el control de tronco y ajustando la alineación segmentaria de su cuerpo (Feng et al., 2019).

Además de la RV, existen otras terapias como la estimulación eléctrica funcional (FES) (Alarcón, Sánchez, Manzur y Torres (2020) mencionan otro tipo de terapia, la estimulación eléctrica funcional (FES), donde por medio de una corriente eléctrica aplicada a través de un sistema de electrodos superficiales, permite el movimiento activo y funcional de la musculatura esquelética, al activar los nervios de aquellos músculos afectados

(Venugopalan, Taylor, Cobb y Swain, 2015), logrando demostrar en pacientes con EP, lesión medular y esclerosis múltiple, mejoras en la movilidad funcional, reducción en la amplitud del temblor, así como también, una mejora en la función respiratoria, mecanismo de tos y disminución del riesgo cardiovascular, siendo tolerados por los pacientes y no produciendo efectos adversos tras su aplicación. (Bó, Azevedo-Coste, Geny, Poignet y Fattal, 2014), (McCaughey et al., 2019), (Bao, Khan, Song y Kai-Yu Tong, 2020), (Scally, Baker, Rankin, Renfrew y Sculthorpe, 2020).

Como se ha descrito anteriormente, la RV y FES han demostrado generar efectos positivos en funciones que se han visto afectadas en pacientes con EP, sin embargo, ambas terapias han sido aplicadas de manera independiente. No obstante, Lee et al. (2015), evaluaron el balance en dos grupos con EP, en donde el grupo control (GC) realizó una TC durante 30 minutos y 15 minutos de FES, mientras que el grupo experimental (GE) fue sometido a la misma intervención, pero se le adicionó 30 minutos de ejercicios de RV a través de bailes de *K-pop*. Los resultados demostraron que

el GE mejoró significativamente su balance en comparación con el GC. A pesar de ello, en este estudio no queda de manifiesto si los participantes estaban recibiendo una terapia adicional, el estadio en el cual se encontraban y el uso de medicamentos, Además, no presenta un protocolo estándar para elegir las canciones, ya que los participantes podían escogerlas libremente. Al mismo tiempo, no se menciona la musculatura estimulada eléctricamente, ni los parámetros que se utilizaron. Debido a esto, no queda claro si es la RV por sí sola la que mejoró el equilibrio en estos pacientes o su combinación con FES.

Por lo tanto, según lo señalado, es necesario conocer los efectos de la realidad virtual y terapias con estimulación eléctrica funcional, ya sea aplicadas por separado, o bien, combinadas, en el balance de los pacientes con enfermedad de Parkinson, mediante una revisión de la literatura, con el fin de reunir evidencia para contribuir y aportar conocimiento actualizado de la RV y FES en el área de la kinesiología y enfocarlos hacia futuras investigaciones.

2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los efectos y características de los protocolos de RV y/o FES sobre el balance de pacientes con EP, descritos en la literatura entre enero del 2010 y junio del 2020, medido con evaluaciones tanto clínicas como de laboratorio?

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Realizar una revisión de la literatura publicada dentro de los últimos 10 años sobre los efectos que produce una terapia de realidad virtual y/o terapias con estimulación eléctrica funcional en el balance de los pacientes con enfermedad de Parkinson

3.2 Objetivos específicos

1. Describir los efectos de la terapia de realidad virtual en el balance de los pacientes con EP medido con evaluaciones clínicas y/o de laboratorio.
2. Describir los efectos de la terapia con FES en el balance de los pacientes con EP medido con evaluaciones clínicas y/o de laboratorio.

4. METODOLOGÍA

La estrategia de búsqueda fue desarrollada por cuatro revisores, en las bases de datos electrónicas: *PubMed*, *Web of Science* y *Scopus*, utilizando las palabras claves, Parkinson, Virtual Reality, Exergame, FES, Functional Electrical Stimulation y Balance, las cuales se combinaron formando la frase, *(Parkinson) AND (“virtual reality” OR “exergame” OR “FES” OR “functional electrical stimulation”) AND (balance)*.

El periodo de búsqueda se llevó a cabo en los meses de junio y julio de 2020, y en ella se incluyeron artículos publicados entre enero del 2010 y junio del 2020, abarcando 10 años de publicaciones. Los filtros aplicados a la búsqueda en las bases de datos fueron idioma inglés y español.

4.1 Criterios de elegibilidad:

4.1.1 Criterios de inclusión

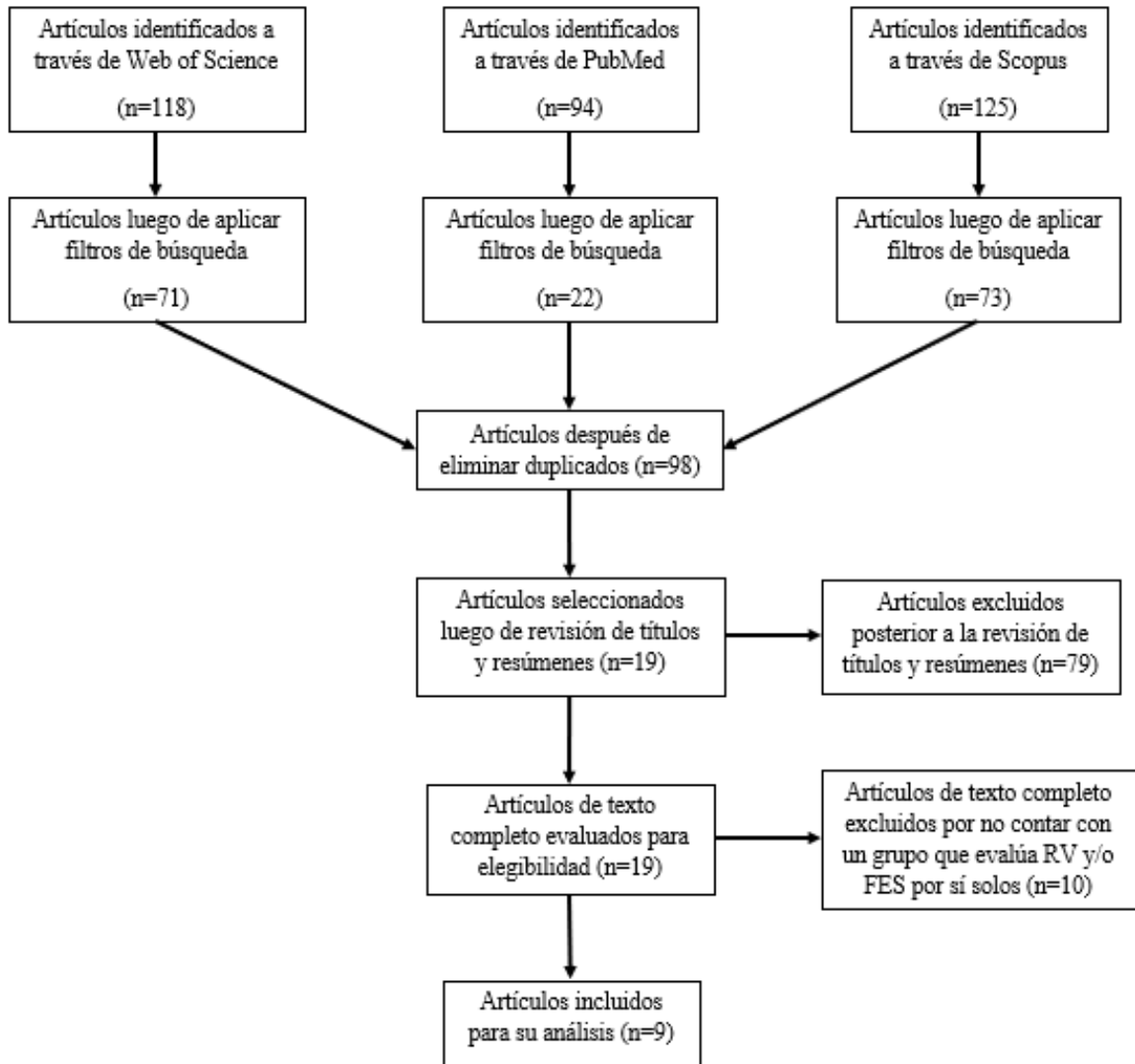
- Investigaciones realizadas en humanos.
- Pacientes diagnosticados con enfermedad de Parkinson, ya sea como grupo único de investigación o grupo experimental. Independiente del género, edad o estadio de la enfermedad como factor excluyente.
- Estudios en los cuales la intervención consistió en terapia de RV y/o FES, ya sea comparándola con otro tipo de terapia o aplicada por sí sola.
- Ensayos clínicos o ensayos clínicos aleatorizados (ECA).

4.1.2 Criterios de exclusión

- Artículos donde se incluían sujetos que presentaran otras patologías de origen neurológico o músculo esquelético que interfirieran en la intervención.
- Revisiones sistemáticas y metaanálisis.

Para la selección de los artículos se consideraron tanto los filtros aplicados en las bases de datos como los criterios de elegibilidad, para realizar una preselección de las publicaciones. Aquellas publicaciones que suscitaron desacuerdo entre los revisores fueron analizadas y discutidas hasta lograr un consenso. De esta forma se logró identificar un total 337 publicaciones en las tres bases de datos, luego de ello 171 estudios fueron eliminados según los filtros de búsqueda obteniendo un total de 166, de ellos 68 artículos se encontraban duplicados en dos o más bases de datos, por lo tanto, 98 publicaciones fueron considerados susceptibles de ser incluidas. Posteriormente se leyó el título y resumen para aplicar los criterios de elegibilidad, obteniendo un total de 19 artículos seleccionados para realizar la lectura del texto completo. Finalmente, al leer el texto completo, se eliminaron 10 artículos por no cumplir con los criterios de elegibilidad según el tipo de terapia (Figura 1).

Figura 1: flujograma del proceso de selección de artículos.



5. RESULTADOS

En esta revisión fueron incluidos 9 estudios como se puede ver en la Tabla 5-1, donde se describen las principales características de los estudios, como: autor, tipo de estudio, objetivos, participantes, tipo de intervención, dosis de la intervención, medidas de resultados (evaluaciones realizadas) y principales resultados obtenidos por los autores.

Con respecto a las intervenciones basadas en RV, cabe destacar que solo Santos, Machado, Santos, Ribeiro y Melo (2019) incluyeron tres grupos de estudio, donde el tercer grupo recibió terapia de RV combinada con terapia convencional, sin embargo, para efectos de esta revisión se tomaron en cuenta los resultados de los grupos que recibieron sólo RV o terapia convencional. Por otro lado, Holmes, Gu, Johnson y Jenkins (2013) y Severiano, Zeigelboim, Teive, Santos y Fonseca (2018) tuvieron en sus investigaciones un grupo único de intervención, todos los demás autores compararon dos grupos.

Autor	Tipo de estudio	Objetivos	Participantes	Tipo de intervención	Dosis de la intervención	Medición de resultados	Resultados principales
De Melo et al. (2019)	ECCE	Evaluar los efectos del entrenamiento con seis juegos comerciales de Xbox Kinect™ en aspectos cognitivos y motores, en una serie de pacientes con EP y comparar los efectos con un grupo de sujetos sanos emparejados.	N total: 16. 2 grupos. GP=8. GA=8.	Ambos grupos recibieron terapia con RV	45-60 min por sesión, 2 veces a la semana por 5 semanas Dosis total: 7,5-10 horas	(MoCA), FAB, BBS, TUG, 10MWT, FOG-Q, UPDRS II-III y PDQ-39	Δ en aspectos cognitivos
Feng et al. (2019)	ECAC	Observar los efectos de un programa de entrenamiento de RV de 12 semanas sobre la marcha y el equilibrio en pacientes con EP.	N total: 28. 2 grupos. GC (TC)=14. GE (RV)=14	GC: TC GE: RV	45 min por sesión 5 veces a la semana por 12 semanas Dosis total: 45 horas	BBS, TUG, UPDRS III y FGA.	ΔBBS ΔTUG ΔFGA en ambos grupos. Los puntajes de BBS, TUG UPDRS3 y FGA en el GE fueron mejores que los del grupo de control.
Gandolfi et al. (2017)	ECA MSC	1.-Comparar mejoras en la estabilidad postural post entrenamiento de TeleWii y STB en clínica en paciente con EP. 2.-Comparar diferencias previas y posteriores al tratamiento en la confianza del equilibrio percibido, la función relacionada con la movilidad, la calidad de vida, la frecuencia de caídas y la diferencia en los costos de los dos programas de rehabilitación.	N total= 76 TeleWii= 38 STB=38	Telerehabilitación Nintendo Wii Ejercicios estimulación sensorial (STB)	50 min por sesión 3 veces a la semana por 7 semanas Dosis total: 17,5 horas	BBS, ABC, 10MWT, DGI, PDQ-8 y número de caídas.	ΔBBS en ambos grupos
Holmes et al. (2013)	EC	Evaluar la efectividad de un programa de ejercicio en el hogar de 12 semanas diseñado alrededor de la Wii, para mejorar el equilibrio, la confianza en el equilibrio y mantener la adherencia al ejercicio entre las personas con EP	N total= 15 grupo único de intervención	Terapia Wii (juegos de libre elección por cada participante)	30 min por sesión por 3 veces a la semana por 12 semanas Dosis total: 18 horas	Plataforma de fuerza (AMTI modelo OR6-5) (COPL) ABC versión corta DE*	Δadherencia al ejercicio Sin resultados significativos en las demás evaluaciones

Lee et al. (2015)	ECA	Examinar el efecto del ejercicio de realidad virtual en el equilibrio, AVD y trastorno depresivo de pacientes con EP	N total=20 GE=10 GC=10	GE + GC: Tto neurodesarrollo y FES GE: RV con Nintendo Wii	GC: 45 min por sesión, 5 veces a la semana por 6 semanas GE: 75 min por sesión (solo 30 min de RV), 5 veces a la semana por 6 semanas Dosis total: 15 horas	BBS, MBI y BDI	ΔBBS ΔMBI ΔBDI En el GE
Pazzaglia et al. (2020)	ECASCP	Comparar la eficacia de un programa de rehabilitación de RV con un programa convencional en pacientes con EP.	N total=51 2 grupos. TC: 26 RV: 25	GC: TC GE: terapia con RV	40 min por sesión, 3 veces a la semana por 6 semanas Dosis total: 12 horas	BBS, DGI, DASH y SF-36.	Δmarcha Δequilibrio dinámico Δcalidad de vida (aspecto mental) En el GE
Santos et al. (2019)	ECA	Investigar si los efectos de la combinación de RV y TC son superiores a las técnicas aisladas en la rehabilitación del equilibrio, la marcha, la movilidad funcional y la mejora de la calidad de vida de las personas con EP.	N total=45 3 grupos. GNW=15 GTC=15 GNWTC=15	3 grupos NW TC NW+TC	50 min por sesión, 2 veces a la semana durante 16 semanas Dosis total: 26,6 horas	BBS, DGI, TUG, PDQ-39	No hubo diferencias estadísticamente significativas entre grupos, ambos mejoraron en la marcha, movilidad funcional y calidad de vida
Severiano et al. (2018)	EOPC	Evaluar la efectividad de los ejercicios de equilibrio mediante juegos de realidad virtual en la enfermedad de Parkinson.	N total=16 Grupo único de intervención 6 mujeres y 10 hombres	Terapia con RV	50 min por sesión, 2 veces a la semana durante 10 semanas Dosis total: 16,6 horas	DHI, BBS, SF-36 y SRT.	ΔDHI, ΔBBS, ΔSF-36

Shih et al. (2016)	ECAC	Examinar los efectos de una intervención de ejercicio basado en el equilibrio utilizando el sensor Kinect sobre la estabilidad postural y el equilibrio en personas con enfermedad de Parkinson (EP).	N total=22. 2 grupos GC (TC)=11 GE (RV)=11.	GC: TC más RV GE: RV y ejercicios de elongación. Ambos grupos realizaron calentamiento y elongación	GC: 50 min por sesión, 2 veces a la semana por 8 semanas GE: 30 min por sesión, 2 veces a la semana por 8 semanas Dosis total: 8 horas	LOS, OLS, BBS y TUG.	ΛLOS en GE ΛBBS ΛTUG en ambos grupos
Yang et al. (2016)	ECCA	Examinar el efecto de su prototipo desarrollado de RV para el entrenamiento del balance en paciente con EP, realizado en el hogar	N total: 23 2 grupos. GC (TC):12 GE (RV) N=11	GC: TC GE: RV (sistema propio de intervención)	50 min por sesión, 2 veces a la semana durante 6 semanas Dosis total: 10 horas	DGI, BBS TUG, PDQ-39 y UPDRS-III	ΛDGI ΛBBS ΛTUG en ambos grupos No hubo diferencias significativas en el seguimiento

Tabla 1: Características generales de los estudios y sus principales resultados

* “Λ” = mejora significativa en la evaluación

Abreviaturas. GC: Grupo control, TC: terapia convencional, GE: Grupo experimental, RV: Realidad virtual, GNW: Grupo nintendo Wii, GTC: Grupo terapia convencional, GNWTC: Grupo nintendo Wii combinado con terapia convencional, ABC: Escala de Confianza de Balance en Actividades Específicas MoCA: Evaluación Cognitiva de Montreal, FAB: Bateria de Evaluación Frontal, BBS: Escala de Balance Berg, DGI: Índice de Marcha Dinámica, FOG-Q: Cuestionario de Congelación de la Marcha, FGA: Evaluación de Marcha Funcional, PDQ-39: Cuestionario de Enfermedad de Parkinson, PDQ-8: Cuestionario de Calidad de Vida de la Enfermedad de Parkinson, COPL: Longitud Total del Desplazamiento del Centro de Presión, MBI: Índice de Barthel Modificado, BDI: Inventario de Depresión de Beck, DASH: Escala de Discapacidad del brazo, hombro y mano, SF-36: Encuesta de Salud de Formato Corto, DHI: Inventario de Discapacidad para Mareos, SRT: Prueba de Levantado-Sentado, LOS: Límites de Estabilidad, OLS: Prueba Unipodal, RV: realidad virtual, SOT: Evaluación Sensorial con Doble Tarea al Azar, TC: tratamiento o terapia convencional del balance, TUG: *Time Up and GO*, UPDRS II-III y UPDRS III: Escala Calificación de la Enfermedad de Parkinson Unificada parte II y III y parte III respectivamente, 10MWT: Prueba de Caminata de 10 Metros. DE*: Examen de los datos electrónicos de tiempo de uso específicos del participante, ECC-E: Ensayo Controlado Cuasi-Experimental, ECAC Ensayo Ciego Aleatorizado Controlado, ECA MSC: Ensayo Clínico Aleatorizado Multicéntrico, Simple Ciego. EC: Ensayo Clínico, ECA: Ensayo Clínico Aleatorizado. ECASCP: Estudio prospectivo, simple ciego, aleatorizado y controlado, EOPE: Estudio Prospectivo Observacional de Cohorte, ECCA: Ensayo Clínico Controlado Aleatorizado

Con respecto al uso de FES dentro de las terapias aplicadas para mejorar el balance de los pacientes con EP, ningún estudio fue incluido en esta revisión, ya que, al realizar la búsqueda en las distintas bases de datos, solo un artículo fue encontrado acorde a los criterios de búsqueda, sin embargo, no cumplía con los criterios de elegibilidad, esto se debe a que en la intervención combinada además de la RV y FES otra terapia, mencionada como “*neurodevelopment treatment*”. Por lo tanto, esta investigación no fue considerada dentro de esta revisión para su análisis.

6. DISCUSIÓN

6.1 Efectos de una terapia con Realidad Virtual en el balance de pacientes con Enfermedad de Parkinson

En esta revisión de la literatura se analizaron 9 artículos que evaluaron los efectos de la RV y/o FES sobre el balance en pacientes con EP, así como también, los instrumentos de evaluación utilizados, donde el resultado principal es que la RV puede producir mejoras en el balance de los pacientes, ya que 7 estudios, Yang, Wang, Wu, Lo y Lin (2016), Shih, Wang, Cheng y Yang (2016), Gandolfi et al. (2017), Severiano et al. (2018), Santos et al. (2019), Feng et al. (2019) y Pazzaglia et al. (2020), mostraron resultados significativos luego de intervenir con RV. Estos resultados se pueden deber a que la RV integra los sistemas sensoriales proporcionando una

retroalimentación visual y auditiva, entregando estrategias sobre control postural durante una tarea determinada (Gandolfi et al., 2017). Además, incorpora elementos que son fundamentales para el aprendizaje motor tales como, la práctica, repetición, retroalimentación y neuroplasticidad (Feng et al., 2019). De este modo, la RV no tan solo podría ser usada para mejorar aspectos del balance, sino que también, se podría utilizar para otros aspectos que se ven afectados en la EP, debido a que este simula un entorno realista, lo que permite realizar tareas precisas orientadas hacia un objetivo y, a través de la retroalimentación, poder corregir y fortalecer un correcto comportamiento (Feng et al., 2019). Asimismo, al entregar estímulos constantes, cada interacción y nuevas tareas de aprendizaje, forman nuevos circuitos nerviosos, por tanto, nuevas sinapsis y esto provocaría que las células nerviosas sanas asuman la función de las defectuosas (Severiano et al., 2018). A pesar de ello, dos artículos, Holmes, Gu et al. (2013) y De Melo et al (2020), no obtuvieron resultados significativos sobre el balance.

Del análisis de todos los estudios se puede deducir que existen factores que pueden influir en los resultados sobre el balance, tales como; 1) la

supervisión de un terapeuta y selección de los juegos, 2) adaptación a la demanda, 3) dosificación de la terapia y 4) tipo de dispositivo de RV.

6.1.1 Efectos de la RV sobre el balance supervisados por terapeuta y selección de juego

En primer lugar, un factor que podría ser relevante al momento de plantear una intervención basada en RV, es la supervisión al paciente, en conjunto con la selección de los juegos, es decir, si será el terapeuta quien supervise y seleccione los juegos, o si estos serán elegidos por el paciente. Según los resultados de esta revisión, los estudios en los cuales el terapeuta supervisó a los participantes y seleccionó los juegos a utilizar, lograron obtener mejoras significativas en el balance, ya sea quienes lo hicieron de forma directa como Shih et al. (2016), donde 22 sujetos con EP fueron asignados al azar a un GC (n=11) o GE (n=11), Feng et al. (2019), con 28 sujetos con EP, un GC (n=14) que realizó TC y un GE (n=14) que realizó terapia de RV, Pazzaglia et al. (2020), quienes, al igual que Shih et al. (2016)

y Feng et al. (2019) contaron con 2 grupos, de TC (n=26) o RV (n=25), Severiano et al. (2018), donde un solo grupo de 16 pacientes (10 hombre y 6 mujeres) con EP fue intervenido con RV y Santos et al. (2019), único estudio de esta revisión que contó con 3 grupos de intervención, 45 sujetos con EP que fueron asignados aleatoriamente a un grupo de TC, un grupo de RV o un grupo que combinó TC con RV (15 sujetos por grupo). O bien quienes aplicaron la terapia en el hogar y supervisan de forma remota mediante videoconferencia como Gandolfi et al. (2017), quienes usaron *Skype* para supervisar la ejecución del entrenamiento en el hogar y compararon la RV usando Wii (GE, n=38) con TC (GC, n=38), donde los juegos del GE fueron elegidos por el terapeuta, acorde a las condiciones de cada paciente. Asimismo, otro estudio que realizó su intervención en el hogar fue Yang et al. (2016), el cual se basó en comparar el efecto de RV versus TC sobre el balance de los sujetos. Para la terapia con RV, el terapeuta guió durante toda la sesión para mayor seguridad de los pacientes. Los resultados fueron que ambos grupos mejoraron su balance, por lo tanto, la RV supervisada por un tratante logró generar cambios positivos en el balance.

Por el contrario, el estudio de Holmes et al. (2013) no obtuvo mejoras significativas en el balance, luego de aplicar un entrenamiento basado en RV en el hogar a un grupo único de pacientes (n=15). Esto se podría deber a que en este estudio no se supervisaron los entrenamientos y, además, cada paciente podía elegir con qué juegos entrenar, dentro de un set sugerido de juegos.

Por último, en otro estudio, De Melo et al. (2019), seleccionaron a 8 sujetos con EP, que fueron emparejados, por conveniencia, con 8 adultos mayores sanos. Ambos grupos recibieron una terapia de RV y aún cuando el terapeuta supervisó de manera directa la intervención y seleccionó los juegos, al igual que Holmes et al. (2013) no obtuvieron cambios significativos en el balance post intervención. A pesar de estos resultados, es necesario considerar que puede haber otros factores que expliquen por qué no fue posible obtener cambios positivos significativos en el balance y que, por lo tanto, la participación de un terapeuta en las sesiones, que entregue un

feedback al paciente y elegir los juegos que más se adapten a su condición pudiese ser un factor que determine los cambios en el balance.

6.1.2 Efectos de la RV sobre el balance según demanda

Con respecto a la RV y su efecto en el balance según la demanda, una posible explicación de los resultados de los estudios es la adaptación a ésta, ya que si un programa de entrenamiento no se modifica acorde a las necesidades adicionales del sujeto, es poco probable que siga progresando, por lo que podría caer en el desentrenamiento (Mujika y Padilla, 2000). Si bien, podría ser relevante considerar la demanda, la evidencia entregada por Gandolfi et al. (2017), Severiano et al. (2018), Santos et al. (2019), Feng et al. (2019), De Melo et al. (2020) y Pazzaglia et al. (2020) no la mencionan, por lo que no queda claro si esta fue adaptada durante el tiempo de intervención. En contraste, Holmes et al. (2013), Shih et al. (2016) y Yang et al. (2016) sí mencionan la demanda. En relación a esto, Yang et al. (2016), estudiaron los efectos de RV (GE), aplicada mediante un sistema propio

similar al dispositivo Wii, versus TC (GC), logrando mejoras en el balance del GE al comparar pre y post intervención (sin embargo, no hubo diferencias significativas al comparar entre ambos grupos), lo que pudiese estar dado por que se fue ajustando la tabla de equilibrio (similar a *balance board*) para modificar la dificultad y la demanda del sujeto cada 3 sesiones, además, fue el único estudio de esta revisión que agregó sobre la tabla de equilibrio una esponja para aumentar la dificultad del entrenamiento.

El estudio de Shih et al. (2016) obtuvieron resultados positivos en el balance al ajustar la demanda, pero a diferencia de Yang et al. (2016) lo hicieron aumentando el nivel de desafío progresivamente, ajustando la base de soporte, frecuencia, velocidad, complejidad y disminuyendo los estímulos sensoriales.

Por el contrario, en el estudio de Holmes et al. (2013), la demanda no fue adaptada a medida que los pacientes progresaban en las terapias, esto puede explicar que en su evaluación intermedia (sexta semana) el balance mostró una tendencia a mejorar, ya que, en la evaluación final, post intervención, este valor volvió a ser similar a la inicial.

Entonces, a pesar de que la mayoría de los estudios de esta revisión no menciona si variaron la demanda aplicada al sujeto durante su intervención, los estudios que sí lo hicieron muestran cierta inclinación a influir en los resultados, por lo tanto, podrían sugerir que, así como la participación de un terapeuta en las sesiones puede ser relevante, también pudiese ser ajustar la demanda, modificando la dificultad y/o intensidad del entrenamiento a medida que el paciente progresa.

6.1.3 Efectos de la RV sobre el balance según dosis

En cuanto a la relación que existe entre la dosificación de la RV y los resultados obtenidos, se estima que pudiese existir una conexión entre la cantidad de horas totales y el efecto logrado sobre el balance. Dentro de los 9 estudios incluidos en esta revisión, 7 obtuvieron resultados sobre el balance, Yang et al. (2016) con 50 minutos por sesión, 2 veces por semana, por 6 semanas, Pazzaglia et al. (2020) con 12 horas totales de intervención, 40 minutos por sesión, 3 veces por semana, durante 6 semanas, Shih et al. (2016) y Santos et al. (2019), ambos con un total de 13,3 horas, con sesiones de 50 minutos, 2 veces por semana durante 8 semanas, Severiano et al. (2018), 16,6 horas, 50 minutos por sesión, 2 veces por semana, por 10 semanas, Gandolfi et al. (2017) 17,5 horas totales, 50 minutos, 3 veces por semana, durante 7 semanas y Feng et al. (2019) 45 horas totales de RV, 45 minutos por sesión, 5 veces por semana, por 12 semanas.

Por el contrario, hubo 2 estudios que no lograron obtener mejoras sobre el balance. El primero de ellos corresponde a De Melo et al. (2020), quienes realizaron la menor cantidad de horas totales de intervención, correspondiente a 7,5 a 10 horas totales de terapia, distribuidas en sesiones de 45-60 minutos, 2 veces por semana, durante 5 semanas. Por otra parte, Holmes et al. (2013) tampoco obtuvieron resultados significativos, pese a haber sido el segundo estudio con mayor cantidad horas de intervención (18 hrs en total) solo después de Feng et al. (2019), con 30 minutos por sesión, 3 veces por semana, durante 12 semanas. Sin embargo, Holmes et al. (2013) quienes realizaron la intervención en el hogar, verificaron el cumplimiento de la terapia realizada (cantidad de sesiones y tiempo), mediante el registro que entregó el Nintendo Wii de la adherencia al ejercicio, el cual indicaba si el paciente había realizado la terapia, aunque el terapeuta no se encontró en el lugar para supervisar que esto efectivamente ocurriera, y eso se pudo haber reflejado en que no todos los pacientes cumplieron con la dosificación propuesta, ya que la mayoría realizó, en promedio, menos tiempo del requerido por sesión, así como menos cantidad total de sesiones.

De acuerdo con esto, es posible que los resultados sean dependientes del tiempo, por lo que, menos de 10 horas totales de intervención de RV no lograrían generar cambios significativos sobre el balance de personas con EP y, por el contrario, sobre 10 horas, ya sería posible encontrar resultados positivos. Aun así, es necesario considerar que este estudio tiene varios factores que pudiesen influir en los resultados que fueron mencionados anteriormente como, no adaptar la demanda, que los juegos fuesen escogidos por cada paciente y, por ende, variados entre un sujeto y otro, además de que no hubo supervisión directa del terapeuta.

6.1.4 Efectos de la RV sobre el balance según sistema de RV utilizado

Feng et al. (2019), quienes al igual que el estudio de Gandolfi et al. (2017) compararon los efectos de la RV aplicada a un GE versus los efectos de TC sobre el balance en el GC. Aunque, los autores no describen qué tipo de dispositivo usaron para aplicar la RV, a pesar de ello, sus resultados mostraron mejoras significativas en el grupo que recibió la terapia con RV

comparado con el grupo que recibió otro tipo de terapias para mejorar el balance. Del mismo modo, Pazzaglia et al. (2020) usaron un sistema conocido como “NIRVANA” para la rehabilitación del balance en el GE. Este consistió en un sistema de inmersión sensorial audiovisual total en RV, dicho de otro modo, el paciente se encontró “rodeado” por el ambiente virtual, por 40 minutos, 3 veces a la semana durante 6 semanas (horas totales de RV 12). Cada sesión constaba de 7 ejercicios predeterminados. Los resultados de su estudio mostraron que los pacientes del GE obtuvieron mejores resultados que los controles en la BBS, por lo cual mejoraron su balance junto con otros aspectos como la marcha (evaluado con el DGI) y función del brazo (escala DASH). Cabe destacar que fue el único estudio que utilizó este tipo de RV. En este mismo contexto, otro estudio que también obtuvo mejoras en el balance fue Shih et al. (2016), utilizando el *sensor Kinect* para examinar los efectos de un programa de RV sobre el GE comparado con el GC que recibió RV combinada con TC. Los resultados de este estudio fueron que la terapia con RV consiguió un mayor efecto sobre la estabilidad postural comparado con la TC. Por el contrario, De Melo et al. (2019), usando también el *sensor Kinect* para la terapia de RV aplicada a ambos grupos (GC compuesto de adultos mayores sanos y GE compuesto por

pacientes con EP), no mostró mejoras significativas en el balance evaluado mediante la BBS. No obstante, esto podría deberse, según los autores, a la baja cantidad de sesiones y horas totales de RV aplicadas a los pacientes.

Por tanto, y después de haber revisado la literatura, se podría inferir que, independiente del dispositivo que se use para aplicar la RV, se pueden lograr cambios significativos en el balance.

6.2 Evaluaciones clínicas y de laboratorio para el balance

Una de las formas más usadas para evaluar el balance es mediante la BBS (ver anexo 9-2), que evalúa el balance en actividades funcionales de la vida diaria y está validada como una herramienta confiable (Muir, Berg, Chesworth y Speechley, 2008). En tanto, 8 de los estudios incluidos en esta revisión incluyeron a la BBS como un método para cuantificar los efectos que provocó cada intervención en los pacientes con EP. Al respecto, Feng et al. (2019), Shih et al. (2016) y Severiano et al. (2018) realizaron esta

medición pre y post intervención en un GE (RV) y GC, así como también lo realizaron Pazzaglia et al. (2020) y Santos et al. (2019), pero que, a diferencia de los estudios mencionados anteriormente, sí detallaron realizarlos en los periodos “ON” del medicamento según cada paciente. Contrario a esto, De Melo et al. (2020) evaluaron pre-intervención, y al día 7 y 30 de haber finalizado la intervención (periodo de seguimiento). De igual manera, Gandolfi et al. (2017) evaluaron pre-intervención, post intervención y luego de 1 mes de seguimiento y Yang et al. (2016) evaluaron pre-intervención, post intervención y luego de 2 semanas de seguimiento.

Solo Holmes et al. (2013) utilizaron pruebas de laboratorio, específicamente, plataforma de fuerza, para cuantificar el desplazamiento del CoP en diferentes condiciones; (1) ojos abiertos con los pies separados; (2) ojos abiertos con pies juntos; (3) ojos cerrados pies separados; y (4) ojos cerrados, pies juntos, durante 30 segundos para tres registros, que permitieron correlacionar sus resultados con los efectos sobre el balance en los pacientes con EP. Esta evaluación es considerada el “*Gold Standard*” para medir el control postural (Browne y O’Hare, 2001) y ha demostrado ser altamente

sensible para detectar tanto la inestabilidad postural, como los déficits en la integración sensorial de los pacientes con EP, en comparación con adultos sanos (Harro, Kelch, Hargis y DeWitt, 2018). Por lo tanto, es una herramienta clínicamente validada, que entrega información objetiva y cuantitativa del balance.

6.3 Efectos de una terapia con Realidad Virtual combinada con FES sobre el balance de pacientes con Enfermedad de Parkinson

No se encontraron estudios que evaluaran el balance en paciente con EP aplicando únicamente FES o en combinación con RV sin otro tipo de terapia, debido a que el único artículo que utilizó FES, Lee et al. (2015) fue excluido de esta revisión dado que aplicó tratamiento de neurodesarrollo, tanto para el GC (FES) como para el GE (FES y RV) lo que podría haber interferido en el análisis de los resultados sobre el real efecto de lo RV o FES sobre el balance.

Es decir, la evidencia científica sobre el efecto del FES en el balance de personas con EP de acuerdo con esta revisión de la literatura es insuficiente y por tanto no concluyente.

6.4 Limitaciones

Dentro de las limitaciones de esta revisión se encuentra el pequeño tamaño muestral de cada artículo. Asimismo, la falta de estudios que incluyeran terapia FES.

Se sugiere que para futuras revisiones se apliquen escalas de calidad a los artículos seleccionados.

6.5 Relevancia clínica

Esta revisión aporta información que contribuye a ampliar el conocimiento que se tiene de la RV como una herramienta terapéutica que tiene el potencial de generar efectos positivos en el balance, con la evidencia más actualizada sobre este tema y contribuye a futuras investigaciones para que incluyan y controlen cada vez más los parámetros y protocolos utilizados, como el ajuste de la demanda, la selección del terapeuta de los juegos utilizados según los aspectos que se quieran entrenar, la supervisión del terapeuta de la terapia, de modo que pueda establecer cuál de estos parámetros influye o no en los resultados. Adicionalmente, esta revisión expone la falta de evidencia del efecto que pudiese tener sobre el balance de personas con EP una terapia de FES, dando paso a que futuras investigaciones puedan llenar estos vacíos existentes hasta hoy en día de la importancia del FES en la rehabilitación de sujetos con EP.

7 CONCLUSIÓN

La RV, independiente del sistema utilizado, tiene el potencial de mejorar el balance de pacientes con EP y sería importante considerar los factores que pudiesen influir en los resultados, como el ajuste de la demanda, la estandarización de los juegos, la supervisión constante del terapeuta en la intervención.

En cuanto al efecto del FES por sí solo o combinado con RV sobre el balance de personas con EP, no existe evidencia suficiente y se hace necesario que futuras investigaciones aborden este tipo de terapia.

En lo que respecta a las evaluaciones para medir el balance, la más utilizada es la evaluación clínica, BBS.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón A., S., Sánchez O., B., Manzur V, H. & Torres E, J. (2020). Efectos de una terapia basada en estimulación eléctrica funcional de activación bimanual combinada con el entrenamiento de biofeedback electromiográfico en la función motora de la extremidad superior parética en sujetos secueledos de accidente cerebrovasc. *Revista chilena de neuro-psiquiatría*, 58 (2), s. 150–160. doi:10.4067/s0717-92272020000200150
- Bao, S. C., Khan, A., Song, R., & Kai-Yu Tong, R. (2020). Rewiring the Lesioned Brain: Electrical Stimulation for Post-Stroke Motor Restoration. *Journal of stroke*, 22(1), 47–63.
- Blauwendraat, C., Heilbron, K., Vallerga, C. L., Bandres-Ciga, S., von Coelln, R., Pihlstrøm, L., Simón-Sánchez, J., Schulte, C., Sharma, M., Krohn, L., Siitonen, A., Iwaki, H., Leonard, H., Noyce, A. J., Tan, M., Gibbs, J. R., Hernandez, D. G., Scholz, S. W., Jankovic, J., Shulman, L. M., ... International Parkinson's Disease Genomics Consortium (IPDGC) (2019). Parkinson's disease age at onset genome-wide association study: Defining heritability, genetic loci, and α -synuclein mechanisms. *Movement disorders : official journal of the Movement Disorder Society*, 34(6), 866–875.
- Bó, A. P., Azevedo-Coste, C., Geny, C., Poignet, P., & Fattal, C. (2014). On the use of fixed-intensity functional electrical stimulation for attenuating essential tremor. *Artificial organs*, 38(11), 984–991. <https://doi.org/10.1111/aor.12261>
- Browne, J. & O'Hare, N. (2001). *Review of the Different Methods for Assessing Standing Balance*. *Physiotherapy*. Physiotherapy. doi:10.1016/s0031-9406(05)60696-7
- Creaby, M. W., & Cole, M. H. (2018). Gait characteristics and falls in Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis.

Parkinsonism & related disorders, 57, 1–8.
<https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2018.07.008>

- De Melo Cerqueira, T. M., de Moura, J. A., de Lira, J. O., Leal, J. C., D'Amelio, M., & do Santos Mendes, F. A. (2020). Cognitive and motor effects of Kinect-based games training in people with and without Parkinson disease: A preliminary study. *Physiotherapy research international : the journal for researchers and clinicians in physical therapy*, 25(1), e1807. <https://doi.org/10.1002/pri.1807>
- 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. *The Cochrane database of systematic reviews*, 12(12), CD010760. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010760.pub2>
- Doná, F., Aquino, C. C., Gazzola, J. M., Borges, V., Silva, S. M., Ganança, F. F., Caovilla, H. H., & Ferraz, H. B. (2016). Changes in postural control in patients with Parkinson's disease: a posturographic study. *Physiotherapy*, 102(3), 272–279. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2015.08.009>
- Ellis, T., & Rochester, L. (2018). Mobilizing Parkinson's Disease: The Future of Exercise. *Journal of Parkinson's disease*, 8(s1), S95–S100. <https://doi.org/10.3233/JPD-181489>
- 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 : international medical journal of experimental and clinical research*, 25, 4186–4192. <https://doi.org/10.12659/MSM.916455>
- 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., Bloccari, L., Valè, N., Saltuari, L., Tinazzi, M., ... Smania, N. (2017). Virtual Reality Telerehabilitation for Postural Instability in Parkinson's Disease: A Multicenter, Single-Blind, Randomized,

Controlled Trial. *BioMed research international*, 2017, 7962826. <https://doi.org/10.1155/2017/7962826>

- Gatica-Rojas, V., & Méndez-Rebolledo, G. (2014). Virtual reality interface devices in the reorganization of neural networks in the brain of patients with neurological diseases. *Neural regeneration research*, 9(8), 888–896. <https://doi.org/10.4103/1673-5374.131612>
- Gazerani P. (2019). Probiotics for Parkinson's Disease. *International journal of molecular sciences*, 20(17), 4121. <https://doi.org/10.3390/ijms20174121>
- Harro, C. C., Kelch, A., Hargis, C., & DeWitt, A. (2018). Comparing Balance Performance on Force Platform Measures in Individuals with Parkinson's Disease and Healthy Adults. *Parkinson's disease*, 2018, 6142579. <https://doi.org/10.1155/2018/6142579>
- Harro, C. C., & Garascia, C. (2019). Reliability and Validity of Computerized Force Platform Measures of Balance Function in Healthy Older Adults. *Journal of geriatric physical therapy (2001)*, 42(3), E57–E66. <https://doi.org/10.1519/JPT.000000000000175>
- Holmes, J., Gu, M., Johnson, A., & Jenkins, M. (2013, agosto). The Effects of a Home-Based Virtual Reality Rehabilitation Program on Balance Among Individuals with Parkinson's Disease. *Physical & Occupational Therapy in Geriatrics* [en línea], N° 31(3). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/262800866_The_Effects_of_a_HomeBased_Virtual_Reality_Rehabilitation_Program_on_Balance_Among_Individuals_with_Parkinson's_Disease
- Lee, N. Y., Lee, D. K., & Song, H. S. (2015). Effect of virtual reality dance exercise on the balance, activities of daily living, and depressive disorder status of Parkinson's disease patients. *Journal of physical therapy science*, 27(1), 145–147. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.145>
- Lloréns, R., Noé, E., Colomer, C., & Alcañiz, M. (2015). Effectiveness, usability, and cost-benefit of a virtual reality-based telerehabilitation program for balance recovery after stroke: a

randomized controlled trial. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 96(3), 418–425.e2.
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2014.10.019>

- Marchetti, B., Tirolo, C., L'Episcopo, F., Caniglia, S., Testa, N., Smith, J. A., Pluchino, S., & Serapide, M. F. (2020). Parkinson's disease, aging and adult neurogenesis: Wnt/ β -catenin signalling as the key to unlock the mystery of endogenous brain repair. *Aging cell*, 19(3), e13101. <https://doi.org/10.1111/acer.13101>
- Marinelli, L., Quartarone, A., Hallett, M., Frazzitta, G., & Ghilardi, M. F. (2017). The many facets of motor learning and their relevance for Parkinson's disease. *Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 128(7), 1127–1141. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2017.03.042>
- McCaughey, E. J., Butler, J. E., McBain, R. A., Boswell-Ruys, C. L., Hudson, A. L., Gandevia, S. C., & Lee, B. B. (2019). Abdominal Functional Electrical Stimulation to Augment Respiratory Function in Spinal Cord Injury. *Topics in spinal cord injury rehabilitation*, 25(2), 105–111. <https://doi.org/10.1310/sci2502-105>
- Muir, S. W., Berg, K., Chesworth, B., & Speechley, M. (2008). Use of the Berg Balance Scale for predicting multiple falls in community-dwelling elderly people: a prospective study. *Physical therapy*, 88(4), 449–459. <https://doi.org/10.2522/ptj.20070251>
- Mujika, I., & Padilla, S. (2000). Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part II: Long term insufficient training stimulus. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 30(3), 145–154. <https://doi.org/10.2165/00007256-200030030-00001>
- Oguh, O., Eisenstein, A., Kwasny, M., & Simuni, T. (2014). Back to the basics: regular exercise matters in parkinson's disease: results from the National Parkinson Foundation QII registry study. *Parkinsonism & related disorders*, 20(11), 1221–1225. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2014.09.008>

- 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>
- Peretti, A., Amenta, F., Tayebati, S. K., Nittari, G., & Mahdi, S. S. (2017). Telerehabilitation: Review of the State-of-the-Art and Areas of Application. *JMIR rehabilitation and assistive technologies*, *4*(2), e7.
- Santos, P., Machado, T., Santos, L., Ribeiro, N., & Melo, A. (2019). Efficacy of the Nintendo Wii combination with Conventional Exercises in the rehabilitation of individuals with Parkinson's disease: A randomized clinical trial. *NeuroRehabilitation*, *45*(2), 255–263. <https://doi.org/10.3233/NRE-192771>
- Scally, J. B., Baker, J. S., Rankin, J., Renfrew, L., & Sculthorpe, N. (2020). Evaluating functional electrical stimulation (FES) cycling on cardiovascular, musculoskeletal and functional outcomes in adults with multiple sclerosis and mobility impairment: A systematic review. *Multiple sclerosis and related disorders*, *37*, 101485. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2019.101485>
- Severiano, M., Zeigelboim, B. S., Teive, H., Santos, G., & Fonseca, V. R. (2018). Effect of virtual reality in Parkinson's disease: a prospective observational study. *Arquivos de neuro-psiquiatria*, *76*(2), 78–84. <https://doi.org/10.1590/0004-282X20170195>
- Shih, M. C., Wang, R. Y., Cheng, S. J., & Yang, Y. R. (2016). Effects of a balance-based exergaming intervention using the Kinect sensor on posture stability in individuals with Parkinson's disease: a single-blinded randomized controlled trial. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, *13*(1), 78. <https://doi.org/10.1186/s12984-016-0185-y>
- Sibley, K. M., Beauchamp, M. K., Van Ooteghem, K., Paterson, M., & Wittmeier, K. D. (2017). Components of Standing Postural Control Evaluated in Pediatric Balance Measures: A Scoping Review. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, *98*(10), 2066–













2078.e4. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.02.032>

- Snider, L., Majnemer, A., & Darsaklis, V. (2010). Virtual reality as a therapeutic modality for children with cerebral palsy. *Developmental neurorehabilitation*, *13*(2), 120–128. <https://doi.org/10.3109/17518420903357753>
- Venugopalan, L., Taylor, P. N., Cobb, J. E., & Swain, I. D. (2015). Upper limb functional electrical stimulation devices and their man-machine interfaces. *Journal of medical engineering & technology*, *39*(8), 471–479. <https://doi.org/10.3109/03091902.2015.1102344>
- 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 = Taiwan yi zhi*, *115*(9), 734–743. <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2015.07.012>

9 ANEXOS

Anexo 9-1: Tabla 2, resumen de efectos de RV sobre el balance, de acuerdo con supervisión y selección de juego por medio del tratante.

Autor	Grupos	Supervisión de tratante	Juego seleccionado por tratante	Resultados
De Melo et al. (2020)	Grupo control (n=8)	✓	✓	✗
	Grupo experimental (n=8)			
Feng et al. (2019)	Grupo control (n=14)	✓	✓	✓
	Grupo experimental (n=14)			
Gandolfi et al. (2017)	Grupo control (n=38)	✓	✓	✓
	Grupo experimental (n=38)			
Holmes et al. (2013)	Grupo único (n=15)	✗	✗	✗
Pazzaglia et al. (2020)	Grupo control (n=26)	✓	✓	✓
	Grupo experimental (n=25)			

Santos et al. (2019)	Grupo RV (n=15)			
	Grupo TC (n=15)			
	Grupo RV+TC (n=15)			
Severiano et al. (2018)	Grupo único (n=16)			
Shih et al. (2016)	Grupo control (n=11)			
	Grupo experimental (n=11)			
Yang et al. (2016)	Grupo control (n=12)			
	Grupo experimental (n=11)			

Anexo 9-2: Escala de Equilibrio de Berg

1.- En sedestación, levantarse.

Instrucciones: “Por favor, póngase de pie. No use las manos para apoyarse”

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

- 0 Necesita ayuda moderada a máxima para levantarse
- 1 Necesita ayuda mínima para levantarse o estabilizarse
- 2 Capaz de levantarse usando las manos tras varios intentos
- 3 Capaz de levantarse con independencia usando las manos
- 4 Capaz de levantarse sin usar las manos y de estabilizarse sin ayuda

2.- Bipedestación sin apoyo.

Instrucciones: “Por favor, permanezca de pie 2 minutos sin cogerse a nada”

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

- 0 Incapaz de permanecer de pie 30 segundos sin ayuda
- 1 Necesita varios intentos para mantenerse 30 segundos sin apoyarse
- 2 Capaz de mantenerse 30 segundos sin apoyarse
- 3 Capaz de mantenerse de pie 2 minutos con supervisión
- 4 Capaz de mantenerse de pie con seguridad durante 2 minutos

Si la persona puede estar de pie durante 2 minutos con seguridad, anota todos los puntos por sentarse sin apoyo (item 3). Pase al ítem 4.

3.- Sentarse sin apoyar la espalda con los pies en el suelo o en un escabel

Instrucciones: “Siéntese con los brazos cruzados sobre el pecho durante 2 minutos”

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

- Incapaz de sentarse sin apoyo durante 10 segundos.
- 1 Capaz de sentarse 10 segundos.
- 2 Capaz de sentarse 30 segundos.
- 3 Capaz de sentarse 2 minutos con supervisión.
- Capaz de sentarse con seguridad durante 2 minutos.

4.- En bipedestación, sentarse.

Instrucciones: “Por favor, siéntese”

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

- 0 Necesita ayuda para sentarse
- 1 Se sienta sin ayuda pero el descenso es incontrolado
- 2 Usa el dorso de las piernas contra la silla para controlar el descenso
- 3 Controla el descenso usando las manos
- 4 Se sienta con seguridad y un uso mínimo de las manos

5.- Transferencias

Instrucciones: “Por favor, pase de una a otra silla y vuelva a la primera” (La persona pasa a una silla con brazos y luego a otra sin ellos). Las sillas se disponen para pivotar en la transferencia.

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

- 0 Necesita dos personas para ayudar o supervisar
- 1 Necesita una persona para ayudar
- 2 Capaz de practicar la transferencia con claves verbales y/o supervisión
- 3 Capaz de practicar la transferencia con seguridad usando las manos
- 4 Capaz de practicar la transferencia con seguridad usando mínimamente las manos

6.- Bipedestación sin apoyo y con los ojos cerrados.

Instrucciones: “Cierre los ojos y permanezca de pie parado durante 10 segundos”

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

- 0 Necesita ayuda para no caerse
- 1 Incapaz de cerrar los ojos 3 segundos pero se mantiene estable
- 2 Capaz de permanecer de pie 3 segundos
- 3 Capaz de permanecer de pie 10 segundos con supervisión
- 4 Capaz de permanecer de pie 10 segundos con seguridad

7.- Bipedestación sin apoyo con los pies juntos

Instrucciones: “Junte los pies y permanezca de pie sin apoyarse en nada”

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

- 0 Necesita ayuda para mantener el equilibrio y no aguanta 15 segundos
- 1 Necesita ayuda para mantener el equilibrio, pero aguanta 15 segundos con los pies juntos.
- 2 Capaz de juntar los pies sin ayuda, pero incapaz de aguantar 30 segundos

() 3 Capaz de juntar los pies sin ayuda y permanecer de pie 1 minuto con supervisión

() 4 Capaz de juntar los pies sin ayuda y permanecer de pie 1 minuto con seguridad

Los ítems siguientes deben practicarse de pie sin apoyo alguno

8.- Estirarse hacia adelante con el brazo extendido

Instrucciones: “Levante el brazo hasta 90°. Extienda los dedos y estírese hacia delante todo lo posible”. (El examinador sitúa una regla al final de las yemas de los dedos cuando el brazo adopta un ángulo de 90°. Los dedos no deben tocar la regla mientras el practicante se estira. La medida registrada es la distancia que alcanzan los dedos en sentido anterior mientras la persona se inclina hacia delante.)

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

() 0 Necesita ayuda para no caerse

() 1 Se estira hacia delante pero necesita supervisión

() 2 Puede estirarse hacia delante más de 5 cm con seguridad

() 3 Puede estirarse hacia delante más de 12,7 cm con seguridad

() 4 Puede estirarse hacia delante con confianza más de 25 cm

9.- Coger un objeto del suelo en bipedestación

Instrucciones: “Por favor, recoja el zapato/zapatilla situada delante de sus pies”

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

() 0 Incapaz de intentarlo/necesita ayuda para no perder el equilibrio o caerse

() 1 Incapaz de recoger la zapatilla y necesita supervisión mientras lo intenta

() 2 Incapaz de recoger la zapatilla, pero se acerca a 2,5 - 5 cm y mantiene el equilibrio sin ayuda.

() 3 Capaz de recoger la zapatilla pero con supervisión

() 4 Capaz de recoger la zapatilla con seguridad y facilidad.

10.- En bipedestación, girar la cabeza hacia atrás sobre los hombros derecho e izquierdo.

Instrucciones: “Gire el tronco para mirar directamente sobre el hombro izquierdo. Ahora pruebe a mirar por encima del hombro derecho”

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

() 0 Necesita ayuda para no caerse.

() 1 Necesita supervisión en los giros

- 2 Gira solo de lado, pero mantiene el equilibrio
- 3 Mira solo hacia atrás por un lado; el otro lado muestra un desplazamiento menor del peso
- 4 Mira hacia atrás por ambos lados y practica un buen desplazamiento del peso

11.- Giro de 360°

Instrucciones: “De una vuelta completa en círculo. Haga una pausa y luego trace el círculo de vuelta en la otra dirección”

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

- 0 Necesita ayuda mientras gira
- 1 Necesita estrecha supervisión u órdenes verbales
- 2 Capaz de girar 360° con seguridad pero con lentitud
- 3 Capaz de girar 360° con seguridad solo por un lado menos de 4 segundos
- 4 Capaz de girar 360° con seguridad en menos de 4 segundos por ambos lados

12.- Subir alternativamente un pie sobre un escalón o escabel en bipedestación sin apoyo.

Instrucciones: “Coloque primero un pie y luego el otro sobre un escalón (escabel). Continúe hasta haber subido ambos pies cuatro veces”. (Recomendamos el uso de un escalón de 15 cm.)

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

- 0 Necesita ayuda para no caer/incapaz de intentarlo
- 1 Capaz de completar menos de dos pasos; necesita ayuda mínima
- 2 Capaz de completar cuatro pasos sin ayuda pero con supervisión
- 3 Capaz de estar de pie sin ayuda y completar los ocho pasos en más de 20 segundos.
- 4 Capaz de estar de pie sin ayuda y con seguridad y completar los ocho pasos en menos de 20 segundos.

13.- Bipedestación sin apoyo con un pie adelantado.

Instrucciones: “Ponga un pie justo delante del otro. Si le parece que no puede ponerlo justo delante, trate de avanzar lo suficiente el pie para que el talón quede por delante de los dedos del pie atrasado”. (Haga una demostración)

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

- 0 Pierde el equilibrio mientras da el paso o está de pie.
- 1 Necesita ayuda para dar el paso, pero aguanta 15 segundos

- 2 Capaz de dar un pasito sin ayuda y aguantar 30 segundos
- 3 Capaz de poner un pie delante del otro sin ayuda y aguantar 30 segundos
- 4 Capaz de colocar los pies en tándem sin ayuda y aguantar 30 segundos

14.- Monopedestación

Instrucciones: “Permanezca de pie sobre una sola pierna todo lo que pueda sin apoyarse en nada”

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

- 0 Incapaz de intentarlo o necesita ayuda para no caerse
- 1 Intenta levantar la pierna; es incapaz de aguantar 3 segundos, pero se mantiene de pie sin ayuda
- 2 Capaz de levantar la pierna sin ayuda y aguantar 3 segundos
- 3 Capaz de levantar la pierna sin ayuda y aguantar 5 a 10 segundos
- 4 Capaz de levantar la pierna sin ayuda y aguantar más de 10 segundos.

Puntaje total / 56