

## Aplicación de un programa de ejercicio físico coordinativo a través del sistema MOTomed® en personas mayores diagnosticadas de Enfermedad de Parkinson moderado-severo. Estudio de casos

### Application of a physical exercise coordinating program by MOTomed® system in older adults diagnosed with moderate-severe Parkinson's disease. Case Reports

Irimia Mollinedo Cardalda, Karina Pitombeira Pereira Pedro, Adriana López Rodríguez, José María Cancela Carral  
HealthyFit Research Group, Universidad de Vigo (España)

**Resumen.** Introducción: La Enfermedad de Parkinson provoca trastornos motrices que conllevan a la independencia funcional del paciente. El ejercicio físico es una alternativa de tratamiento que genera efectos positivos en la condición física de los pacientes. *Objetivo:* Determinar los efectos de un programa de ejercicio físico coordinativo desarrollado a través del sistema MOTomed Viva 2 Parkinson sobre la fuerza de miembros inferiores y equilibrio, en personas diagnosticadas de Enfermedad de Parkinson de grado moderado a severo. *Método:* Se realizó un estudio de casos en cuatro sujetos diagnosticados de Enfermedad de Parkinson. Se les aplicó un programa de ejercicio físico coordinativo de dos sesiones semanales de 21 minutos durante siete semanas. Se evaluó la fuerza de miembros inferiores (30 Seconds Chair Stand Test) y el equilibrio (Timed Up and Go test, 8 Foot Up and Go test). *Resultados:* El equilibrio dinámico presentó mejoras para tres de los cuatro pacientes. La fuerza de miembros inferiores mostró un comportamiento dispar, observándose mejoras en un paciente, empeoramiento en otro, dos mantuvieron los niveles de fuerza. *Conclusión:* El programa de ejercicio físico coordinado (MOTomed Viva 2 Parkinson) se presenta como una herramienta útil de tratamiento para la población diagnosticada de Enfermedad de Parkinson de grado moderado a severo.

**Palabras clave:** Enfermedades neurodegenerativas; Actividad física; Ancianos; Fuerza; Equilibrio.

**Abstract.** *Background:* Parkinson's disease causes motor disorders that lead to patients' functional dependence. Physical exercise is an alternative treatment that generates positive effects on patients' physical condition. *Objective:* To determine the effects of a physical exercise program developed through MOTomed Viva 2 Parkinson system on lower limb strength and balance in people diagnosed with moderate to severe degree of Parkinson's disease. *Method:* A case study was conducted on four subjects diagnosed with Parkinson's disease. They were treated with a 21-minute session of coordination exercises twice a week for seven weeks. Strength of lower limbs (30 Seconds Chair Stand Test) and balance (Timed Up and Go Test, 8 Foot Up and Go Test) were evaluated. *Results:* Dynamic balance showed improvements for three of the four patients. Strength of lower limbs showed mixed behavior, with observed improvements in one patient, worsening in another, and maintained levels in the remaining two. *Conclusion:* The coordinated physical exercise program (MOTomed Viva 2 Parkinson) is presented as a useful treatment tool for people with moderate to severe Parkinson's disease.

**Keywords:** Neurodegenerative Disorders; Physical Activity; Older adults; Strength; Balance.

### Introducción

La Enfermedad de Parkinson (EP) es una patología neurodegenerativa crónica la cual daña al sistema nervioso central y evoluciona lentamente. El resultado, es un empeoramiento precoz, avanzado y variable de las neuronas de la sustancia negra. Esta enfermedad neurológica provoca trastornos fundamentalmente motrices (Shastri, 2001; Jellinger, 2015). Los puntos cardinales de la EP son la bradicinesia, la rigidez, el temblor y las alteraciones de la marcha, que dan lugar a una pérdida de la independencia funcional del paciente (Morris, Iansek, Matyas & Summers, 1994; Suchowersky, Gronseth, Perlmutter, Reich, Zesiewicz & Weiner, 2006).

La EP se clasifica en estadios mediante la escala Hoehn y Yahr (1967) según el grado de afectación de los pacientes. Esta escala consta de seis estadios (0 - 5), siendo cero la ausencia de sintomatología y V la invalidez total. Cada estadio se caracteriza por la presencia de los siguientes síntomas y signos: Estadio uno: signos y síntomas unilaterales ligeros y desagradables pero no incapacitantes, generalmente hay presencia de temblor en alguna extremidad y las personas

próximas a los pacientes perciben alteraciones en la postura, la expresión facial y la marcha; Estadio dos: síntomas bilaterales con presencia de discapacidad mínima y la marcha y la postura están perjudicadas; Estadio tres: evidente enlentecimiento de los movimientos corporales, dificultad para mantener el equilibrio tanto de pie como al andar y disfunción generalizada moderadamente severa; Estadio cuatro: síntomas severos aunque todavía puede deambular cierto recorrido limitado, presencia de rigidez y bradicinesia; no puede vivir solo, aunque el temblor puede ser menor que en los estadios previos; y Estadio cinco: caquético, invalidez total e incapacidad para caminar o permanecer de pie.

Cabe destacar que a esta escala en 1990 se le adicionaron los estadios uno punto cinco, dos punto cinco y tres punto cinco. (Goetz, et al., 2004), para que la clasificación de la gravedad fuera más exacta.

Los pilares del tratamiento de la EP introducen la terapia farmacológica (levodopa, el cual es el fármaco por excelencia) y las técnicas quirúrgicas (estimulación cerebral profunda, DBS). Aunque, estos tratamientos no mitigan los síntomas de la EP. Por lo que, desde hace mucho tiempo, se propuso el ejercicio físico como alternativa de bajo coste, y sin efectos adversos (dado que la terapia farmacológica puede producir a largo plazo efectos secundarios) (González, Santos, Galdames & Peña, 2016.), con el objetivo de aumentar las capacidades funcionales (Silva, Bernucci, Flores & Cárdenas, 2019). El ejercicio físico y la terapia mediante el ejercicio

para las personas con EP provocan efectos positivos en el desarrollo de las capacidades físicas condicionales, la marcha, el equilibrio, la coordinación y el estado de ánimo, mejorando así la calidad de vida de esta población (Crizzle & Newhouse, 2006; Rodrigues de Paula, Teixeira-Salmela, Coelho de Morais Faria, Rocha de Brito & Cardoso, 2006; Van Der Kolk & King, 2013; Cancela, Mollinedo, Ayán & de Oliveira, 2018; Mollinedo, Cancela & Vila, 2018).

La mayoría de las terapias por medio de movimiento que se proponen para el tratamiento de la EP son en pacientes con un grado de afectación de leve a moderado de la enfermedad (Estadio I – III de la escala Hoehn & Yahr, 1967), debido a la dificultad de implantar programas de ejercicio físico terapéutico en estadios de moderado a severo (Cancela, et al., 2018; Mollinedo, et al., 2018). Esto es debido, a que el equilibrio es una de las capacidades físicas condicionales que más se deteriora a lo largo de la EP, provocando un mayor riesgo de caídas (Matinoli, Korpelainen, Sotaniemi, Matinoli & Myllyla, 2009). Es por ello, necesario la implantación de programas de ejercicio físico que permitan fortalecer y movilizar miembros inferiores, sin riesgo de caídas.

El sistema MOTomed® permite realizar ejercicio físico tanto de miembros superiores como inferiores en posición sedente. Es un complemento para las terapias de movimiento que se puede realizar tanto en las instalaciones médicas como en el hogar, desarrollándose el ejercicio de diferentes modos: pasivo, activo y resistido. Los usuarios ejecutan movimientos similares a los realizados en bicicleta. Este sistema se ha utilizado clínicamente en terapias para pacientes con enfermedades neurológicas. La terapia de movimiento MOTomed® brinda a los pacientes retroalimentación visual durante diferentes períodos de entrenamiento. Este modo de ejercicio es una alternativa, para realizar ejercicio sin riesgo de caídas, permitiendo un movimiento seguro de las extremidades inferiores, incluso en pacientes con movilidad y coordinación muy limitadas, permite realizar ejercicio físico de manera efectiva e independiente (Gao, Xu, Huang & Xiao, 2013).

En la actualidad MOTomed®, ha creado un dispositivo específico para pacientes con EP, el MOTomed Viva 2 Parkinson (figura 1) que permite evaluar la rigidez y asimetrías del paciente adaptándose a los espasmos que se producen durante el movimiento (Peacock, Sanders, Wilson, Fickes-Ryan, Cobertt, Von-Carlowitz & Ridgel, 2014; Ridgel, Fickes-Ryan & Wilson, 2013; Ridgel, Muller, Kim, Fickes & Mera, 2011; Ridgel, Peacock, Fickes & Kim, 2012)



Figura 1. MOTomed VIVA 2 Parkinson

Las intervenciones de ciclismo forzado (a alta revolución) han mostrado mejoría de los síntomas motores y no motores en individuos con EP (Alberts, Linder, Penko, Lowe

& Phillips, 2011; Ridgel, Vitek & Alberts, 2009). Durante el ejercicio forzado, los individuos participan activamente a través de la revolución, lo que conduce a mejoras potenciales en el sistema locomotor debido a la alteración del funcionamiento del sistema nervioso central (Ridgel, et al., 2009).

El mecanismo clave de las intervenciones de ciclismo forzado es la alta cadencia (Ridgel, Phillips, Walter, Discenzo & Loparo, 2015), una cadencia de 80 rpm puede producir resultado neuroprotector y mejorador de la función motora (Alberts, et al., 2011).

Es por ello, que el objetivo de este estudio fue comprobar la adherencia y los efectos sobre la fuerza de miembros inferiores y el equilibrio, de un programa de terapia de movimiento coordinativo por medio del MOTomed Viva 2 Parkinson en personas diagnosticadas de EP de moderada a severa.

## Material y métodos

### Participantes

Se captaron pacientes de ambos sexos diagnosticados de EP integrados a la «Asociación de Parkinson de la Provincia de Pontevedra», que cumpliera los siguientes criterios de selección: estar diagnosticado de EP con estadio igual o superior a tres punto cinco en la escala Hoehn and Yahr; y que no presentara ninguna patología incompatible con la práctica de ejercicio físico.

En este estudio de casos se han seguido las normas éticas señaladas por la Declaración de Helsinki, y todos los participantes fueron informados de las características del estudio por el investigador principal y dieron su consentimiento por escrito antes de participar en el estudio.

Un total de cuatro sujetos cumplieron los criterios de selección siendo dos mujeres y dos hombres, a los cuales se le aplicó un programa de terapia de movimiento por medio del MOTomed Viva 2 Parkinson. En la tabla 1, se pueden observar las características demográficas de cada uno de los sujetos.

Tabla 1.  
Características demográficas de los cuatro pacientes objeto de estudio

	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4
Edad (Años)	84	72.00	81.00	83.00
Sexo	Hombre	Hombre	Mujer	Mujer
Talla (cm)	166.20	167.10	170.20	149.20
Peso (Kg)	84.20	78.70	78.30	83.30
IMC (Kg/cm <sup>2</sup> )	30.48	28.19	26.99	37.42
Estadio H&Y	4	3.5	3.5	3.5
MDS UPDRS				
MDS UPDRS III	61.00	46.00	50.00	43.00
MDS UPDRS Total	104.00	85.00	81.00	101.00

\*Estadio H&Y, Estadio Hoehn & Yahr; IMC, índice de masa corporal; MDS UPDRS, escala unificada de la enfermedad de Parkinson de la sociedad de trastornos del movimiento.

### Instrumentos

Los participantes fueron evaluados por un miembro del equipo de investigación (fisioterapeuta), una semana antes del inicio del programa (semana #cero), y una semana después de finalizada la intervención (semana #ocho). Los instrumentos de valoración que se utilizaron fueron los siguientes:

La altura (cm) y el peso (kg) de los participantes se midieron descalzos y con ropa ligera. El índice de masa corporal (IMC) se calculó utilizando la siguiente fórmula: peso / talla<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>). La evaluación del peso se llevó a cabo mediante

bascula electrónica modelo Tanita TBF300 de una precisión de .1 kg. La estatura se evaluó mediante un estadiómetro modelo Handac de 1.0 mm de precisión (Aristizábal, Restrepo & Estrada, 2007).

La sintomatología de la enfermedad fue evaluada por medio de Escala Unificada de la Enfermedad de Parkinson de la Sociedad de Trastornos del Movimiento (MDS-UPDRS), que va desde cero a 200, indicando los valores más altos un mayor impacto de los síntomas de la EP. Esta escala se divide en cuatro partes: Aspectos no motores de experiencias de la vida diaria (13 ítems), aspectos motores de la vida diaria (13 ítems), examen motor (18 ítems) y complicaciones motoras (6 ítems). Cada una de los ítems se valora de 0 a 4, siendo cero la normalidad y cuatro la mayor severidad (Martínez-Martin et al., 2013). La MDS-UPDRS solo se utilizó para la descripción inicial de la muestra.

La fuerza de miembros inferiores se evaluó mediante el 30-Seconds Chair Stand Test (30SCST), perteneciente a la batería Senior Fitness Test (SFT) creada por Rikli y Jones (2001) que valora la condición física en personas mayores, y ha sido validada en personas con EP por Cancela, Ayán, Gutiérrez-Santiago, Prieto y Varela (2012). El 30SCST consiste en sentarse y levantarse de una silla con los brazos en cruz sobre el pecho, durante 30 segundos, el mayor número de veces que sea posible.

El equilibrio dinámico se evaluó por medio de dos pruebas el 8 Foot Up and Go (8FUG) y el Timed Up and Go (TUG).

El 8FUG forma parte de la batería SFT (Rikli & Jones, 2001) donde el participante tiene que levantarse de una silla sin reposabrazos, recorrer una distancia de dos coma cuarenta y cuatro metros hacia un cono, dar la vuelta en dicho cono y volver a la posición inicial y sentarse en el menor tiempo posible.

El TUG, se realiza de la misma forma que el 8FUG, con la diferencia de que la silla presenta reposabrazos y la distancia al cono es de tres metros. Además, el TUG se realizó través de los sensores científicos Wiva®, dispositivos inalámbricos de detección inercial establecidos entre las vértebras L4-L5. Wiva® es un dispositivo que incluye un acelerómetro, un magnetómetro y un giroscopio que permiten a los profesionales registrar información sobre las velocidades angulares alcanzadas durante el TUG test. Además, Wiva® proporciona datos sobre los tiempos parciales obtenidos en las fases principales del TUG, y el tiempo total que se necesita para acabar la tarea. Toda esta información fue grabada y enviada a un ordenador vía Bluetooth con Biomech Study 2011 v. 1.1 (Cancela, Pallin, Orbegozo, & Ayán, 2017)

### Intervención

Para realizar la intervención se utilizó el Sistema MOTomed viva 2 Parkinson dispositivo de terapia de movimiento creado por RECK Company. El MOTomed® puede explicarse como una bicicleta ergométrica modificada, con mecanismos de accionamiento motorizados mediante el cual incluso los pacientes no ambulantes o discapacitados pueden mover sus piernas de forma repetitiva, asistida o forzada, mientras está sentado en su silla de ruedas o en una silla común (Kamps & Schule, 2005).

Fue seleccionado el programa de coordinación, ya existente en el dispositivo de entrenamiento y se desarrolló dos



Figura 2. Pantalla programa de coordinación de Motomed Viva2

veces por semana, dejando siempre entre ambas, como mínimo, dos días de descanso. La duración del programa fue de trece sesiones (un total de siete semanas), siendo cada sesión de 21 minutos. El programa de coordinación constó de doce fases, de las cuales seis eran de trabajo activo y seis de trabajo pasivo. Las fases pasivas fueron la uno (1 min; 40 rpm), dos (1 min; 70 rpm), tres (2 min; 90 rpm), nueve (1 min; 70 rpm), once (2 min; 75 rpm) y doce (1 min; 50 rpm). Las fases activas fueron la cuatro (4 min; marcha 5), cinco (1 min; marcha 5), seis (1 min; marcha 5), siete (1 min; marcha 5), ocho (1 min; marcha 5) y diez (5 min; marcha 5). En la figura 2, se puede observar la interfaz del MOTomed viva 2 Parkinson con el programa de coordinación.

### Procedimiento

Los cuatro sujetos participaron en un programa de ejercicio coordinativo por medio del aparato MOTomed viva 2 Parkinson, de dos sesiones semanales de 21 minutos durante siete semanas.

Se llevó a cabo la valoración del equilibrio dinámico y la fuerza de miembros inferiores a través de los tests TUG, 8FUT y 30SCST, en dos momentos: una semana antes de iniciar la intervención (pre-intervención), y una semana después terminar la intervención (post-intervención). Las valoraciones fueron llevadas a cabo por un fisioterapeuta ajeno a la intervención.

Los datos fueron codificados y volcados al sistema estadístico SPSS v21 para Windows para ser analizados.

### Análisis estadístico

Se llevó a cabo un análisis descriptivo e individualizado de las principales variables que definen las características de la enfermedad en los pacientes objeto de estudio.

Posteriormente, se procedió a realizar un estudio comparativo de las variables de fuerza del tren inferior y equilibrio dinámico por paciente, teniendo en cuenta el momento inicial y el momento final. Se estableció el porcentaje de mejora de cada uno de los parámetros por paciente. Se empleó el paquete estadístico IBM SPSS Statistics para MAC, versión 25.0 (Armonk, NY: IBM Corp), para llevar a cabo los diferentes análisis.

### Resultados

Todos los participantes realizaron las trece sesiones programadas de ejercicio coordinativo en MOTomed viva 2 Parkinson, por lo tanto, estableciendo una adherencia y participación del 100%. Además, no se han registrado efectos adversos por lo que la tasa de seguridad y tolerabilidad tam-

bién ha sido del 100%.

En la tabla 2, se muestran los resultados obtenidos pre y pos intervención de cada uno de los sujetos en cuanto al equilibrio dinámico y a la fuerza de miembros inferiores. En la prueba 30SCST, que evalúa la fuerza de miembros inferiores, tras trece semanas de intervención se han mostrado un porcentaje de mejora del 40% para la paciente cuatro, y los hombres (paciente uno y dos) se han mantenido en el mismo valor, mientras que la paciente tres ha sufrido un empeoramiento del 10%. En cuanto al equilibrio dinámico se han presentado mejoras para los pacientes dos, tres, y cuatro en el 8FUG (5.54%, 13.77% y 32.85% respectivamente) y en el TUG (3.80%, 0.66% y 39.15%, respectivamente), mientras que el paciente uno mostró un empeoramiento del 3.90% en el 8FUG y del 5.69% en el TUG.

Tabla 2.  
Efecto del programa coordinación sobre el equilibrio dinámico

		Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4
<b>Fuerza tren Inferior</b>					
	30SCST (n)				
	Pre	7.00	10.00	11.00	3.00
	Post	7.00	10.00	10.00	5.00
	% Mejora	.00%	.00%	-10%	40%
<b>Equilibrio Dinámico</b>					
	8FUG (s)				
	Pre	13.04	9.91	11.71	25.63
	Post	13.57	9.36	13.58	17.21
	% Mejora	-3.90%	5.54%	13.77%	32.85%
	TUG (s)				
	Pre	16.57	10.51	15.05	25.90
	Post	17.57	10.11	14.95	15.76
	% Mejora	-5.69%	3.80%	0.66%	39.15%

\*30SCST, 30 seconds chair stand test; 8FUG, 8 foot up and go; TUG, timed up and go.

## Discusión

El sistema MOTOMed Viva 2 Parkinson, es un sistema de movimiento fácil de utilizar, debido a su interfaz, y seguro, mostrando una tolerabilidad total en pacientes diagnosticados de EP de estadio de moderado a severo. Además, en este estudio ha habido una alta adherencia y participación mostrando efectos positivos sobre el equilibrio dinámico y la fuerza de miembros inferiores en esta patología neurodegenerativa.

En nuestro estudio se ha presentado una mejora de la fuerza de miembros inferiores para la paciente cuatro, mientras que para la paciente tres hubo un empeoramiento y para los dos hombres se han mantenido en los valores iniciales, estos resultados pueden ser considerados importantes, ya que en esta prueba se evalúa la fuerza y la resistencia de los miembros inferiores, y también mide la velocidad de la parte inferior del cuerpo, por esto es considerada un importante indicador de la efectividad de una intervención en personas con la EP ya que la debilidad muscular a menudo está presente en esos individuos y se asocia con una estabilidad postural reducida (Latt, Lord, Morris & Fung, 2009). Aunque dos pacientes no han presentado mejoras en relación a la valoración inicial, hay que considerar las características degenerativas de la EP.

En cuanto al equilibrio dinámico se han presentado mejoras en tres de los cuatro pacientes evaluados. Las mejoras fueron más expresivas en el 8FUG que en el TUG. Para estas diferencias hay que considerar que el TUG fue realizado con herramientas más tecnológicas y sufrió menor influencia del evaluador que el 8FUG. Las mejoras en el equilibrio dinámico pueden ser el resultado de un aumento en la eficiencia de dopamina, que puede reforzar las conexiones dentro del cerebro y, por lo tanto, conducir a mejoras en la movilidad

(Ouchi, et al., 2001). Este resultado es similar a un hallazgo anterior en el que tres sesiones de ciclismo dinámico mejoraron el tiempo de TUG en personas con EP estadios uno y dos (Ridgel, et al., 2015).

El paciente uno mostró un empeoramiento en el 8FUG y en el TUG y mantuvo los valores iniciales de la prueba 30SCST, lo que puede ser considerado positivo debido a la naturaleza progresiva y neurodegenerativa de la EP.

La evidencia sugiere que el ejercicio en MOTOMed® a velocidad forzada produce cambios en la conectividad funcional y la activación cerebral que son similares a los efectos de los medicamentos antiparkinsonianos. Estos cambios en la conectividad cerebral se observan en regiones responsables del control motor y la integración sensorial y ayudan a proporcionar cierta comprensión sobre los mecanismos responsables de las mejoras observadas en la función motora de las personas con EP, mejoras que son comparables a las observadas en el estado de medicación «ON» (Miner, Aron & DiSalvo, 2020).

A pesar de ser un estudio de casos este artículo se puede considerar relevante, debido a que no se han encontrado estudios que apliquen el sistema MOTOMed® o algún sistema de cicloergometro en personas diagnosticadas de EP con estadio igual o superior a tres con cinco (Miner, Aron & DiSalvo, 2020). Esto puede ser a causa de la dificultad que presenta realizar estudios con personas con estadios superiores a tres con cinco, debido a la afectación de la sintomatología motora, así como el desplazamiento diario a los centros de investigación y/lugar donde se realicen las investigaciones.

## Limitaciones del estudio

Este estudio presenta una serie de limitaciones sobre todo relacionadas con la metodología, puesto que el tamaño muestral y las variables evaluadas son escasas. Además se debió evaluar la sintomatología de la enfermedad a través de la MDS-UPDRS antes y después de la intervención, para comprobar si el programa de terapia física reportaba efectos sobre los síntomas de la enfermedad.

## Conclusiones

El sistema MOTOMed viva 2 Parkinson es una herramienta útil de rehabilitación para pacientes diagnosticados de EP en estadios avanzados, debido a la alta adherencia y tolerabilidad. Además, los resultados presentados muestran efectos moderadamente positivos sobre la fuerza y el equilibrio en relación a la utilización de la terapia de movimiento MOTOMed®. En futuras investigaciones el tamaño muestral debería ser mayor y realizar un estudio randomizado controlado.

## Agradecimientos

A la asociación de Parkinson de Pontevedra por su colaboración en este estudio.

## Referencias

Alberts, J. L., Linder, S. M., Penko, A. L., Lowe, M. J., & Phillips,

- M. (2011). It is not about the bike, it is about the pedaling: forced exercise and Parkinson's disease. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 39(4), 177-186.
- Aristizábal, J. C., Restrepo, M. T., & Estrada, A. (2007). Evaluación de la composición corporal de adultos sanos por antropometría e impedancia bioeléctrica. *Biomédica*, 27(2), 216-224.
- Cancela-Carral, J. M., Pallin, E., Orbegozo, A., & Ayán-Pérez, C. (2017). Effects of Three Different Chair-Based Exercise Programs on People Older Than 80 Years. *Rejuvenation research*, 20(5), 411-419.
- Cancela, J. M., Ayán, C., Gutiérrez-Santiago, A., Prieto, I., & Varela, S. (2012). The Senior Fitness Test as a functional measure in Parkinson's disease: A pilot study. *Parkinsonism & related disorders*, 18(2), 170-173.
- Cancela-Carral, J. M., Mollinedo-Cardalda, I., Ayán, C., & de Oliveira, I. M. (2018). Feasibility and efficacy of mat pilates on people with mild-to-moderate Parkinson's disease: A preliminary study. *Rejuvenation research*, 21(2), 109-116.
- Crizzle, A. M., & Newhouse, I. J. (2006). Is physical exercise beneficial for persons with Parkinson's disease?. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 16(5), 422-425.
- Gao, C.H., Xu, L.Y., Huang, J., & Xiao, F. (2013). Effect of MOTOMed intelligent training system on balance and lower limb motor function in stroke patients. *Chinese Journal of Rehabilitation Theory and Practice*, 19, 725-728.
- Goetz, C. G., Poewe, W., Rascol, O., Sampaio, C., Stebbins, G. T., Counsell, C., ... & Seidl, L. (2004). Movement Disorder Society Task Force report on the Hoehn and Yahr staging scale: status and recommendations the Movement Disorder Society Task Force on rating scales for Parkinson's disease. *Movement disorders*, 19(9), 1020-1028.
- González, M. M., Santos, P. C., Galdames, I. C. S., & Peña, R. D. (2016). Farmacogenética en la enfermedad de Parkinson: Influencia de polimorfismos genéticos sobre los efectos de la terapia dopaminérgica. *Archivos de medicina*, 12(3), 9.
- Hoehn, M. M., & Yahr, M. D. (1967). Parkinsonism onset, progression, and mortality. *Neurology*, 17(5), 427-427.
- Jellinger, K. A. (2015). How close are we to revealing the etiology of Parkinson's disease?. *Expert review of neurotherapeutics*, 15(10), 1105-1107.
- Kamps, A. & Schule, K. (2005). Zyklisches Bewegungstraining der unteren Extremitäten in der Schlaganfallrehabilitation. *Neurologie und rehabilitation*, 11(5), 259.
- Latt, M. D., Lord, S. R., Morris, J. G., & Fung, V. S. (2009). Clinical and physiological assessments for elucidating falls risk in Parkinson's disease. *Movement disorders: official journal of the Movement Disorder Society*, 24(9), 1280-1289.
- Martinez-Martin, P., Rodriguez-Blazquez, C., Alvarez-Sanchez, M., Arakaki, T., Bergareche-Yarza, A., Chade, A., ... & Goetz, C. (2013). Expanded and independent validation of the Movement Disorder Society–Unified Parkinson's disease rating scale (MDS-UPDRS). *Journal of neurology*, 260(1), 228-236.
- Matinoli, M., Korpelainen, J. T., Korpelainen, R., Sotaniemi, K. A., Matinoli, V. M., & Myllyla, V. V. (2009). Mobility and balance in Parkinson's disease: a populationbased study. *European Journal of Neurology*, 16(1), 105-111.
- Miner, D. G., Aron, A., & DiSalvo, E. (2020). Therapeutic effects of forced exercise cycling in individuals with Parkinson's disease. *Journal of the Neurological Sciences*, 116677.
- Mollinedo-Cardalda, I., Cancela-Carral, J. M., & Vila-Suárez, M. H. (2018). Effect of a Mat Pilates Program with TheraBand on Dynamic Balance in Patients with Parkinson's Disease: Feasibility Study and Randomized Controlled Trial. *Rejuvenation research*, 21(5), 423-430.
- Morris, M.E., Iansek, R., Matyas T.A., & Summers, J.J. (1994). The pathogenesis of gait hypokinesia in Parkinson's disease. *Brain* 117(5), 1169-1181.
- Ouchi, Y., Kanno, T., Okada, H., Yoshikawa, E., Futatsubashi, M., Nobezawa, S., ... & Tanaka, K. (2001). Changes in dopamine availability in the nigrostriatal and mesocortical dopaminergic systems by gait in Parkinson's disease. *Brain*, 124(4), 784-792.
- Peacock, C. A., Sanders, G. J., Wilson, K. A., Fickes-Ryan, E. J., Corbett, D. B., von-Carlowitz, K. P.A., & Ridgel, A. L. (2014). Introducing a multifaceted exercise intervention particular to older adults diagnosed with Parkinson's disease: a preliminary study. *Aging clinical and experimental research*, 26(4), 403-409.
- Ridgel, A. L., Fickes-Ryan, E. J., & Wilson, K. A. (2013). Effects of active-assisted cycling on motor function and balance in Parkinson's disease. *Journal of the Neurological Sciences*, 333, 91.
- Ridgel, A. L., Muller, M. D., Kim, C. H., Fickes, E. J., & Mera, T. O. (2011). Acute effects of passive leg cycling on upper extremity tremor and bradykinesia in Parkinson's disease. *The Physician and sportsmedicine*, 39(3), 83-93.
- Ridgel, A. L., Peacock, C. A., Fickes, E. J., & Kim, C. H. (2012). Active-assisted cycling improves tremor and bradykinesia in Parkinson's disease. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 93(11), 2049-2054.
- Ridgel, A. L., Phillips, R. S., Walter, B. L., Discenzo, F. M., & Loparo, K. A. (2015). Dynamic high-cadence cycling improves motor symptoms in Parkinson's disease. *Frontiers. In neurology*, 6, 194.
- Ridgel, A. L., Vitek, J. L., & Alberts, J. L. (2009). Forced, not voluntary, exercise improves motor function in Parkinson's disease patients. *Neurorehabilitation and neural repair*, 23(6), 600-608.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2001). *Senior fitness test. Champaign (IL): Human Kinetics*.
- Rodrigues de Paula, F., Teixeira Salmela, L. F., Coelho de Moraes Faria, C. D., Rocha de Brito, P., & Cardoso, F. (2006). Impact of an exercise program on physical, emotional, and social aspects of quality of life of individuals with Parkinson's disease. *Movement disorders: official journal of the Movement Disorder Society*, 21(8), 1073-1077.
- Shastry, B. S. (2001). Parkinson disease: etiology, pathogenesis and future of gene therapy. *Neuroscience research*, 41(1), 5-12.
- Silva, N. B. F., Bernucci, P. A., Flores, C. A., & Cárdenas, K. C. (2019). Efectos del entrenamiento sensoriomotor en balance, deambulacion y calidad de vida en personas con enfermedad de Parkinson. *Salud de los Trabajadores*, 27(1), 65-75.
- Suchowersky, O., Gronseth, G., Perlmutter, J., Reich, S., Zesiewicz, T., & Weiner, W.J. (2006). Practice Parameter: neuroprotective strategies and alternative therapies for Parkinson disease (an evidence-based review): report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology*, 66(7), 976-982.
- Van der Kolk, N. M., & King, L. A. (2013). Effects of exercise on mobility in people with Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 28(11), 1587-1596.