

# **EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA- VELOCIDAD SOBRE EL BDNF EN ADULTOS CON ENFERMEDAD DE PÁRKINSON**

**GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA  
Y EL DEPORTE**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD  
FÍSICA Y EL DEPORTE**



Realizado por: Andrés Ruiz Molina y Carlos Ojeda Van Geeteruyen

Grupo matriculado TFG: M42

Año Académico: 2023-2024

Tutor/a: Tamara Iturriaga

Área: Diseño de un estudio experimental

## **Resumen:**

**Introducción:** La enfermedad de Parkinson (EP) es una enfermedad neurodegenerativa compleja que impacta tanto en los sistemas motores como no motores, generando diversos síntomas que afectan considerablemente la calidad de vida de los pacientes. Su etiología implica una interacción compleja entre factores genéticos, ambientales y epigenéticos, lo que dificulta su diagnóstico y tratamiento. Actualmente, los tratamientos se enfocan en aliviar los síntomas, pero presentan limitaciones en términos de eficacia y efectos secundarios. Se ha observado que el ejercicio físico, especialmente el aeróbico y el de fuerza, puede mejorar los síntomas motores y proteger las neuronas dopaminérgicas, posiblemente debido al aumento de factores neurotróficos como el factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF). A pesar de estas evidencias, se necesitan más investigaciones para comprender completamente estos efectos y desarrollar intervenciones más específicas y efectivas para los pacientes con EP.

**Objetivo:** El objetivo principal de este estudio es investigar como el entrenamiento de fuerza-velocidad afecta a los niveles del BDNF en personas con EP.

**Metodología:** Pacientes seleccionados del hospital La Princesa fueron valorados y sometidos a dos intervenciones de ejercicio basado en fuerza-velocidad. Uno de ellos de alta intensidad y otro de baja intensidad. Con una duración de 16 semanas (4 semanas de familiarización y 12 de intervención) donde se medirá antes y después de la intervención, niveles de BDNF, variables funcionales y de calidad de vida. El protocolo consistirá en 2 entrenamientos de 50 minutos 2 días a la semana. Las sesiones constarán de 3 partes (calentamiento, parte principal y vuelta a la calma) entrenando con una intensidad de 65% RM y basando las repeticiones dependiendo de la pérdida de velocidad durante el ejercicio (10-15%) en los ejercicios principales y con un RPE entre 6-8 en los demás ejercicios con 12 repeticiones.

**Palabras clave:** Parkinson, neuroprotección, BDNF, fuerza-velocidad, calidad de vida, funcionalidad, protocolo de entrenamiento, entrenamiento de fuerza de alta intensidad, entrenamiento de fuerza de baja intensidad.

## Summary:

**Introduction:** Parkinson's disease (PD) is a complex neurodegenerative disease that affects both motor and non-motor systems, generating a wide range of symptoms that significantly diminish patients' quality of life over its progression. Its etiology involves a complex interplay of genetic, environmental, and epigenetic factors, complicating its diagnosis and treatment. Presently, treatments focus on alleviating symptoms, but limitations in efficacy and side effects are observed. However, it has been observed that physical exercise, especially aerobic and strength training, may have a positive impact on improving motor symptoms and protecting dopaminergic neurons. It is suggested that these effects may be related to increased neurotrophic factors, such as Brain Derived Neurotrophic Factor (BDNF). Despite these findings, further research is needed to better understand these effects and develop more specific and effective interventions for PD patients.

**Objective:** The main objective of this study is to investigate how strength-speed training affect BDNF levels in people with PD.

**Methodology:** Selected patients from La Princesa Hospital were assessed and subjected to two strength-speed-based exercise interventions, one of high intensity and the other of low intensity. This lasted for 16 weeks (4 weeks of familiarization and 12 weeks of intervention), during which BDNF levels, functional variables, and quality of life will be measured before and after the intervention. The protocol will consist of 2 training sessions of 50 minutes each, 2 days a week. Sessions will comprise 3 parts (warm-up, main part, and cool-down), training at an intensity of 65% RM and adjusting repetitions depending on the loss of speed during exercise (10-15%) in the main exercises, and with an RPE between 6-8 for other exercises with 12 repetitions.

**Keywords:** Parkinson, neuroprotection, BDNF, strength-speed, quality of life, functionality, training protocol, high intensity strength training, low intensity strength training.

## Índice

1.	Introducción .....	8
1.1.	Epidemiología .....	8
1.2.	Etiología .....	8
1.3.	Semiología .....	9
1.4.	Diagnóstico .....	10
1.5.	Tratamientos/terapias.....	12
1.6.	Ejercicio y Parkinson .....	12
2.	Justificación .....	16
3.	Objetivos e hipótesis del estudio .....	17
4.	Metodología .....	18
4.1.	Diseño.....	18
4.2.	Muestra y formación de grupos .....	18
4.3.	Variables y material de medida.....	20
4.4.	Procedimiento.....	21
4.5.	Análisis de datos.....	23
5.	Equipo investigador .....	24
6.	Viabilidad del estudio.....	25
7.	Limitaciones.....	26
8.	Referencias bibliográficas.....	28
9.	Anexos.....	34
	Anexo 1.....	34
	Anexo 2.....	35
	Anexo 3.....	35
	Anexo 4.....	36
	Anexo 5.....	39
	Anexo 6.....	40

Anexo 7.....	44
Anexo 8.....	47
Anexo 9.....	47
Anexo 10.....	49
Anexo 11.....	50
Anexo 12.....	50
Anexo 13.....	51
Anexo 14.....	52
Anexo 15.....	52

### **Índice figuras**

Figura 1.....	11
Figura 2.....	13
Figura 3.....	14
Figura 4.....	16

## Índice abreviaturas

BBS	<i>Berg Balance Test</i> (Test de equilibrio de Berg)
BDNF	<i>Brain derived neurotrophic factor</i> (Factor neurotrófico derivado del cerebro)
CAFYD	Ciencias de la actividad física y el deporte
DAT	<i>Dopamine transporter</i> (Transportador de dopamina)
DOPAC	<i>Dihydroxyphenylacetic acid</i> (Ácido dihidroxifenilacético)
EA	Enfermedad de Alzheimer
EP	Enfermedad de Parkinson
GC	Grupo de control
GEA	Grupo experimental de alta intensidad
GEM	Grupo experimental de baja intensidad
IGF-1	<i>Insulin-like growth factor 1</i> (Factor de crecimiento insulinoide tipo 1)
IL	Interleukina
LRRK2	Leucine-rich repeat kinase 2
NTRK	<i>Neurotrophic tyrosine Kinase Receptor</i> (Receptor de tropomiosina kinasa)
PDQ	<i>Parkinson's Disease Questionnaire</i> (Cuestionario de la enfermedad de Párkinson)
RBD	<i>Rapid eye movement Behavior Disorder</i> (Trastorno del comportamiento del sueño en fase REM)
RM	Repetición máxima
RPE	<i>Rate of Perceived Exertion</i> (Escala de esfuerzo percibido)
SN	Sistema nervioso

SNCA	Alfa-sinucleína
SNM	Síntomas no motores
SNpc	Sustancia negra pars compacta
ST	<i>Striatum</i> (Cuerpo estriado)
TH	Tirosina hidroxilasa
TNF	<i>Tumor necrosis factor</i> (Factor de necrosis tumoral)
TrkB	<i>Tropomyosin receptor kinase B</i> (Receptor quinasa B de tropomiosina)
TUG	<i>Timed Up and Go</i> (Test de levantarse y caminar)
Vmat	<i>Vesicular monoamine transporter</i> (Transportador vesicular de monoaminas)
VMP	Velocidad media propulsiva

## **1. Introducción**

El doctor James Parkinson fue el primero en descubrir y describir en 1817 con el “Ensayo sobre la Parálisis Agitante” la enfermedad que a día de hoy lleva su nombre. La enfermedad de Parkinson (EP) se caracteriza por la pérdida progresiva de neuronas dopaminérgicas en la sustancia negra pars compacta (SNpc) del mesencéfalo, con la consecuente disminución del neurotransmisor dopamina. Este descenso de dopamina se relaciona con la aparición de síntomas motores (Martínez-Fernández et al., 2016). Se trata de una enfermedad crónica que progresa en estadios y con una sintomatología compleja a nivel motor y no motor.

### **1.1. Epidemiología**

La EP es la segunda enfermedad neurodegenerativa con mayor prevalencia por detrás de la enfermedad de Alzheimer (EA) (Martínez-Fernández et al., 2016). Ha duplicado su prevalencia en los últimos 25 años (Mental Health and Substance Use (MSD), 2022), se estima que 6,1 millones de personas sufren EP y que en 2040 la cifra aumentará a 17 millones de afectados (Saavedra Moreno et al., 2019). Afecta a entre 7 y 19 personas por cada 100.000 habitantes, siendo la mayoría hombres y aumentando la prevalencia un 2% en mayores de 65 años (Cano & Vázquez, 2012).

### **1.2. Etiología**

La etiología de la EP atañe a múltiples factores, aunque no se conoce la causa real de la enfermedad. El principal factor de riesgo, es la mutación de algunos genes como el gen SNCA (alfa-sinucleína) relacionado con la neurodegeneración en partes del cerebro relacionadas con el movimiento y la demencia, el gen LRRK2 (leucine-rich repeat kinase 2) relacionado con causas hereditarias o el gen Parkin (PARK2) relacionado con la función mitocondrial, entre otros (Feng et al., 2020). Como se observa en la figura 1, también existen otros causantes de la neurodegeneración como la neuroinflamación, niveles elevados de interleukina (IL)-1beta y factor de necrosis tumoral (TNF)-alfa (Feng et al., 2020) y el estrés oxidativo causado por un exceso de radicales libres (Radák et al., 2007).

Además, la influencia del exposoma y los factores ambientales tales como xenobióticos (medicamentos, pesticidas, aditivos alimentarios, etc.) en personas

con el factor genético juega un papel fundamental en el desarrollo de la enfermedad (Crowley et al., 2019). La combinación de los factores ambientales y la variación genética resulta en cambios epigenéticos que podrían dañar la mitocondria y su función, lo que ha demostrado que afecta positivamente al desarrollo de la EP (Chen et al., 2022).

### **1.3. Semiología**

#### **1.3.1. Síntomas motores**

Los síntomas motores son los que más atención han recibido por parte del ámbito clínico e investigador, siendo los más comunes el temblor, la alteración o bloqueo de la marcha, la bradicinesia (hipocinesia o lentitud en los movimientos y acinesia o disminución de movimiento), rigidez muscular e inestabilidad postural (Feng et al., 2020). Afectando estos síntomas motores a un patrón de la marcha alterado, disfunción en la coordinación, entre otros.

La inestabilidad postural se caracteriza por un descenso de la fuerza muscular en las caderas, columna vertebral y tobillos, además de una pobre propiocepción, disfunción visual y una pequeña base de sustentación. Aumenta el riesgo de caídas entre un 18 y 65% en personas con EP (Feng et al., 2020).

La alteración de la marcha se relaciona con la hipocinesia y el consecuente descenso en la longitud, altura, frecuencia de zancada y pérdida del gesto automático de la marcha (lo que se relaciona con la degeneración dopaminérgica en los ganglios basales) (Feng et al., 2020).

El bloqueo de la marcha ocurre cuando la persona con EP trata de levantar el pie para caminar y a pesar de obligarse a hacerlo no conseguirlo. Esto puede causar asimetrías y una marcha arrítmica, así como otros síntomas no motores como el aislamiento social, ansiedad y depresión (Feng et al., 2020).

Cabe destacar que cuando aparecen los síntomas motores y el diagnóstico de la enfermedad, la EP ya ha actuado en el organismo de la persona, de ahí la importancia de buscar nuevos métodos de diagnóstico, así como la necesidad de implementar terapias eficaces en los primeros estadios de la enfermedad (Crowley et al., 2019).

### **1.3.2. Síntomas no motores**

La evidencia indica que los síntomas no motores afectan significativamente a la calidad de vida de las personas con EP, con un sentimiento de pérdida de energía, negatividad y pérdida del control sobre su salud (Feng et al., 2020). Además, el reconocimiento de estos síntomas no motores (SNM) podría resultar muy útil a la hora de detectar la EP en su etapa temprana (Micheli et al., 2014).

Entre los SNM tempranos se encuentra la disminución de la olfacción, la cual es raramente referida por los pacientes, sin embargo, los trastornos olfativos están presentes en el 90% de los casos de EP (Micheli et al., 2014). Además, el estreñimiento se asocia al 90% de los pacientes con EP en la etapa premotora de la enfermedad (Micheli et al., 2014).

Otros SNM comunes son la disfunción cognitiva que incluye pérdida de memoria, atención y función ejecutiva (Feng et al., 2020). La ansiedad viene determinada por ataques de pánico, agorafobia (u otras fobias), estrés postraumático, estrés agudo... (Gallagher & Schrag, 2012), la depresión y sus consecuentes síntomas comunes: humor depresivo, pérdida de interés o placer, cambios en el peso, insomnio, fatiga, pérdida de atención, pensamientos recurrentes de muerte (Gallagher & Schrag, 2012) y apatía, pérdida de interés o motivación general que puede estar causada por la disfunción cognitiva o la depresión (Gallagher & Schrag, 2012).

Algunos SNM tardíos son la demencia y la psicosis (siendo las alucinaciones visuales la manifestación psicótica más común en estos casos) (Micheli et al., 2014). Además de el “punding”, en el cual se repiten acciones de la vida cotidiana de forma excesiva, compulsiva y sin un propósito aparente (Micheli et al., 2014).

### **1.4. Diagnóstico**

La clínica de la EP es compleja pues los síntomas varían en cada paciente, sin embargo, encontramos 4 síntomas cardinales de los cuales 2, según Tarazi et al. (2014), deben darse para diagnosticar la enfermedad: temblores, rigidez, acinesia e inestabilidad postural. Para completar el diagnóstico, antes se debe tener en

cuenta el historial médico y realizar un extenso examen neurológico, además de físico (Tarazi et al., 2014).

DaTSCAN es una técnica de neuroimagen funcional para detectar la neurodegeneración en zonas específicas del cerebro. Este diagnóstico ha generado cierto debate, pues su exactitud para el diagnóstico es idéntica al diagnóstico clínico que se hacía referencia al inicio del apartado (Tarazi et al., 2014). Una ventaja de DaTSCAN es que no analiza los síntomas motores (la consecuencia), sino que valora la estructura cerebral (la causa), pudiendo detectar la presencia de la enfermedad antes de que aparezcan los síntomas visibles.

Por otro lado, Crowley et al. (2019) afirman que el constipado y el Trastorno de Comportamiento del Sueño de la fase REM (RBD por sus siglas en inglés) aparecen hasta 10 años antes que los síntomas motores. El 90% de los pacientes con RBD desarrollan la EP, atrofas multisistémicas o demencias por cuerpos de Lewy en los siguientes 6 a 15 años. Otros síntomas son las disfunciones orales, alteraciones en el estado de ánimo y fatiga, que aparecen entre 2 y 10 años antes del diagnóstico de la enfermedad (Crowley et al., 2019).

En función de los síntomas que presentan los pacientes con EP, se les puede clasificar en distintos estadios, como proponen Hoehn y Yahr (1967) y se detalla en la figura 1.

**Figura 1.**

*Definición de cada estadio referente a la EP.*

<b>Estadio</b>	<b>Definición - características</b>
I	Afectación unilateral, usualmente con mínima o ninguna incapacidad funcional.
II	Afectación bilateral, sin reducción del equilibrio.
III	Reflejos de enderezamiento afectados, reducción del equilibrio.
IV	Enfermedad completamente desarrollada e incapacitante. Aún puede mantenerse de pie y caminar sin ayuda.
V	Confinamiento en cama o silla de ruedas a menos que se ayude.

*Nota.* Esta figura muestra las definiciones de cada estadio de la EP. Modificado de “Parkinsonism, onset, progression, and mortality”, por Hoehn y Yahr (1967).

### **1.5. Tratamientos/terapias**

La mayoría de los tratamientos se centran en los síntomas de la EP. El tratamiento *gold standart* es el L-DOPA o levodopa (Tarazi et al., 2014). Este tratamiento actúa a nivel sistémico y puede causar síntomas adversos como náuseas y vómitos. Debe ir acompañado de DOPA (un inhibidor periférico) para actuar únicamente en el cerebro (Crowley et al., 2019). Sin embargo, estos medicamentos suelen tener efectos secundarios (discinesias, trastornos compulsivos, entre otros), además de reducir su efectividad si se consumen a largo plazo (Tarazi et al., 2014).

Otra terapia, en este caso quirúrgica, es la aplicación de factores neurotróficos de forma intracerebral. Hoy en día el resultado de este tratamiento es mixto y se necesita de mayor perfeccionamiento quirúrgico (Crowley et al., 2019).

En general, todas las farmacoterapias usadas en EP tienen una eficacia limitada, además de no retrasar el avance de la enfermedad y tener efectos secundarios motores y no motores (Tarazi et al., 2014).

Los periodos de fluctuación motora donde el paciente responde de manera positiva al fármaco L-DOPA se denominan fase “on”, donde la función motora de la persona con EP se ve mejorada. Por el contrario, la fase “off” es cuando el paciente no responde positivamente al fármaco y su función motora se ve perjudicada (Bhidayasiri & Tarsy, 2012).

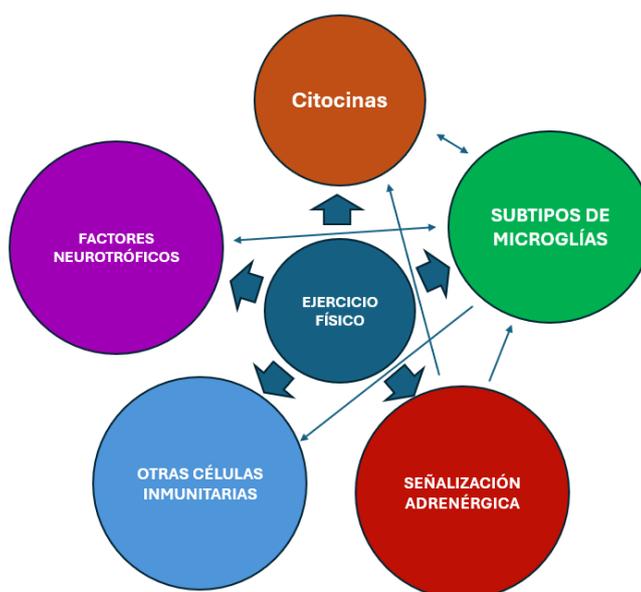
### **1.6. Ejercicio y Parkinson**

El ejercicio físico se define como una actividad física planificada, estructurada, repetitiva y con un objetivo de mejora (preferiblemente) o de mantenimiento de la forma física (Svensson et al., 2014). Ha demostrado ser una terapia efectiva para mejorar los síntomas motores de la EP, mejorando la capacidad funcional y calidad de vida de los pacientes, así como reduciendo la probabilidad de enfermar en personas sanas (Crowley et al., 2019).

El ejercicio físico también tiene otros efectos en la EP, como se observa en la figura 2, regula la neuroinflamación a través de las citoquinas y la actividad de células gliales, lo que se relaciona con mayor neuroprotección. Regula el sistema inmune y su función a través de la señalización nerviosa, mejorando la neuroplasticidad (incremento del volumen de materia gris, excitabilidad cortico-motora, receptores dopaminérgicos y niveles de dopamina). Aumenta los niveles sistémicos y en el hipocampo de factores neurotróficos (como el BDNF), relacionando bajos niveles de BDNF con neurodegeneración (Svensson et al., 2014).

**Figura 2.**

*Esquema de los efectos del ejercicio físico en la EP.*



*Nota.* En esta figura se describe de forma esquemática los efectos fisiológicos del ejercicio físico en la EP. Modificado de “Effects of Physical Exercise on Neuroinflammation, Neuroplasticity, Neurodegeneration, and Behavior”, por Svensson et al. (2014).

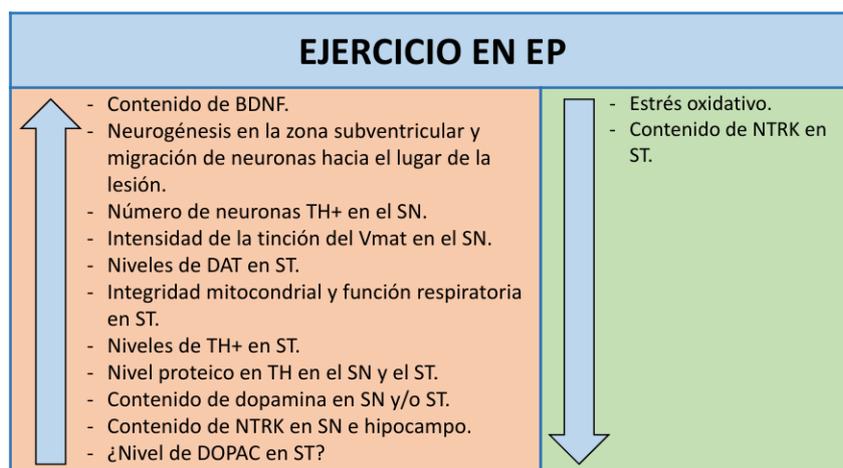
En animales y humanos con EP se han observado niveles reducidos de BDNF, por lo que autores como Svensson et al. (2014) defienden que un aumento del BDNF podría mejorar el pronóstico de la enfermedad (Svensson et al., 2014).

El BDNF es una proteína que se produce en el hipotálamo ventromedial (Levinger et al., 2008) y es regulada por el receptor tirosina kinasa tipo B o TrkB (Babiarz et al., 2022). Estimula la formación de nuevas conexiones sinápticas (plasticidad sináptica) y participa en la regulación de procesos como la neurogénesis. Se trata de una proteína esencial para el rendimiento cognitivo a corto y largo plazo (neuroplasticidad), que también se relaciona con el aprendizaje y la memoria (Babiarz et al., 2022). Además, tiene un papel fundamental en la señalización hipotalámica, de ahí que el BDNF controle el peso corporal, la ingesta de comida, los niveles de glucosa en sangre, el equilibrio energético (Babiarz et al., 2022) y la resistencia a la insulina (Levinger et al., 2008).

Como se refleja en la figura 3, estudios con ratones han mostrado como el ejercicio físico aumenta los niveles de BDNF (Pałasz et al., 2020). Sin embargo, en la mayoría de estudios la subida de BDNF tras la realización de ejercicio físico ha sido aguda, lo que algunos autores atribuyen al posterior uso del sistema nervioso central induciendo procesos neuroprotectores (Pałasz et al., 2020). En definitiva, el ejercicio físico puede retrasar el proceso neurodegenerativo de la EP (Svensson et al., 2014).

**Figura 3.**

*Cambios moleculares y fisiológicos causados por ejercicio en ratones.*



*Nota.* Cambios moleculares y fisiológicos por el ejercicio físico en ratones con EP. Abreviaturas: TH (tirosina hidroxilasa), SN (sistema nervioso), Vmat (transportador vesicular de monoaminas), DAT (transportador de dopamina), ST (cuerpo estriado),

NTRK (receptor de tropomiosina kinasa), DOPAC (ácido dihidroxifenilacético). Modificado de "BDNF as a Promising Therapeutic Agent in Parkinson's Disease", por Pałasz et al. (2020).

En humanos y ratones, el ejercicio aeróbico ha sido el más estudiado y el que actualmente se sabe que tiene mayores efectos sobre el BDNF (Svensson et al., 2014) (Pałasz et al., 2020) (Crowley et al., 2019). Sin embargo, los estudios centrados en ejercicio de fuerza o resistencia no son concluyentes.

En particular, los niveles de BDNF aumentan cuando se hace ejercicio físico a través de mecanismos como un aumento en los niveles de lactato en sangre o el factor de crecimiento insulinoide (IGF-1) (Babiarz et al., 2022).

La fuerza es la madre de todas las capacidades. Se define como la capacidad de producir tensión en la musculatura al activarse o contraerse y se relaciona con marcadores de rendimiento físico, calidad y esperanza de vida (Tarí & Vivar, 2023).

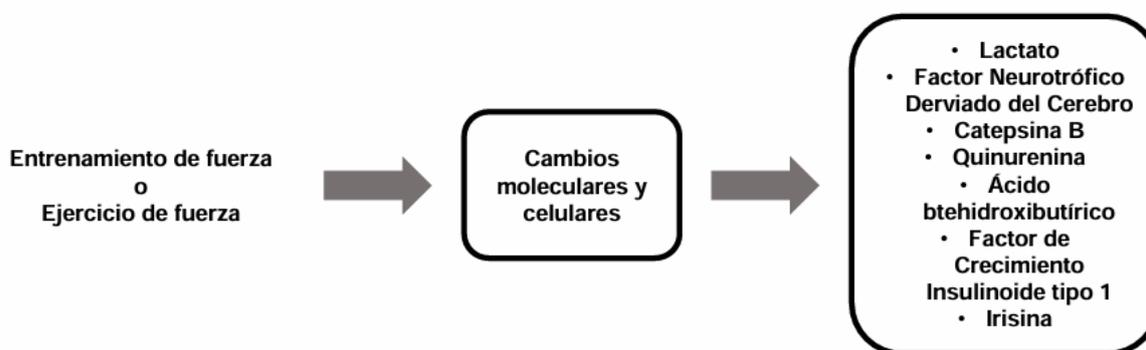
El entrenamiento de fuerza es básico para lograr la salud mental y física (Babiarz et al., 2022). Algunos de sus beneficios son mejora de la composición corporal, sensibilidad a la insulina, función cardiaca (Tarí & Vivar, 2023), construye huesos, ligamentos y tendones más fuertes, así como una mejora de la función cognitiva (Babiarz et al., 2022). Al realizar el entrenamiento de fuerza se crean grandes cambios a nivel molecular y celular como se puede observar en la figura 4 (Babiarz et al., 2022).

Las células nerviosas se relacionan unas con otras, formando redes neuronales, de forma que exponerse a diferentes retos motrices a través del ejercicio físico supone un potente estímulo neurológico (Tarí & Vivar, 2023). El ejercicio físico desencadena una gran actividad cerebral aumentando los niveles de BDNF, tamaño del hipocampo, mejora de las conexiones neuronales y de la función mitocondrial (Vázquez, 2021). Los ejercicios donde el movimiento articular está restringido pueden activar menos el cerebro, sin embargo, ejercicios que requieren de un movimiento complejo (cadena cinética abierta, multiarticulares, evitando máquinas guiadas) requerirá más trabajo para nuestro cerebro llevarlos a cabo.

Además, el ejercicio de fuerza con máxima intención de velocidad es un gran estímulo neuromuscular. A pesar de que se realice con menor carga absoluta, al tener la intención de aplicar máxima velocidad, se está realizando fuerza máxima, por lo que el estímulo neural y las adaptaciones de fuerza son mayores sin usar cargas altas o mayor tiempo bajo tensión (Pareja-Blanco et al., 2014).

**Figura 4.**

*Mecanismos moleculares y celulares del entrenamiento de fuerza.*



*Nota.* Esta figura muestra los cambios moleculares y celulares como resultado del entrenamiento de fuerza. Modificado de "Effects of Strength Training on BDNF in Healthy Young Adults", por Babiarz et al. (2022).

Aunque sus mecanismos aún no están claros, se cree que el BDNF se encuentra en regiones del cerebro que necesitan de actividad para desarrollarse, causando neuroplasticidad (Babiarz et al., 2022).

## 2. Justificación

Según la literatura, el aumento de los niveles de BDNF se relaciona con el ejercicio físico (Svensson et al., 2014). Este incremento se debe a la gran actividad cerebral desencadenada por el ejercicio de fuerza (Vázquez, 2021) que guarda relación con el aumento en los niveles de lactato (Babiarz et al., 2022).

Se ha observado que los niveles bajos de BDNF se relacionan con la EP en humanos (Crowley et al., 2019) y animales (Svensson et al., 2014) (Babiarz et al., 2022), actuando el BDNF como neuroprotector, evitando la neurodegeneración (Pałasz et al., 2020).

Se han llevado a cabo algunos estudios sobre ejercicio físico y BDNF, pero los protocolos de entrenamiento no son específicos, en la mayoría realizan ejercicio cardiorrespiratorio o ejercicios “funcionales” y los que realizan ejercicio de fuerza a moderada-alta intensidad presentan limitaciones:

- No se han realizado intervenciones en personas con EP, ni adultos mayores.
- Los efectos del entrenamiento son agudos y en la mayoría de estudios no hay efectos crónicos, quizá por la corta duración de las intervenciones (en torno a 8 semanas).
- La carga de entrenamiento no se mide correctamente, los test de 1RM se realizan con aproximaciones o no se miden. Por lo que no se conocen los efectos del entrenamiento, no se puede controlar la fatiga de forma precisa y los sujetos trabajan a distinta intensidad, aunque el número de repeticiones sea el mismo.

De esta pequeña revisión de intervenciones (Babiarz et al., 2022) (Walsh et al., 2016) (Figueiredo et al., 2019), se concluye que los mejores resultados se obtienen con pesos libres, (cadenas cinéticas abiertas preferiblemente), y a una alta intensidad (superior al 60% del 1RM).

El propósito de este estudio es dar solución a las limitaciones previamente expuestas y la necesidad de realizar una intervención en un grupo de población que se puede ver beneficiado por la realización del ejercicio de fuerza realizado a determinada intensidad y el consecuente aumento de los niveles de BDNF. En el apartado de procedimiento se detalla el tipo de ejercicios, la metodología de entrenamiento y las herramientas usadas para medir la intensidad.

### **3. Objetivos e hipótesis del estudio**

#### **Objetivo principal**

Analizar el efecto de un programa de entrenamiento de fuerza-velocidad sobre los niveles del factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF) en personas con EP.

#### **Objetivos específicos**

Determinar la intensidad relativa del entrenamiento de fuerza-velocidad en la que se relacionan mayores niveles de BDNF en pacientes con EP.

Analizar los efectos de un programa de entrenamiento de fuerza-velocidad sobre la capacidad funcional y síntomas motores en pacientes con EP.

Valorar el efecto de un programa de entrenamiento de fuerza-velocidad sobre la calidad de vida de los pacientes con EP.

## **Hipótesis**

El entrenamiento de fuerza-velocidad realizado a alta intensidad incrementa los niveles de BDNF y a su vez aumenta la neurogénesis y neuroprotección de neuronas dopaminérgicas, mejorando la capacidad funcional y la calidad de vida de las personas con EP, frenando el avance de la enfermedad. Y mejorando su estado de salud en general.

## **4. Metodología**

### **4.1. Diseño**

Este estudio es experimental, aleatorizado y controlado. Siendo el objetivo probar la hipótesis planteada comparando los resultados de los tres grupos de la intervención.

### **4.2. Muestra y formación de grupos**

La población que formará parte del estudio estará compuesta por hombres y mujeres diagnosticados con EP. El tamaño total de la muestra para este estudio será de 236 personas del hospital La Princesa. A continuación, se expondrán los criterios de inclusión que deberán cumplir los candidatos del estudio para poder participar en el mismo.

Los criterios de inclusión son:

- Tener la EP diagnosticada.
- Tener 50 o más años.
- Tener un consentimiento médico para realizar ejercicio (fase “on”).
- Estar entre la fase 1 y 2 de la EP (Hoehn & Yahr, 1967).

Para llegar a un tamaño muestral final de 236 personas, en primer lugar, se simplificó de la población total española (48.592.909) a solo la población de la

Comunidad de Madrid (6.859.914). Tras obtener estos datos, se seleccionaron las personas con EP en la Comunidad de Madrid (18.000) (Madrid, 2018).

Tras la obtención de estos datos poblacionales, se utilizó el documento Excel desarrollado por Martínez-ezquerro et al. (2017). Tomando como referencia el último dato sobre población afectada por la EP en Madrid (18.000), un nivel de confianza del 95%, una precisión del 3% y una proporción del 5%, resulta un tamaño muestral de 201 personas. Sumándole un 15% de proporción esperada de pérdidas, la muestra final será de 236 personas (Anexo 1).

El estudio estará formado por tres grupos diferentes, uno de control y dos experimentales. Se formará un grupo de 79 personas que trabajará con un protocolo de entrenamiento de alta intensidad, otro grupo de 79 personas con un protocolo de entrenamiento de baja intensidad y el tercer grupo estará formado por 78 personas el cual será de control. A este último se le harán las mismas valoraciones y tests que a los otros grupos, pero no se les asignará un protocolo de entrenamiento, sino que se les recomendará hacer actividad física de intensidad moderada >150 minutos a la semana (World Health Organization: WHO, 2022). Al finalizar el estudio, se les propondrá realizar el protocolo de entrenamiento que haya salido favorable en el estudio. Tanto las valoraciones (Anexo 2) como los entrenamientos (Anexo 3) serán en distintos horarios y fechas para que los sujetos no conozcan a que grupo pertenecen. La asignación a cada grupo será mediante un sistema aleatorio simple utilizando el IBM SPSS Statistics v29 (Inc., Armonk, NY, USA). Se utilizará un sistema de simple ciego en el cual durante este proceso de formación de grupos y durante la intervención, los sujetos no tendrán información sobre la asignación de grupos para que los resultados no sean sesgados.

Se contactará con el hospital La Princesa para que informen de este estudio a los 4.000 casos de personas con EP a los que mantienen un seguimiento. De las personas que quieran participar en el estudio, se hará una selección teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión, hasta llegar a la cifra de 236 personas. Se trata de una muestra representativa de las personas diagnosticadas con EP en la comunidad de Madrid, pero considerando a los pacientes del hospital La Princesa ya que mantienen ese seguimiento de la enfermedad a un número muy elevado de pacientes.

Este proyecto de investigación se adhiere en todo momento a la Declaración de Helsinki (World Medical Association, 2013). Se contará con la aprobación del comité de ética de la investigación con medicamentos del hospital La Princesa (CEIm), en el cual sale reflejado la obligatoriedad de que todos los sujetos del estudio firmen un consentimiento informado (Anexo 4).

### **4.3. Variables y material de medida**

Para dar respuesta al objetivo principal, la variable a medir será:

- Niveles de BDNF: variable dependiente cuantitativa continua, obtenida a través de la extracción de sangre periférica (vena cubital mediana), su posterior procesamiento para la extracción del suero y finalmente la medición de los niveles, expresados en nanogramos por mililitro (ng/ml). Para su medición previa y posterior al estudio utilizaremos un kit de análisis de BDNF (ELISA) (Invitrogen™ Human BDNF ELISA Kit, Madrid, España).

Para dar respuesta a los objetivos específicos las variables a medir son:

- Velocidad media propulsiva (VMP) de la primera repetición: variable dependiente, cuantitativa continua medida en metros/segundo, la cual nos dará información sobre la intensidad relativa. Se medirá a través de un test de perfil de intensidades individual con un encoder lineal (Vitruve Encoder, Madrid, España). Por comodidad, se programará con porcentajes de la repetición máxima (%RM), pero la carga absoluta correspondiente a esos porcentajes se determinará por la VMP de la primera repetición de la serie. Esta valoración se hará en el proceso de acondicionamiento de 4 semanas y se medirá su progreso durante el estudio para correlacionar las mejoras de la fuerza con la capacidad funcional del paciente. Los ejercicios en los que se hará los tests serán: sentadilla, press de piernas, press de banca y peso muerto.
- Pérdida de velocidad: variable independiente, cuantitativa continua medida con el porcentaje de pérdida de velocidad en una serie. El uso de esta herramienta de medición nos ayudará a conocer la intensidad relativa y la fatiga generada en una serie. Este porcentaje se conoce con la VMP de cada repetición de una serie. A lo largo de la intervención se usarán pérdidas de

velocidad desde el 5% en la fase de acondicionamiento hasta un 15% en el grupo experimental de alta intensidad.

- RPE: variable independiente, cualitativa discreta la cual se medirá mediante la escala OMNI-Resistance Exercise Scale (OMNI-RES) validada por Robertson et al. (2003). La utilizaremos para medir el esfuerzo relativo en los ejercicios de fuerza, midiendo así la carga interna (Anexo 5).
- Calidad de vida: variable dependiente, cuantitativa discreta. Se medirá a través de un cuestionario relleno por los sujetos. El cuestionario se trata del PDQ-39 (Parkinson's Disease Questionnaire) (Anexo 6), el cual medirá 8 ítems diferentes presentes en la vida diaria de cada sujeto, entre los que se encuentran la movilidad y el bienestar emocional entre otros (Martínez-Martín & Payo, 1998).
- Movilidad funcional: variable dependiente, cuantitativa discreta se medirá a través del test BBS (Berg Balance Scale) (Anexo 7) el cual consta de 14 ítems que valoran el equilibrio en movimientos realizados de manera cotidiana (Qutubuddin et al., 2005). Llevaremos a cabo otro test muy utilizado para valorar la movilidad funcional en personas con EP en fases tempranas, llamado TUG test (Timed Up and Go) (Zampieri et al., 2009).

#### **4.4. Procedimiento**

El estudio da comienzo con la captación de sujetos por parte del neurólogo del Hospital La Princesa. Será el neurólogo el encargado de verificar que los sujetos cumplan los criterios de inclusión y exclusión, así como de facilitar el consentimiento médico. Al finalizar este proceso de captación, se llevará a cabo la formación aleatorizada de grupos.

Los co-investigadores instruirán a los entrenadores (estudiantes en prácticas de CAFYD) sobre la realización de valoraciones y test. Dos semanas antes de comenzar la intervención se realizarán los test iniciales de todos los sujetos.

La intervención tendrá lugar en las instalaciones de la Universidad Europea de Madrid durante 16 semanas, 4 de ellas de acondicionamiento y 12 de intervención pues en estudios anteriores se ha visto que es el tiempo óptimo para obtener resultados en el BDNF (Sajatovic et al., 2017). El material necesario queda detallado en Anexo 8. Durante la intervención se harán 2 sesiones de

entrenamiento semanales de 50 minutos. Entre sesiones deberá haber mínimo 24 horas de descanso garantizando la recuperación de los sujetos. Los sujetos se dividirán en 12 grupos de 1 o 2 personas por entrenador (Anexo 9).

Aunque en el Anexo 9 se describe detalladamente la metodología de entrenamiento, a continuación, se explicará de forma general:

Fase de acondicionamiento (4 semanas): en este periodo los entrenadores deben asegurarse de que los sujetos puedan realizar adecuadamente los ejercicios propuestos en la intervención. Además, los sujetos aprenderán la correcta ejecución técnica de ejercicios “multiarticulares” (sentadilla, press de banca, peso muerto y prensa de piernas) y se familiarizarán con el entrenamiento de fuerza aplicando la máxima velocidad. La primera semana se les hará un test de perfil de intensidades individual midiendo la velocidad de una repetición con 4 cargas distintas y mediante una ecuación se estimará la 1RM. La intensidad absoluta de los ejercicios “multiarticulares” no superará el 50%, con pérdidas de velocidad (intra-serie) del 5-10% y 3 series por ejercicio (Badillo & Ribas-Serna, 2019). Los descansos entre series serán de 1 minuto y 2 minutos entre ejercicios.

Fase de intervención (12 semanas): el programa de ejercicio constará de dos sesiones semanales con la siguiente distribución:

- Calentamiento: 15 minutos donde seguiremos el protocolo RAMP (elevar, activar, movilizar y potenciar) para preparar a los sujetos de cara a los ejercicios de la parte principal.
- Parte principal: dos ejercicios “multiarticulares” y dos ejercicios “funcionales” que se medirán con RPE y repeticiones. El grupo experimental de alta intensidad (GEA) realizarán 3 series ejercicios “multiarticulares” al 65% de la RM con un 15% de pérdida de velocidad y los ejercicios “funcionales” con 3 series a 12 repeticiones con RPE 8 por ejercicio. El grupo experimental de baja intensidad (GEB) realizarán 3 series de ejercicios “multiarticulares” al 65% de la RM con un 10% de pérdida de velocidad y los ejercicios “funcionales” con 3 series a 12 repeticiones con RPE 6 por ejercicio.
- Vuelta a la calma: respiraciones y movilidad torácica en tendido supino.

Todos los datos se recogerán en una hoja de datos detallada en Anexo 10.

Para evitar los errores que se han cometido en intervenciones anteriores, se medirá la carga de entrenamiento en los ejercicios “multiarticulares” (usando pesos libres) mediante la medición de la velocidad de la primera repetición y la pérdida de velocidad en la serie. Según Radaelli et al. (2022) el entrenamiento de fuerza con máxima intención de velocidad ha demostrado ser seguro para personas mayores, además de dar mejores resultados en la capacidad funcional frente a un mayor tiempo bajo tensión (Pareja-Blanco et al., 2014). Aunque actualmente no se conocen los efectos y las adaptaciones concretas de la pérdida de velocidad en personas mayores con enfermedades crónicas, diferentes autores destacan que la velocidad es determinante para medir la intensidad en el entrenamiento de fuerza (Yáñez-García et al., 2022).

Por último, al grupo control (GC) se le sugerirá seguir las recomendaciones generales para la actividad física (World Health Organization: WHO, 2022) (actividad física de intensidad moderada >150 minutos a la semana). Posterior a la intervención se les ofrecerá el programa de ejercicio que mejores resultados haya dado a los pacientes de los grupos experimentales.

Toda la temporalización del estudio se encuentra en el Anexo 11.

#### **4.5. Análisis de datos**

El análisis estadístico lo realizará un analista de datos externo y se hará uso del software estadístico IBM SPSS v29.0 (Inc., Armonk, NY, USA).

En el análisis de la distribución de las variables se hará uso de la prueba “Kolmogorov-Smirnov” para comprobar si las variables siguen un tipo de distribución u otra. Posteriormente utilizaremos un análisis de varianza (ANOVA) para comparar las medias de los tres grupos y sus cambios en el tiempo, comprobando si existen diferencias significativas entre ellos.

En el caso de que los datos obtenidos sean normales se utilizarán pruebas paramétricas como la de “TStudent” (para relacionar los grupos de intervención de alta y baja intensidad entre ellos) y en caso de ser datos no normales se utilizarán pruebas no paramétricas como la de “U de Mann-Whitney”.

El nivel de significación estadístico será de un valor de  $p \leq 0,05$  para que el estudio sea válido y estadísticamente significativo.

## 5. Equipo investigador

El equipo investigador estará formado por una serie de profesionales cuyas funciones estarán reflejadas en el Anexo 12 y el organigrama de dichas personas estará expuesto en el Anexo 13.

- 1 investigador principal que será un investigador de la Universidad Europea el cual estará a cargo de la organización del estudio completo, adquisición de material y reserva de instalaciones. Otras de sus funciones serán las de actuar como líder del proyecto, coordinar a la muestra para que se realice todo en los horarios establecidos y ser el mediador en las comunicaciones entre todos los integrantes del estudio.
- 2 co-investigadores encargados de ayudar al investigador principal a organizar el estudio y con todas sus funciones. Una de sus funciones principales será la de crear el protocolo de entrenamiento y las valoraciones durante todo el estudio.
- 1 CAFYD encargado de llevar a cabo el entrenamiento planteado por los co-investigadores junto con la coordinación de los estudiantes de CAFYD en prácticas para que lo realicen de la manera más exhaustiva y coordinada posible.
- 1 médico de la sección de neurología del hospital La Princesa, el cual se encargará de la captación de sujetos con EP, asegurarse de que cumplan los criterios de inclusión y exclusión, y, facilitar el consentimiento médico. Además, se encargará de proporcionar a los enfermeros y técnicos de laboratorio necesarios, desde el hospital La Princesa.
- 2 enfermeros encargados de realizar las extracciones de sangre para que posteriormente, los técnicos de laboratorio las reciban y puedan hacer sus análisis.
- 2 técnicos de laboratorio los cuales se encargarán de analizar las muestras de sangre en los test de BDNF al inicio del estudio y al final de este. Considerando sus conocimientos en la materia, su función será realizar las pruebas de la manera más precisa posible.
- 6 alumnos de prácticas del grado de CAFYD de la Universidad Europea de Madrid encargados de pasar el test PDQ-39 a los sujetos, el BBS y el TUG

test. Estarán bajo supervisión de los co-investigadores y el CAFYD los cuales les asignarán un protocolo de entrenamiento para que lo realicen con los sujetos del estudio.

- 1 técnico estadístico que analizará los resultados al finalizar el estudio para sacar una conclusión en base a esos datos.

## **6. Viabilidad del estudio**

Este estudio se llevará a cabo utilizando material, instalaciones y personal de la Universidad Europea de Madrid a cambio de que esta salga como colaboradora del proyecto. Se utilizarán los laboratorios e instalaciones deportivas para la realización de los entrenamientos y las valoraciones. El investigador principal se tratará de un investigador de la propia universidad, aunque el secundario será un investigador externo.

Personal del estudio:

- El investigador principal al ser un investigador de la propia universidad no tendrá un sueldo externo por parte del estudio.
- Los 2 co-investigadores serán 2 CAFYD de la universidad los cuales participen en la investigación como parte de sus funciones dentro de la institución.
- El CAFYD al ser contratado de manera externa se le pagarán 15.744€ (12€/h) por 56 semanas de trabajo entre las valoraciones y los entrenamientos con todos los grupos.
- Tanto el médico, como los enfermeros y los técnicos de laboratorio, pertenecerán al equipo del hospital La Princesa, el cual será colaborador de la universidad y serán participes del estudio, siendo este parte de su formación e investigación en el campo de las ciencias de la salud.
- Los estudiantes serán parte del estudio como parte de sus prácticas curriculares y en caso de cumplir las horas, se convertirán en prácticas extracurriculares.
- El estadístico tendrá un periodo de 2 meses para el análisis de los datos del estudio y se le pagará un sueldo de 1.180€.

#### Material e instalaciones:

- Las instalaciones deportivas, laboratorios y material como los encoder (Vitruve Encoder, Madrid, España) y equipamiento de gimnasio serán las de la UEM, que al aparecer como colaboradora del estudio serán cedidas al mismo.
- Se necesitará una prensa de pierna 45° (Life Fitness Hammer Strength Linear Leg Press, Kentucky, USA), la cual conllevará un gasto de 5.105€.
- Para la medición de los niveles de BDNF se utilizarán kits de laboratorio (Invitrogen™ Human BDNF ELISA Kit, Madrid, España). Se utilizarán packs de 96 tests, costando 654€ por pack. Se comprarán 6 packs por lo que conllevará un coste total de 3.924€.

#### Divulgación:

- Los costes de la publicación del estudio serán de 2.900 €.
- Para una mayor visibilidad del estudio se participará en el congreso “ECSS Rimini 2025” donde se expondrá el mismo y tendrá un coste de 1.000€.

El total de los costes del estudio será de 29.853€. El proyecto estará financiado por la beca concedida por la Fundación MAPFRE “Ignacio H. de Larramendi” con una dotación máxima de 30.000€, la cual se hará cargo de los gastos tanto del material como de los integrantes del grupo interdisciplinar que llevará a cabo el estudio.

El desglose de los gastos de cada apartado del estudio junto con el total está reflejado en el Anexo 14.

## 7. Limitaciones

En los criterios de inclusión destacamos que los sujetos deben encontrarse en fase “on” dentro de su tratamiento farmacológico, sin embargo, no podemos conocer con precisión cuando este dejará de surtir efecto, afectando a la capacidad de movimiento de la persona.

A pesar de incluir una fase de acondicionamiento, donde el objetivo es educar a los sujetos con herramientas de medición de intensidad (como la velocidad de ejecución o el RPE), la inexperiencia previa puede hacer variar la fatiga y efectos del entrenamiento entre sujetos.

Sumado a la limitación anterior, se suma la adherencia al ejercicio de fuerza. Para intentar dar solución a esta limitación hemos implementado una metodología de

entrenamiento con pérdidas de velocidad medias y/o ligeras, sin la necesidad de que los sujetos usen cargas submáximas, se acerquen al fallo muscular, ni se fatiguen en exceso. Además, en la fase de acondicionamiento los sujetos tienen 4 semanas para familiarizarse con este tipo de entrenamiento.

Por último, el GC tiene unas pautas sobre actividad física, sin embargo, no se les puede limitar esta, lo que podría variar los resultados en ese grupo.

## 8. Referencias bibliográficas

- Babiarz, M., Laskowski, R., & Grzywacz, T. (2022). Effects of Strength Training on BDNF in Healthy Young Adults. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 19, Issue 21). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph192113795>
- Bhidayasiri, R., & Tarsy, D. (2012). Parkinson's Disease: "On-Off" Phenomenon. *Current Clinical Neurology*, 14–15. [https://doi.org/10.1007/978-1-60327-426-5\\_7](https://doi.org/10.1007/978-1-60327-426-5_7)
- Cano de la Cuerda, R., Collado Vázquez, S., & Lloves Ucha, A. (2012). Neurorrehabilitación: métodos específicos de valoración y tratamiento. In *Neurorrehabilitación: métodos específicos de valoración y tratamiento, 2012*, ISBN 978-84-9835-410-2, págs. 283-294.
- Chen, Z., Rasheed, M., & Deng, Y. (2022). The epigenetic mechanisms involved in mitochondrial dysfunction: Implication for Parkinson's disease. In *Brain Pathology* (Vol. 32, Issue 3). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/bpa.13012>
- Crowley, E. K., Nolan, Y. M., & Sullivan, A. M. (2019). Exercise as a therapeutic intervention for motor and non-motor symptoms in Parkinson's disease: Evidence from rodent models. In *Progress in Neurobiology* (Vol. 172, pp. 2–22). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2018.11.003>
- Feng, Y. S., Yang, S. D., Tan, Z. X., Wang, M. M., Xing, Y., Dong, F., & Zhang, F. (2020). The benefits and mechanisms of exercise training for Parkinson's disease. In *Life Sciences* (Vol. 245). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.117345>

- Figueiredo, C., Antunes, B. M., Giacon, T. R., Vanderlei, L. C. M., Campos, E. Z., Peres, F. P., Clark, N. W., Panissa, V. L. G., & Lira, F. S. (2019). of Acute and Chronic High-Intensity Intermittent Aerobic Plus Strength Exercise on BDNF, Lipid and Autonomic Parameters. In ©*Journal of Sports Science and Medicine* (Vol. 18). <http://www.jssm.org>
- Gallagher, D. A., & Schrag, A. (2012). Psychosis, apathy, depression and anxiety in Parkinson's disease. In *Neurobiology of Disease* (Vol. 46, Issue 3, pp. 581–589). <https://doi.org/10.1016/j.nbd.2011.12.041>
- García, J. M. Y., Mora-Custodio, R., Ribas-Serna, J., González-Badillo, J. J., & Rodríguez-Rosell, D. (2022). Movement Velocity as a Determinant of Actual Intensity in Resistance Exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 43(12), 1033–1042. <https://doi.org/10.1055/a-1834-6693>
- González-Badillo, J. J., & Serna Rivas, J. (2019). Fuerza Velocidad y Rendimiento Deportivo. In *Fuerza, velocidad y rendimiento físico y deportivo*.
- Hoehn, M. M., & Yahr, M. D. (1967). Parkinsonism. *Neurology*, 17(5), 427. <https://doi.org/10.1212/wnl.17.5.427>
- Jeremy Walsh, A. J., Scribbans, T. D., Bentley, R. F., Mikhail Kellawan, J., Gurd, B., & Tschakovsky, M. E. (2016). Neurotrophic Growth Factor Responses to Lower Body Resistance Training in Older. In *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* Downloaded from [www.nrcresearchpress.com](http://www.nrcresearchpress.com) by San Diego. [www.nrcresearchpress.com](http://www.nrcresearchpress.com)
- Levinger, I., Goodman, C., Matthews, V., Hare, D. L., Jerums, G., Garnham, A., & Selig, S. (2008). BDNF, metabolic risk factors, and resistance training in middle-aged individuals. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(3), 535–541. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31815dd057>

- Madrid, A. P. (2018, 7 agosto). *La Comunidad de Madrid cuenta con la primera Mesa de Párkinson y censo oficial de afectados de España - Parkinson Madrid*. Parkinson Madrid. <https://www.parkinsonmadrid.org/notas-prensa/la-comunidad-de-madrid-cuenta-con-la-primera-mesa-de-parkinson-y-censo-oficial-de-afectados-de-espana/#:~:text=Seg%C3%BAn%20el%20censo%20actualizado%20de,se%20incrementar%C3%A1%20en%20los%20pr%C3%B3ximos>
- Martínez-Ezquerro, J. D., Riojas-Garza, A., & Rendón-Macías, M. E. (2017). Significancia clínica sobre significancia estadística. Cómo interpretar los intervalos de confianza a 95 %. *Revista Alergia México*, 64(4), 477-486. <https://doi.org/10.29262/ram.v64i4.334>
- Martínez-Fernández, R., Gasca-Salas C., C., Sánchez-Ferro, Á., & Ángel Obeso, J. (2016). PARKINSON'S DISEASE: A REVIEW. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 27(3), 363–379. <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2016.06.010>
- Martínez-Martín, P., & Payo, B. F. (1998). Quality of life in Parkinson's disease: validation study of the PDQ-39 Spanish version. *Journal of Neurology*, 245(S1), S34–S38. <https://doi.org/10.1007/pl00007737>
- Mental Health and Substance Use (MSD). (2022, 14 junio). *Parkinson disease: a public health approach: technical brief*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240050983>
- Micheli, F. E., Pardal, M. F., & Cerissimo, M. G. (2014). Neurología en el anciano.
- Palasz, E., Wysocka, A., Gasiórowska, A., Chalimoniuk, M., Niewiadomski, W., & Niewiadomska, G. (2020). BDNF as a promising therapeutic agent in parkinson's disease. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 21, Issue 3). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijms21031170>

- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E., & González-Badillo, J. (2014). Effect of Movement Velocity during Resistance Training on Neuromuscular Performance. *International Journal of Sports Medicine*, 35(11), 916–924. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1363985>
- Qutubuddin, A. A., Pegg, P. O., Cifu, D. X., Brown, R., McNamee, S., & Carne, W. (2005). Validating the Berg Balance Scale for patients with Parkinson's disease: A key to rehabilitation evaluation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(4), 789–792. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2004.11.005>
- Radaelli, R., Trajano, G. S., Freitas, S. R., Izquierdo, M., Cadore, E. L., & Pinto, R. S. (2023). Power Training Prescription in Older Individuals: Is It Safe and Effective to Promote Neuromuscular Functional Improvements? *Sports Medicine*, 53(3), 569–576. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01758-0>
- Radak, Z., Kumagai, S., Taylor, A. W., Naito, H., & Goto, S. (2007). Effects of exercise on brain function: Role of free radicals. In *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism* (Vol. 32, Issue 5, pp. 942–947). <https://doi.org/10.1139/H07-081>
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., Frazee, K., Dube, J., & Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(2), 333–341. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000048831.15016.2A>
- Rose, D. J. (2003). *FallProof!: A Comprehensive Balance and Mobility Training Program*. Human Kinetics Publishers.
- Saavedra Moreno, J. S., Millán, P. A., & Buriticá Henao, O. F. (2019). Introducción, epidemiología y diagnóstico de la enfermedad de Parkinson. *Acta Neurológica Colombiana*, 35(3 Supl 1), 2–10. <https://doi.org/10.22379/24224022244>

Sajatovic, M., Ridgel, A. L., Walter, E. M., Tatsuoka, C. M., Colón-Zimmermann, K., Ramsey, R. K., Welter, E., Gunzler, S. A., Whitney, C. M., & Walter, B. L. (2017). A randomized trial of individual versus group-format exercise and self-management in individuals with Parkinson's disease and comorbid depression. *Patient Preference and Adherence*, 11, 965–973. <https://doi.org/10.2147/PPA.S135551>

Svensson, M., Lexell, J., & Deierborg, T. (2014). Effects of Physical Exercise on Neuroinflammation, Neuroplasticity, Neurodegeneration, and Behavior. In *Neurorehabilitation and Neural Repair* (Vol. 29, Issue 6, pp. 577–589). SAGE Publications Inc. <https://doi.org/10.1177/1545968314562108>

Tarazi, F. I., Sahli, Z. T., Wolny, M., & Mousa, S. A. (2014). Emerging therapies for Parkinson's disease: From bench to bedside. In *Pharmacology and Therapeutics* (Vol. 144, Issue 2, pp. 123–133). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2014.05.010>

Vázquez, M. (2021). *Saludable mente: Hábitos para optimizar tu cerebro y mejorar tu salud a cualquier edad*. GRIJALBO.

Vivar, P., & Tarí, J. (2023). PNM. Programación neuromotriz: Descubre cómo la fisiología afecta a la psicología. Lunwerg Editores.

World Health Organization: WHO. (2022, 5 octubre). *Actividad física*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>

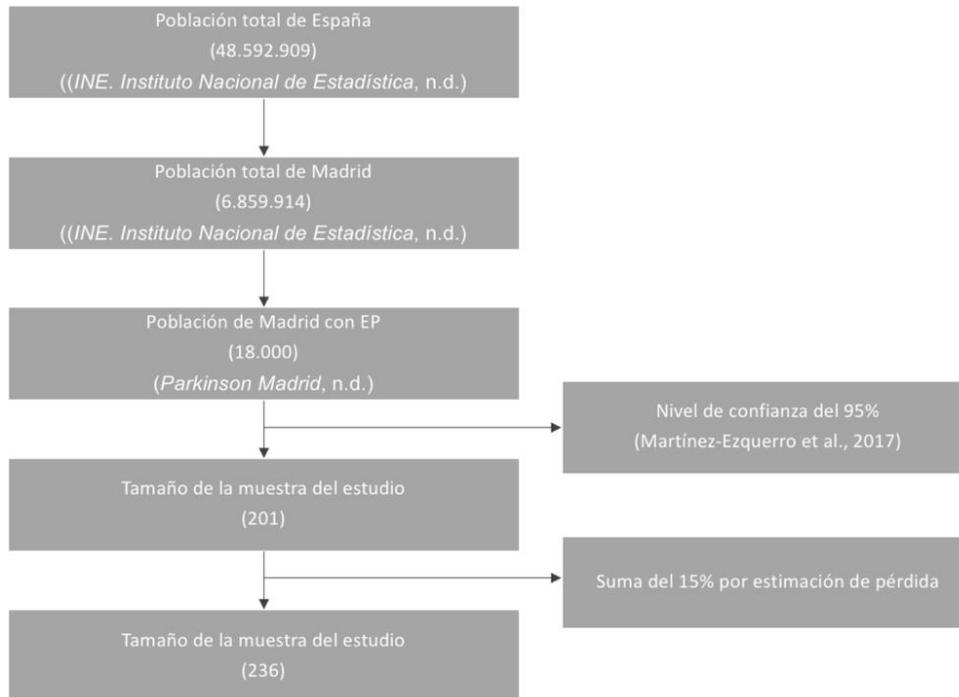
World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki. *JAMA*, 310(20), 2191–2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>

Zampieri, C., Salarian, A., Carlson-Kuhta, P., Aminian, K., Nutt, J. G., & Horak, F. B. (2009). The instrumented timed up and go test: Potential outcome measure for disease modifying therapies in Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, *81*(2), 171–176.  
<https://doi.org/10.1136/jnnp.2009.173740>

## 9. Anexos

### Anexo 1

#### *Tamaño muestral.*



*Nota.* Elaboración propia.

## Anexo 2

### Horarios de tests y valoraciones.

Análisis de sangre	PDQ-39	TUG	BBS		
<b>CRONOGRAMA TEST Y VALORACIONES</b>					
<b>SEMANA 10 Y 28 (GRUPO EXPERIMENTAL ALTA INTENSIDAD + ¼ GRUPO DE CONTROL)</b>					
HORARIO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
16:00-16:30					
16:30-17:00					
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:00-18:30					
<b>SEMANA 11 Y 29 (GRUPO EXPERIMENTAL ALTA INTENSIDAD + ¼ GRUPO DE CONTROL)</b>					
HORARIO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
16:00-16:30					
16:30-17:00					
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:00-18:30					
<b>SEMANA 30 Y 48 (GRUPO EXPERIMENTAL BAJA INTENSIDAD + ¼ GRUPO DE CONTROL)</b>					
HORARIO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
16:00-16:30					
16:30-17:00					
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:00-18:30					
<b>SEMANA 31 Y 49 (GRUPO EXPERIMENTAL BAJA INTENSIDAD + ¼ GRUPO DE CONTROL)</b>					
HORARIO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
16:00-16:30					
16:30-17:00					
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:00-18:30					

*Nota.* Elaboración propia

## Anexo 3

### Horarios de entrenamientos.

	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
16:00-17:00	G1	G7	G1	G7	
17:00-18:00	G2	G8	G2	G8	
18:00-19:00	G3	G9	G3	G9	
19:00-20:00	G4	G10	G4	G10	
20:00-21:00	G5	G11	G5	G11	
21:00-22:00	G6	G12	G6	G12	

*Nota.* Los entrenamientos durarán 50 minutos, pero habrá un periodo de 10 minutos para cambiar entre grupos. Abreviaturas: G (Grupo). Elaboración propia.

## Anexo 4

### *Consentimiento informado.*

#### **CONSENTIMIENTO INFORMADO**

**Proyecto:** efectos del entrenamiento de fuerza-velocidad en el factor ~~neurotrófico~~ derivado del cerebro en adultos mayores con enfermedad de Parkinson.

**Centro:** Universidad Europea de Madrid

LEA DETENIDAMENTE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO Y ASEGÚRESE QUE ENTIENDE ESTE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN. POR FAVOR, SI ESTÁ DE ACUERDO EN PARTICIPAR EN ESTE ESTUDIO, FIRME ESTE DOCUMENTO. POR SU FIRMA RECONOCE QUE HA SIDO INFORMADO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO, DE SUS REQUISITOS Y SUS RIESGOS Y QUE ACEPTA LIBREMENTE PARTICIPAR EN ÉL. UNA COPIA DEL PRESENTE DOCUMENTO LE SERÁ ENTREGADA.

#### **OBJETO DEL ESTUDIO.**

Ha sido invitado/a a participar en un estudio de investigación dirigido a personas con enfermedad de Parkinson.

#### **PROCEDIMIENTOS Y DURACIÓN DEL ESTUDIO.**

El único procedimiento al que será sometido/a serán dos analíticas de sangre (una al comienzo y otra al final de la intervención), diferentes pruebas de valoración física y una intervención de entrenamiento de fuerza. La duración del proyecto será de 30 semanas, durante los cuales usted nos autoriza a llevar a cabo la intervención con su persona. Los datos y la muestra que cede será utilizado exclusivamente con finalidad de investigación sin ánimo de lucro.

#### **RESULTADOS DEL ESTUDIO.**

Al finalizar el estudio se le informará del resultado global del mismo si usted lo desea, pero NO de su resultado personal, que se tratará con total confidencialidad de acuerdo con la Declaración de Helsinki y la Ley 14/2007, de Investigación biomédica.

#### **RIESGOS DERIVADOS DE LA PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO.**

Los riesgos asociados a la toma de muestras y datos son mínimos. Se empleará material estéril individual y desechable a fin de eliminar los riesgos de infección y de contagio y las muestras se obtendrán por personal cualificado.

**BENEFICIOS.**

La participación en el proyecto no será recompensada económicamente. Aparte de lo comentado anteriormente, se estima que el desarrollo del estudio en el que participará comportará beneficios en el avance de la enfermedad de Parkinson, calidad de vida y movilidad funcional.

**COSTES.**

El coste de la participación, extracción y procesamiento de la muestra, así como los análisis posteriores serán cubiertos por el proyecto. Su participación no le supondrá ningún coste.

**CONFIDENCIALIDAD DE SU MUESTRA Y DATOS.**

De acuerdo con la normativa legal vigente, los resultados de la información obtenida se tratarán con total confidencialidad. El protocolo de recogida de datos será archivado, y a cada participante se le asignará una clave de tal modo que no pueda relacionarse la información obtenida con la identidad del sujeto. Las muestras y datos serán anonimizados/os, asegurando la imposibilidad de inferir su identidad, para su estudio y potencial análisis ulterior.

El investigador responsable se compromete a que la confidencialidad de los datos que se puedan obtener en este proyecto será escrupulosamente observada, y que los datos personales de los sujetos participantes serán conocidos únicamente por el investigador principal (IP) y co-investigadores principales (co-IP) del proyecto. En los casos que corresponda, este informará al responsable médico o a los afectados si se cree que algún resultado del proyecto podría ser de su interés.

El investigador responsable se compromete a no utilizar las muestras y datos para otros estudios diferentes a los de este proyecto y a no traspasar las muestras, ni datos a otros posibles proyectos o equipos de investigación.

Para todo lo no previsto en este documento, se aplicará la legislación vigente sobre protección de datos de carácter personal (Ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica, BOE 274 de 15 de noviembre de 2002; Ley Orgánica 3/2018 de 5 de diciembre de Protección de Datos Personales y garantía de derechos digitales, BOE 294 de 6 de diciembre de 2018), sobre investigación biomédica (Ley 14/2007, de 3 de julio, de

Investigación biomédica; BOE 159 de 4 de julio de 2007) y cualquier otra que resultara aplicable.

Los resultados del estudio pueden ser publicados en revistas científicas o publicaciones de carácter general. No obstante, la información concerniente a su participación será mantenida como confidencial.

Recibirá una copia de este Consentimiento Informado firmado por usted.

**DECLARACIÓN DEL PACIENTE.**

He sido informado por el personal relacionado con el proyecto mencionado:

- De las ventajas e inconvenientes de este procedimiento.
- Del fin para el que se utilizarán mis muestras y datos.
- De que mis muestras y datos serán utilizados exclusivamente con finalidad de investigación sin ánimo de lucro.
- De que mis muestras y datos serán proporcionadas de forma anónima a los investigadores del proyecto.
- De que en cualquier momento puedo solicitar información genérica sobre los estudios para los que se han utilizado mis muestras y datos.

He comprendido la información recibida y he podido formular todas las preguntas que he creído oportunas.

**Usted tiene derecho de participar o no en la investigación y de retirar su consentimiento en cualquier momento.**

SE ME HA PROPORCIONADO COPIA DEL PRESENTE DOCUMENTO. ACEPTO PARTICIPAR EN ESTE ESTUDIO.

Nombre: ..... Firma: .....

**Declaración del profesional investigador de que ha informado debidamente al participante.**

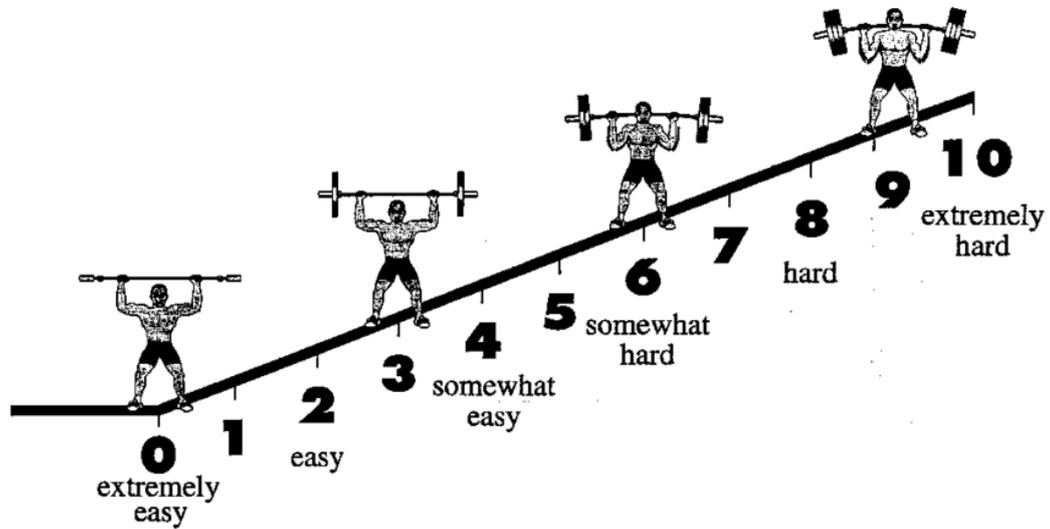
Nombre: ..... Firma: .....

Villaviciosa de Odón, a \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_

Nota. Elaboración propia.

## Anexo 5

RPE.



*Nota.* Recuperado de “Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise” por Robertson et al. (2003).

## Anexo 6

### Cuestionario PDQ-39.

Nombre:		Fecha:			
	Nunca	Ocasionalmente	Algunas veces	Frecuentemente	Siempre o incapaz
1. Dificultad para realizar las actividades de ocio que le gustaría hacer					
2. Dificultad para realizar tareas de la casa (por ejemplo, efectuar reparaciones, cocinar, ordenar cosas, decorar, limpieza,...)					
3. Dificultad para cargar con paquetes o las bolsas de la compra					
4. Problemas para caminar una distancia de unos 750 metros					
5. Problemas para caminar unos 100 metros					
6. Problemas para dar una vuelta alrededor de casa con tanta facilidad como le gustaría					
7. Problemas para moverse en sitios públicos					
8. Necesidad de que alguien le acompañara cuando salía a la calle					
9. Sensación de miedo o preocupación por si se caía en público					
10. Permanecer confinado en casa más tiempo del que usted desearía					

11. Dificultades para su aseo personal					
12. Dificultades para vestirse solo					
13. Problemas para abotonarse la ropa o atarse los cordones de los zapatos					
14. Problemas para escribir con claridad					
15. Dificultad para cortar los alimentos.					
16. Dificultades para sostener un vaso o una taza sin derramar el contenido.					
17. Sensación de depresión					
18. Sensación soledad y aislamiento					
19. Sensación de estar lloroso o con ganas de llorar					
20. Sensación de enfado o amargura					
21. Sensación de ansiedad o nerviosismo					
22. Preocupación acerca de su futuro					
23. Tendencia a ocultar su Enfermedad de Parkinson a la gente					
24. Evitar situaciones que impliquen comer o beber en público					
25. Sentimiento de vergüenza en público debido a tener la					

Enfermedad de Parkinson					
26. Sentimiento de preocupación por la reacción de otras personas hacia usted					
27. Problemas en las relaciones personales con las personas íntimas					
28. Falta de apoyo de su esposo/a o pareja de la manera que usted necesitaba (Si usted no tiene esposo/a o pareja marque esta casilla, por favor)					
29. No ha recibido apoyo de sus familiares o amigos íntimos de la manera que usted necesitaba					
30. Quedarse inesperadamente dormido durante el día					
31. Problemas para concentrarse; por ejemplo, cuando lee o ve la televisión					
32. Sensación de que su memoria funciona mal.					
33. Alucinaciones o pesadillas inquietantes					
34. Dificultad al hablar					
35. Incapacidad para comunicarse					

adecuadamente con la gente					
36. Sensación de que la gente le ignora					
37. Calambres musculares o espasmos dolorosos					
38. Molestias o dolores en las articulaciones o en el cuerpo					
39. Sensaciones desagradables de calor o frío					

*Nota.* Modificado de “Quality of life in Parkinson’s disease: validation study of the PDQ-39 Spanish version” por Martínez-Martín y Payo (1998).

## Anexo 7

BBS.

### Escala de Equilibrio de Berg

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha de la prueba: \_\_\_\_\_

**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 2 minutos con seguridad, anota todos los puntos por sentarse sin apoyo (ítem 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.

- 0 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.
- 4 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 vuelta 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 delante 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 sólo de lado, pero mantiene el equilibrio.
- 3 Mira sólo 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: «Dé 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 sólo por un lado en 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 ochos 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.

Puntuación total /56

**Nota.** Recuperado de “FallProof!: A Comprehensive Balance and Mobility Training Program” por Rose (2003).

## Anexo 8

### Material.

MATERIAL DE ENTRENAMIENTO	
MATERIAL	CANTIDAD
Racks/Multipower	3
Press Banca	5
Barras	8 (20kg) y 4 (15kg)
Prensa de piernas 45º	3
Polea	7
Kettlebell	4 de cada (2-20kg)
Step	7
Esterillas	7
Cuerdas para polea	5

*Nota.* Elaboración propia.

## Anexo 9

### Sesiones de entrenamiento.

GRUPO EXPERIMENTAL DE ALTA INTENSIDAD				
DÍA 1				
CALENTAMIENTO (15 min)				
EJERCICIO	SERIES	REPS/TIEMPO	DESCANSO	INTENSIDAD
Ciclo	1	5'	x	RPE 5
Cat-camel	1	10	x	RPE 2
Estiramiento oración	1	10	x	
Bird-Dog	1	10	x	
Retracción escapular con goma	1	10	x	
Push-wall	1	10	x	
PARTE PRINCIPAL (30 min)				
Sentadilla	3	Hasta una pérdida de velocidad del 15%	90"	65% RM
Press banca	3	Hasta una pérdida de velocidad del 15%	90"	65% RM
Face-pull	3	12	2'	RPE 8
Paseo de granjero unilateral				
VUELTA A LA CALMA (5 min)				
Movilidad torácica + Respiración		5'	x	RPE 2

GRUPO EXPERIMENTAL DE BAJA INTENSIDAD				
DÍA 1				
CALENTAMIENTO				
EJERCICIO	SERIES	REPS/TIEMPO	DESCANSO	INTENSIDAD
Ciclo	1	5'	x	RPE 5
Cat-camel	1	10	x	RPE 2
Estiramiento oración	1	10	x	
Bird-Dog	1	10	x	
Retracción escapular con goma	1	10	x	
Push-wall	1	10	x	
PARTE PRINCIPAL				
Sentadilla	3	Hasta una pérdida de velocidad del 10%	2'	65% RM
Press banca	3	Hasta una pérdida de velocidad del 10%	2'	65% RM
Facepull	3	12	2'	RPE 6
Paseo de granjero unilateral	3	12	2'	RPE 6
VUELTA A LA CALMA				
Movilidad torácica + Respiración		5'	x	RPE 2

GRUPO EXPERIMENTAL DE ALTA INTENSIDAD				
DÍA 2				
CALENTAMIENTO				
EJERCICIO	SERIES	REPS/TIEMPO	DESCANSO	INTENSIDAD
Ciclo	1	5'	x	RPE5
Cat-camel	1	10	x	RPE 2
Estiramiento oración	1	10	x	
Bird-Dog	1	10	x	
Retracción escapular con goma	1	10	x	
Push-wall	1	10	x	
PARTE PRINCIPAL				
Peso muerto	3	Hasta una pérdida de velocidad del 15%	90"	65% RM
Prensa de pierna	3	Hasta una pérdida de velocidad del 15%	90"	65% RM
Puente de glúteo	3	12	2'	RPE 8
Subida a cajón				
VUELTA A LA CALMA				
Movilidad torácica + Respiración		5'	x	RPE 2

GRUPO EXPERIMENTAL DE BAJA INTENSIDAD				
DÍA 2				
CALENTAMIENTO				
EJERCICIO	SERIES	REPS/TIEMPO	DESCANSO	INTENSIDAD
Ciclo	1	5'	x	RPE 5
Cat-camel	1	10	x	RPE 2
Estiramiento oración	1	10	x	
Bird-Dog	1	10	x	
Retracción escapular con goma	1	10	x	
Push-wall	1	10	x	
PARTE PRINCIPAL				
Peso muerto	3	Hasta una pérdida de velocidad del 10%	90"	65% RM
Prensa	3	Hasta una pérdida de velocidad del 10%	90"	65% RM
Puente de glúteo	3	12	2'	RPE 6
Subida a cajón	3	12	2'	RPE 6
VUELTA A LA CALMA				
Movilidad torácica + Respiración		5'	x	RPE 2

*Nota.* Elaboración propia.

## Anexo 10

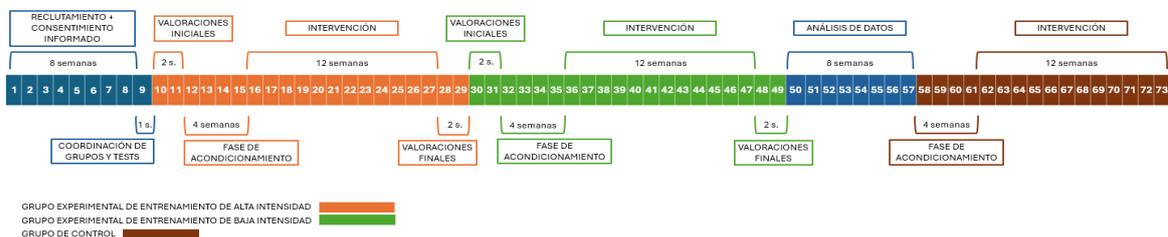
*Hoja de recogida de datos.*

<b>Paciente:</b>									
<b>Grupo:</b>									
<b>Fase:</b>									
<b>Semana:</b>									
Día 1				Día 2					
"Multiarticulares"		%RM	%Pérdida vel	VMP 1ª rep	"Multiarticulares"		%RM	%Pérdida vel	VMP 1ª rep
Sentadilla	Serie 1				Peso muerto	Serie 1			
	Serie 2					Serie 2			
	Serie 3					Serie 3			
Press banca	Serie 1				Prensa	Serie 1			
	Serie 2					Serie 2			
	Serie 3					Serie 3			
"Funcionales"		RPE	Repeticiones		"Funcionales"		RPE	Repeticiones	
Face-pull	Serie 1				Puente de glúteo	Serie 1			
	Serie 2					Serie 2			
	Serie 3					Serie 3			
Paseo del granjero unilateral	Serie 1				Subida a cajón	Serie 1			
	Serie 2					Serie 2			
	Serie 3					Serie 3			

*Nota.* Elaboración propia.

## Anexo 11

### Temporalización general del estudio.



*Nota.* Esta figura muestra de forma esquemática el cronograma que seguirá el estudio en sus distintas fases. Elaboración propia.

## Anexo 12

### División de grupos.

	GRUPO EXPERIMENTAL DE ALTA INTENSIDAD (79 PERSONAS)	GRUPO EXPERIMENTAL DE BAJA INTENSIDAD (79 PERSONAS)	GRUPO DE CONTROL (78 PERSONAS)
G1	6 PERSONAS	6 PERSONAS	6 PERSONAS
G2	6 PERSONAS	6 PERSONAS	6 PERSONAS
G3	6 PERSONAS	6 PERSONAS	6 PERSONAS
G4	6 PERSONAS	6 PERSONAS	6 PERSONAS
G5	6 PERSONAS	6 PERSONAS	6 PERSONAS
G6	7 PERSONAS	7 PERSONAS	6 PERSONAS
G7	7 PERSONAS	7 PERSONAS	7 PERSONAS
G8	7 PERSONAS	7 PERSONAS	7 PERSONAS
G9	7 PERSONAS	7 PERSONAS	7 PERSONAS
G10	7 PERSONAS	7 PERSONAS	7 PERSONAS
G11	7 PERSONAS	7 PERSONAS	7 PERSONAS
G12	7 PERSONAS	7 PERSONAS	7 PERSONAS

*Nota.* Elaboración propia.

## Anexo 13

### Cronograma y funciones del personal.

SEMESTRE 1 (GRUPO DE ENTRENAMIENTO DE ALTA INTENSIDAD + ½ DEL GRUPO DE CONTROL)																				
ACTIVIDADES	RESPONSABLE/S	PREVIO A LA INTERVENCIÓN			S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
		S 1-8	S 9	S 10-11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Reclutamiento	Médico	X																		
Consentimiento informado	Médico	X																		
Formación y aleatorización de grupos	Investigadores principales		X																	
Coordinar tests	Investigador principal/ secundario		X																	
Valoraciones/test iniciales	Enfermeros Técnicos de laboratorio Entrenadores Alumnos			X																
Fase de acondicionamiento	Entrenadores Alumnos				X	X	X	X												
Intervención	Entrenadores Alumnos								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Valoraciones finales	Enfermeros Técnicos de laboratorio Entrenadores Alumnos																			X

SEMESTRE 2 (GRUPO DE ENTRENAMIENTO DE BAJA INTENSIDAD + ½ DEL GRUPO DE CONTROL)																				
ACTIVIDADES	RESPONSABLE/S	PREVIO A LA INTERVENCIÓN			S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
		S 30-31	S 32	S 33	S 34	S 35	S 36	S 37	S 38	S 39	S 40	S 41	S 42	S 43	S 44	S 45	S 46	S 47	S 48-49	S 50-57
Valoraciones/test iniciales	Enfermeros Técnicos de laboratorio Entrenadores Alumnos	X																		
Fase de acondicionamiento	Entrenadores Alumnos		X	X	X	X														
Intervención	Entrenadores Alumnos								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Valoraciones finales	Enfermeros Técnicos de laboratorio Entrenadores Alumnos																		X	
Análisis de datos	Analista de datos																			X

ENTRENAMIENTO PARA EL GRUPO DE CONTROL																	
ACTIVIDADES	RESPONSABLE/S	S 58	S 59	S 60	S 61	S 62	S 63	S 64	S 65	S 66	S 67	S 68	S 69	S 70	S 71	S 72	S 73
Fase de acondicionamiento	Entrenadores Alumnos	X	X	X	X												
Intervención	Entrenadores Alumnos					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Nota. Elaboración propia.

## Anexo 14

Organigrama del personal del estudio.



Nota. Elaboración propia.

## Anexo 15

Gastos del estudio.

GASTOS ECONÓMICOS DE ESTUDIO	
MATERIAL/SERVICIO	COSTE
Estadístico	1.180€
Entrenadores (CAFYD)	15.744€
Test BDNF	3.924€
Prensa (Hammer Strength)	5.105€
Publicación del estudio	2.900€
Congreso (ECSS)	1.000€
<b>TOTAL</b>	<b>29.853€</b>

Nota. Elaboración propia.