



**Universidad de Oviedo**

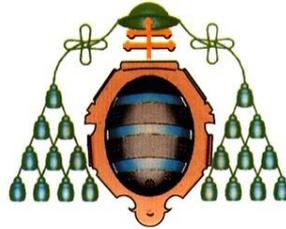
**Trabajo Fin de Grado de Fisioterapia**

**“Ejercicio interválico de alta intensidad en la rehabilitación del  
paciente con enfermedad de Párkinson”**

**Miguel Ángel Balboa Figuera**

**Fecha: 20 de mayo de 2025.**

**Trabajo Fin de Grado**



**Universidad de Oviedo**

**Trabajo Fin de Grado de Fisioterapia**

**“Ejercicio interválico de alta intensidad en la rehabilitación del  
paciente con enfermedad de Párkinson”**

**Trabajo Fin de Grado**

**Miguel Ángel Balboa Figuera   Amparo Fernández Rodríguez   Jose A. Fidalgo González**

## Resumen

**Introducción:** la realización de ejercicio físico como parte del tratamiento no farmacológico es importante para las personas con enfermedad de Párkinson (EP); dentro de las modalidades de ejercicio físico terapéutico, está el ejercicio interválico de alta intensidad (HIIT) que ha demostrado beneficios sobre la función motora, la capacidad cardiorrespiratoria y la neuroplasticidad

**Objetivo:** realizar una revisión bibliográfica sobre las modalidades y efectos del HIIT en la EP; describir las modalidades presentes del HIIT en EP; identificar sus principales efectos en la población de pacientes con EP; analizar su impacto en la población de pacientes con EP; diseñar un proyecto de intervención en fisioterapia basado en HIIT para pacientes con EP.

**Metodología:** se realizó una revisión de alcance con una búsqueda en PubMed, Web of Science, Cochrane Library, PEDro y Google Scholar, aplicando criterios de selección específicos. La calidad metodológica se evaluó mediante las escalas PEDro y AMSTAR-2.

**Resultados:** se identificaron 11 estudios; la duración de las intervenciones fue de 3 semanas a 24 meses, y se observaron tiempos de trabajo a alta intensidad >80%. La calidad metodológica resultó en una puntuación entre 1 y 6 puntos en la escala PEDro y “críticamente baja” en AMSTAR-2. Se reportaron efectos adversos leves; HIIT provoca aumentos en el VO<sub>2</sub>máx, BDNF, mejoras sobre síntomas motores, la funcionalidad, la fatiga y la depresión, pero no sobre la percepción global de calidad de vida.

**Conclusiones:** la realización de HIIT es segura, eficaz y adaptable a las preferencias o necesidades del paciente con EP; existen beneficios sobre la capacidad cardiorrespiratoria, síntomas motores, la funcionalidad; estas influyen positivamente sobre la fatiga, la depresión, sin provocar cambios en la CV. Futuras investigaciones deberían considerar un mayor tamaño muestral, una mayor extensión temporal, y asegurar el cegamiento y enmascaramiento de investigadores y evaluadores.

## Abstract

**Introduction:** Physical exercise as part of non-pharmacological treatment is important for people with Parkinson's disease (PD); among the therapeutic physical exercise modalities, high intensity intervallic exercise (HIIT) has demonstrated benefits on motor function, cardiorespiratory capacity and neuroplasticity.

**Objective:** to conduct a literature review on the modalities and effects of HIIT in PD; to describe the present modalities of HIIT in PD; to identify its main effects in the PD patient population; to analyze its impact on the PD patient population; to design a physiotherapy intervention project based on HIIT for PD patients.

**Methodology:** a scoping review was performed with a search in PubMed, Web of Science, Cochrane Library, PEDro and Google Scholar, applying specific selection criteria. Methodological quality was assessed using the PEDro and AMSTAR-2 scales.

**Results:** 11 studies were identified; the duration of the interventions ranged from 3 weeks to 24 months, and high intensity work times >80% were observed. Methodological quality resulted in a score between 1 and 6 points on the PEDro scale and "critically low" on AMSTAR-2. Mild adverse effects were reported; HIIT causes increases in VO<sub>2</sub>max, BDNF, improvements on motor symptoms, functionality, fatigue and depression, but not on global perception of quality of life.

**Conclusions:** HIIT is safe, effective and adaptable to the preferences or needs of the patient with PD; there are benefits on cardiorespiratory capacity, motor symptoms, functionality; they positively influence fatigue, depression, without causing changes in QoL. Future research should consider a larger sample size, a greater temporal extension, and ensure the blinding and masking of researchers and evaluators.

## Índice de contenidos

1. Glosario de abreviaturas.....	8
2. Introducción .....	10
2.1 Enfermedad de párkinson .....	10
2.1.1 Definición .....	10
2.1.2 Etiología .....	10
2.1.3 Epidemiología .....	11
2.1.4 Fisiopatología .....	11
2.1.5 Características clínicas .....	13
2.1.6 Importancia de la fisioterapia.....	14
2.2. Ejercicio terapéutico .....	15
2.2.1 Aspectos conceptuales .....	15
2.3 Ejercicio interválico de alta intensidad.....	18
2.3.1 Efectos .....	18
3. Justificación.....	20
4. Objetivos .....	21
4.1. Objetivo general.....	21
4.2. Objetivos específicos .....	21
5. Metodología.....	21
5.1 Material y métodos .....	21
5.2 Criterios de selección.....	22
5.3 Búsqueda y selección de artículos.....	23
5.4 Evaluación de la calidad metodológica de los estudios .....	25
6. Resultados .....	26

6.1 Resultados de la búsqueda .....	26
6.2 Variables e instrumentos de medida .....	30
6.2.1 Variables relacionadas con las intervenciones.....	30
6.2.2 Variables relacionadas con los efectos.....	31
6.2.3 Variables relacionadas con el impacto .....	33
6.3 Descripción de las intervenciones de los estudios.....	34
6.4 Extracción de datos agrupados y principales hallazgos.....	41
7. Discusión .....	49
8. Limitaciones .....	61
9. Conclusiones .....	62
10. Bibliografía .....	63
11. Anexos.....	71

## 1. Glosario de abreviaturas

1. 10MWT: Test de 10 metros marcha.
2. 30sSTS: *30-Seconds Sit to Stand*.
3. 5TSTST: *5-Times Sit to Stand Test*.
4. 6MWT: Test de 6 minutos marcha.
5. 7MWT: Test de 7 metros marcha.
6. ABC: *Activities-Balance Confidence Scale*.
7. AIx: Índice de aumento.
8. AIx75: Índice de aumento corregido a 75 latidos/minuto.
9. AP: Aumento de presión.
10. AS: Escala de Apatía
11. ATP: Adenina trifosfato
12. AV: Activación voluntaria.
13. BAI: *Beck Anxiety Index*.
14. BDI: *Beck Depression Index*.
15. BDI-II: *Beck Depression Index II*.
16. BDNF: Factor neurotrófico derivado del cerebro.
17. CAT: Catalasa.
18. CP: Definición de potencia.
19. CIP: Contracción involuntaria pico.
20. CO: Gasto cardíaco.
21. CS: Velocidad crítica.
22. CV: Calidad de vida.
23. EP: Enfermedad de párkinson.
24. ESS: *Epworth Sleepiness Scale*
25. FC: Frecuencia cardíaca.
26. FSS: *Fatigue Severity Scale*.
27. FSST: *Four-Square Step Test*.
28. GC: Grupo control.
29. GET: Umbral de intercambio de gases.
30. GFAP: Proteína fibrilar ácida glial.
31. GI: Grupo intervención.
32. GSH: Glutación reducido.
33. HIIT: Ejercicio interválico de alta intensidad.
34. HyY: Escala de Hoehn y Yahr.
35. IGF-1: Factor de crecimiento insulina tipo-1.
36. IL-10: Interleuquina 10.
37. IL-1 $\beta$ : Interleuquina 1 beta.
38. IL-6: Interleuquina 6.
39. IMEA: Índice de masa muscular esquelética apendicular.
40. KPPS: *King's Parkinson's Disease Pain Scale*
41. LT1: Primer umbral de lactato.

42. LT2: Segundo umbral de lactato.
43. MCV: Máxima contracción voluntaria.
44. MEA: Masa esquelética apendicular.
45. MFTP: 1-metil-4-fenil-1,2,3,6 tetrahidroporina.
46. MICT: Entrenamiento continuo de moderada intensidad.
47. MiniBESTest: *Mini Balance Evaluation Systems Test*.
48. MLSS: Estado estable de lactato máximo.
49. MoCA: *Montreal Cognitive Assessment*.
50. MM.MMII: Masa magra de los miembros inferiores.
51. NMSS: Non-motor Symptoms Scale.
52. NRF: Número de repeticiones al fallo.
53. PA: Presión arterial.
54. PDQ-39: *Parkinson's Disease Questionnaire*.
55. PFS-16: *Parkinson Fatigue Scale*.
56. PI: Potencia isométrica.
57. PSQI: *Pittsburgh Sleep Quality Index*.
58. PWV: *Pulse Wave Velocity*.
59. PWA: *Pulse Wave Analysis*.
60. PWL: Pico de carga de trabajo.
61. RBDSQ: *REM Sleep Behaviour Disorder Screening Questionnaire*.
62. RP: Resistencia periférica.
63. RPE: Escala de percepción de esfuerzo de Borg.
64. RPME: Escala de percepción de esfuerzo mental.
65. SATEDS: *Satisfaction Alertness Timing Efficiency Duration Scale*.
66. SCOPA-AUT: Escala para resultados de Enfermedad de Parkinson Autonómica.
67. SF-36: *36-Item Short Form Survey*.
68. SII: Índice de inflamación inmune sistémica.
69. SNA: Sistema nervioso autónomo.
70. SNC: Sistema nervioso central.
71. SOD: Superóxido dismutasa.
72. TDR: Tiempo de reacción
73. TNF- $\alpha$ : Factor de necrosis tumoral alfa.
74. TRP: Tiempo de resistencia de pedaleo.
75. TTE: Tiempo total de ejercicio.
76. TUG: *Timed Up and Go*
77. UPDRS: *Unified Parkinson's Disease Rating Scale*
78. VCAM: Molécula de adhesión vascular.
79. VEGF: Factor de crecimiento del endotelio vascular.
80. VO<sub>2</sub>máx: Consumo máximo de oxígeno.
81. VS: Volumen sistólico.

## 2. Introducción

### 2.1 Enfermedad de párkinson

#### 2.1.1 Definición

La enfermedad de párkinson (EP) es un desorden degenerativo cuya presentación suele ser en etapas tardías de la vida. Se caracteriza por la presencia de síntomas motores (temblor, rigidez y bradicinesia) (1–4). Existen también síntomas no motores (desórdenes autonómicos, trastornos del sueño en fase REM, depresión, deterioro cognitivo, demencia) (1,2,4,5) los cuales algunos aparecen décadas antes de los síntomas motores (3). La sintomatología es responsable del deterioro en la calidad de vida (CV), de las limitaciones y/o dependencia de quienes la padecen, conllevando una carga socioeconómica significativa (6). Actualmente, el criterio diagnóstico se basa en la presencia de al menos 2 de los síntomas descritos anteriormente. Un diagnóstico “definitivo” postmortem, se realizaría junto a pruebas histopatológicas que identifiquen cuerpos de Lewy que contenga alfa-sinucleína o neuritas de Lewy (3).

#### 2.1.2 Etiología

La EP es una enfermedad multifactorial, generalmente idiopática con factores de riesgo genéticos y ambientales, y su interacción (3,4). El factor de riesgo más importante es la edad, con una edad de inicio promedio de 60 años; existen variaciones transculturales, siendo mayor la prevalencia en Europa, Norteamérica y Sudamérica, comparado con África, Asia y países árabes (3).

Se asocia con el uso de pesticidas, herbicidas y metales pesados, pues se ha descubierto que la 1-metil-4-fenil-1,2,3,6 tetrahidropiridina (MFTP) se asocia a neurodegeneración de la sustancia negra (3,4), observándose que personas a las que se le inyectaba MFTP desarrollaban signos parkinsonianos (2,3). Esto provocó que se investigase la relación entre pesticidas y la EP, así como su relación con metales pesados, los cuales siguen inconclusos (3).

Los genes PARK han sido identificados dentro del genoma, siendo considerados factores de riesgo: PARK3, PARK10, PARK12, PARK16 y PARK222 (3). Las mutaciones de mayor interés presentan herencia autosómica dominante (SCNA, LRRK2 y VPS32) o autosómica recesiva (PRKN, PINK1 y DJ-1) (3,4), siendo numéricamente el factor más predisponente el GBA1 (3).

### 2.1.3 Epidemiología

La prevalencia de la EP se ha duplicado en los últimos 25 años; se estima que en 2019 más de 8.5 millones de personas en todo el mundo la padecía; representa un aumento del 81% desde el año 2.000, causando 329.000 fallecimientos (1). Los avances diagnósticos y terapéuticos, sumado a el envejecimiento de la población, podrían explicar el aumento en la prevalencia de la EP (6,7).

Según datos de la Sociedad Española de Neurología, más de 150.000 personas están afectadas por la EP, de los cuales un 15% son personas menores de 50 años (7). Por edades, el grupo de mayor prevalencia es el comprendido entre 85 y 89 años, 30.82 personas por cada 1.000 personas. En todos los grupos etarios hay mayor prevalencia en hombres respecto a las mujeres, aunque estas presentan una menor esperanza de vida y mayor mortalidad (7,8).

Por su naturaleza progresiva y debilitante, la EP implica una gran carga económica. Los costes incluyen gastos médicos directos (consultas, medicamentos, hospitalizaciones y terapias avanzadas) e indirectos (pérdida de productividad o incapacidad laboral, el cuidado familiar, la contratación de cuidadores y el ingreso en residencias), que se multiplican en los casos avanzados. La Fundación del Cerebro estima el coste por paciente con EP alrededor de los 17.000 euros al año (6).

### 2.1.4 Fisiopatología

La patología está caracterizada por la pérdida de inervación dopaminérgica de la sustancia negra (3), con la aparición de cuerpos de Lewy a lo largo de esta (2). Aunque la neurodegeneración no se limita únicamente a esta zona involucrando células de otras regiones de la red neural (3), como son:

porciones del sistema nervioso central (SNC), sistema nervioso periférico (SNP), sistema nervioso autónomo (SNA) y otros órganos como la retina, el corazón, las glándulas adrenales y la piel (9).

Braak et al, formuló un esquema de estadios de la EP (2):

1. Afectación temprana en el núcleo motor dorsal del nervio vago, el núcleo olfatorio anterior (2,3), la formación reticular (3,9).
2. Se producen neuritas en el SNA, nervios simpáticos, parasimpáticos periféricos y en núcleos medulares del sistema de ajuste, como los núcleos del rafe inferior, núcleo reticular gigantocelular y complejo ceruleus-subceruleus (9)

En estas 2 primeras etapas, los pacientes son asintomáticos o presintomáticos, aunque pueden presentar síntomas no motores, normalmente autonómicos, olfatorios y trastornos del sueño (3,9).

3. Extensión de neuritas y cuerpos de Lewy hacia el prosencéfalo basal, la amígdala cerebral (2,3,9), núcleos del tronco del encéfalo, hipotálamo y medula espinal (9). Se observa también, neurodegeneración en las neuronas mielinizadas (3).
4. Se involucran los núcleos de la línea media e intralaminares del tálamo, la corteza límbica temporal anteromedial y la formación hipocampal (9).

Durante los estadios 3 y 4 aparecen los síntomas motores (3). Siendo el estadio 3 asociado clínicamente a los trastornos del sueño, el temblor asimétrico, la rigidez y la hipocinesia. Por otro lado, en el estadio 4 se hace evidente el temblor, la rigidez y la hipocinesia (9).

5. Las neuritas y los cuerpos de Lewy se forman en áreas corticales superordinadas para la regulación de funciones autónomas, las áreas de asociación sensorial de orden superior y los campos prefrontales (9).

Está asociada a discapacidad motora de fase tardía, fluctuaciones, estar en silla de ruedas o postrado en cama (9).

6. Se ven afectadas las áreas de asociación sensorial de primer orden y los campos premotores, las áreas sensoriales y motoras primarias o todo el neocórtex (3,9).

Se relaciona con los síntomas de discapacidad motora de fase tardía, fluctuaciones, deterioro cognitivo y demencia (9).

#### 2.1.5 Características clínicas

A nivel físico, el motivo principal de consulta suele ser el temblor, típicamente unilateral y en reposo. La bradicinesia, que se caracteriza por la lentitud en la realización de actividades. Junto a la rigidez, evidente en el examen físico, pues no hay braceo durante la marcha ni son capaces de levantarse de una silla sin apoyo, en combinación con la bradicinesia da lugar a la micrografía. (2).

Además de los síntomas mencionados con anterioridad, en la EP existen síntomas no motores, relacionados con la disfunción autonómica y la depresión (4,5). Entre ellos destacan:

En la disfunción autonómica cardiovascular el síntoma más común es la hipotensión ortostática (5,10); y la hipertensión supina, descrito en pacientes con una disautonomía avanzada, siendo común en pacientes con fallo autonómico crónico (10).

Los desórdenes gastrointestinales son los más comunes dentro de los síntomas no motores (5); resaltan el estreñimiento, la sialorrea, la disfagia, las náuseas, los vómitos y la gastroparésis (11).

La disfunción urinaria: hiperactividad del detrusor, resultando en retención o incontinencia urinaria (5). La función sexual se ve afectada de forma que los hombres tienen dificultades para mantener la erección, las mujeres ven reducida su sensibilidad genital, resultando en dificultad para alcanzar el orgasmo (5,12).

La afectación respiratoria destaca la asincronía de la musculatura respiratoria, afectando tanto al patrón respiratorio como al volumen torácico; resultado de la rigidez torácica y la

cifoescoliosis presente en la EP. Asimismo, existe predominio obstructivo de las vías aéreas altas, resultado de la disfunción contráctil y la debilidad, dando lugar a retención de secreciones (13).

Dentro de los trastornos del sueño destacan el insomnio, la hipersomnia, la parasomnia, el síndrome de piernas inquietas, el fallo respiratorio agudo y desordenes del ritmo circadiano (5,13). Se han descrito apneas obstructivas, centrales y mixtas durante el sueño, Cheyne-Stokes y estridor nocturno (5).

La variedad patológica en estadios tempranos y tardíos contribuirían a la heterogeneidad clínica de la enfermedad, describiéndose 4 subtipos clínicos diferentes: inicio temprano de la enfermedad, temblor dominante, no temblor dominante y progresión rápida de la enfermedad (9).

#### 2.1.6 Importancia de la fisioterapia

Desde la fisioterapia, el tratamiento consiste en potenciar las habilidades de las personas con EP, para compensar el déficit motor con programas motores que evitan los circuitos defectuosos de los ganglios basales (4).

La actividad física contribuye a la mejora de la función motora y del estado de ánimo, debido al aumento en la liberación de dopamina y la activación del núcleo estriado ventral (14). El efecto cualquier modalidad de ejercicio en la EP a nivel estructural y funcional del SNC, viéndose reflejado en la capacidad de marcha, estabilidad postural, función motora, fuerza, capacidad cardiorrespiratoria, mejoras en el sueño y la prevención de caídas (4,14–18). Repercute positivamente en la salud mental del paciente, sobre la función ejecutiva y cognitiva y reduciendo los niveles de ansiedad y depresión (14).

Respecto al ejercicio aeróbico, los ejercicios de alta intensidad parecen ser más efectivos en la reducción de síntomas que aquellos de baja intensidad, de todas formas, muchos pacientes encuentran difícil la adopción de un programa de ejercicios que coincida con sus habilidades o cumplirlos durante un largo período de tiempo (4).

Se sugiere que cuanto mayor es el nivel de actividad física tras el diagnóstico, el curso de la EP mejora respecto a un manejo tradicional de la misma (17). Las intervenciones basadas en ejercicio benefician diferentes aspectos de la enfermedad según el tipo que sea prescrito (18), destacando:

1. Ejercicio aeróbico: beneficios en la función cardiorrespiratoria y motora, aumentos en el consumo de oxígeno máximo ( $VO_{2max}$ ) (18). Existiendo mejores beneficios a alta intensidad comparado con la intensidad moderada (4,17,18).
2. Ejercicio resistencia: beneficios en la CV, la marcha, la función cardiorrespiratoria, la función motora y el equilibrio (18).
3. Combinación de aeróbico y resistencia: beneficios en la función cognitiva, la capacidad respiratoria y niveles de factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF)(18).

Por lo tanto, la intervención del paciente con EP debe incluir ejercicios que promuevan el mantenimiento o mejora de su sintomatología, de acuerdo con los objetivos terapéuticos planteados (17).

Actualmente se recomiendan entre 3 a 5 días de ejercicio aeróbico, entre 20 a 60 minutos de ejercicio de intensidad moderada (17) o bien con una intensidad entre 60-80% o 70-85% de la frecuencia cardíaca máxima ( $FC_{max}$ ) o 14-17 en la escala de percepción de esfuerzo de Borg (RPE) (16). 2 a 3 días de ejercicio de resistencia, 1 a 3 series de 8 a 12 repeticiones entre el 40-50% de 1 repetición máxima (17).

## 2.2. Ejercicio terapéutico

### 2.2.1 Aspectos conceptuales

La actividad física constituye cualquier movimiento corporal provocado por el músculo esquelético, resultando en un gasto de energía por encima de la tasa metabólica en reposo (19,20). Incluye: el ejercicio, el deporte, las actividades de la vida diaria (AVD), la ocupación, el ocio y el transporte activo (20).

Por tanto, el ejercicio físico es un movimiento corporal planificado, estructurado y repetitivo realizado para mejorar o mantener uno o más componentes de la aptitud física, siendo el conjunto de atributos medibles relacionados con la salud y las habilidades, con el objetivo de producir mejor un funcionamiento del organismo (19,20). El ejercicio físico puede ser subdividido según el metabolismo muscular requerido para su realización; en aeróbico (resíntesis de adenina trifosfato (ATP) mediante oxidación de glucosa) o anaeróbico (resíntesis de ATP de la degradación de fosfocreatina en creatina y glucosa en lactato) (19); resultando en fibras rojas, preparadas para una actividad muscular continua y prolongada, y fibras blancas, preparadas para contracciones rápidas y potentes (21).

El ejercicio terapéutico es la planificación y ejecución sistemática de movimientos, posturas y actividades corporales para prevenir factores de riesgo, mejorar, reestablecer o potenciar el funcionamiento físico y optimizar el estado de salud, condición física o sensación de bienestar, incidiendo en la CV de los individuos (22).

Para su prescripción, se debe considerar: el grupo muscular, tipo de contracción muscular, rango de movimiento de trabajo, tipo de ejercicio y la carga empleada, postura inicial y objetivo postural, velocidad, intensidad, frecuencia y duración, secuencia, contraindicaciones del ejercicio, limitaciones del volumen e intensidad del ejercicio (22). En resumen, el proceso sistemático de la prescripción del ejercicio terapéutico se desarrolla en un concepto "FITT-VP" (frecuencia, intensidad, tiempo, tipo, volumen y progresión) (20).

Dentro del proceso descrito anteriormente, la intensidad es la variable más importante y más difícil de determinar, pero que controla directamente el programa de ejercicio (19). Siendo esta, el grado de exigencia de la carga de entrenamiento (19) o el volumen de la carga en función del tiempo (21), puede expresarse como un porcentaje de la capacidad aeróbica funcional y el VO<sub>2</sub>máx.

Aunque, la vigilancia diaria del ejercicio requiere un índice medible por el paciente, por ejemplo la toma de la frecuencia cardíaca (FC) y la RPE (19) (Tabla 1).

Tipo	VO <sub>2</sub> máx (%)	FCmáx (%)	RPE
Muy ligera	<25	<30	<9
Ligera	25-44	30-49	9-10
Moderada	45-59	50-69	11-12
Intensa	60-84	70-89	13-16
Muy intensa	>85	>90	>16
Máxima	100	100	20

Tabla 1. Clasificación de la actividad física según intensidad.

Fuente: González-Chávez A, Becerra-Pérez AR, Carmona-Solís FK, Cerezo-Goiz IA, Hernández-y-Hernández H, Lara-Esqueda A. Ejercicio físico para la salud. 2001;12(4):168-80.

En un contexto de rendimiento (Figura 1), es común un esquema de clasificación fundamental de tres dominios donde el umbral de lactato (LT1) o de umbral de intercambio de gases (GET)(23).

1. LT1 o de GET: marca el punto donde la acumulación de lactato supera los valores basales y se activa el componente lento de consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>). Este es el límite entre el ejercicio moderado y el intenso (23).
2. La determinación de potencia (CP) o velocidad crítica (CS) establece el límite entre el ejercicio intenso y el severo, reflejando la intensidad más alta que es sostenible, por encima del que hay un aumento del metabolismo no oxidativo asociado con una rápida intolerancia al ejercicio. Otros indicadores incluyen: el segundo umbral de lactato (LT2), el estado estable de lactato máximo (MLSS) o el punto de inflexión del lactato (23).



Figura 1. Comparación de modelos de entrenamiento y clasificación para la salud y el deporte.

Fuente: Coates AM, Joyner MJ, Little JP, Jones AM, Gibala MJ. A Perspective on High-Intensity Interval Training for Performance and Health. Sports Med. 2023;53(Suppl 1):85-96. DOI: 10.1007/s40279-023-01938-6.

### 2.3 Ejercicio interválico de alta intensidad

El ejercicio interválico de alta intensidad (HIIT) se puede definir como una modalidad de entreno que incluye períodos de trabajo a alta intensidad seguido por períodos de descanso activo o reposo (23–26). Normalmente, los periodos de alta intensidad se realizan >80% de la FC<sub>máx</sub>, mientras que el descanso activo entre 30-50% FC<sub>máx</sub>. (25,26). Permite acumular un mayor volumen de trabajo a alta intensidad que un entreno continuo. En un contexto de salud, podríamos hablar de alta intensidad a partir de 6 METs, >14 RPE, > 76% FC<sub>máx</sub> y > 64% VO<sub>2</sub>máx (Figura 1)(23).

#### 2.3.1 Efectos

Aumentos en la VO<sub>2</sub>pico, de aproximadamente 1.7ml O<sub>2</sub>/kg/min (24), siguiendo una relación dosis-efecto, a mayor tiempo de entreno, mejores resultados en la VO<sub>2</sub>pico (27). Se atribuyen al aumento en la capacidad de bombeo cardiaco, donde existen aumentos en la fracción de eyección (23,24,27).

Por otro lado, existen beneficios a nivel vascular a consecuencia de un fenotipo optimizado de flujo, tensión y cizallamiento, que desencadenarían la afluencia de calcio en células endoteliales hiperpolarizadas que regularía los niveles de sintasa de óxido nítrico (24). Por lo que, reduciría la disfunción inducida por la lipemia postprandial (24). A su vez, ha sido eficaz en la reducción de los niveles de lipoproteína de baja densidad (LDL) (24,28), de triglicéridos (27,28), y la glucosa en ayunas (27). Aumentando los niveles de lipoproteína de alta densidad (HDL) (24,28) y mejorando la sensibilidad a la insulina (24,29).

El riesgo de mortalidad por todas las causas se reduce un 11% por cada MET que se aumenta, independientemente de la edad, el sexo, la duración y el seguimiento (23).

En modelos animales, la liberación de sustancias a partir de la activación del músculo esquelético, entre ellas el lactato, cuyos altos niveles se correlacionan con un aumento de los niveles de BDNF (24,25) y excitabilidad en la corteza motora y el aprendizaje motor; por lo tanto, permite modular el comportamiento motor complejo, mejorando la adquisición de habilidades motoras y memorización (25). El BDNF modula la plasticidad neuronal, promoviendo el crecimiento neuronal, la función sináptica e induce potenciación a largo plazo (25). Se acelera la neurogénesis en giro dentado del hipocampo, la reducción de beta-amiloide y del estrés neurooxidativo inflamatorio nitrosativo, adaptaciones propioceptivas debido al mantenimiento sostenido del esfuerzo (24).

A partir de los efectos a nivel cardiovascular y cardiorrespiratorio (23–25), se puede aumentar la perfusión cerebral y la vasorreactividad si se realiza ejercicio físico regular (24). Por lo que la exposición repetida a fuerzas mecánicas asociadas a la hiperemia, provoca cambios en la presión, deformación y cizallamiento, induce adaptaciones del endotelio vascular, acabando en la liberación de BDNF, factor de crecimiento tipo insulina-1 (IGF-1) y factor de crecimiento del endotelio vascular (VEGF)(24).

### 3. Justificación

La EP es un trastorno neurodegenerativo cuya prevalencia se prevé en aumento, e implica actualmente un alto coste económico y social. Se caracteriza por síntomas motores como la bradicinesia, la rigidez y el temblor, así como por síntomas no motores que comprometen la funcionalidad, la independencia y el bienestar de quienes la padecen.

En este contexto, la aplicación del ejercicio físico con fines terapéuticos se ha convertido en una herramienta nuclear dentro de la fisioterapia, especialmente en el tratamiento de aquellas personas que ven mermada su participación en AVD y otras actividades físicas. Esto aplicado en la EP, ha demostrado ser una parte clave del tratamiento no farmacológico, teniendo un efecto positivo sobre la movilidad funcional, el equilibrio, la flexibilidad y CV de quienes la padecen.

Dentro del abanico de estrategias presentes en el ejercicio terapéutico resalta la realización de ejercicio aeróbico, y dentro de este destaca el HIIT como una modalidad innovadora, que ha demostrado ser eficaz en diversas poblaciones para mejorar la capacidad funcional, promover la neuroplasticidad y optimizar la condición física. Al ser comparado con el entrenamiento continuo de intensidad moderada (MICT) destacan mejoras sobre la capacidad cardiorrespiratoria, parámetros motores y funcionales, sin que sea necesario un mayor volumen de entrenamiento. Debido a esto, su estructura de entreno puede ser más motivadora y eficiente en el tiempo, favoreciendo su adherencia en intervenciones clínicas.

No obstante, en el caso específico de la EP, la evidencia sobre la aplicabilidad del HIIT es limitada y heterogénea, debido a las peculiaridades presentes que son propias de esta población, como son la variabilidad y dominancia de la sintomatología tanto motora (bradicinesia, rigidez y temblor) como la no motora (alteraciones cognitivas, emocionales y autonómicas). Siendo fundamental conocer evidencia sobre su aplicabilidad, eficacia y seguridad.

## 4. Objetivos

### 4.1. Objetivo general

Realizar una revisión bibliográfica sobre la aplicación y los efectos del HIIT en pacientes con EP.

### 4.2. Objetivos específicos

1. Describir modalidades presentes del HIIT en EP.
2. Identificar los principales efectos del HIIT en la población de pacientes con EP.
3. Analizar el impacto del HIIT en la población de pacientes con EP.

## 5. Metodología

### 5.1 Material y métodos

El trabajo presente es una revisión de alcance, que pretende explorar y resumir la información actual más relevante sobre la aplicación del HIIT en pacientes con EP en el contexto de la rehabilitación y terapia física. Debido al formato de esta, se realiza una adaptación de la pregunta de investigación, en lugar de ser PICO (población, intervención, comparación y resultados), será tipo PCC (población, concepto y contexto).

La búsqueda se realizará en las siguientes bases de datos: PubMed, Web of Science, Cochrane Library y PEDro. Por otro lado, se incluirán artículos buscados en otras fuentes de datos para incorporar documentos no publicados.

Pregunta PCC: ¿Cuáles son los efectos y la aplicación de las modalidades HIIT en pacientes con EP en el contexto de la rehabilitación y terapia física?

	<b>P (población)</b>	<b>C (concepto)</b>	<b>C (contexto)</b>
--	----------------------	---------------------	---------------------

<b>Término de búsqueda</b>	EP	HIIT	Fisioterapia Rehabilitación
<b>Término Mesh</b>	Parkinson Disease Parkinsonian Disorders	High-Intensity Interval Training Sprint Interval Training High-Intensity Intermittent Exercise	Rehabilitation Exercise Therapy Physical Therapy Specialty

Tabla 2: Desglose pregunta PCC en los términos de búsqueda.

## 5.2 Criterios de selección

Con el fin de determinar aquellos artículos elegibles para la revisión, se establecen los siguientes criterios de selección:

1. Criterios de inclusión:
  - i. Artículos publicados entre 2017 y 2025.
  - ii. Artículos disponibles en los siguientes idiomas: inglés o español.
  - iii. Estudios realizados en humanos.
  - iv. Pacientes con un diagnóstico de EP.
  - v. Pacientes mayores de 18 años.
  - vi. Descripción detallada de un protocolo de HIIT, donde se especifique tiempo de trabajo, tiempo de descanso y tipo de entrenamiento.

2. Criterios de exclusión:

- i. Estudios en los que los pacientes presenten otras comorbilidades asociadas.
- ii. Estudios experimentales en la que los grupos reciben múltiples intervenciones sin diferenciación entre ellas.

5.3 Búsqueda y selección de artículos

En primer lugar, se realizó una búsqueda de artículos en las bases de datos mencionadas con anterioridad, mediante la utilización de las palabras clave recogidas a partir de la pregunta PCC y los operadores booleanos (AND y OR). La estrategia de búsqueda se configuró según las posibilidades de búsqueda dentro de cada una de las bases de datos (Tabla 2).

Base de datos	Estrategia de búsqueda
<b>PubMed</b>	((parkinson disease[MeSH Terms]) OR (parkinson disease) OR (parkinsonian disorders[MeSH Terms]) OR (parkinsonian disorders)) AND ((high-intensity interval training[MeSH Terms]) OR (high-intensity interval training) OR (sprint interval training[MeSH Terms]) OR (sprint interval training) OR (high-intensity intermittent exercise[MeSH Terms]) OR (high-intensity intermittent exercise)) AND ((rehabilitation[MeSH Terms]) OR (rehabilitation) OR (exercise therapy[MeSH Terms]) OR (exercise therapy) OR (physical therapy specialty[MeSH Terms]) OR (physical therapy specialty)) Filtros: fecha de publicación desde 01-01-2017 a 08-02-2025, N= 28
<b>Web of Science</b>	((TS=(parkinson disease)) OR ALL=(parkinson disease) OR TS=(parkinsonian disorders) OR ALL=(parkinsonian disorders)) AND (TS=(high-intensity interval training) OR ALL=(high-intensity interval

	<p>training) OR TS=(sprint interval training) OR ALL=(sprint interval training) OR TS=(high-intensity intermittent exercise) OR ALL=(high-intensity intermittent exercise)) AND (TS=(rehabilitation) OR ALL=(rehabilitation) OR TS=(exercise therapy) OR ALL=(exercise therapy) OR TS=(physical therapy specialty) OR ALL=(physical therapy specialty))</p> <p>Filtros: fecha del índice: 2017-01-01 a 2025-02-08. N= 14</p>
<b>Cochrane Library</b>	<p>Título Resumen Palabra clave: ((parkinson disease) OR (parkinsonian disorders)) AND ((high-intensity interval training) OR (sprint interval training) OR (high-intensity intermittent exercise)) AND ((rehabilitation) OR (exercise therapy) OR (physical therapy specialty)).</p> <p>Filtros: 2017-2025. N= 19</p>
<b>PEDro</b>	<p>Abstract&amp;Title: parkinson disease *high-intensity interval training.</p> <p>Filtros: artículos publicados desde 2017, al buscar unir todos los términos (AND). N= 9</p>
<b>Google Scholar</b>	<p>allintitle: Parkinson's disease "high-intensity interval training"</p> <p>Filtros: intervalo específico: 2017-2025. N= 28</p>

Tabla 3. Estrategia de búsqueda realizada a partir de la pregunta PCC.

Una vez seleccionados los artículos, aquellos que estaban disponibles fueron descargados en formato PDF. El resto que tenían acceso restringido fueron solicitados a la biblioteca de la Universidad de Oviedo, siendo estos entregados en el mismo formato.

Ya con los artículos descargados en formato PDF se procedió a su inclusión dentro del software de Zotero, donde para la eliminación de duplicados se hizo uso de la función presente. El programa cuenta con una carpeta llamada “Elementos duplicados”, en la que una vez seleccionada se observaron aquellos artículos que contaban con 2 o más metadatos registrados. Para eliminarlos

se procedió de forma que se seleccionó dentro de dicha carpeta el título de los artículos, una vez dentro se fusionarían los metadatos de estos elementos.

Teniendo ya los elementos en un único formato, se realizó un cribado mediante la lectura del título y resumen. Tras haber realizado el descarte se procedió a la lectura completa de los artículos comprobando el cumplimiento de los criterios de inclusión y exclusión.

#### 5.4 Evaluación de la calidad metodológica de los estudios

Para la evaluación de la calidad metodológica de los estudios presentes en esta revisión se utilizaron las escalas PEDro (Anexo 1) y AMSTAR-2 (Anexo 2) para la valoración de los estudios experimentales y la revisión sistemática y metaanálisis, respectivamente (30). La escala PEDro consta de 11 ítems, cada uno recibe un punto por su cumplimiento excepto el primero (“los criterios de elección fueron especificados”), su propósito es ayudar a la identificación de la validez interna y de información estadística dentro de los estudios experimentales. AMSTAR-2 es un instrumento utilizado para la evaluación metodológica de las revisiones sistemáticas, incluye 16 ítems y sus resultados se dividen según los resultados en sus ítems críticos (2, 4, 7,9, 11, 13 y 15), y los no críticos, dividiéndolos en alta (0-1 debilidad crítica), moderada (más de 1 debilidad crítica), baja (1 debilidad crítica junto a varias debilidades no críticas) y críticamente baja (más de 1 debilidad crítica con o sin debilidades no críticas) (30,31).

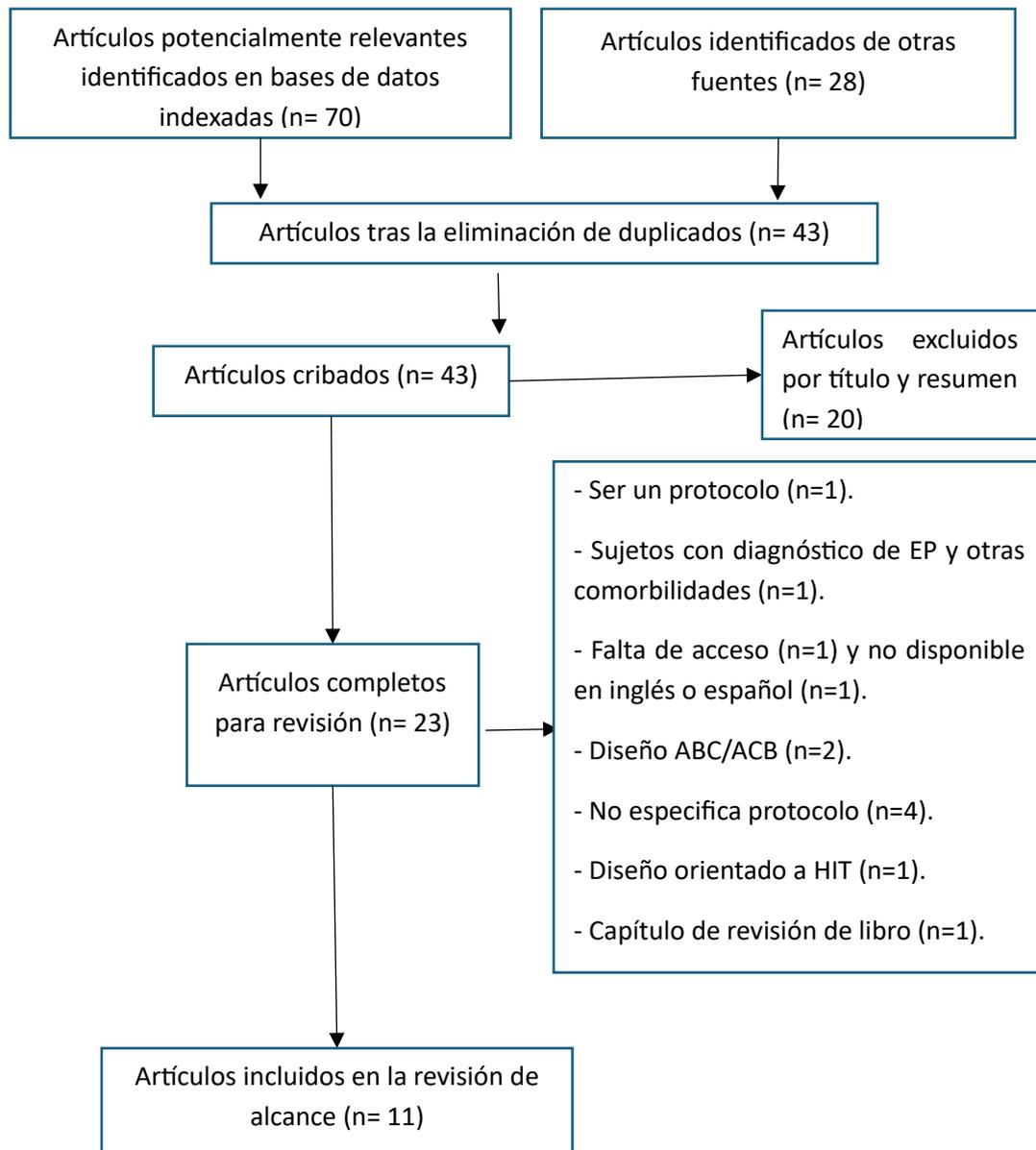


Figura 2. Diagrama de flujo de la búsqueda bibliográfica.

## 6. Resultados

### 6.1 Resultados de la búsqueda

Se identificaron 70 artículos de bases de datos indexadas y 28 de Google Scholar, resultando en un total de 98 artículos potencialmente relevantes. Se procedió a la eliminación de duplicados, que resultó en el mantenimiento de 43 artículos. Se realizó el cribado mediante la lectura de título

y resumen, eliminándose 20 artículos, quedando 23 artículos completos para su lectura. De estos, 12 fueron eliminados por ser un protocolo (n=1), los sujetos presentaban otras comorbilidades (diabetes, hipertiroidismo, etc) (n=1), falta de acceso (n=1), no estar disponible en inglés o español (n=1), presentar un diseño ABC/ACB (n=2), no presentar un protocolo detallado (n=4), por estar orientado a ejercicio de alta intensidad (HIT) (n=1) y ser un capítulo de revisión de un libro (n=1). Esto resulta en un total de 11 artículos incluidos en la revisión de alcance.

De los 11 artículos incluidos, encontramos una revisión sistemática y metaanálisis (32), tres ensayos piloto experimentales aleatorizados (33–35), tres estudios de viabilidad, uno de tipo ensayo clínico aleatorizado (36) y dos de tipo ensayo experimental (37,38), dos ensayos clínicos aleatorizados (39), uno de ellos es una tesis (40), y dos estudios experimentales (41,42).

La información relativa a las puntuaciones en las escalas utilizadas, los autores, área geográfica y año, diseño estudio y calidad metodológica de los mismos se resumen en las siguientes tablas:

Ítems	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	Total
<b>AMSTAR-2</b>																	
<b>Harpham et al. (2023)</b>	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	12

Tabla 4. Puntuación por ítems de la escala AMSTAR-2 en revisión sistemática y metaanálisis.

Ítems de la escala PEDro	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Total
Kathia et al. (2024)	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	6
Kim et al. (2024)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	5
Malczynska-Sims et al.	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	5
Kim et al (2023)	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	6
Blacker et al. (2023)	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Ramos et al. (2024)	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
O'Callaghan et al. (2019)	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	5
Harvey et al. (2019)	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	6
Harpham et al. (2023)	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
Duplea (2020)	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	6

Tabla 5. Puntuación por ítems de escala PEDro en estudios experimentales.

<b>Autor</b>	<b>Lugar y año</b>	<b>Diseño de estudio</b>	<b>Calidad metodológica</b>
<b>Kathia M.M et al.</b>	Guelph, Canadá. 2024.	Estudio experimental aleatorizado.	6/10 PEDro.
<b>Kim R. et al.</b>	Incheon, Corea del Sur. 2024	Estudio piloto experimental aleatorizado.	5/10 PEDro.
<b>Malczynska-Sims P et al.</b>	Varsovia, Polonia. 2022	Estudio experimental	5/10 PEDro
<b>Kim R. et al.</b>	Incheon, Corea del Sur. 2023	Estudio piloto experimental aleatorizado.	6/10 PEDro.
<b>Harpham C. et al</b>	Plymouth, Inglaterra. 2023	Revisión sistemática y metaanálisis	Calidad críticamente baja de acuerdo con AMSTAR-2.
<b>Blacker D.J et al.</b>	Nedlands, Australia. 2023	Estudio experimental	1/10 PEDro.
<b>Ramos L et al.</b>	Pensilvania, Estados Unidos. 2024.	Estudio experimental	2/10 PEDro.
<b>O'Callaghan A. et al.</b>	Newcastle, Inglaterra. 2019.	Estudio piloto experimental aleatorizado.	5/10 PEDro.
<b>Harvey M. et al.</b>	Newcastle, Inglaterra. 2019	Estudio experimental aleatorizado	6/10 PEDro.

<b>Harpham C. et al.</b>	Plymouth, Inglaterra. 2023.	Estudio experimental	2/10 PEDro.
<b>Duplea S.G.</b>	Guelph, Canadá.2020.	Tesis (Estudio experimental aleatorizado).	6/10 PEDro.

Tabla 6. Información relativa a los artículos incluidos.

## 6.2 Variables e instrumentos de medida

En los estudios presentes se recogieron las diferentes variables de resultado para evaluar los efectos del HIIT en la EP. Estas se utilizaron con la finalidad de analizar los efectos y el impacto provocado por las diferentes intervenciones en distintos ámbitos. Incluyen variables para evaluar el plano físico y funcional, las esferas cognitiva, emocional y biológica, y su relevancia en la clínica y la calidad de vida.

### 6.2.1 Variables relacionadas con las intervenciones.

Las variables relacionadas con las características sociodemográficas; incluyen la edad, el sexo, el período on/off, y el grado de afección de la enfermedad recogido mediante la escala Hoehn y Yahr (HyY).

En cuanto a la modalidad de HIIT, la intensidad de trabajo se cuantificó a través de la FCobjetivo, expresándose como un porcentaje del cálculo teórico  $(220 - \text{edad})$  o resultado de la fórmula de Karvonen  $(\{[FC_{\text{máx}} - FC_{\text{reposo}}] \times \% \text{Intensidad}\} + FC_{\text{reposo}})$ . También se realizaron pruebas de esfuerzo para la medición de la  $FC_{\text{máx}}$ , así como para otros instrumentos como la potencia máxima (PPO) que recoge la energía en vatios (W) realizada durante esta. Además, se utilizaron la RPE y la escala de percepción de esfuerzo mental (RPME).

Asimismo, se recogieron otras variables relacionadas como los tiempos de trabajo y descanso activo o pasivo recogidos como una razón, la duración de las sesiones en minutos, el de la intervención en semanas o meses, y la cantidad de sesiones realizadas por semana.

### 6.2.2 Variables relacionadas con los efectos.

Entre las variables relacionadas con los efectos se utilizaron herramientas que recogen aspectos relacionados con síntomas relacionados con la EP, aspectos hemodinámicos y hematológicos, cambios musculoesqueléticos y aquellas asociadas a la función motora del sujeto.

La medición de los síntomas relacionados con la EP, tanto motores como no motores, fueron evaluados mediante las escalas: *Unified Parkinson's Disease Rating Scale* (UPDRS), usándose bien en su totalidad o únicamente partes específicas del mismo, y *Non-motor Symptoms Scale for Parkinson's Disease* (NMSS). A su vez, escalas más específicas como la *King's Parkinson's Disease Pain Scale* (KPPS). Esta consta de 7 dominios de dolor (musculoesquelético, crónico, intermitente, nocturno, orofacial, decoloración/edematoso/inflamación y radicular), cada ítem es evaluado por la severidad, y la puntuación otorgada será multiplicada por la frecuencia. La puntuación de cada dominio permite determinar el tipo de dolor y el puntaje total el impacto del dolor en la vida del paciente (43).

Las variables relacionadas con los cambios hemodinámicos y su relación a la respuesta fisiológica al esfuerzo fueron medidas en algunos estudios mediante las siguientes herramientas conocidas como la  $VO_2$ máx/pico y el índice cardíaco, así como otras menos conocidas como:

- *Pulse Wave Velocity (PWV)*: gold standard para medir la rigidez aórtica, presentando evidencia en la medición de resultados cardiovasculares (44).
- *Pulse Wave Analysis (PWA)*: utilizado para conocer las características de reflejo y las formas de onda de la PA. Determina el aumento de la presión (AP), el índice de aumento (Alx) y el índice de aumento corregido según la FC (Alx75).
  - AP: la diferencia de la presión arterial (PA) sistólica más alta y la presión registrada en el momento de inflexión. Representa el reflejo de la onda de presión desde la periferia.
  - Alx: es la división de la AP entre la presión del pulso. Se utiliza para identificar la magnitud relativa de la reflexión de las ondas. A mayor valor de Alx, mayor reflexión de las ondas en la periferia, que se correlaciona positivamente con la rigidez arterial.
  - Alx75: es utilizado para estandarizar los resultados de Alx a una FC de 75 latidos/minuto.

Respectivo a las variables hematológicas, se realizó la medición de los niveles en suero de BDNF, así como de la dosis equivalente de levodopa. Asimismo, el número y porcentaje de leucocitos, neutrófilos, linfocitos y monocitos. Gracias al número total de las células mencionadas anteriormente se calcularon las ratios de neutrófilos/linfocitos, neutrófilos/monocitos y monocitos/linfocitos, y el índice de inflamación inmune sistémica (SII). Por último, los niveles de antioxidantes de glutatión reducido (GSH), superóxido dismutasa (SOD) y catalasa (CAT).

A su vez, se midieron los niveles de factor de necrosis tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ) e interleuquina 1 beta (IL-1 $\beta$ ) e interleuquina 6 (IL-6), que son citoquinas proinflamatorias producidas por la microglía. A su vez, se midieron los niveles de proteínas producidas por

astrocitos como la proteína fibrilar ácida glial (GFAP) y la proteína S100beta, ambas son marcadores de la neuroinflamación. Por otro lado, los niveles de interleuquina 10 (IL-10), que es una citoquina antiinflamatoria provocada por los altos niveles de citoquinas proinflamatorias (41). Además, se midieron los niveles de molécula de adhesión celular vascular (VCAM), que es una molécula que participa en procesos de inflamación aguda, en los que sus niveles aumentan a nivel celular y en sangre.

La medición de la capacidad funcional y motora se realizó mediante herramientas conocidas como el Test de 6 minutos marcha (6MWT), el Test de marcha de 7 metros (7MWT), el Test de marcha de 10 metros (10MWT), *Time Up and Go* (TUG), *Thirty-seconds Sit-to-Stand* (30sSTS), *Five-times Sit-to-Stand* (5TSTS), *Four-Step Square Test* (FSST) y *Mini Balance Evaluation Systems Test* (MiniBESTest). Además, se usaron otras como el GaitRite, un software que permite la obtención de datos objetivos temporo-espaciales relacionados con la marcha. Cuenta con una alfombra donde el sujeto camina, según cada paso se recogen los datos relacionados (45).

Para la evaluación de los cambios musculoesqueléticos se emplearon la máxima contracción voluntaria, el poder isotónico, la fuerza muscular, todas estas fueron recogidas mediante dinamómetro, y el número de repeticiones hasta el fallo. Por otro lado, se recogió la masa muscular esquelética apendicular, evaluada mediante una absorciometría de rayos X de energía dual, y el índice de masa muscular esquelética apendicular, calculado mediante la siguiente fórmula: masa magra de (brazos + piernas) / altura (m)<sup>2</sup>.

### 6.2.3 Variables relacionadas con el impacto

En este apartado encontramos variables en relación con el estado de ánimo, la fatiga, la calidad de sueño y la CV.

Entre las herramientas destacadas de este apartado encontramos: *Beck Depression Inventory* (BDI), BDI-II, *Beck Anxiety Inventory* (BAI), *Activities-Specific Balance Confidence Scale* (ABC), *Borg Pain and Discomfort Scale*, Escala de Apatía (AS), *Fatigue Severity Scale* (FSS), *Parkinson's Fatigue Scale* (PFS-16), *Parkinson's Disease Questionnaire* (PDQ-39), *36-Item Short Form Survey* (SF-36), *Epworth Sleepiness Scale* (ESS) y *Pittsburgh Sleep Quality Index* (PSQI).

Entre las menos conocidas: el *Satisfaction Alertness Timing Efficiency Duration Scale* (SATEDS), Escala para resultados en EP-autonómico (SCOPA-AUT) está diseñada para evaluar la gravedad de la disfunción autonómica en la EP, cuenta con 25 ítems relacionados con las disfunciones gastrointestinales, urinarias, cardíacas, termorreguladoras, pupilomotora y sexual (46). *REM Sleep Behaviour Disorder Screening Questionnaire* (RBDSQ) es un cuestionario rellenado por el paciente que consta de 10 ítems compuesto de preguntas cuyas respuestas son de sí o no (47). Por otro lado, se utilizó *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA) para la evaluación del deterioro cognitivo, esta comparada con la Evaluación del Estado Mini-Mental (MMSE) destaca la función ejecutiva frontal y la atención (48).

### 6.3 Descripción de las intervenciones de los estudios.

A continuación, se recoge la información relativa a las intervenciones realizadas en cada uno de los estudios recogidos en esta revisión, así como sus resultados. Por un lado, los sujetos sometidos a las diferentes intervenciones descritas a continuación contaban con un diagnóstico de EP, la mayoría presentaban un grado entre I y III en la escala HyY, solo un sujeto recogido en la revisión sistemática de Harpham et al. (32) contaba con un grado IV. Todos los grupos, tanto control como intervención, eran mixtos, existiendo una mayor presencia de hombres en la mayoría de ellos. La edad estuvo comprendida entre los 45 y los 80 años

Kathia et al. (39) con el fin de conocer los efectos de HIIT y MICT en pacientes con EP; desarrollaron una intervención con cicloergómetro, con un grupo control (GC) que realizó 30-50 minutos de MICT al 60% PPO y un grupo intervención (GI) que realizó HIIT compuesto de 10 intervalos 1:1, al 80-99% PPO y aproximadamente 10% PPO. con una duración de 10 semanas, 3 sesiones por semana. Presentaron una adherencia de 90+/-7% y 96+/-6% para el GI y GC, respectivamente. Observaron mejorías significativas en VO<sub>2</sub>pico, PPO, UPDRS-III, PFS-16, Alx75, la contracción máxima voluntaria y el número de repeticiones antes del fallo. Sin interacciones en el tiempo para MiniBESTest, PA sistólica y diastólica, PA y FC en reposo, PWV, en los parámetros de la marcha, la activación voluntaria y el poder isotónico. Se observaron interacciones relacionadas con el grupo y tiempo, significativas en la activación voluntaria favorables al GC, y para el número de repeticiones antes del fallo (significativas) y en la VO<sub>2</sub>pico favorables al GI.

Malczynska-Sims et al. (41) desarrollaron un estudio con un GC, que no realizó ejercicio, y un GI que realizaría sesiones de 1 hora, 3 veces por semana, durante 12 semanas un programa HIIT con cicloergómetro, iniciando con una FCobjetivo de 60%FCmáx, que sería aumentada un 5% cada 2 semanas, 10 intervalos 2:2, >60rpm (preferiblemente 80-90rpm) y <60rpm. Esto con el objetivo de recoger la influencia del HIIT sobre los marcadores inflamatorios y la capacidad antioxidante en el suero de sujetos con EP. Observaron: aumentos significativos en los niveles de S100beta (tendencia al descenso 12 semanas después en GI) y SOD. Aumento de los niveles de IL-10 (sin cambios en GC), monocitos (aumentó en GC) y ratio IL-10/TNF- $\alpha$ . Descenso significativo de SII, ratio neutrófilo/monocito y TNF- $\alpha$  (sin cambios en GC, aumentó 3 meses después en GI). Descenso de los niveles de IL-6, neutrófilos (sin cambios en GC), ratio neutrófilo/linfocito (GC sin cambios). No se observaron cambios en IL-1 $\beta$ , GFAP, leucocitos, linfocitos, ratio monocito/linfocito, GSH y CAT.

Kim et al. (35) con el objetivo de conocer los efectos sobre parámetros relacionados con la sarcopenia en pacientes con EP tras intervenciones basadas en MICT y HIIT durante 24 semanas, realizando 3 sesiones por semana. Elaboraron un protocolo de 40-60 minutos con un GC sin intervención; y dos GI con entrenamiento con cicloergómetro, el GI1 basado en HIIT (60% PPO) con intervalos de 30-50":1; y el GI2 basado en MICT (50% VO<sub>2</sub>pico). Además, ambos GI realizaban 5 minutos de calistenia (sentadillas, dorsiflexiones en sedestación y flexiones plantares en bipedestación). Observaron mejorías significativas en GI2 en la masa esquelética apendicular, el índice de masa muscular esquelética apendicular y masa muscular del miembro inferior, y mejoras en 6MWT Y 30sSTS comparado con GC. GI1 mejora significativa en 30sSTS respecto a GC. Reportaron efectos adversos; dos en el GI1 provocado por dolor lumbar y una excesiva carga de trabajo; y uno en el GI2 relacionado a dolor de tobillo.

Blacker et al. (38) realizaron un estudio cuyo entrenamiento está basado en el boxeo con el fin de determinar la seguridad, maximizar los beneficios de la intervención, evitar la monotonía y el abandono, permitiendo una correcta evaluación de los bloques de trabajo, no cuenta con grupo control. La intervención tuvo una duración de 15 semanas, 3 sesiones por semana, donde cada sesión se subdividía 10 minutos de calentamiento, 10 minutos de trabajo aeróbico implementando movimientos del boxeo y 25 minutos de secuencias de golpeo, cada secuencia duraba 10-15 segundos y era repetida durante un asalto de 2 a 3 minutos, con un descanso entre asaltos de 2 minutos (2-3:2). La intervención fue dividida en 3 bloques de trabajo, el bloque 1 (1<sup>a</sup>-5<sup>a</sup> semana) para introducir a los participantes a la modalidad de entreno (70% FC<sub>máx</sub>, <13 RPE y <7 RPME); el bloque 2 (6<sup>a</sup>-10<sup>a</sup> semana) inicia la realización de HIIT (>80%FC<sub>máx</sub>,>15 RPE y <7 RPME) mediante la realización de asaltos, iniciando con 6 siendo aumentados hasta 11; y el bloque 3 (11<sup>a</sup>-15<sup>a</sup> semana), se realizaban las secuencias de golpeo y se les exigía de forma aleatoria secuencias no realizadas (70-80%FC<sub>máx</sub>, 13-15 RPE y >7 RPME), teniendo que memorizar entre 5 y 9 secuencias de golpeo. Presentaron un 100% de retención,

recogieron un efecto adverso grave (sobredosis por combinación de medicación y alcohol) y otros cuatro relacionados a problemas musculoesqueléticos (uno presentó un calambre, otro dolor de rodilla y dos sujetos reportaron dolores en el pie). Además, tuvieron un cumplimiento de la FCobjetivo por bloques de 6.7%, 64,5% y 34,4%, habiendo tendencia a excederla en los bloques 1 y 3; mientras que la RPME se cumplió al 99.1%, 99% y 15%. Por otro lado, recogieron motivadores (compañerismo) y barreras (la dureza del suelo, lejanía del lugar del entreno, dificultad de acceso a los baños y la percepción de que el boxeo es inadecuado para mujeres). Por último, observaron mejorías significativas en FSS y SATEDS, y mejoras no significativas en UPDRS-III.

Harpham et al. (37) desarrollaron un protocolo basado en HIIT para su realización a domicilio, con el objetivo que fuese seguro y realizable por pacientes con EP, desarrollar los materiales de la intervención y un proyecto para futuras investigaciones. De esta forma desarrollo un programa HIIT de 45 segundos de trabajo por 15 de descanso (45":15") realizados al 75%FCmáx y se monitorizaba la RPE , siendo una sesión: 10 minutos de calentamiento, 3 intervalos a cuerpo completo (correr en el sitio, skipping o jumpingjacks, 3 intervalos de miembro superior (boxeo, press vertical contra resistencia o elevaciones frontales con gomas), 3 intervalos a cuerpo completo (eligiendo uno diferente al primero), 3 intervalos de miembro inferior (sentadillas, sentarse y levantarse de la silla o estocadas frontales) y 5 minutos de enfriamiento, entre series HIIT hay 2 minutos de descanso activo (50%FCmáx). Obtuvieron un 86% de las series completadas a la FCobjetivo, teniendo una media de 80.8%FCmáx, con una RPE media de 14.7. Reportaron efectos adversos relacionados con dolor musculoesquelético (dos sujetos presentaron dolor de hombro y otro dolor de rodilla y calambres).

Ramos et al. (42) desarrollaron un programa de entreno con el objetivo de determinar si era viable y beneficioso realizar ejercicio de alta intensidad mediante boxeo comunitario. La

intervención fue de 6 semanas, realizando 2 sesiones por semana. Las sesiones duraban 60 minutos y se componían de 10 minutos de calentamiento, 30 minutos de boxeo sin contacto realizando intervalos 1:1, 10 minutos de ejercicios de fuerza-resistencia también por intervalos 1:1 y 10 minutos de enfriamiento. Recogieron datos sobre la FC<sub>máx</sub> por zonas de intensidad siendo la zona 1 50-60% FC<sub>máx</sub>, la zona 2 60-70% FC<sub>máx</sub>, la zona 3 70-80% FC<sub>máx</sub>, la zona 4 al 80-90% FC<sub>máx</sub> y la zona 5 90-100%FC<sub>máx</sub>. Obtuvieron que la duración en las zonas 3, 4 y 5 era de 15.57+/-6.17 minutos. Asimismo, obtuvieron mejorías significativas en FGA, TUG, 5TSTS y mejoras no significativas en ABC. No reportaron efectos adversos.

Harvey et al. (36) se plantearon el objetivo de examinar la viabilidad del HIIT en pacientes con EP, así como sus efectos sobre diferentes variables. Por ello, diseñaron una intervención de 12 semanas, con 3 sesiones por semana, cada una con una duración de 45 a 60 minutos; cada sesión estaría compuesta de 10 minutos de calentamiento, la realización de 4 series de 4 minutos de trabajo (>85%FC<sub>máx</sub>) por 3.5 minutos de descanso, cada serie comprendía la ejecución de 4 ejercicios (ANEXO 3) realizados a intervalos de 45":15" (>85%FC<sub>máx</sub>) de un circuito de ejercicios realizado en SpeedFlex, y 5 minutos de enfriamiento. Contó con un grupo control de inicio tardío, en este caso ambos realizaron el protocolo HIIT. Obtuvieron una media de 80.2% de las repeticiones realizadas a la FC<sub>objetivo</sub> y aumentos significativos de la VO<sub>2</sub>pico en el tiempo, sin cambios significativos en índice cardíaco, 6MWT, MoCA y PDQ-39. Reportaron un evento adverso relacionado con un descenso de la PA.

Kim et al. (34) con el fin de conocer los efectos de HIIT y MICT sobre los síntomas no motores de la EP, realizaron el mismo protocolo de ejercicio descrito por Kim et al. (35). En este, ambos GI observaron aumentos significativos en la VO<sub>2</sub>pico y UPDRS-III comparado con el GC, diferencias significativas en BDI y BAI en el GI1 respecto al GC, no ocurre lo mismo en GI2. No

observaron cambios significativos en NMSS, UPDRS-I, UPDRS-II, AS, MoCA, PSQI, ESS, RBDSQ, SCOPA-AUT, PFS, KPPS y dosis equivalente de levodopa.

Duplea (40) realizó el mismo protocolo de ejercicio descrito por Kathia et al. (39) con el objetivo de conocer los efectos de MICT y HIIT sobre la VO<sub>2</sub>máx, marcadores cardiovasculares, síntomas motores, la fatiga y la depresión, y comparar los efectos entre las modalidades de ejercicio. En este obtuvo mejoras significativas en PPO, FCpico, tiempo total de ejercicio, VO<sub>2</sub>máx absoluta y relativa, PA diastólica central en reposo, UPDRS-III y BDI-II, sin diferencias entre grupos. Se detectaron diferencias significativas favorables a HIIT en FC en reposo. No se identificaron cambios significativos en reposo o durante agarre isométrico en PA sistólica, PA diastólica, PA media, FC, PA sistólica central, PA central media, volumen sistólico, gasto cardíaco, resistencia periférica, PFS-16 y PWV.

Harpham et al. (32) llevaron a cabo una revisión sistemática y metaanálisis con los objetivos de revisar la viabilidad y seguridad del HIIT mediante datos como la elegibilidad, cumplimiento de los programas y efectos adversos, y evaluar los efectos del mismo sobre parámetros fisiológicos y herramientas clínicas en pacientes con EP. Obtuvieron 11 artículos incluidos en la revisión de los cuales 4 fueron incluidos en el metaanálisis. Recogieron modalidades basadas en cicloergómetro, correr, marcha de alta intensidad y entrenamiento de fuerza-resistencia, con un rango de trabajo entre 3 minutos de trabajo por 3 minutos de descanso activo a 15 segundos de trabajo a 45 segundos a una intensidad tolerable. Respectivo a la intensidad se utilizaron la FC (75%FCmáx a 100% FCpico), PPO, el pico de carga de trabajo y el esfuerzo percibido como “realice tan rápido como sea posible”. Estas intervenciones tenían una duración de 3 semanas a 24 meses.

Recopilaron 8 estudios que recogieron eventos adversos, 4 no reportaron eventos adversos, mientras que los 4 restantes reportaron: descensos en la PA (n=3), cefalea (n=1), fatiga (n=1) y

dolor musculoesquelético (n=2). En cuanto a los estudios de casos y controles recogieron mejoras en VO<sub>2</sub>pico/máx (n=3), sin diferencias con el grupo que realizó MICT (n=2) ni con el que realizó tratamiento convencional (n=2); el metaanálisis evidenció que las diferencias respecto al tratamiento convencional eran significativas (evidencia moderada), mientras que con el MICT no ocurría lo mismo (evidencia baja); aumentos en la PPO (n=1) y el pico de carga de trabajo (n=1); no hallaron cambios en el índice cardíaco (n=1), PA sistólica o diastólica (n=2) ni en el PWV (n=1); diferencias significativas favorables a HIIT respecto a MICT en la reactividad endotelial (n=1) y en los niveles de BDNF (n=1); en cuánto al 6MWT se reportaron tanto mejorías significativas con diferencias significativas respecto a MICT (n=1) como que no hubo mejorías ni diferencias comparado con el tratamiento convencional (n=2); sin mejorías en 7MWT (n=1) y TUG (n=2) reducción significativa en UPDRS-III tanto HIIT como MICT (n=1) y UPDRS-II con mejoría en el subapartado relacionado con la bradicinesia (n=1); aumentos significativos en 5TSTS en HIIT y MICT (n=1), no hubo mejoras en la fuerza de extensores o flexores de rodilla (n=1); mejoras en BDI (n=1) y UPDRS “estado emocional” (n=1), no se reportaron cambios en PDQ-39 (n=2).

En cuanto a los estudios sin grupo control recopilaron que no hubo cambios en la VO<sub>2</sub>máx (n=1); aumento del 34% en los niveles de BDNF junto a un descenso de 7% de TNF- $\alpha$  y descenso de 21% de VCAM (n=1); aumentos de 8 metros en 6MWT (n=1) y de 54.5 segundos en la resistencia de pedaleo (n=1); mejoras sobre 10MWT (n=2); mejoras en TUG (n=2), MiniBESTest (n=1), mejoras en el tiempo de reacción y FSST; mejorías en UPDRS-III reseñables en el apartado relacionado con la bradicinesia (n=1); sin mejorías en la fuerza de extensores y flexores de rodilla (n=1); sin mejorías en PDQ-39 y SF-36 (n=1).

O'Callaghan et al. (33) con el fin de conocer los efectos sobre los niveles de BDNF en personas con EP tras la realización de HIIT y MICT. Por ello, llevaron a cabo la realización de

ejercicios según la modalidad HIIT descrita en Harvey et al. (36); mientras que el GC que realizó MICT hizo un circuito de ejercicio que incluía ejercicio aeróbico que incluía caminar o correr en cinta rodante, sentadillas, marcha en el sitio, pedaleo manual, ciclismo reclinado y boxeo; por otro lado, el circuito de fuerza-resistencia contemplaba remo, elevaciones laterales de hombro, patadas de tríceps, curl de bíceps y estiramiento de pectoral a 90 grados, todo realizado al 60-80% FC<sub>máx</sub>. La intervención tuvo una duración de 12 semanas, realizando 3 sesiones semanales. Cada sesión iniciaba con 10 minutos de calentamiento, continuaba con el circuito en que cada estación aeróbica duraba 4 minutos, mientras que las de fuerza-resistencia duraban 2 minutos y finalizaba con 10 minutos de enfriamiento. Reportaron que los niveles de BDNF no variaron de manera significativa entre sesiones, sin embargo, observaron entre la primera y última sesión aumentos significativos en el grupo que realizó HIIT, no ocurriendo lo mismo en el grupo que realizó MICT.

#### 6.4 Extracción de datos agrupados y principales hallazgos

En la siguiente tabla se recogen las características más relevantes de los artículos seleccionados en la presente revisión.

Datos de autoría	Características participantes	Intervención y duración	Instrumento	Resultados
<b>Kathia MM et al. (Guelph, Canadá) 2024.</b>	GC: (n= 13). 8 hombres, 5 mujeres. 1 HyY-I, 12 HyY-II. 68.7+/-5.5 GI: (n = 15).	Cicloergómetro. GC: MICT (30' – 40'-50') 60% PPO. GI: HIIT (1: 1) x 10. (80-99% PPO y 10% PPO)	VO2 <sub>máx</sub> , UPDRS-III, PFS-16, MiniBESTest, FC, PWV, PWA, PA y GaitRite, CIP, AV, PI, NRF.	Mejoras en VO2 <sub>pico</sub> *, PPO*, PFS-16*, Alx75*, MCV* y NRF*. Sin cambios en MiniBESTest,

	9 hombres, 6 mujeres, 14 HyY-II, 1 HyY-III. 66.6+/-9.5 años. Todos los sujetos bajo medicación anti parkinsoniana.	3 sesiones a la semana durante 10 semanas.		PAS, PAD, PA, FCreposo, PWV, GaitRite, AV y PI. Diferencias GC vs GI en AV* Diferencias GI vs GC en NRF* y VO2pico.
<b>Malczynska-Sims P et al. (Varsovia, Polonia) 2022.</b>	Cicloergómetro. GC: (n= 13). 6 hombres, 7 mujeres. HyY 2.04+/-0.07 GI: (n = 15). 9 hombres, 6 mujeres. HyY 1.93+/-0.12. 64.24+/-1.4 años. Todos los sujetos bajo medicación anti parkinsoniana.	Cicloergómetro. GC: No realiza GI: HIIT (2:2) x10 (60-80% FCmáx) (>60 rpm) (<60rpm). 3 sesiones a la semana durante 12 semanas.	FC, niveles de TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6, IL-10, GFAP, S100beta, SOD, GSH y CAT, recuento de leucocitos, neutrófilos, linfocitos y monocitos, ratio neutrófilos/linfocitos.	Aumentos en S100beta*, SOD*, IL-10, monocitos y ratio IL-10/ TNF- $\alpha$ . Descenso de SII*, TNF- $\alpha$ *, ratio neutrófilo/ monocito*, IL-6, ratio neutrófilo/ linfocito. Sin cambios en IL-1 $\beta$ , GFAP, leucocitos,

				linfocitos, ratio monocito/linfocito, GSH y CAT.
<b>Kim R et al. (Incheon, Corea del Sur) 2023.</b>	GC: (n= 11). 7 hombres, 4 mujeres. 64-77 años. GI1: (n= 9). 5 hombres, 4 mujeres. 66-75.5 años. GI2: (n= 10). 3 hombres, 7 mujeres. 56.5-67.8 años. Ambos GI: + 5 min calistenia. HyY I-III. Recogida de datos durante el período "off".	Cicloergómetro y calistenia. GC: No realiza. GI1: HIIT (30"-50": 1') 60%PPO y descanso. GI2: 40-60' MICT (50% VO2pico). 3 sesiones a la semana durante 24 semanas.	MEA, IMEA, MM.MMII, 6MWT y 30Ssts.	GI2 vs GC: aumentos en MEA*, IMEA*, MM.MMII*, 6MWT* y 30sSTS*. GI1 vs GC: aumentos en 30sSTS*.
<b>Blacker DJ et al. (Nedlands, Australia) 2023</b>	n = 10 6 hombres, 4 mujeres, 7 HyY-	Boxeo.	FSS, SATEDS, FC, RPE, UPDRS-III.	Mejorías sobre FSS*, SATEDS* y UPDRS-III.

	I, 3 HyY-II. 45-67 años.  Todos los sujetos bajo medicación anti parkinsoniana.	HIIT (2-3':2') (10-15" c/secuencia).  Bloque 1: <70%FCmáx, <13RPE y <7 RPME.  Bloque 2: >80%FCmáx, >15 RPE, <7 RPME.  Bloque 3: 70-80%FCmáx, 13-15 RPE y >7 RPME.  3 sesiones a la semana durante 15 semanas.		Tendencia de los participantes a exceder la FCobjetivo en bloques 1 y 3.
<b>Harpham C et al. (Plymouth, Inglaterra) 2023.</b>	n = 5.  4 hombres, 1 mujer, 2 HyY-I y 3 HyY-III. 49-64 años.	Entrenamiento de fuerza-resistencia a domicilio.  HIIT (45":15")x3  >75% FCmáx. 2	FC, RPE	86% series completadas con la FCobjetivo.  Media de 80.8% FCmáx.

	Todos los sujetos bajo medicación anti parkinsoniana, 4 de ellos en período "on", el restante no presenta períodos "on/off"	minutos de descanso entre bloques. 3 sesiones a la semana durante 12 semanas.		RPE media de 14.7.
<b>Ramos L et al. (Pensilvania, EE. UU.) 2024.</b>	n = 7. 73.8+/-8.6 años. 6 hombres, 1 mujer. No específica cantidad de pacientes bajo anti parkinsonianos.	Boxeo. 40 minutos de HIIT (1:1) 70-85% FCmáx. 2 sesiones a la semana durante 6 semanas.	FGA, TUG, ABC, 5TSTS, FC.	Mejoras sobre FGA*, TUG*, 5TSTS* y ABC. 15.57+/-6.17 minutos de sesión fueron a >70%FCmáx.
<b>Harvey M et al. (Newcastle, Inglaterra) 2019.</b>	n = 20. GC: (n=10) GI: (n=10) 12 hombres, 8 mujeres.	Entrenamiento de fuerza-resistencia con Speedflex.	FC, VO2máx, 6MWT, MoCA, PDQ-39.	Aumentos en VO2pico*. Sin cambios en 6MWT, MoCA y PDQ-39.

	2 HyY-I, 11 HyY-II, 7 HyY-III. 55-80 años. Todos los sujetos bajo medicación anti parkinsoniana.	HIIT 4:3.5 de (45":15")x4 GC: inicio tardío. GI: inicio temprano 3 sesiones a la semana durante 12 semanas		80.2% de las series fueron realizadas a >85% FCmáx.
<b>Kim R et al. (Incheon, Corea del Sur) 2024.</b>	GC: (n= 11). 7 hombres, 4 mujeres. 64-77 años. GI1: (n = 9). 5 hombres, 4 mujeres. 66-75.5 años. GI2: (n= 10). 3 hombres, 7 mujeres, 56.5-67.8 años HyY 1-2 por CI. Evaluación motora durante el período "off".	Cicloergómetro y calistenia. GC: No realiza. GI1: HIIT (30"-50": 1') a 60% PPO y descanso. GI2:40-60' MICT (50% VO2pico). 3 sesiones a la semana durante 24 semanas.	NMSS, MoCA, BDI, BAI, AS, PSIQI, ESS, RSBQ, SCOPA-AUT, PFS, KPPS, UPDRS, VO2pico y dosis equivalente de levodopa.	GI vs GC: mejorías en VO2pico* y UPDRS-III*. GI2 vs GC: mejorías en BAI* y BDI*. Sin cambios en el resto de las variables.

<p><b>Duplea.</b> <b>(Guelph,</b> <b>Canadá) 2020.</b></p>	<p>GC: (n= 8). 5 hombres, 3 mujeres. 70+/-7 años. GI: (n= 9). 5 hombres, 4 mujeres. 67+/- 10 años. Todos los sujetos HyY-II. Todos los sujetos bajo medicación anti parkinsoniana y durante el período “on”</p>	<p>Cicloergómetro GC: MICT (30' – 40'-50') 60% PPO. GI: HIIT (1: 1) x 10. 80-99% PPO y 10% PPO. 3 sesiones a la semana durante 10 semanas.</p>	<p>BDI-II UPDRS-III, PFS-16, VO2máx, PPO, FC, PWV, PWA, PA.</p>	<p>Mejorías en PPO*, FCpico*, TTE*, VO2máx*, UPDRS-III*, BDI- II* y PADCreposo. GI vs GC: diferencias en FCreposo*. Sin cambios en reposo o durante agarre isométrico en PAS, PAD, PAMedia, FC, PASC, PACmedia, VS, CO, RP, PFS-16 y PWV.</p>
<p><b>Harpham et al.</b> <b>(Plymouth,</b> <b>Inglaterra)</b> <b>2023.</b></p>	<p>Artículos seleccionados para revisión (n=11) y para</p>	<p>Revisión sistemática y metaanálisis.</p>	<p>VO2pico/máx, PWA, PWV, BDNF, TNF-<math>\alpha</math>, VCAM, 6MWT, TRP, 7MWT,</p>	<p>Mejorías en VO2pico/máx*, PPO, PWL, TRP, UPDRS-II, UPDRS-III, TUG,</p>

	metaanálisis (n=4). GC: (n=111). GI: (n=117).	GC: MICT o tratamiento convencional. GI: HIIT	10MWT, TUG, MiniBESTest, TDR, FSST, UPDRS, STST, BDI, PDQ-39 y SF-36.	5TST, MiniBESTest, TDR* y FSST*. Aumento en BDNF. Descenso en TNF- $\alpha$ y VCAM.
<b>O'Callaghan et al. (Newcastle, Inglaterra) 2019.</b>	GC1: (n=14). 8 hombres, 6 mujeres. 2 HyY-I, 12 HyY-II. 64.6 años. GC2: (n=13). 9 hombres, 6 mujeres. 12 HyY-II, 1 HyY-III. 70.4 años. GC2: (n=8). 4 hombres, 4 mujeres. 1 HyY-I, 4 HyY-II, 3 HyY-III. 69 años. GI2: (n=9). 5 hombres, 4	GC1 y GC2: circuito MICT. (60-80% FCmáx) 3 sesiones a la semana durante 12 semanas (n=8). 4 hombres, 4 mujeres. 1 HyY 1, 4 HyY 2, 3 HyY 3. 69 años	BDNF	Aumento en BDNF* en GI, no sucede lo mismo en GC.

	mujeres. 6 HyY-II, 3 HyY-III. 68.8 años. Todos los sujetos bajo medicación anti parkinsoniana, durante período "on".			
--	--	--	--	--

Tabla 7. Extracción de principales características y hallazgos de los estudios incluidos.

Nota: el uso de \* indica significación estadística.

## 7. Discusión

Los objetivos de esta revisión de alcance eran describir modalidades presentes del HIIT identificar sus principales efectos y analizar su impacto en la población de pacientes con EP y diseñar un proyecto de intervención en fisioterapia basado en HIIT para pacientes con EP.

En relación con la calidad metodológica de los estudios incluidos, la evaluación mediante la escala PEDro evidenció una puntuación entre 1 y 6 puntos en el caso de los estudios de carácter experimental, al ser una escala diseñada para evaluar la validez interna, el incumplimiento de los ítems conlleva un aumento del riesgo de sesgos. Los ítems más cumplidos fueron: la similitud entre grupos con relación a indicadores pronósticos; la obtención de medidas de al menos uno de los resultados clave en más del 85% de los sujetos inicialmente asignados; la presentación de resultados y de comparaciones estadísticas entre grupos para al menos un resultado clave; y la información sobre medidas puntuales y su variabilidad de resultados. Por el contrario, fueron pocos los estudios que se adhirieron a los ítems relacionados con el enmascaramiento, y/o de cegamiento,

metodológicamente complejo en el caso de pacientes y terapeutas. Esto puede provocar sesgos de desempeño y de detección. Por otro lado, mediante la escala AMSTAR-2 se revisó el estudio de Harpham et al. (32), resultando ser de calidad críticamente baja. Por lo que, a pesar de que los hallazgos observados sugieren efectos positivos de la realización de HIIT sobre los pacientes con EP, en algunos estudios la calidad metodológica recogida sugiere ser precavidos con su interpretación. Esto resalta la necesidad de realizar ensayos clínicos mejor diseñados, con especial atención al enmascaramiento y cegamiento de los evaluadores, dada la complejidad existente para cegar a terapeutas y pacientes.

Existen múltiples formas de aplicar el HIIT en personas con EP, de forma que varía la modalidad de ejercicio, el tiempo de trabajo a alta intensidad y la forma en que este se prescribe y monitoriza. Esta heterogeneidad metodológica puede influir sobre los resultados observados. Además, como se pone de manifiesto en el apartado de hallazgos principales, no todos los estudios emplearon los mismos instrumentos para medir la intensidad de ejercicio y para definir sus resultados, dificultándose su comparación.

En la revisión se recogieron diferentes tipos de entrenamiento a la hora de aplicar el HIIT, bien mediante cicloergómetro (32,34,35,39–41), boxeo (38,42), trabajo de fuerza-resistencia utilizando Speedflex (32,33,36) y ejercicios en casa (37), y por último correr y caminar(32). Aparte del uso de HIIT como intervención, hubo estudios que incluyeron la realización de ejercicios como calistenia (34,35) o de fuerza-resistencia (38,42).

Se hizo evidente la preferencia por un trabajo usando el cicloergómetro. Esto puede deberse los problemas de equilibrio y marcha presentes en el paciente con EP; se opta por una colocación en sedestación, evitando el riesgo de caídas y permitiendo que en caso de un evento adverso el paciente se encuentre en una posición segura. Además, es una forma de trabajo que permite varias formas de medir la intensidad, bien mediante variables clínicas, como la FC o la RPE, o en caso de

no tener acceso a ellas a través de las revoluciones por minuto (rpm), la potencia máxima o la carga de trabajo. Todas estas variables de medición, salvo la RPE, suelen venir incluidas en el monitor que trae consigo el cicloergómetro o la bicicleta. Por el contrario, opino que es una forma de trabajo aeróbico que únicamente contempla el miembro inferior, si bien se observaron mejorías en variables motoras de UPDRS-III (34,39,40), estas pueden verse influidas por mejoras sobre el miembro inferior (35,39).

Cabe destacar también el trabajo a cuerpo completo, en forma de boxeo, el doble-concéntrico Speedflex y la elaboración de ejercicios en casa diseñado por Harpham et al. (37). De estos, el boxeo aparece como una alternativa novedosa y prometedora para las personas con EP, implicando por su parte un trabajo completo a nivel corporal, mediante la realización de diferentes secuencias de golpeo, así como la incorporación de elementos cognitivos (memorización, aprendizaje y realización). Además, ha demostrado ser segura su aplicación utilizando un protocolo HIIT, exhibiendo mejoras en la marcha, el equilibrio, la fuerza de los miembros inferiores y la percepción de fatiga según los trabajos de Blacker et al. y Ramos et al. (38,42). Si bien, estos estudios no recogen datos relacionados con la  $VO_{2max}/pico$ , se podrían sugerir mejoras en este primero por las implicaciones del trabajo a alta intensidad sobre los niveles de fatiga y funciones como la marcha. A la hora de su aplicación habría que considerar, debido a la velocidad o impacto del golpeo, la posición del golpeo (bien un pie de apoyo superando a la otra o ambos pies en paralelo), que puede resultar en desequilibrios y posteriores caídas.

Los trabajos de fuerza-resistencia con SpeedFlex o el peso corporal, son alternativas también seguras para su aplicación en personas con EP (36,37). En ambos casos, los pacientes se vieron involucrados en un circuito que incluía diferentes ejercicios enfocados a diferentes grupos musculares. La principal diferencia se encuentra en el uso de una carga externa, en el caso de la SpeedFlex. Esta alternativa de trabajo permite trabajar a la par el componente aeróbico y la

ganancia de fuerza del paciente, pudiendo aumentar la intensidad bien aumentando la carga de trabajo mediante la resistencia, el tiempo de trabajo o la velocidad de ejecución. De todas maneras, las posibles ganancias de fuerza no fueron objetivadas de ninguna manera en este tipo de entrenamiento. Por su parte, Harpham et al. (37) concluyó que un protocolo HIIT para realizar ejercicios de fuerza-resistencia en casa era seguro al realizarse a una intensidad  $>75\%$  FC<sub>máx</sub>, por lo que en un contexto práctico, por ejemplo; en caso de ausencia el paciente podría realizar la sesión de forma telemática.

Se observaron las diferentes modalidades de aplicación entre el tiempo de trabajo y el tiempo de descanso activo o reposo, siendo el más común los intervalos 1:1 (39,40,42), 30''-50'':1 (34,35), 4:3.5 (33,36), 2:2 (41,42) y 45'':15'' (33,36). En Harpham et al. (32), se recogió un rango entre 15 segundos de trabajo por 45 segundos a otra intensidad (15'':45'') hasta 3 minutos de trabajo por 3 de descanso activo (3:3). Además, en cuanto a la frecuencia de sesiones, estas fueron realizadas entre 2 (42) y 3 veces por semana (33–36,38–41), siendo la opción más utilizada y coincidiendo así con Harpham et al. (32). La duración de las sesiones varió entre 30 y 60 minutos, siendo la franja entre 45 y 60 minutos la más utilizada (n=6). En cuánto a la duración del tratamiento, este estuvo comprendido entre 6 y 24 semanas; siendo las más comunes entre las 10 semanas descritas por Kathia et al. y Duplea y las 12 semanas utilizadas por Malczynska-Sims et al. y Harvey et al, que también fueron la duración más común recogida por Harpham et al. dentro de un rango de 3 semanas a 24 meses.

Esto demuestra parte de la heterogeneidad observada en los protocolos, como se comentó anteriormente; dificultando la comparación entre estudios debido a la diferencia entre las proporciones de trabajo a alta intensidad y descanso activo o reposo, la frecuencia semanal y la duración de la intervención. Estos pueden influir directa o indirectamente sobre los efectos observados tras la realización de HIIT, pues en la mayoría de los resultados descritos, se observa una

mejoría en relación con el tiempo de realización de este. Por otro lado, resalta la falta de investigación de estos efectos a largo plazo, como de su mantenimiento a lo largo del tiempo resultado de posibles beneficios de intervenciones más duraderas. Sumado a esto, sería interesante conocer las diferencias entre los formatos de los intervalos aplicados; para así identificar aquellos que sean más eficaces y tolerables para su aplicación en esta población.

Entre los formatos descritos la intensidad del ejercicio durante el desarrollo de las sesiones encontramos que la FC fue utilizada en seis estudios (33,36–38,41,42), Blacker et al. y Ramos et al. (38,42) obtuvieron la FCobjetivo mediante el cálculo teórico,  $220 - \text{edad}$ , mientras que Malczynska-Sims et al. (41) utilizaron la fórmula de Karvonen. En cambio, Harpham et al., Kathia et al. y Duplea (33,36,37) optaron por la realización de pruebas de esfuerzo para la determinación de la FCmáx y posteriormente la FCobjetivo. Además, Harpham et al. y Blacker et al. (37,38) utilizaron la RPE a la par que la FCobjetivo, en un rango de 13-17 puntos y de 13-15 puntos, respectivamente. Por otro lado, Harpham et al. (32) recoge siete estudios que utilizaron la intensidad mediante la FCpico/máx, en un rango entre 75% FCmáx y 100% FCpico, uno que utilizó la percepción de esfuerzo, indicando que “realizase el ejercicio tan rápido como pudiese”, uno hizo uso de la RPE, mientras que se recogieron también que utilizó la potencia máxima y el pico de carga de trabajo.

En cuatro estudios se recogieron datos sobre la cantidad de tiempo realizado a la FC objetivo. Tanto Harpham et al. como Harvey et al. y Blacker et al. (36–38) observaron que más del 80% de las series eran completadas alcanzando la FCobjetivo. Estos últimos destacaron la capacidad que tenían los sujetos de superar la FCobjetivo de los bloques de trabajo, resaltaron que pudo deberse a que subestimaron la capacidad de entreno de los sujetos, pero opino que puede deberse a que el cálculo teórico de la FCobjetivo quizás no sea el más adecuado para esta población. Por su parte, Ramos et al. (42) recogió que UN 25% del tiempo de las sesiones se realizó con una FCobjetivo superior al 70%FCmáx.

Respecto a otros instrumentos para medir la intensidad del ejercicio encontramos la potencia máxima utilizada por Duplea, Kathia et al. y ambos trabajos de Kim et al. (34,35,39,40). La obtención de esta la realizaron mediante una prueba de esfuerzo, obteniendo así la VO<sub>2</sub>máx, FCmáx y PPO. Esta forma de determinar la alta intensidad puede resultar interesante sobre todo en aquellos pacientes que presentan síntomas cardíacos, donde en casos vistos como en Blacker et al. (38) los pacientes superen la FC objetivo, permitiendo precisar la intensidad de trabajo a una medida mecánica en casos en que la FC no refleje con precisión el esfuerzo real.

En cinco estudios se reportaron efectos adversos durante la intervención HIIT: Harvey et al. reportó un descenso en la PA durante la sesión (36). Blacker et al reportó 4 efectos adversos: calambre en los gemelos, reagudización de dolor de rodilla por lesiones pasadas, dolor de pies, sobredosis por combinación de medicación y alcohol (38). Harpham et al. recogió 4 efectos adversos: dolor de hombro al realizar elevaciones laterales, press de hombro, jumpingjacks y dolor de rodilla al realizar sentadillas (37). En ambos trabajos realizados por Kim et al. (34,35) 2 pacientes del grupo HIIT abandonaron el estudio, uno por la carga excesiva de trabajo y otro por dolor lumbar. Por otro lado, Blacker et al. (38) recopiló barreras (lejanía donde se realizaban las sesiones, dificultad para acceder a los baños, la firmeza del suelo y la percepción de que el boxeo es inadecuado para las mujeres) y motivaciones (compañerismo, relaciones positivas y beneficios para la salud) para la participación de los sujetos en el estudio.

En conjunto los hallazgos sugieren que la mayoría de los participantes eran capaces de alcanzar y mantener la intensidad prescrita, incluso superarla. Esto respalda la viabilidad del HIIT en pacientes con EP. No obstante, se debe considerar la posibilidad de respuestas cardiovasculares anómalas, como aquellos relacionados con la disautonomía cardíaca. Por ello, sería recomendable realizar una prueba de esfuerzo previa a la prescripción de ejercicio, puesto que el cálculo teórico podría no ser representativo a la hora de prescribir la intensidad del ejercicio, con el fin de detectar

posibles signos de intolerancia y luego determinar un rango de seguridad que permita la realización de ejercicio a alta intensidad sin comprometer la seguridad del paciente. Por otro lado, quisiera señalar la necesidad de mayor investigación a largo plazo con especial atención sobre la asistencia y cumplimiento de la intervención; para así conocer la tolerabilidad de la población con EP al realizar HIIT.

Se hicieron evidentes las diferencias entre la medicación anti parkinsoniana, teniendo interés especial sobre los períodos “on” que permite evaluar la capacidad de ejercicio y la función motora con un efecto farmacológico óptimo, mientras que los estudios de Kim et al. (34,35) se interesó por evaluar algunas variables de resultado durante el período “off”, reflejando el efecto de las intervenciones sobre la severidad basal de la enfermedad.

Con relación a las variables hematológicas, O’Callaghan et al. (33) comparó los niveles de suero BDNF entre los grupos HIIT y MICT observando que, si bien los niveles de BDNF no variaban entre sesiones, sí existía un aumento significativo entre la primera y la última sesión únicamente en el grupo HIIT. Al igual que Harpham et al. (32) que recogió en un estudio aumentos en los niveles de BDNF tras realizar HIIT. Estos hallazgos sugieren que la realización de HIIT puede tener efectos positivos, superiores a MICT, sobre la liberación de BDNF que pueden provocar una potenciación sobre la neuroplasticidad y neuroprotección, beneficiándose el paciente con EP de un enlentecimiento en la progresión de la enfermedad; desde mi perspectiva, este aumento también daría explicación a las mejoras de la sintomatología motora, cognitivas y del estado de ánimo.

Por otro lado, Harpham et al. (32) y Malczynska-Sims et al. (41) se interesaron por los marcadores inflamatorios, observando en ambos casos descensos significativos en los niveles de TNF- $\alpha$ . Harpham et al. encontraron también un descenso de molécula de adhesión celular vascular tipo-1, mientras que los Malczynska-Sims et al. reportaron a su vez un aumento significativo en los niveles de S100beta y SOD junto a aumentos de los niveles de IL-10. Aunque no se observaron

cambios relevantes sobre IL-6, IL-1 $\beta$ , GFAP y otros recuentos celulares, la reducción de citoquinas proinflamatorias como TNF- $\alpha$  y el descenso de molécula de adhesión celular vascular tipo-1, relacionados con la neuroinflamación, sumado al aumento de IL-10 y SOD, sugieren cambios positivos en la neuroinflamación así como en la adaptación al estrés oxidativo tras la realización de HIIT en el paciente con EP. Estos hallazgos apuntan a que el HIIT por un lado fomenta una respuesta antiinflamatoria mostrando además un descenso de ciertas citoquinas proinflamatorias, así como adaptaciones que contrarrestan el estrés oxidativo. Estos cambios, junto al aumento de los niveles de BDNF supondrían un efecto neuroprotector influyendo positivamente a la progresión de la enfermedad y reduciendo el daño neuronal durante su evolución.

Respecto a los datos sobre la VO<sub>2</sub>pico/máx, se observaron aumentos significativos en sus niveles tras la intervención (32,34,36,39,40), que coinciden con los aumentos observados por Duplea (40) y Kathia et al. (39) en la PPO. Estos resultados resaltan la capacidad del HIIT para mejorar la capacidad aeróbica; sin embargo, Harpham et al. (32) al comparar los niveles de VO<sub>2</sub>pico/máx en el HIIT con el MICT observó que no existían diferencias significativas entre estos, coincidiendo así con Duplea (40), Kim et al. (34) y Kathia et al. (39), pese a ello, en este último estudio recogieron diferencias de 2 ml/kg/min, pudiendo ser relevantes clínicamente. Puede interpretarse que observando la tendencia positiva de HIIT frente a MICT, la ausencia de diferencias significativas pueda deberse al reducido tamaño muestral de los estudios. En cambio, al ser comparado con el tratamiento convencional, tanto Harpham et al. (32) como Kim et al. (34) observaron diferencias significativas respecto a HIIT, demostrando su eficacia frente a intervenciones que no se basan en el ejercicio para mejorar la capacidad aeróbica.

Los cambios hemodinámicos fueron recogidos por Kathia et al. (39) y Duplea (40) observando que la mayoría de parámetros en reposo, durante el ejercicio y posterior no se ven modificados. Sin embargo, Duplea (40) recogió mejoras sobre la FC y la PA diastólica en reposo sin

diferencias significativas entre HIIT y MICT; mientras que Kathia et al. (39) reportaron mejoras sobre AIX75, sin diferencias entre grupos. Con estos hallazgos, considero que la heterogeneidad invita a realizar más investigación sobre este campo; si bien los resultados parecen prometedores sobre la rigidez vascular, podría estar relacionado más con la realización de ejercicio que con la intensidad de este. Por ello, resultaría interesante más estudios sobre este aspecto comparando intervenciones basadas en HIIT y MICT.

En relación con la escala UPDRS, cuatro estudios observaron mejoras sobre el su apartado motor, UPDRS-III, tras la intervención basada en HIIT (34,38–40). Kathia et al. (39) observaron mejorías significativas entre el inicio y el final de la intervención, sin diferencias significativas entre HIIT y MICT, coincidiendo con los hallazgos reportados por Duplea (40) y Kim et al. (34). No obstante, este último sí halló diferencias significativas respecto al grupo control sin intervención. Por su parte, Blacker et al. (38) obtuvieron mejoras no significativas sobre el UPDRS-III. En la revisión sistemática y metaanálisis Harpham et al. (32) recogieron mejoras en tres estudios, observándose en uno de ellos mejorías significativas tanto en el apartado relacionado con la bradicinesia como en el UPDRS-II, relacionado con las actividades motoras de la vida diaria. Estos hallazgos en su conjunto sugieren que el HIIT puede tener efectos beneficiosos en los síntomas motores relacionados con la EP, especialmente la bradicinesia. Sin embargo, no se establece con claridad diferencias concluyentes respecto al MICT. La mejora observada sobre la bradicinesia indica un área de especial interés, lo que indica la necesidad de futuros estudios que analicen con precisión su efecto sobre esta y el resto de los síntomas motores propios de la patología.

En cuanto a variables relacionadas con la función motora Kim et al. (35) y Ramos et al. (42) observaron aumentos sobre la movilidad funcional, la fuerza y la resistencia de los miembros inferiores. Por su parte, Harpham et al. (32) recogió tanto que no hubo mejorías en TUG en dos estudios ni en la fuerza de flexores y extensores de rodilla en otros 2 estudios, pero también observó

mejoras en 5TST y TUG. Por otro lado, Kathia et al. (39) no encontraron mejoras significativas en parámetros relacionados con la marcha pero sí sobre el número de repeticiones al fallo y la activación voluntaria del cuádriceps. Cabe contrastar las diferencias halladas en el 6MWT entre Kim et al. (35) que obtuvieron mejoras significativas en 6MWT a diferencia de Harvey et al. (36) que no observaron cambios en este; en mi opinión pudiendo relacionarse con la duración de la intervención. Añadido a esto, Harpham et al. (32), recogió tres estudios que midieron la velocidad de marcha; observando que el que utilizó 7MWT no observó cambios, al contrario de ambos estudios que mostraron mejorías utilizando 10MWT, siendo esta última la más sensible y recomendada para sujetos con EP. De acuerdo con estos resultados considero que el HIIT puede provocar beneficios sobre la fuerza, la resistencia y la velocidad de miembros inferiores en el corto plazo siendo beneficiosa sobre la movilidad funcional y reduciendo el riesgo de caídas, mas no logra mejorar parámetros propios de la marcha.

Relativo a la medición del equilibrio, Ramos et al. (42) lo recogieron mediante la escala ABC reportando mejoras no significativas, sugiriendo que no hubo cambios relevantes en la confianza subjetiva de los pacientes en su equilibrio. Asimismo, al utilizar el MiniBESTest, Kathia et al. (39) no observaron efectos significativos, sugiriendo que tampoco hubo cambios objetivos globales detectables durante la intervención. Por otro lado, Harpham et al. (32), recogió mejoras en dos estudios, en uno de ellos obtuvo mejoras sobre el MiniBESTest y en el otro recogió mejoras significativas sobre el tiempo de reacción y el FSST, que reflejan mejoras sobre el equilibrio dinámico. En conjunto, la heterogeneidad podría deberse a las diferentes herramientas utilizadas como su sensibilidad para detectar cambios en el aspecto a evaluar. Esto añadido a las mejoras funcionales observadas en otros aspectos, a mi juicio, indicaría que los cambios observados sobre la fuerza y la resistencia de los miembros inferiores, puede relacionarse con el equilibrio dinámico debido a la forma de trabajo; pues alcanzar la alta intensidad prescrita supondría una elevada velocidad de desempeño. De todas formas, la evidencia actual sobre el equilibrio es limitada, lo que

resalta la necesidad de estudios que amplíen y profundicen en los diferentes aspectos de este y los efectos del HIIT sobre esta población.

La fatiga parece presentar mejoría tras la realización de HIIT sin embargo esto es controversial pues, Duplea (40) y Kim et al. (34) no observaron cambios relevantes en los niveles de fatiga a lo largo del tiempo utilizando el PFS-16. Por el contrario, Blacker et al. (38) y Kathia et al. (39) objetivaron mejoras significativas en los niveles de fatiga entre el inicio y el fin de la intervención. Respecto a la disparidad de resultados sobre la fatiga considero puede deberse a su componente multifactorial, dado que puede verse afectada por aspectos motores, cognitivos, emocionales y autonómicos, los cambios pueden verse reflejados en el perfil de los pacientes, su intervención o la escala utilizada para su intervención. Sin embargo, aunque hay estudios que muestran mejorías en la percepción de fatiga con HIIT, estos no muestran diferencias significativas comparado con los resultados obtenidos por MICT, lo que podría indicar que la reducción en la fatiga no depende del tipo de entrenamiento sino en la realización regular de ejercicio.

Por otro lado, me parece importante destacar que, las ya observadas mejorías sobre los síntomas motores, la marcha, la fuerza y la resistencia de miembros inferiores, y los niveles de VO<sub>2</sub>máx/pico podrían influir sobre los niveles de fatiga. Provocando que, a través de una movilidad más eficaz y menos costosa energéticamente, se obtenga una mejora sobre la función motora, que acabe impactando sobre los niveles de fatiga percibidos.

Dado que la de fatiga y los trastornos del sueño en la EP son síntomas comunes y a menudo coexistentes, es conveniente observar los efectos del HIIT de manera conjunta. En este ámbito, Blacker et al. (38) recogió mejorías significativas en el tiempo sobre la calidad de sueño, de la misma manera que en FSS. Por el contrario, Kim et al. (34) no reportaron mejorías sobre la calidad del sueño, coincidiendo con sus resultados reportados sobre la percepción de fatiga. Estos resultados sugieren que los resultados sobre la percepción de fatiga podrían estar relacionados con el sueño.

Sin embargo, la evidencia es limitada y heterogénea, siendo necesario un mayor número de estudios que analicen de forma clara la relación entre el HIIT, la calidad del sueño y la fatiga en la EP.

Al recoger datos de aspectos relacionados con la CV y la salud mental, no se reportaron mejorías sobre la cognición, pero sí sobre el estado emocional en su revisión sistemática Harpham et al. (32) y Duplea (40) notificaron mejoras sobre síntomas depresivos. Sin embargo, Kim et al. (34) no observó mejoras sobre síntomas depresivos ni ansiosos, obteniéndose dichas mejorías en el grupo que realizó MICT. En este contexto, considero que la mejora sobre aspectos emocionales no estaría relacionada con la intensidad del ejercicio, sino con su práctica diaria; por otro lado, las mejoras en cognición quizás necesiten de la inclusión de un componente cognitivo como parte de la intervención, bien memorización aprendizaje de series de trabajo, o de una intervención a largo plazo. A la vez, Harvey et al. (36) y la revisión sistemática de Harpham et al. (32) no observaron mejoras significativas sobre la percepción global de CV utilizando PDQ-39 y SF-36. Lo que sugiere que, a pesar de existir mejoras sobre síntomas motores, la funcionalidad, la fatiga y la depresión; la percepción global de calidad de vida al incluye procesos multifactoriales cuya interacción es compleja y que evolucionan lentamente.

Kim et al. recogieron mediante diferentes herramientas como la NMSS, el KPPS y el SCOPA-AUT, el impacto de los programas de ejercicio HIIT y MICT sobre los síntomas no motores de la EP. Observando, diferencias nulas entre los grupos HIIT, MICT y control en KPPS, diferencias nulas entre HIIT y control en NMSS, siendo en MICT y control y HIIT y control diferencias no significativas, en cuanto a SCOPA-AUT, no se encontraron diferencias significativas. Estos resultados sugieren que ni HIIT ni MICT demostraron beneficios concluyentes sobre el dolor y los síntomas autonómicos.

Quisiera destacar que a pesar de que hicieron evidentes las similitudes en los beneficios al comparar HIIT y MICT en aspectos como la fatiga y el estado anímico. No queda del todo claro sobre aspectos como la capacidad cardiorrespiratoria, donde se observaron diferencias que no fueron

significativas favorables a HIIT. No obstante, sobre los niveles de BDNF sí demostró diferencias significativas, siendo superior en este aspecto que es clave para la neuroprotección y enlentecimiento de la enfermedad. Por último, resaltar la importancia de la práctica de ejercicio frecuente provoca mayores mejoras sobre los aspectos observados comparado con la no intervención o tratamiento convencional; siendo el HIIT superior en los aumentos de VO<sub>2</sub>máx.

## 8. Limitaciones

En esta revisión se recogen las diferentes modalidades, tipos de aplicación y los efectos de la realización de HIIT en el paciente con EP. Sin embargo, este trabajo cuenta con una serie de limitaciones.

Se hizo evidente la heterogeneidad recogida en los estudios, bien en el tipo de entreno (cicloergómetro, boxeo y trabajo de fuerza resistencia), así como la diferencia entre la dosificación (tiempos de trabajo y reposo y frecuencia) y la duración de las intervenciones (3 semanas a 24 meses). Esto mismo ocurre con la cuantificación de la intensidad como las herramientas utilizadas. Estas características en su conjunto dificultan la interpretación de los resultados obtenidos.

La calidad metodológica de los estudios experimentales evaluada mediante la escala PEDro, y la calidad “críticamente baja” por parte de la revisión sistemática y metaanálisis evaluada mediante AMSTAR-2 demuestra la necesidad de investigaciones a futuro que procuren realizar procesos de enmascaramiento y de cegamiento de evaluadores, para reducir así el riesgo de sesgos.

## 9. Conclusiones

1. El HIIT ofrece diversas modalidades de aplicación, con variabilidad de intervalos y diferentes tipos de entreno destacando el trabajo con cicloergómetro, el boxeo, el entrenamiento de fuerza-resistencia, así como su realización en domicilio.
2. El HIIT ha demostrado beneficios sobre diferentes parámetros bioquímicos referentes al freno en la progresión de la enfermedad, los marcadores de neuroinflamación o los antioxidantes; así como en los niveles de BDNF, que son superiores respecto a MICT, otorgando un efecto neuroprotector. Así mismo tiene efectos positivos sobre la capacidad aeróbica, los síntomas motores propios de la patología, la capacidad funcional, la fatiga y los síntomas depresivos.
3. A pesar del impacto positivo observado que podría provocar un enlentecimiento en la progresión de la enfermedad, así como los beneficios sobre diferentes síntomas y aspectos de relacionados con la salud mental como la depresión, estos no se traducen en mejoras en la percepción de la calidad de vida por parte de los pacientes con EP en el corto a medio plazo.
4. De acuerdo con lo observado en esta revisión, se debería realizar una valoración mediante la realización de una prueba de esfuerzo para determinar la FC<sub>máx</sub> y prescribir la realización de HIIT a una intensidad  $>85\%FC_{máx}$  a intervalos 1:1, 3 veces por semana durante 12 semanas.
5. Se recomienda que investigaciones futuras sobre el ejercicio interválico de alta intensidad consideren un mayor tamaño muestral, intervenciones más extensas en el tiempo y la comparación entre modelos de intervención; así como el cegamiento y enmascaramiento de evaluadores e investigadores con el fin de asegurar una mayor calidad metodológica que permita reconocer con claridad los efectos, el impacto y las diferencias entre modalidades.

## 10. Bibliografía

1. World Health Organization. Enfermedad de Parkinson [Internet]. Ginebra: World Health Organization; [citado 30 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/parkinson-disease>
2. Zafar S, Yaddanapudi SS. Parkinson Disease. En: StatPearls. [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 [citado 29 de noviembre de 2024]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470193/>
3. Kouli A, Torsney KM, Kuan W-L. Parkinson's Disease: Etiology, Neuropathology, and Pathogenesis. En: Stoker TB, Greenland JC, editores. Parkinson's Disease: Pathogenesis and Clinical Aspects. Codon Publications; 2018. DOI: 10.15586/codonpublications.parkinsonsdisease.2018.ch1
4. Bloem BR, Okun MS, Klein C. Parkinson's disease. Lancet. 2021;397(10291):2284-303. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)00218-X
5. Micieli G, Tosi P, Marcheselli S, Cavallini A. Autonomic dysfunction in Parkinson's disease. Neurol Sci. 2003;24:32-4.
6. Sociedad Española de Neurología. Impacto socio sanitario de las enfermedades neurológicas en España. Ediciones SEN. San Sebastián de los Reyes (Madrid); 2024.
7. Pérez Menéndez A. 11 de abril: Día Mundial del Parkinson [Internet]. Madrid: Sociedad Española de Neurología; 10 de abril de 2024 [citado 30 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://www.sen.es/saladeprensa/pdf/Link400.pdf>
8. Ministerio de Salud. Sanidad recuerda la importancia de seguir trabajando para mejorar la calidad de vida de las personas con Parkinson y parkinsonismos [Internet]. Madrid: Ministerio

- de Salud; [citado 30 de noviembre de 2024]. Recuperado: <https://www.sanidad.gob.es/gabinete/notasPrensa.do?id=6072>
9. Jellinger KA. Is Braak staging valid for all types of Parkinson's disease? *J Neural Transm.* 2019;126(4):423-31. DOI: 10.1007/s00702-018-1898-9
  10. Ziemssen T, Reichmann H. Cardiovascular autonomic dysfunction in Parkinson's disease. *J Neurol Sci.* 2010;289(1-2):74-80. DOI: 10.1016/j.jns.2009.08.031
  11. Poirier A-A, Aubé B, Côté M, Morin N, Di Paolo T, Soulet D. Gastrointestinal Dysfunctions in Parkinson's Disease: Symptoms and Treatments. *Parkinsons Dis.* 2016;2016(1):1-23. DOI: 10.1155/2016/6762528
  12. Meco G, Rubino A, Caravona N, Valente M. Sexual dysfunction in Parkinson's disease. *Parkinsonism & Related Disorders.* 2008;14(6):451-6. DOI: 10.1016/j.parkreldis.2007.10.008
  13. Docu Axelerad A, Stroe AZ, Arghir OC, Docu Axelerad D, Gogu AE. Respiratory Dysfunctions in Parkinson's Disease Patients. *Brain Sciences.* 2021;11(5):595. DOI: 10.3390/brainsci11050595
  14. Esteban Aldana M, Martín Aragón S, García Pérez A, Fuentes Gimeno S, Ferrer Benito A, Groeneveld Larraz L. Beneficios del ejercicio terapéutico para la enfermedad de Parkinson. *RSI [Internet].* 2024 [citado 16 de enero de 2025];5(8). Disponible en: <https://revistasanitariadeinvestigacion.com/beneficios-del-ejercicio-terapeutico-para-la-enfermedad-de-parkinson/>
  15. Carvalho A, Barbirato D, Araujo N, Martins JV, Cavalcanti JLS, Santos TM, et al. Comparison of strength training, aerobic training, and additional physical therapy as supplementary treatments for Parkinson's disease: pilot study. *Clin Interv Aging.* 2015;10:183-91. DOI: 10.2147/CIA.S68779

16. Alberts JL, Rosenfeldt AB. The Universal Prescription for Parkinson's Disease: Exercise. *Journal of Parkinson's Disease*. SAGE Publications; 2020;10(s1):S21-7. DOI: 10.3233/JPD-202100
17. Langeskov-Christensen M, Franzén E, Grøndahl Hvid L, Dalgas U. Exercise as medicine in Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2024;95(11):1077-88. DOI: 10.1136/jnnp-2023-332974
18. Padilha C, Souza R, Grossl FS, Gauer APM, de Sá CA, Rodrigues-Junior SA. Physical exercise and its effects on people with Parkinson's disease: Umbrella review. *PLoS One*. 2023;18(11):e0293826. DOI: 10.1371/journal.pone.0293826
19. González-Chávez A, Becerra-Pérez AR, Carmona-Solís FK, Cerezo-Goiz IA, Hernández-y-Hernández H, Lara-Esqueda A. Ejercicio físico para la salud. *Rev Mex Cardiol*. 2001;12(4):168-80.
20. La Touche R. Prescripción de ejercicio terapéutico en Fisioterapia. Las bases elementales de la identidad profesional. *MOVE*. 2020;2(1). DOI: 10.37382/jomts.v2i1.20
21. Firman GO. Fisiología del ejercicio físico. [Internet]. Corrientes, Argentina: Facultad de Medicina de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE); 2000 [citado 9 de enero de 2025]. Disponible en: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/45646625/fisiologia-libre.pdf?1463335121=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCATEDRA\\_No\\_1\\_DE\\_FISIOLOGIA\\_HUMANA\\_FACULT.pdf&Expires=1747733372&Signature=cGf~djLpLZDtCWu6VDVEWJSWv5u6DgcPNfIJkcy2r~dQx7eBvRpJn8~Wove3ZsJNt3WrxF~D5dmqN1QrHvrViDW77ZTgdinX-WzSfD6HDTKKnMdBo9ZW8NchmZx--A3J0wusUyMnZeDNu3P0vhxO8YMLNKMY506WrYO2IAQaV05mTcdUTnNTEenvqTeDcVqZVdDhzXdt1u4BXA0wqJQlbMV67bYJ3Tx4F~Pj2R~~gnLCUx19YdrIXuxvisR9RWM08XzTvT7VdzSKDzeb1](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/45646625/fisiologia-libre.pdf?1463335121=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCATEDRA_No_1_DE_FISIOLOGIA_HUMANA_FACULT.pdf&Expires=1747733372&Signature=cGf~djLpLZDtCWu6VDVEWJSWv5u6DgcPNfIJkcy2r~dQx7eBvRpJn8~Wove3ZsJNt3WrxF~D5dmqN1QrHvrViDW77ZTgdinX-WzSfD6HDTKKnMdBo9ZW8NchmZx--A3J0wusUyMnZeDNu3P0vhxO8YMLNKMY506WrYO2IAQaV05mTcdUTnNTEenvqTeDcVqZVdDhzXdt1u4BXA0wqJQlbMV67bYJ3Tx4F~Pj2R~~gnLCUx19YdrIXuxvisR9RWM08XzTvT7VdzSKDzeb1)

ruB2KCGJpXXPh7P0GAmYFKFX0R6GyQQoCWGiFTI-IYWK8GFbrtKUyhcnEgSBbRVxHlg\_\_&Key-  
Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

22. Pinzón Ríos ID. Ejercicio Terapéutico: Pautas Para La Acción En Fisioterapia. *Rev Colomb Rehabil.* 2015;14(1):4-13. DOI: 10.30788/RevColReh.v14.n1.2015.13
23. Coates AM, Joyner MJ, Little JP, Jones AM, Gibala MJ. A Perspective on High-Intensity Interval Training for Performance and Health. *Sports Med.* 2023;53(Suppl 1):85-96. DOI: 10.1007/s40279-023-01938-6
24. Calverley TA, Ogoh S, Marley CJ, Steggall M, Marchi N, Brassard P, et al. HIITing the brain with exercise: mechanisms, consequences and practical recommendations. *J Physiol.* 2020;598(13):2513-30. DOI: 10.1113/JP275021
25. Hugues N, Pellegrino C, Rivera C, Berton E, Pin-Barre C, Laurin J. Is High-Intensity Interval Training Suitable to Promote Neuroplasticity and Cognitive Functions after Stroke? *Int J Mol Sci.* 2021;22(6):3003. DOI: 10.3390/ijms22063003
26. Tabata I. Tabata training: one of the most energetically effective high-intensity intermittent training methods. *J Physiol Sci.* 2019;69(4):559-72. DOI: 10.1007/s12576-019-00676-7
27. Wu Z-J, Wang Z-Y, Gao H-E, Zhou X-F, Li F-H. Impact of high-intensity interval training on cardiorespiratory fitness, body composition, physical fitness, and metabolic parameters in older adults: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Exp Gerontol.* 2021;150:111345. DOI: 10.1016/j.exger.2021.111345
28. Wood G, Murrell A, Touw T van der, Smart N. HIIT is not superior to MICT in altering blood lipids: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Sport Exerc Med.* BMJ Publishing Group Ltd; 2019;5(1). DOI: 10.1136/bmjsem-2019-000647

29. Jelleyman C, Yates T, O'Donovan G, Gray LJ, King JA, Khunti K, et al. The effects of high-intensity interval training on glucose regulation and insulin resistance: a meta-analysis. *Obes Rev.* 2015;16(11):942-61. DOI: 10.1111/obr.12317
30. Cascaes da Silva F, Valdivia Arancibia BA, da Rosa Iop R, Barbosa Gutierrez Filho PJ, da Silva R. Escalas y listas de evaluación de la calidad de estudios científicos. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud. Editorial Ciencias Médicas;* 2013;24(3):295-312.
31. Shea BJ, Reeves BC, Wells G, Thuku M, Hamel C, Moran J, et al. AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *BMJ. British Medical Journal Publishing Group;* 2017;358:j4008. DOI: 10.1136/bmj.j4008
32. Harpham C, Gunn H, Marsden J, Connolly L. The feasibility, safety, physiological and clinical effects of high-intensity interval training for people with Parkinson's: a systematic review and meta-analysis. *Aging Clin Exp Res.* 2023;35(3):497-523. DOI: 10.1007/s40520-022-02330-6
33. O'Callaghan A, Harvey M, Houghton D, Gray WK, Weston KL, Oates LL, et al. Comparing the influence of exercise intensity on brain-derived neurotrophic factor serum levels in people with Parkinson's disease: a pilot study. *Aging Clin Exp Res.* 2020;32(9):1731-8. DOI: 10.1007/s40520-019-01353-w
34. Kim R, Choi S, Kang N, Park K, Shin H, Lee H, et al. Effects of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on non-motor symptoms in patients with Parkinson's disease: a randomised pilot trial. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2024;95(9):886-8. DOI: 10.1136/jnnp-2023-331990

35. Kim R, Choi S, Kang N, Park K, Shin H, Lee H, et al. Effects of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on sarcopenia-related parameters in participants with Parkinson's disease: A 24-week randomized pilot trial substudy. *Parkinsonism & Related Disorders*. 2023;117:105901. DOI: 10.1016/j.parkreldis.2023.105901
36. Harvey M, Weston KL, Gray WK, O'Callaghan A, Oates LL, Davidson R, et al. High-intensity interval training in people with Parkinson's disease: a randomized, controlled feasibility trial. *Clin Rehabil*. 2019;33(3):428-38. DOI: 10.1177/0269215518815221
37. Harpham C, Gunn H, Marsden J, Connolly L. Co-Creating a Feasible, Acceptable and Safe Home-Based High-Intensity Interval Training Programme for People with Parkinson's: The HIIT-Home4Parkinson's Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(9):5671. DOI: 10.3390/ijerph20095671
38. Blacker DJ, Fazio R, Tucak C, Beranek P, Pollard C, Shelley T, et al. FIGHT-PD: A feasibility study of periodized boxing training for Parkinson disease. *PM&R*. 2024;16(1):36-46. DOI: 10.1002/pmrj.12986
39. Kathia MM, Duplea S-G, Bommarito JC, Hinks A, Leake E, Shannon J, et al. High-intensity interval versus moderate-intensity continuous cycling training in Parkinson's disease: a randomized trial. *J Appl Physiol*. 2024;137(3):603-15. DOI: 10.1152/jappphysiol.00219.2024
40. Duplea S-G. Physiological Benefits of High-intensity Interval Training for Individuals With Parkinson's Disease. *Case Medical Research*. 2019; DOI: 10.31525/ct1-nct03940261
41. Malczynska-Sims P, Chalimoniuk M, Wronski Z, Marusiak J, Sulek A. High-intensity interval training modulates inflammatory response in Parkinson's disease. *Aging Clin Exp Res*. 2022;34(9):2165-76. DOI: 10.1007/s40520-022-02153-5

42. Ramos L, Watson J, Macalintal R, Ellis C. High-Intensity Exercise in Community-Based Boxing Improves Functional Limitations in Individuals with Parkinson's Disease. *Int J Exerc Sci.* 2024;17(3):1493-503. DOI: 10.70252/IHKW5009
43. Sartori AC, Santos FCD, Lopes JDL, Santos VB, Okuno MFP. King's Parkinson's Disease Pain Questionnaire: reliability and convergent construct validity. *Rev Bras Enferm.* 2023;76(3):e20220379. DOI: 10.1590/0034-7167-2022-0379
44. Covic A, Siriopol D. Pulse Wave Velocity Ratio: The New "Gold Standard" for Measuring Arterial Stiffness. *Hypertension.* 2015;65(2):289-90. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.114.04678
45. CIR Systems Inc. GAITRite | Gait Analysis Software [Internet]. [citado 17 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.gaitrite.com/gait-analysis-software>
46. Rodriguez-Blazquez C, Forjaz MJ, Frades-Payo B, De Pedro-Cuesta J, Martinez-Martin P, on behalf of the Longitudinal Parkinson's Disease Patient Study (Estudio longitudinal de pacientes con enfermedad de Parkinson–ELEP) Group. Independent validation of the scales for outcomes in Parkinson's disease-autonomic (SCOPA-AUT). *Euro J Neurol.* 2010;17(2):194-201. DOI: 10.1111/j.1468-1331.2009.02788.x
47. Stiasny-Kolster K, Mayer G, Schäfer S, Möller JC, Heinzel-Gutenbrunner M, Oertel WH. The REM sleep behavior disorder screening questionnaire—A new diagnostic instrument. *Movement Disorders.* 2007;22(16):2386-93. DOI: 10.1002/mds.21740
48. Smith T, Gildeh N, Holmes C. The Montreal Cognitive Assessment: Validity and Utility in a Memory Clinic Setting. *Can J Psychiatry.* 2007;52(5):329-32. DOI: 10.1177/070674370705200508

49. PEDro (Physiotherapy Evidence Database). Escala PEDro. [Internet]. Sídney: Centre for Evidence-Based Physiotherapy; 2012 [citado 18 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://pedro.org.au/spanish/resources/pedro-scale/>

## 11. Anexos

### Anexo 1. Escala PEDro-Español (49)

#### Escala PEDro-Español

---

1. Los criterios de elección fueron especificados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos)	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
3. La asignación fue oculta	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
5. Todos los sujetos fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por "intención de tratar"	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:

---

Anexo 2. Escala AMSTAR-2 (31).

AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both

<p><b>1. Did the research questions and inclusion criteria for the review include the components of PICO?</b></p>		
<p>For Yes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Population</li> <li><input type="checkbox"/> Intervention</li> <li><input type="checkbox"/> Comparator group</li> <li><input type="checkbox"/> Outcome</li> </ul>	<p>Optional (recommended)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Timeframe for follow-up</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Yes</li> <li><input type="checkbox"/> No</li> </ul>
<p><b>2. Did the report of the review contain an explicit statement that the review methods were established prior to the conduct of the review and did the report justify any significant deviations from the protocol?</b></p>		
<p>For Partial Yes: The authors state that they had a written protocol or guide that included ALL the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> review question(s)</li> <li><input type="checkbox"/> a search strategy</li> <li><input type="checkbox"/> inclusion/exclusion criteria</li> <li><input type="checkbox"/> a risk of bias assessment</li> </ul>	<p>For Yes: As for partial yes, plus the protocol should be registered and should also have specified:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> a meta-analysis/synthesis plan, if appropriate, <i>and</i></li> <li><input type="checkbox"/> a plan for investigating causes of heterogeneity</li> <li><input type="checkbox"/> justification for any deviations from the protocol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Yes</li> <li><input type="checkbox"/> Partial Yes</li> <li><input type="checkbox"/> No</li> </ul>
<p><b>3. Did the review authors explain their selection of the study designs for inclusion in the review?</b></p>		
<p>For Yes, the review should satisfy ONE of the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> <i>Explanation for including only RCTs</i></li> <li><input type="checkbox"/> <i>OR Explanation for including only NRSI</i></li> <li><input type="checkbox"/> <i>OR Explanation for including both RCTs and NRSI</i></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Yes</li> <li><input type="checkbox"/> No</li> </ul>
<p><b>4. Did the review authors use a comprehensive literature search strategy?</b></p>		
<p>For Partial Yes (all the following):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> searched at least 2 databases (relevant to research question)</li> <li><input type="checkbox"/> provided key word and/or search strategy</li> <li><input type="checkbox"/> justified publication restrictions (e.g. language)</li> </ul>	<p>For Yes, should also have (all the following):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> searched the reference lists / bibliographies of included studies</li> <li><input type="checkbox"/> searched trial/study registries</li> <li><input type="checkbox"/> included/consulted content experts in the field where relevant, searched for grey literature</li> <li><input type="checkbox"/> conducted search within 24 months of completion of the review</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Yes</li> <li><input type="checkbox"/> Partial Yes</li> <li><input type="checkbox"/> No</li> </ul>
<p><b>5. Did the review authors perform study selection in duplicate?</b></p>		
<p>For Yes, either ONE of the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> at least two reviewers independently agreed on selection of eligible studies and achieved consensus on which studies to include</li> <li><input type="checkbox"/> OR two reviewers selected a sample of eligible studies <u>and</u> achieved good agreement (at least 80 percent), with the remainder selected by one reviewer.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Yes</li> <li><input type="checkbox"/> No</li> </ul>

AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both

<p><b>6. Did the review authors perform data extraction in duplicate?</b></p> <p>For Yes, either ONE of the following:</p> <p><input type="checkbox"/> at least two reviewers achieved consensus on which data to extract from included studies <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> Yes</span></p> <p><input type="checkbox"/> OR two reviewers extracted data from a sample of eligible studies <u>and</u> achieved good agreement (at least 80 percent), with the remainder extracted by one reviewer. <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> No</span></p>		
<p><b>7. Did the review authors provide a list of excluded studies and justify the exclusions?</b></p> <p>For Partial Yes: <input type="checkbox"/> provided a list of all potentially relevant studies that were read in full-text form but excluded from the review</p> <p>For Yes, must also have: <input type="checkbox"/> Justified the exclusion from the review of each potentially relevant study <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> Yes</span></p> <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> Partial Yes</span> <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> No</span>		
<p><b>8. Did the review authors describe the included studies in adequate detail?</b></p> <p>For Partial Yes (ALL the following): <input type="checkbox"/> described populations <input type="checkbox"/> described interventions <input type="checkbox"/> described comparators <input type="checkbox"/> described outcomes <input type="checkbox"/> described research designs</p> <p>For Yes, should also have ALL the following: <input type="checkbox"/> described population in detail <input type="checkbox"/> described intervention in detail (including doses where relevant) <input type="checkbox"/> described comparator in detail (including doses where relevant) <input type="checkbox"/> described study's setting <input type="checkbox"/> timeframe for follow-up <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> Yes</span></p> <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> Partial Yes</span> <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> No</span>		
<p><b>9. Did the review authors use a satisfactory technique for assessing the risk of bias (RoB) in individual studies that were included in the review?</b></p> <p><b>RCTs</b>  For Partial Yes, must have assessed RoB from: <input type="checkbox"/> unconcealed allocation, <i>and</i> <input type="checkbox"/> lack of blinding of patients and assessors when assessing outcomes (unnecessary for objective outcomes such as all-cause mortality)</p> <p>For Yes, must also have assessed RoB from: <input type="checkbox"/> allocation sequence that was not truly random, <i>and</i> <input type="checkbox"/> selection of the reported result from among multiple measurements or analyses of a specified outcome <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> Yes</span></p> <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> Partial Yes</span> <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> No</span> <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> Includes only NRSI</span>		
<p><b>NRSI</b>  For Partial Yes, must have assessed RoB: <input type="checkbox"/> from confounding, <i>and</i> <input type="checkbox"/> from selection bias</p> <p>For Yes, must also have assessed RoB: <input type="checkbox"/> methods used to ascertain exposures and outcomes, <i>and</i> <input type="checkbox"/> selection of the reported result from among multiple measurements or analyses of a specified outcome <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> Yes</span></p> <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> Partial Yes</span> <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> No</span> <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> Includes only RCTs</span>		
<p><b>10. Did the review authors report on the sources of funding for the studies included in the review?</b></p> <p>For Yes: <input type="checkbox"/> Must have reported on the sources of funding for individual studies included in the review. Note: Reporting that the reviewers looked for this information but it was not reported by study authors also qualifies <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> Yes</span></p> <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> No</span>		

AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both

<p><b>11. If meta-analysis was performed did the review authors use appropriate methods for statistical combination of results?</b></p>	
<p><b>RCTs</b> For Yes:</p> <p><input type="checkbox"/> The authors justified combining the data in a meta-analysis <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> Yes</span></p> <p><input type="checkbox"/> AND they used an appropriate weighted technique to combine study results and adjusted for heterogeneity if present. <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> No</span></p> <p><input type="checkbox"/> AND investigated the causes of any heterogeneity <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> No meta-analysis conducted</span></p>	
<p><b>For NRSI</b> For Yes:</p> <p><input type="checkbox"/> The authors justified combining the data in a meta-analysis <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> Yes</span></p> <p><input type="checkbox"/> AND they used an appropriate weighted technique to combine study results, adjusting for heterogeneity if present <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> No</span></p> <p><input type="checkbox"/> AND they statistically combined effect estimates from NRSI that were adjusted for confounding, rather than combining raw data, or justified combining raw data when adjusted effect estimates were not available <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> No meta-analysis conducted</span></p> <p><input type="checkbox"/> AND they reported separate summary estimates for RCTs and NRSI separately when both were included in the review</p>	
<p><b>12. If meta-analysis was performed, did the review authors assess the potential impact of RoB in individual studies on the results of the meta-analysis or other evidence synthesis?</b></p>	
<p>For Yes:</p> <p><input type="checkbox"/> included only low risk of bias RCTs <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> Yes</span></p> <p><input type="checkbox"/> OR, if the pooled estimate was based on RCTs and/or NRSI at variable RoB, the authors performed analyses to investigate possible impact of RoB on summary estimates of effect. <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> No</span></p> <p style="text-align: right;"><input type="checkbox"/> No meta-analysis conducted</p>	
<p><b>13. Did the review authors account for RoB in individual studies when interpreting/ discussing the results of the review?</b></p>	
<p>For Yes:</p> <p><input type="checkbox"/> included only low risk of bias RCTs <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> Yes</span></p> <p><input type="checkbox"/> OR, if RCTs with moderate or high RoB, or NRSI were included the review provided a discussion of the likely impact of RoB on the results <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> No</span></p>	
<p><b>14. Did the review authors provide a satisfactory explanation for, and discussion of, any heterogeneity observed in the results of the review?</b></p>	
<p>For Yes:</p> <p><input type="checkbox"/> There was no significant heterogeneity in the results <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> Yes</span></p> <p><input type="checkbox"/> OR if heterogeneity was present the authors performed an investigation of sources of any heterogeneity in the results and discussed the impact of this on the results of the review <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> No</span></p>	
<p><b>15. If they performed quantitative synthesis did the review authors carry out an adequate investigation of publication bias (small study bias) and discuss its likely impact on the results of the review?</b></p>	
<p>For Yes:</p> <p><input type="checkbox"/> performed graphical or statistical tests for publication bias and discussed the likelihood and magnitude of impact of publication bias <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> Yes</span></p> <p style="text-align: right;"><input type="checkbox"/> No</p> <p style="text-align: right;"><input type="checkbox"/> No meta-analysis conducted</p>	

AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both

16. Did the review authors report any potential sources of conflict of interest, including any funding they received for conducting the review?

For Yes:

- |   |                              |
|---|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> The authors reported no competing interests OR   | <input type="checkbox"/> Yes |
| <input type="checkbox"/> The authors described their funding sources and how they managed potential conflicts of interest | <input type="checkbox"/> No  |

Anexo 3. Ejercicios realizados en Harvey et al. (2019) (36).

#### Power clean and press

---



#### Step and press

---



## Squat

---



## Pulldown to squat

---



## High pull

---



**Bent over row**

---

