

VIABILIDAD Y EFECTOS DEL HIIT PARA PERSONAS CON PARKINSON: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

**Grado en Fisioterapia y Ciencias de la
Actividad Física y el Deporte**

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



Realizado por: Jose Miguel Hijano Villalón y Nathaniel Mayne Amez

Grupo TFG: Mix61

Año Académico: 2023-2024

Tutor/a: Olga López

Área: Revisión bibliográfica

Resumen:

La enfermedad de Parkinson es una enfermedad idiopática del sistema nervioso que tiene afectaciones tanto motoras como no motoras. Es la segunda enfermedad neurodegenerativa más común del mundo, después del Alzheimer. A pesar de que el tratamiento principal es conservador mediante medicación, se ha demostrado que el ejercicio físico es beneficioso en cuanto a los factores que afectan a esta enfermedad. Debido a esto, se ha realizado una revisión bibliográfica de artículos originales extraídos de las bases de datos MEDLINE Complete, Rehabilitation & Sports Medicine Source y SPORTdiscus with Full Text, de la cual se han obtenido 14 artículos originales, con el objetivo de comprobar la viabilidad de realizar un protocolo de entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT), en pacientes con Parkinson, a la vez que se observan los efectos que esta intervención tendría sobre la función motora y cognitiva, junto con el efecto en la producción del factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF), así como el impacto en la calidad de vida de personas con Parkinson.

Tras el estudio de la bibliografía se ha concluido que un protocolo HIIT es viable, tolerable y beneficioso para personas con Parkinson en etapa 1, 2 y 3 según la escala de Hoehn y Yahr.

Palabras clave: Entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT), Enfermedad de Parkinson (PD), función motora, función cognitiva, factor neurotrófico derivado del cerebro, calidad de vida.

Abstract:

Parkinson's disease is an idiopathic neurological disorder that affects both motor and non-motor functions. It is the second most common neurodegenerative disease worldwide, following Alzheimer. Despite the primary conservative treatment involving medication, physical exercise has been demonstrated to have benefits in several factors related to this disease. Therefore, a literature review of original articles from MEDLINE Complete, Rehabilitation & Sports Medicine Source, and SPORTdiscus with Full Text was conducted, yielding 14 original articles. The objective was to assess the feasibility of implementing a high-intensity interval training (HIIT) protocol in patients with Parkinson's disease and to observe the effects of this intervention on motor and cognitive function, as well as its impact on brain-derived neurotrophic factor (BDNF) production and the quality of life of individuals with Parkinson's.

After the review of the literature, it was concluded that a HIIT protocol is feasible, well-tolerated, and have benefits for individuals with Parkinson's in stages 1, 2, and 3 according to the Hoehn and Yahr scale.

Keywords: High-intensity Interval training (HIIT), Parkinson disease (PD), motor function, cognitive function, brain-derived neurotrophic factor (BDNF), quality of life.

Índice

1. Introducción	6
2. Objetivos	9
3. Metodología.....	9
3.1. Diseño	9
3.2. Estrategia de búsqueda	9
3.3. Criterios de inclusión.....	10
3.4. Diagrama de flujo.	11
4. Discusión.....	12
5. Futuras líneas de investigación	20
6. Conclusiones.....	21
7. Referencias bibliográficas	22
8. Anexos	27
8.1. Cuadro resumen de artículos empleados	27
8.2. Escala UPDRS-III.....	30

Índice de tablas

Tabla 1. Cuadro resumen de autores -----	277
Tabla 2. Escala UPDRS-III -----	300

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de flujo -----	11
-----------------------------------	----

1.Introducción

La enfermedad de Parkinson (EP) es una enfermedad idiopática del sistema nervioso caracterizada por manifestaciones tanto motoras como no motoras (Martínez-Fernández et al., 2016). Es un trastorno neurodegenerativo crónico y progresivo que ocurre principalmente en personas mayores, pero que puede manifestarse en pacientes mucho más jóvenes y es la segunda enfermedad neurodegenerativa más común en el mundo (Martínez-Fernández et al., 2016). La definición patológica de la enfermedad de Parkinson es la pérdida o degeneración de las neuronas dopaminérgicas (productoras de dopamina) en la sustancia negra y el desarrollo de cuerpos de Lewy (una característica patológica) en las neuronas dopaminérgicas (Beitz, 2014). Ciertos cambios patológicos pueden aparecer dos décadas antes o incluso más, antes de que los síntomas evidentes aparezcan. Esta pérdida de neuronas productoras de dopamina resulta en un marcado deterioro del control motor. Los cuerpos de Lewy son estructuras intracelulares anormales que contienen diversas proteínas, como la alfa-sinucleína y ubiquitina, las cuales afectan al funcionamiento adecuado de las neuronas (Beitz, 2014).

La principal escala utilizada a nivel global para evaluar clínicamente a un paciente de Parkinson es la escala de Hoehn y Yahr, la cual define categorías generales de función motora características de Parkinson (Bhidayasiri et al., 2012). Esta describe la enfermedad a través de cinco estadios o etapas (Alegre-Ayala et al, 2023). Para medir objetivamente la respuesta de terapia a los pacientes de Parkinson, conocemos como principales escalas de evaluación UPDRS, más concretamente la que se centra a nivel motor UPDRS-III (Sánchez-Ferró et al., 2018) y para la calidad de vida, el cuestionario de 39 ítems para la enfermedad de Parkinson (PDQ-39) (Hagell y Nygren, 2007). La escala UPDRS (Escala Unificada de la Enfermedad de Parkinson) es una herramienta clínica utilizada para evaluar la gravedad y la progresión de la enfermedad mediante unos ítems (Goetz et al., 2008).

El tratamiento principal para la enfermedad de Parkinson es el uso de medicamentos antiparkinsonianos, pero su efectividad disminuye con el tiempo (Feng et al., 2020). El entrenamiento físico se presenta como un tratamiento complementario que mejora la plasticidad cerebral y aumenta la liberación de

dopamina. Este enfoque ha demostrado eficacia en mejorar tanto los trastornos motores (equilibrio, marcha) como los no motores (sueño, función cognitiva, calidad de vida) en pacientes con Parkinson (Feng et al., 2020).

Se ubica la primera vez que se reportó el ejercicio como beneficioso para los pacientes con Parkinson en 1992 (Sasco et al., 1992), demostrándose que hombres que habían realizado deporte tenían menos riesgo de desarrollar la enfermedad (LaHue et al., 2016). Esto fue confirmado más adelante por estudios epidemiológicos subsecuentes (Xu et al., 2019).

La evidencia creciente implica que el ejercicio tiene efectos beneficiosos en la salud cerebral, ayudando a promover la neurogénesis, angiogénesis y metabolismo del sistema nervioso central (SNC), junto con la liberación de factor de crecimiento y modulando la inflamación del SNC (Cotman et al., 2007), también habiéndose probado que el ejercicio mantenido en el tiempo es capaz de causar mejoría en el aprendizaje y la memoria, así como disminuir el deterioro mental causado por el envejecimiento y enfermedades neurodegenerativas (Xu et al., 2019). Además, el ejercicio mejora la plasticidad sináptica en el hipocampo, esencial para el aprendizaje espacial, mejorando tanto la potenciación a corto como a largo plazo, y aumenta los niveles de proteínas sinápticas, receptores de glutamato y factores neurotróficos como el factor de crecimiento similar a la insulina-1 (IGF-1) y el factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF). Además, también muestra efectos neuroprotectores y rehabilitadores (Xu et al., 2019). Un mecanismo a través del cual el ejercicio podría favorecer la salud cerebral es aumentando la expresión del BDNF, una proteína natural que se encuentra principalmente en el cerebro. El BDNF es un neurotrófico que regula funciones cruciales del sistema nervioso central, como la neurogénesis, neuroprotección, neuroregeneración, supervivencia celular y el desarrollo y mantenimiento de conexiones sinápticas entre las neuronas (Cid et al., 2016). En estudios recientes el protocolo HIIT ha dado mejores resultados que protocolos de intensidad moderada en cuanto a la producción de factor BDNF (Márquez et al., 2015).

El HIIT utiliza repeticiones de corta a larga duración de ejercicio a una intensidad alta, alternando con períodos de recuperación de ejercicio de baja intensidad o descanso activo. La premisa básica detrás del HIIT es que se acumula un mayor

volumen de ejercicio de alta intensidad durante una única sesión en comparación con el ejercicio de intensidad constante o moderada. El HIIT abarca todo tipo de prescripciones de ejercicio adaptadas a las necesidades individuales y puede utilizarse en casi cualquier escenario. Esta capacidad de adaptación hace que el HIIT sea una herramienta valiosa en la programación de ejercicio para pacientes con enfermedades crónicas (Ross et al., 2016). De hecho, se ha demostrado que el HIIT promueve adaptaciones fisiológicas similares o incluso mayores que el ejercicio de intensidad constante tanto en población saludable como en pacientes clínicos, a pesar de un reducido volumen de ejercicio y tiempo (Ross et al., 2016). Por lo tanto, el HIIT podría ser apropiado para personas con la enfermedad de Parkinson (Harpham et al., 2023).

Según Bloem et al. (2021) la enfermedad de Parkinson es más común en personas mayores, aunque en un 25% de los afectados comienza antes de los 65 años, y en un 5-10% de estos antes de los 50. A nivel mundial, la enfermedad ha aumentado, especialmente en China y en países europeos de altos ingresos (Bloem et al., 2021). En las últimas dos décadas, la carga global de la enfermedad, en términos de muertes y discapacidades, se ha duplicado. Aunque afecta a ambos sexos, las mujeres tienen menos incidencia y un inicio más tardío, pero experimentan desventajas como mayor riesgo de ciertos efectos secundarios y síntomas, mientras que los hombres tienen un mayor riesgo de declive cognitivo (Bloem et al., 2021).

La enfermedad de Parkinson se diagnostica en clínica, solo pudiendo confirmarse mediante autopsia. Sus cuatro características principales son bradicinesia, rigidez, temblor en reposo e inestabilidad postural. La bradicinesia, definida como lentitud de movimiento, es la más reconocible. La rigidez se define como resistencia al movimiento pasivo. El temblor en reposo se manifiesta en una frecuencia característica de 4 a 6 Hz, desapareciendo durante el uso activo. La inestabilidad postural es la principal causa de caídas, hacia atrás predominantemente y el inicio temprano de estas sugiere diagnóstico alternativo. Entre otros rasgos encontramos la postura encorvada y bloqueos motores (Earhart y Falvo, 2013). Los síntomas motores suelen ser unilaterales, además, la enfermedad presenta síntomas no motores que podrían afectar a la participación y beneficio del ejercicio (Earhart y Falvo, 2013).

2.Objetivos

Esta revisión se diseña con el objetivo principal de conocer la viabilidad de la realización de ejercicio de alta intensidad en personas con la enfermedad de Parkinson.

En base al objetivo principal se desarrollan los siguientes objetivos secundarios.

- Conocer efectos del ejercicio de alta intensidad a nivel cognitivo y funcional.
- Explorar como influye el entrenamiento de alta intensidad en el factor BDNF.
- Identificar si hay influencia en la calidad de vida de los pacientes.
- Comparar los efectos frente a entrenamientos de menor intensidad.

3.Metodología.

3.1. Diseño

Se realizó una revisión sistemática de estudios científicos en las principales bases científicas de la salud sobre los últimos hallazgos de la realización de ejercicio de alta intensidad en personas con la enfermedad de Parkinson.

3.2. Estrategia de búsqueda

Se realizó una primera búsqueda en Google Académico de documentos y artículos para estudiar los antecedentes y el estado actual sobre la realización de ejercicio de alta intensidad en personas con Parkinson. Tras esto, se realizó una búsqueda de estudios originales en las bases de datos MEDLINE Complete, Rehabilitation & Sports Medicine Source y SPORTdiscus with Full Text, utilizando las siguientes ecuaciones de búsqueda: «Parkinson's disease OR Parkinson disease OR Parkinsons disease OR pd OR Parkinsons OR Parkinsonism AND hiit OR hit OR high intensity Interval training OR high intensity training NOT systematic review OR meta-analysis». Se limitó la búsqueda por año de publicación, «2015 en adelante», texto completo e idioma inglés.

3.3. Criterios de inclusión

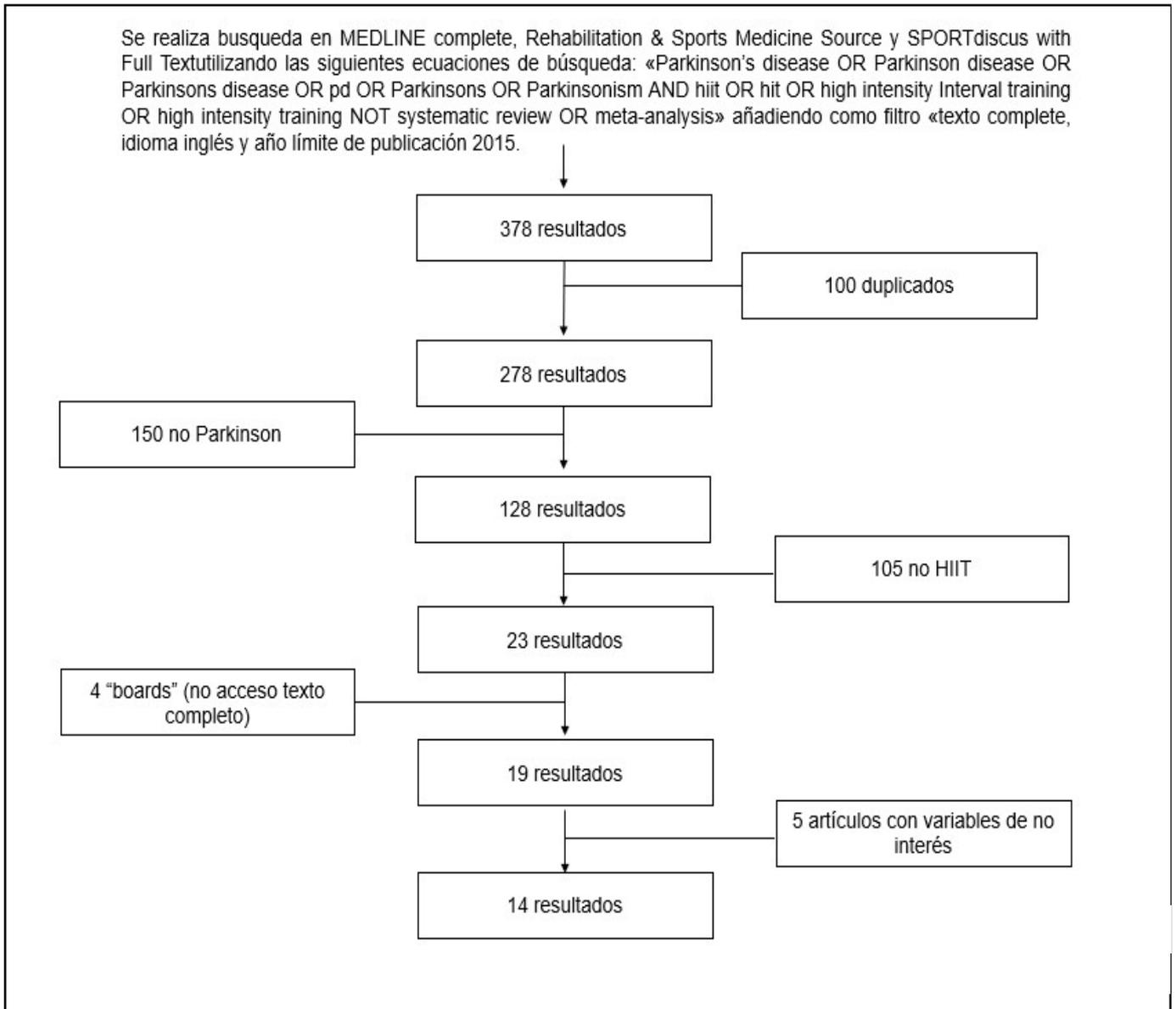
Para la búsqueda bibliográfica se utilizó como criterios de inclusión que el protocolo utilizado fuera HIIT, que la muestra fuera de personas con Parkinson, que fueran artículos originales y que fuera en humanos. Los principales criterios de exclusión fueron que no hubiese acceso a texto completo, que fueran publicados previamente a 2015 y que no tratara variables de interés para esta revisión.

Tal y como puede observarse en el diagrama de flujo (ver figura 1), tras la primera búsqueda obtenemos 378 resultados. De estos se descartan 100 por duplicados, 105 por no tratar sobre HIIT, 150 por no incluir pacientes con Parkinson, reduciendo a 23 artículos. De estos se descartaron 4 por no tener acceso a texto completo y 5 por no tratar variables de interés, obteniendo un resultado final de 14 artículos.

3.4. Diagrama de flujo.

Figura 1

Diagrama de flujo.



4. Discusión

En esta revisión, haremos una comparación entre los diferentes artículos, en base a los objetivos planteados, siendo el objetivo principal conocer la viabilidad de este tipo de entrenamiento que se caracteriza por su alta intensidad, en personas con patología de Parkinson. A su vez, a través de esta discusión se muestra interés por observar los diferentes efectos que puede tener este tipo de entrenamiento sobre la muestra elegida.

En los diferentes artículos se utilizaron diferentes metodologías para trabajar con la muestra, la cual se caracterizaba por nunca alcanzar la etapa 4 en la escala de Hoehn y Yahr, sin comorbilidad. Estos estudios diferían en las variables estudiadas, pero en ellos se puede contemplar el estudio de la viabilidad y seguridad a través de una buena tolerancia de la muestra ante la intervención, junto con los efectos a nivel funcional y cognitivo, efectos en el BDNF y el impacto en la calidad de vida.

A continuación, compararemos los artículos más influyentes en cuanto a cada una de las variables objetivo de la revisión.

Viabilidad

Debido a la alta demanda que supone el HIIT, la viabilidad de la realización de este protocolo por parte de la muestra es estudiada en la mayoría de los estudios.

Se observa la tolerabilidad de la muestra ante ejercicio de alta intensidad medido por la capacidad de alcanzar una frecuencia cardiaca máxima (FCmax) superior a 85%, o por índice de esfuerzo percibido (RPE).

Diferentes estudios observaron una buena tolerancia ante un protocolo HIIT realizado al 85% de la FCmax (Harvey et al., 2019; Schenkman et al., 2018; O'Callaghan et al., 2020). Harvey et al. (2019) realizaron 12 semanas de HIIT durante 3 días a la semana en sesiones de 45-60 minutos donde realizarían 4 repeticiones de un circuito compuesto por ejercicios de fuerza que engloban movimientos de todo el cuerpo, dejando tiempo de recuperación entre repeticiones y series a una muestra de 20 personas con Parkinson. Muy similar fue el estudio de O'Callaghan et al. (2020), donde se realizó un protocolo HIIT a un grupo de 30 personas, en sesiones de 45 minutos con ejercicios globales del cuerpo. Por otro lado, Schenkman et al. (2018) aplicaron un protocolo HIIT en cinta de correr en

sesiones de 30 minutos a 128 participantes de entre 40 y 80 años durante 36 semanas. Se concluyó que el HIIT era un protocolo viable para las personas con Parkinson.

A su vez, diferentes estudios mostraron que el HIIT fue bien tolerado por los sujetos con Parkinson a intensidades que suponían hasta un 17 de RPE (Fernandes et al., 2020; Fiorelli et al., 2019). Fernandes et al. (2020), estudiaron una muestra de 20 personas realizando un protocolo HIIT de 21 minutos en máquina de correr, mientras que Fiorelli et al. (2019), evaluaron una muestra de 14 personas que realizó la intervención durante 21 minutos en bici estática. En ambos estudios durante la intervención se alternaban intervalos de alta intensidad con intervalos de intensidad más baja (9-11 RPE), y se comparó con otro grupo que realizaba ejercicio continuo a intensidad moderada (MICT) a 11-13 RPE, obteniendo resultados superiores en algunas de las variables estudiadas del HIIT sobre el MICT (Fernandes et al., 2020), por lo que se entiende que no solo es buena la tolerabilidad sino que encontramos beneficios sobre otro tipo de entrenamientos de intensidad más moderada.

A su vez, también se encontró buena tolerabilidad para protocolos de HIIT no convencionales. Landers et al. (2019) expusieron a 20 personas a un protocolo de entrenamiento de alta intensidad en un campo de entrenamiento enfocado a la prevención de caídas, denominado como HIBC, o Passos-Monteiro et al. (2020) que realizaron un protocolo de sprints con 37 participantes con Parkinson con entrenamiento previo.

Aunque estos protocolos anteriores difieran del protocolo tipo HIIT, tienen el factor de alta intensidad en ellos al ser sprints a máxima velocidad, y de forma repetida tras descansos (Passos-Monteiro et al., 2020), o utilizar una intensidad superior al 75% de la FCmax (Landers et al., 2019), quedándose muy cerca del 85% estipulado previamente (Harvey et al., 2019; Schenkman et al., 2018; O'Callaghan et al., 2020).

La mayor diferencia que podemos encontrar en todos los estudios planteados es en el estudio de Passos-Monteiro et al. (2020), ya que los participantes se habían sometido a un entrenamiento previo a la intervención, lo cual influye directamente en la buena tolerancia de esta. Más allá de esto, en todos los estudios incluidos en

esta revisión, la gran mayoría de la muestra pudo terminar la intervención sin problema, incluso aunque la buena tolerancia por parte de la muestra no fuese especificada directamente por los autores, por lo tanto, se podría concluir en la viabilidad del HIIT para personas con Parkinson.

La única excepción que destacar apareció en el estudio de Landers et al. (2019), donde un participante se cayó de forma recurrente, pero esto no es resolutivo para la buena tolerabilidad del HIIT ya que esta intervención se llevaba a cabo en un campo de entrenamiento con dificultad añadida enfocado a la prevención de caídas.

Un problema que resaltar entre los diferentes estudios encontrados es la falta de concreción en cuanto a la muestra, ya que en la mayoría de estos no se especifica en cuanto a la edad o género, siendo la edad un factor de peso en cuanto a la mayor o menor tolerabilidad de cualquier tipo de intervención, solo conociendo en uno de los artículos el rango de edad diana de 40 a 80 años (Schenkman et al., 2018), el cual tampoco nos deja conocer realmente cual es la situación de la muestra.

Función cognitiva

Para evaluar el efecto del HIIT en la función cognitiva, no se ha encontrado un gold standard para su medición en los estudios revisados, aunque un factor clave que ha influido en los resultados ha sido si se estudiaba el efecto de forma aguda, o a largo plazo.

Dicho esto, se refiere en la bibliografía a que el HIIT tendría unos buenos resultados en la función cognitiva de forma aguda (Fiorelli et al., 2019; Kelly et al., 2017), sin embargo, no se ha llegado a un resultado positivo de relevancia estadística a largo plazo (Harvey et al., 2019).

Añadido a esto, la forma de analizar el efecto en la función cognitiva difería entre los estudios. En referencia a los que analizaban de forma aguda, en el estudio de Fiorelli et al. (2019) se trabajó con una muestra de 14 personas, que se dividiría en 3 grupos realizando HIIT, MICT o una intervención control, realizando el grupo HIIT sesiones de 21 minutos en bici estática a una intensidad de 15-17 RPE, utilizando para el análisis de la función cognitiva una batería de 4 test específicos que fueron “Associated verbal pairs”, para la memoria auditiva; “digit Span”, para atención y

memoria; symbol search, enfocado a la velocidad de procesamiento mental, memoria visual a corto plazo, coordinación visual-motora y velocidad de operación mental y el trail marking test (TMT), que evalúa la atención mantenida y el seguimiento oculomotor. En cambio, el estudio de Kelly et al., (2017) contaría con una muestra de 17 participantes que realizarían sesiones de 35 a 45 minutos de HIIT, en circuito de ejercicios de fuerza con descanso activo en bici estática, teniendo como objetivo este estudio observar el efecto en la actividad cerebral en reposo con amplitud fraccional de fluctuación de baja frecuencia (fALFF) mediante prueba de escáner.

Aunque ambos estudios obtuvieron resultados estadísticamente significativos de forma positiva, las variables objetivo son completamente distintas, pero podemos valorarlo como positivo de cara a una mejora en la función cognitiva, ya que así se indica en ambos estudios. Por otro lado, el estudio de Harvey et al. (2019), hace uso de la Evaluación Cognitiva Montreal (MOCA), y aunque los resultados obtenidos se definieron por tener bajo efecto a nivel intervención, si fueron superiores respecto al grupo control, y sería interesante comprobar los resultados a efecto agudo tras la intervención buscando relevancia estadística.

De nuevo, nos encontramos con una falta de especificación en cuanto a la muestra, la cual podría alterar los resultados de cara a un factor como es la función cognitiva, ya que la edad está directamente relacionada con el deterioro de esta.

Tras haber observado los estudios, el factor más aparentemente claro que aparece es la falta de homogeneidad entre estos a la hora de analizar los efectos de este tipo de entrenamiento en cuanto a la función cognitiva, por lo que sería interesante que se trabajara en la búsqueda de nuevas escalas o formas más globales y simples de analizar este factor en los estudios venideros, ya sea como un objetivo secundario como es el caso del estudio de Harvey et al. (2019), para poder concluir de una forma más certera en cuanto a este aspecto, aunque según a los estudios revisados, el efecto del HIIT para personas con Parkinson sería positivo para la funcionalidad cognitiva.

Efectos de la funcionalidad motora

En cuanto a la funcionalidad motora se utilizaron diversos test en los diferentes artículos dentro de los cuales encontramos principalmente la escala UPDRS-III,

TUG y FAB, y número de pasos. En este caso, en la escala UPDRS, se utiliza la parte 3 debido a que es la que se encarga de la evaluación motora (ver Anexo 2).

Dentro de los artículos analizados se observó una mejora clara en los valores de la escala UPDRS con el entrenamiento de HIIT, pero a la vez se observó que no había diferencias significativas entre los diferentes grupos y programas analizados (Gomes et al., 2023; Ebersbach et al., 2015). Estos hallazgos estuvieron presentes en los estudios con programas de ejercicio incremental en bici estática y un programa de alta intensidad llamado LSVT-BIG, ambos manteniendo una intensidad de más de un 85% del VO₂max, que se compararon con programas de menor intensidad. En el estudio de Gomes et al. (2023), se realizó el programa de HIIT en bici estática con 4 pacientes, donde se fue aumentando la intensidad, las cargas, y disminuyendo los intervalos, para adaptar la intensidad y que se mantuviese alta. Y también podemos encontrar el estudio de Ebersbach et al. (2015), que llevaron a cabo el programa llamado LSVT-BIG con 42 pacientes, que consistía en ejercicios estándares que involucran movimientos multidireccionales repetitivos con amplitud máxima y estiramientos durante la mitad de la sesión, seguido por actividades dirigidas a objetivos de la vida diaria según las necesidades del paciente.

Estos resultados pueden deberse a que en el artículo de Gomes et al. (2023), la muestra era demasiado pequeña y, además, de los 4 participantes solo 2 acabaron la intervención, por lo que los resultados obtenidos podrían ser imprecisos de cara a una conclusión. Añadido a esto, en el artículo de Ebersbach et al. (2015), vemos que los dos programas que se comparan son los mismos, con la misma intensidad y mismos ejercicios, solo cambiando el hecho de que el que es considerado menor intensidad son 2 semanas menos de duración, lo cual hace que el margen de diferencia entre ellos sea mínimo.

Por otro lado, se obtuvieron mejoras en UPDRS con programas de alta intensidad, donde se buscaba una FC_{max} mayor al 70% (Landers et al., 2019; Tollár et al., 2018). Landers et al. (2019) realizaron un programa de alta intensidad con 27 pacientes, orientado a la prevención de caídas llamado HIBC y Tollár et al. (2018) una intervención con 55 pacientes un tanto novedosa, utilizando la realidad virtual

como herramienta para realizar ejercicios de agilidad, y buscando más una intensidad mayor del 80% de la FCmax.

Por el contrario, también hubo autores que no obtuvieron los resultados esperados, no encontrando mejoras significativas, con un programa de intensidad alta en una cinta de correr, donde se buscaba una intensidad del 80-85% de la FCmax, ni tampoco diferencias con el grupo de menor intensidad (Schenkman et al., 2018).

En cuanto a la prueba de TUG se obtuvo una mejora en los tiempos de dicho test, es decir, que hubo una disminución del tiempo en completarlo, el cual se consiguió gracias a los programas de alta intensidad o HIIT, midiendo la intensidad con un RPE de 15-17, pero dichos resultados no fueron muy diferentes de los grupos de media intensidad (Fernandes et al., 2020; Ebersbach et al., 2015). Fernandes et al. (2020) llevaron a cabo dicha intervención con 20 pacientes en la que utilizaban una cinta de correr en la cual se iba aumentando poco a poco la intensidad. Y Ebersbach et al. (2015), donde llevaron a cabo una intervención con 42 pacientes que consistió en ejercicios multidireccionales a intensidad alta.

Estos resultados podrían explicarse por el hecho de que autores como Fernandes et al. (2020), utilizan el RPE para medir la intensidad, el cual puede ser difícil de utilizar por personas que no lo han utilizado antes debido a que son valores subjetivos de cada persona. Y los autores Ebersbach et al. (2015) utilizaron programas iguales con la misma intensidad, pero con 2 semanas de duración de diferencia, lo cual podría ser demasiado poco tiempo para encontrar diferencias.

Sin embargo, sí se obtuvieron resultados positivos, con mejoras en los tiempos del test y mejoras significativas con respecto al grupo de intensidad moderada (Tollár et al., 2018), en el desarrollo de un protocolo HIIT con 55 pacientes, que utilizaba la realidad virtual como herramienta, para realizar ejercicios de agilidad visuomotora y sensoriomotora.

Como contraparte, también se vio que un programa de HIIT de boxeo no repercutía con mejoras en los tiempos de test (Moore et al., 2021) al realizar una intervención con 12 personas, empleando intervalos cortos y un RPE alto para conseguir esa intensidad alta

Por último, cabe mencionar que se vio también que el ejercicio de alta intensidad ayudaba a que las personas con PD aumentaran su número de pasos diarios que debían realizar, acercándoles a los 4200 pasos diarios recomendados necesarios para tener una vida funcional óptima (Handlery et al., 2021). Estos resultados salieron de un estudio de 110 pacientes con una cinta de correr, que se iba aumentando la intensidad gradualmente para mantener esa FCmax de 80-85% (Handlery et al., 2021).

BNDF

El BDNF es un factor importante en las personas con Parkinson, y como ya hemos visto mejora con el ejercicio en sí.

Viendo el impacto del HIIT en dicha población, se vio el ejercicio de alta intensidad mejoraba los valores de BDNF, es decir, aumentaba los niveles en sangre, y que además, había una diferencia significativa con respecto a los grupos que realizaban ejercicio con menos intensidad (O`Callaghan et al., 2020; Gomes et al., 2023). Un estudio de 52 personas en donde el HIIT se realizaba mediante ejercicios con pesos y que se realizó a una intensidad del 60-80% de la FCmax (O`Callaghan et al., 2020), junto con otro estudio en el que 4 pacientes en un protocolo de HIIT en bici estática con una intensidad de 85%VO2max (Gomes et al., 2023), consiguieron estos resultados.

Por otro lado, también se vio que a pesar de que, con el HIIT, los valores de base de BDNF aumentaban, se observó que, al cabo de 6 meses, dichos valores volvían a valores iniciales (Landers et al., 2019). Esto se observó en una muestra de 27 personas que realizaron un programa de alta intensidad llamado HIBC, con una intensidad de más del 70% de la FCmax.

Esto pudo deberse a que el programa llevado a cabo por Lander et al. (2019), a pesar de producir resultados, no consiguió que los pacientes consiguieran una adherencia al ejercicio físico posterior al programa, lo que hizo que dichos pacientes volvieran a su vida de antes, donde no realizaban ejercicio, lo que provocó que esos valores de BDNF volvieran a los valores de antes.

Calidad de vida

Para evaluar la calidad de vida, la mayoría de los investigadores se apoyan en la escala PDQ-39, la cual consta de 39 ítems en los que, mediante una escala del 1 al 5 (nunca a siempre), los pacientes indican la frecuencia en la que han experimentado síntomas de la enfermedad.

Se encontraron resultados positivos estadísticamente significativos en referencia al uso del HIIT reflejado en la escala PDQ-39 (Kelly et al., 2017; Tollár et al., 2018), encontrando mejoría del grupo HIIT frente a los grupos control.

Sin embargo, otros autores, aunque llegaron a resultados positivos, obtuvieron un tamaño de efecto pequeño en cuanto a la media en PDQ-39 para el grupo HIIT (Harvey et al., 2019; Eberbasch et al., 2015). Además, en el estudio de Eberbasch et al. (2015), se utilizó en añadido la Escala de Impresión Clínica Global (CGI-C) tras la intervención, en la cual si se obtuvieron resultados positivos estadísticamente significativos a favor del HIIT.

Por otro lado, encontramos casos como el estudio de Gomes et al. (2023), en el que se utilizó el Test de la Depresión de Beck (BDI), una escala que cuantifica el estado de ánimo en una ratio de 0 (no depresión) a 63 (depresión severa), y se concluyó que el ejercicio concordaba con una disminución notable en dicha escala.

Dentro de la calidad de vida, el sueño también juega un papel fundamental, y la enfermedad de Parkinson es un factor que afecta a la calidad y cantidad de este. Con el ejercicio de alta intensidad se demostró que, con sesiones estructuradas y con una FCmax de más de 80% se consiguió mejorar la eficiencia del sueño, así como una mejora del tiempo total del sueño, tiempo despierto después del inicio del sueño y el sueño de ondas lentas (Amara et al., 2020). Esto se vio en una intervención de 71 pacientes, que llevaron a cabo un programa de ejercicios de fuerza con intervalos cortos, en el cual se iba aumentando la intensidad a lo largo del tiempo.

Junto con esto, podemos conectar la mejora en la función motora y cognitiva con una mejora en la calidad de vida, por lo que considerar la efectividad o ineffectividad del entrenamiento de alta intensidad solo de cara a estas sería limitar la comprensión completa de su impacto.

En resumen, al revisar la literatura actual sobre el impacto del ejercicio en pacientes con Parkinson, se destaca la necesidad evidente de emprender investigaciones más exhaustivas y a largo plazo. Todos los autores analizados coinciden en que se requieren estudios con muestras más grandes para fortalecer la validez externa.

Además, se hace hincapié en la importancia de prolongar el tiempo de intervención para evaluar de manera más completa los efectos a largo plazo. Estos hallazgos sugieren claramente la necesidad de un compromiso continuo en la investigación para profundizar en nuestra comprensión y optimizar los beneficios del ejercicio en la calidad de vida y la función motora de las personas con Parkinson.

Aunque sería ideal homogeneizar las intervenciones para mejorar la evidencia del uso del HIIT en pacientes con Parkinson, es cierto que los buenos resultados encontrados para diferentes tipos de intervenciones que engloban aspectos más específicos como la prevención de caídas (Landers et al., 2019), con enfoque directo hacia deportes específicos (Passos-Monteiro et al., 2020; Moore et al., 2021) o utilizando las nuevas tecnologías (Tollár et al., 2021) abre un gran campo a futuro de investigación que sería de gran utilidad para personas que sufran cualquier patología de cara a la versatilidad y variedad en la aplicación del ejercicio físico como prevención, tratamiento y mantenimiento para una mejora en la calidad de vida.

5. Futuras líneas de investigación

Según la bibliografía estudiada encontramos varios factores que deberían ser consideradas de cara a futuras investigaciones.

Intervenciones en fases tempranas de la enfermedad, para ver los efectos de este entrenamiento en fase temprana de forma específica, ya que los diferentes estudios suelen evaluar de la misma forma a personas pertenecientes a las etapas 1, 2 y 3 según la escala de Hoehn y Yahr. Junto con el trabajo en fase temprana observar las características preventivas de este tipo de entrenamiento frente al deterioro que caracteriza a la enfermedad de Parkinson

De la misma forma investigar en protocolos adaptados de HIIT o similares a este para personas con Parkinson en etapa 4 según la escala de Hoehn y Yahr, que siempre son excluidos de los artículos debido a las limitaciones que presentan.

Junto con una mayor especificación en el estadio de la enfermedad, es necesario procurar una mayor concreción en factores de la muestra como la edad, ya que en los artículos observados se tendía a la generalización en esta, y podría ser un factor diferencial de cara a los resultados y a la viabilidad de la intervención.

Examinar los efectos a largo plazo del ejercicio de alta intensidad para poder comprobar si los beneficios de dicho entrenamiento persisten con el paso del tiempo, especialmente a nivel cognitivo donde la mayoría de los estudios solo evaluaban el efecto agudo.

Evaluar la eficacia y el impacto de la incorporación de las tecnologías a la hora de poner en práctica los programas de ejercicios y la evaluación de las variables analizadas.

6. Conclusiones

Como síntesis para la revisión bibliográfica, integrando los resultados y conclusiones de todos los artículos estudiados podemos concluir que:

-En cuanto al objetivo principal, concluimos que el entrenamiento de alta intensidad por intervalos (HIIT), es viable, seguro y tolerable para personas con Parkinson

-En cuanto a la función cognitiva, podemos concluir que el HIIT tiene efectos positivos significativos en la muestra.

-A la hora de la funcionalidad, se ha visto como el ejercicio tiene efectos positivos en esta población, y que el ejercicio de alta intensidad es la mejor opción.

-Fijándonos en el factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF), se ha visto que dicho ejercicio provoca un aumento de los niveles de este factor, aunque los efectos no se mantienen al cesar de forma prolongada la actividad física.

-La calidad de vida tiene altas probabilidades de verse aumentada siguiendo un protocolo de entrenamiento HIIT.

-Tanto el entrenamiento a intensidad moderada como el HIIT tienen efectos positivos, siendo en ocasiones mejores los del HIIT.

7. Referencias bibliográficas

- Alegre-Ayala, J., Vela, L., Fernández-Vázquez, D., Navarro-López, V., Macías-Macías, Y., & Cano-de-la-Cuerda, R. (2023). El impacto de la gravedad de la enfermedad de Parkinson en el desempeño de las actividades de la vida diaria: un estudio observacional. *Revista de Neurología*, 76(8), 249. <https://doi.org/10.33588/rn.7608.2022263>
- Amara, A. W., Wood, K. H., Joop, A., Memon, R. A., Pilkington, J., Tuggle, S. C., & Bamman, M. M. (2020). Randomized, controlled trial of exercise on objective and subjective sleep in Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 35(6), 947-958. <https://doi.org/10.1002/mds.28009>
- Beitz, J. M. (2014). Parkinson's disease: a review. *Front Biosci (Schol Ed)*, 6(1), 65-74. <https://doi.org/10.2741/s415>
- Bhidayasiri, R., Tarsy, D., Bhidayasiri, R., & Tarsy, D. (2012). Parkinson's disease: Hoehn and Yahr scale. *Movement disorders: a video atlas: a video atlas*, 4-5. https://doi.org/10.1007/978-1-60327-426-5_2
- Bloem, B. R., Okun, M. S., & Klein, C. (2021). Parkinson's disease. *The Lancet*, 397(10291), 2284-2303. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00218-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00218-X)
- Cid, F. M. (2016). Plasticidad sináptica, BDNF y ejercicio físico. *EmásF: revista digital de educación física*, (40), 51-63.
- Cotman, C. W., Berchtold, N. C., & Christie, L. A. (2007). Exercise builds brain health: key roles of growth factor cascades and inflammation. *Trends in neurosciences*, 30(9), 464-472. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2007.06.011>
- Earhart, G. M., & Falvo, M. J. (2013). Parkinson disease and exercise. *Comprehensive Physiology*, 3(2), 833-848. <https://doi.org/10.1002/cphy.c100047>
- Ebersbach, G., Grust, U., Ebersbach, A., Wegner, B., Gandor, F., & Kühn, A. A. (2015). Amplitude-oriented exercise in Parkinson's disease: a randomized study comparing LSVT-BIG and a short training protocol. *Journal of Neural Transmission*, 122, 253-256. <https://doi.org/10.1007/s00702-014-1245-8>

- Feng, Y. S., Yang, S. D., Tan, Z. X., Wang, M. M., Xing, Y., Dong, F., & Zhang, F. (2020). The benefits and mechanisms of exercise training for Parkinson's disease. *Life sciences*, *245*, 117345. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.117345>
- Fernandes, B., Barbieri, F. A., Arthuso, F. Z., Silva, F. A., Moretto, G. F., Imaizumi, L. F. I., Ngomane, A. Y., Guimarães, G. V., & Ciolac, E. G. (2020). High-intensity interval versus moderate-intensity continuous training in individuals with Parkinson's disease: hemodynamic and functional adaptation. *Journal of Physical Activity and Health*, *17*(1), 85-91. <https://doi.org/10.1123/jpah.2018-0588>
- Fiorelli, C. M., Ciolac, E. G., Simieli, L., Silva, F. A., Fernandes, B., Christofolletti, G., & Barbieri, F. A. (2019). Differential acute effect of high-intensity interval or continuous moderate exercise on cognition in individuals with Parkinson's disease. *Journal of Physical Activity and Health*, *16*(2), 157-164. <https://doi.org/10.1123/jpah.2018-0189>
- Goetz, C. G., Tilley, B. C., Shaftman, S. R., Stebbins, G. T., Fahn, S., Martinez-Martin, P., Poewe, W., Sampaio, C., Stern, M. B., Dodel, R., Dubois, B., Holloway, R., Jankovic, J., Kulisevsky, J., Lang, A. E., Lees, A., Leurgans, S., LeWitt, P. A., Nyenhuis, D., ... & LaPelle, N. (2008). Movement Disorder Society-sponsored revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS): scale presentation and clinimetric testing results. *Movement disorders: official journal of the Movement Disorder Society*, *23*(15), 2129-2170. <https://doi.org/10.1002/mds.22340>
- Gomes, E. S. A., Van den Heuvel, O. A., Rietberg, M. B., De Groot, V., Hirsch, M. A., Van de Berg, W. D., Jaspers, R. T., Vriend, C., Vanbellingen, T., & Van Wegen, E. E. (2023). (HIIT-The Track) High-Intensity Interval Training for People with Parkinson's Disease: Individual Response Patterns of (Non-) Motor Symptoms and Blood-Based Biomarkers A Crossover Single-Case Experimental Design. *Brain Sciences*, *13*(6), 849. <https://doi.org/10.3390/brainsci13060849>
- Hagell, P., & Nygren, C. (2007). The 39 item Parkinson's disease questionnaire (PDQ-39) revisited: implications for evidence based medicine. *Journal of*

Neurology, Neurosurgery & Psychiatry, 78(11), 1191-1198.
<http://dx.doi.org/10.1136/jnnp.2006.111161>

Handlery, R., Stewart, J. C., Pellegrini, C., Monroe, C., Hainline, G., Flach, A., Handlery, K., & Fritz, S. (2021). Physical activity in de novo Parkinson disease: daily step recommendation and effects of treadmill exercise on physical activity. *Physical Therapy*, 101(10), pzab174.
<https://doi.org/10.1093/ptj/pzab174>

Harpham, C., Gunn, H., Marsden, J., & Connolly, L. (2023). The feasibility, safety, physiological and clinical effects of high-intensity interval training for people with Parkinson's: A systematic review and meta-analysis. *Aging Clinical and Experimental Research*, 35(3), 497-523. <https://doi.org/10.1007/s40520-022-02330-6>

Harvey, M., Weston, K. L., Gray, W. K., O'Callaghan, A., Oates, L. L., Davidson, R., & Walker, R. W. (2019). High-intensity interval training in people with Parkinson's disease: a randomized, controlled feasibility trial. *Clinical Rehabilitation*, 33(3), 428-438. <https://doi.org/10.1177/02692155188152>

Kelly, N. A., Wood, K. H., Allendorfer, J. B., Ford, M. P., Bickel, C. S., Marstrander, J., Amara, A. W., Anthony, T., Banman, M. M., & Skidmore, F. M. (2017). High-intensity exercise acutely increases substantia nigra and prefrontal brain activity in Parkinson's disease. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, 23, 6064.
<https://doi.org/10.12659/MSM.906179>

Marquez, C. M. S., Vanaudenaerde, B., Troosters, T., & Wenderoth, N. (2015). High-intensity interval training evokes larger serum BDNF levels compared with intense continuous exercise. *Journal of applied physiology*.
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00126.2015>

Martínez-Fernández, R., Gasca-Salas, C., Sánchez-Ferro, Á., & Obeso, J. Á. (2016). Actualización en la enfermedad de Parkinson. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 27(3), 363-379. <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2016.06.010>

Moore, A., Yee, E., Willis, B. W., Prost, E. L., Gray, A. D., & Mann, J. B. (2021). A community-based boxing program is associated with improved balance in

- individuals with Parkinson's disease. *International journal of exercise science*, 14(3), 876
- LaHue, S. C., Comella, C. L., & Tanner, C. M. (2016). The best medicine? The influence of physical activity and inactivity on Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 31(10), 1444-1454. <https://doi.org/10.1002/mds.26728>
- Landers, M. R., Navalta, J. W., Murtishaw, A. S., Kinney, J. W., & Richardson, S. P. (2019). A high-intensity exercise boot camp for persons with Parkinson disease: a phase II, pragmatic, randomized clinical trial of feasibility, safety, signal of efficacy, and disease mechanisms. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 43(1), 12-25. <https://doi.org/10.1097/npt.0000000000000249>
- O'Callaghan, A., Harvey, M., Houghton, D., Gray, W. K., Weston, K. L., Oates, L. L., Romano, B., & Walker, R. W. (2020). Comparing the influence of exercise intensity on brain-derived neurotrophic factor serum levels in people with Parkinson's disease: A pilot study. *Aging clinical and experimental research*, 32, 1731-1738. <https://doi.org/10.1007/s40520-019-01353-w>
- Passos-Monteiro, E., Peyré-Tartaruga, L. A., Zanardi, A. P., da Silva, E. S., Jimenez-Reyes, P., Morin, J. B., & Pagnussat, A. S. (2020). Sprint exercise for subjects with mild-to-moderate Parkinson's disease: Feasibility and biomechanical outputs. *Clinical Biomechanics*, 72, 69-76. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2019.11.012>
- Ross, L. M., Porter, R. R., & Durstine, J. L. (2016). High-intensity interval training (HIIT) for patients with chronic diseases. *Journal of sport and health science*, 5(2), 139-144. <https://doi.org/10.1016/j.jsjhs.2016.04.005>
- Sánchez-Ferro, Á., Matarazzo, M., Martínez-Martín, P., Martínez-Ávila, J. C., de la Cámara, A., Montero, P., Puertas-Martín, V., Obeso, I., Butterworth, I., Mendoza, C., Catalán, M.J., Molina, J. A., Bermejo-Pareja, F., Martínez-Castrillo, J.C., López-Manzanares, L., Alonso-Cánovas, A., Rodríguez, J & Gray, M. (2018). Minimal clinically important difference for UPDRS-III in daily practice. *Movement Disorders Clinical Practice*, 5(4), 448. <https://doi.org/10.1002/mdc3.12632>
- Sasco, A. J., Paffenbarger, R. S., Gendre, I., & Wing, A. L. (1992). The role of physical exercise in the occurrence of Parkinson's disease. *Archives of*

- neurology, 49(4), 360-365.
<https://doi.org/10.1001/archneur.1992.00530280040020>
- Schenkman, M., Moore, C. G., Kohrt, W. M., Hall, D. A., Delitto, A., Comella, C. L., Josbeno, D. A., Christiansen, C. L., Berman, B. D., Kluger, B. M., Melanson, E. L., Jain, S., Robichaud, J. A., Poon, C., & Corcos, D. M. (2018). Effect of high-intensity treadmill exercise on motor symptoms in patients with de novo Parkinson disease: a phase 2 randomized clinical trial. *JAMA neurology*, 75(2), 219-226. <https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2017.3517>
- Tollár, J., Nagy, F., Kovács, N., & Hortobágyi, T. (2018). Two-year agility maintenance training slows the progression of Parkinsonian symptoms. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2-39. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001793>
- Xu, X., Fu, Z., & Le, W. (2019). Exercise and Parkinson's disease. *International review of neurobiology*, 147, 45-74. <https://doi.org/10.1016/bs.irn.2019.06.003>

8. Anexos

8.1. Anexo 1

Tabla 1
Cuadro resumen de artículos empleados

REFERENCIA	MÉTODO	VARIABLES	POBLACIÓN	RESULTADOS
Amara et al., 2020	Ensayo clínico aleatorizado controlado	Variable principal: eficacia del sueño (Los efectos de la intervención se evaluaron mediante modelos lineales generales con la medición de la interacción grupo x tiempo) Variables secundarias: cambios en otros aspectos de la arquitectura del sueño y se compararon los efectos del entrenamiento agudo y crónico en los resultados objetivos del sueño	n=71 Edad: ≥ 45 años	El grupo que realizó ejercicio tuvo una mejora significativa de la eficacia del sueño con respecto a al grupo de higiene del sueño. También mejoraron el tiempo total de sueño, el tiempo de vigilia después del inicio del sueño y el sueño de onda lenta.
Moore et al., 2021	Estudio retrospectivo y transversal	Equilibrio con una evaluación inicial y final con las escalas de Fullerton Advanced Balance (FAB) y la prueba de Timed Up and Go (TUG)	n=12 Edad: mayor de 21 años	Aumento de la puntuación en la escala de FAB entre la evaluación inicial y la final. Disminución en el tiempo requerido para completar la prueba de TUG entre la evaluación inicial y final
Ebersbach et al., 2015	Estudio prospectivo, aleatorizado controlado y con enmascaramiento del evaluador	Variable principal: evaluación de la función motora y los signos clínicos mediante la escala UPDRS-III Variables secundarias: calidad de vida, evaluación global (TUG, 10m walk, 6min walk y cuestionario (PDQ-39)	n=42	No hubo diferencias significativas entre los test realizados. Si que hubo cambios en la CGI-C.
Schenkman et al., 2018	Ensayo clínico aleatorizado de fase 2, multicéntrico	Frecuencia cardíaca máxima y UPDRS	n=128 Edad: 40-80 años	Frecuencia cardíaca máxima alcanzada fue óptima y no vario en el tiempo. En el grupo de alta intensidad se observaron muy pocos cambios en la función motora. En el grupo de media intensidad no se observaron cambios
Handlery et al., 2021	Ensayo clínico aleatorizado de fase 2	Número de pasos diarios, Fcmax, VO2max	n=110 Edad: 40-80 años	Las personas en el grupo de alta intensidad aumentaron el número de pasos diarios, así como la duración de ejercicio- Las personas que hicieron más de 4200 pasos diarios eran mucho más propensas a cumplir con las pautas de actividad física comparado con los que hicieron menos de 4200
Landers et al., 2019	Ensayo clínico de fase 2	Viabilidad, seguridad, eficacia, BDNF	n=27 Edad: 45-85 años	El grupo que realizó el programa de ejercicio tuvo mejor rendimiento en completar las pautas del CDC. El BDNF mejoro en ambos grupos.

REFERENCIA	MÉTODO	VARIABLES	POBLACIÓN	RESULTADOS
Fernandes et al., 2020	Estudio experimental	Variables hemodinámicas: Presión sanguínea en reposo y frecuencia cardíaca, endurecimiento arterial, actividad endotelial y variabilidad de frecuencia cardíaca. Variables funcionales: 5-time sit-to-stand (STS), timed up and go (TUG), and 6-minute walking (6MWT) tests	n=27	Buena tolerancia Mejora de actividad endotelial en HIIT sobre MICE. Mejora en TUG con ambas intervenciones. Mejora en STS u 6MWT en HIIT sobre MICE.
Fiorelli et al., 2019	Estudio experimental	Tests cognitivos: -Associated verbal pairs. Memoria auditiva -Digit Span. Atención y memoria -Symbol search. Velocidad de procesamiento mental, memoria visual a corto plazo, coordinación visual-motora y velocidad de operación mental. -Trail marking test (TMT). Atención mantenida y seguimiento oculomotor.	n=14	Buena tolerancia Mejora memoria auditiva(associated verbal pairs) post MICT. Mejora memoria auditiva (associated verbal pairs), atención mantenida (TMT), post HIIT Mejora en la atención mantenida en MICT sobre HIIT.
Passos-Monteiro et al., 2020	Estudio experimental	Seguridad, factibilidad, satisfacción y futuro uso mediante cuestionario.	n=37	Buena tolerancia. Considerado factible y seguro para personas con PD
Tollar et al., 2018	Estudio experimental ECA	Principal: MDS-UPDRS-M-EDL Secundarias: Schwab and England Activities of Daily Living Scale (ADL). EuroQol EuroQol five dimensions questionnaire. Parkinson_s Disease Questionnaire (PDQ-39) TUG para movilidad.	n=55	Buenos resultados en MDS-UPDRS-M-EDL a largo plazo. Mejoras en todos los test a largo plazo

REFERENCIA	MÉTODO	VARIABLES	POBLACIÓN	RESULTADOS
Gomes et al., 2023	Estudio experimental con diseño cruzado	Variable principal: Síntomas motores. Variables secundarias: Estado de la enfermedad, función cognitiva, estado de ánimo, biomarcadores de neuroplasticidad y neurodegeneración en sangre (BDNF y NfL).	n=4 Edad: 55-80 años	Variable principal: Mejora en la función motora en respuesta al HIIT. Variables secundarias: Mejora de la independencia en 2/3 pacientes, no cambios relevantes en cuanto a función cognitiva, diversidad en cuanto al estado de ánimo, aumento en la concentración de BDNF tras HIIT, y disminución del factor NfL.
Kelly et al., 2017	Ensayo clínico aleatorizado	Actividad cerebral en reposo con amplitud fraccional de fluctuación de baja frecuencia.(fALFF) Calidad de vida, escala unificada de la enfermedad de Parkinson (MDS-UPDRS) y cuestionario de la enfermedad de Parkinson (PDQ-39).	n=17	Aumento de la actividad cerebral espontánea y en reposo con ejercicio de alta intensidad. Relación positiva del entrenamiento con PDQ-39 pero no relación con MDS-UPDRS.
Harvey et al., 2019	Ensayo clínico aleatorizado de factibilidad	Variables de factibilidad: Máxima frecuencia cardíaca.(+85%) Función cardiorrespiratoria. peak oxygen uptake (VO2peak) using a Quark Cardiopulmonary Exercise testing system 6-minute walk test. Evaluación cognitiva Montreal (MoCA). Cuestionario de la enfermedad de Parkinson (PDQ-39).	n=20	En todos los participantes menos 1 se consigue +85% de frecuencia cardíaca máxima. Mejora significativa de la VO2peak con HIIT. No mejoras significativas en el resto de las variables.
O'Callaghan et al., 2020	Estudio piloto	Estudio 1: Entrenamiento moderado continuo.(MICT) Estudio 2: HIIT. Concentración BDNF.	n=52	Incremento significativo en los niveles BDNF en HIIT, pero no en MICT.

8.2. Anexo 2

Tabla 2

Escala UPDRS-III

MDS-UPDRS item	Original UPDRS item	General concepts for mapping ratings from the original UPDRS to MDS-UPDRS (UPDRS→MDS-UPDRS)
Part III		
Speech	Speech	0→0; 1→1; 2→2; 3→3 or 4; 4→4
Facial expression	Facial expression	0→0; 1→1; 2→2; 3→3; 4→4
Rigidity of neck and four extremities ^b	Rigidity	Conceptually, the focus of the question has been changed to emphasize resistance to passive movement with greater clarity. Partial parallelism can be suggested: 0→0; 1→1; 2→2; 3→2; 4→3; 4 rating on the MDS-UPDRS is not captured by the original UPDRS
Finger taps ^b	Finger taps	The original UPDRS had descriptors (mild, moderate, severe), that fit better with the current designations of slight, mild and moderate, creating difficulties with a direct parallelism, but the task descriptions allow parallelism: 0→0; 1→1 or 2; 2→2 or 3; 3→3; 4→4
Hand movements ^b	Hand movements	See "finger taps" for explanation: 0→0; 1→1 or 2; 2→2 or 3; 3→3; 4→4
Pronation/supination ^b	Pronation/supination	See "finger taps" for explanation: 0→0; 1→1 or 2; 2→2 or 3; 3→3; 4→4
Toe tapping ^b		New item; no comparison
Leg agility ^b	Leg agility	See "finger taps" for explanation: 0→0; 1→1 or 2; 2→2 or 3; 3→3; 4→4
Arising from chair	Arising from chair	0→0; 1→1; 2→2; 3→3; 4→4
Gait	Gait	0→0; 1→1; 2→2; 3→3 or 4; 4→4
Freezing of gait ^a		New item: no comparison from original scale
Postural stability	Postural stability	0→0; 1→1 or 2; 2→3; 3→4; 4→4
Posture	Posture	0→0; 1→1; 2→2 or 3; 3→4; 4→4
Global spontaneity of movement	Body bradykinesia	0→0; 1→1; 2→2; 3→3; 4→4
Postural tremor of hands ^{a,b}	Action/postural tremor	The MDS-UPDRS separates these two forms of tremor and focuses only on amplitude, so there is no parallelism between the original and new versions Re-emergent tremor is rated as part of postural tremor (see Discussion)
Kinetic tremor of hands ^{a,b}	Action/postural tremor	
Rest tremor amplitude ^b		The MDS-UPDRS separates two features of rest tremor (amplitude and consistency), so there is no parallelism between the original and new versions
Constancy of rest tremor ^a		New item: no comparison. Tremor consistency was considered in original UPDRS but combined with amplitude, making the assessment ambiguous

Nota: Extraído de “). Movement Disorder Society-sponsored revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS): scale presentation and clinimetric testing results”, de C.G. Goetz, B. C. Tilley, S. R. Shaftman, G. T. Stebbins, S. Fahn, P. Martinez-Martin, W. Poewe, C. Sampaio, M.B.Stern, R. Dodel, B. Dubois, R. Holloway, J. Jankovic, J. Kulisevsky, A. E. Lang, A. Lees, S. Leurgans, P. A. LeWitt, D. Nyenhuis...y N. LaPelle, 2008, *Movement disorders: official journal of the Movement Disorder Society*, 23(15), 2129-2170 (<https://doi.org/10.1002/mds.22340>)