



Red Científica Iberoamericana

Efectos de un programa de entrenamiento de boxeo en las funciones ejecutivas de una persona con enfermedad de Parkinson prematura

Effects of a boxing training program on executive functions in an individual with early-onset Parkinson disease

Ingrid Suarez

Fisioterapeuta, Grupo de Investigación Neurociencias Aplicadas a la Salud y el Deporte, Institución Universitaria Escuela Colombiana de Rehabilitación, Bogotá, Colombia

Fabiola González, Fisioterapeuta, especialista en ejercicio físico para la salud; Magíster en fisioterapia del deporte y la actividad física, Institución Universitaria Escuela Colombiana de Rehabilitación, Bogotá, Colombia**Jeison Monroy-Gómez**, Biólogo, especialista en proyectos de investigación Científica y Tecnológica, Magíster en Neurociencias, Institución Universitaria Escuela Colombiana de Rehabilitación, Bogotá, Colombia**Kelly Johana Bonilla-Vargas**, Psicóloga, Magíster en neurociencias, Grupo de Investigación en Neurociencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

Acceda a este artículo en siicsalud



+ Especialidades médicas relacionadas, producción bibliográfica y referencias profesionales de los autores.

www.dx.doi.org/10.21840/siic/166359

La enfermedad de Parkinson (EP) es el cuadro neurodegenerativo con mayor presencia a nivel mundial. Su prevalencia se estima entre 41 y 5703 por cada 100 000 habitantes, y su incidencia entre 17 y 346 por cada 100 000 habitantes.^{1,2} Aunque todavía se estudian sus causas, se conocen algunos factores ambientales y genéticos que la producen.^{3,4} La EP provoca temblor, bradicinesia, inestabilidad postural y otros signos motores tardíos, como disminución de las destrezas manuales, marcha festinante y disautonomía.^{5,6} Además, se presentan alteraciones en dominios cognitivos, como déficit en la atención, la memoria, las funciones visuoespaciales y las funciones ejecutivas (FE),⁷ que se manifiestan en el transcurso de la enfermedad, las cuales llegan a afectar la calidad de vida, incluso en mayor proporción que las alteraciones motoras.^{8,9}

El declive cognitivo en la EP se presenta de manera prematura y se estima que está presente en aproximadamente el 25% de esta población; se registra como altamente prevalente la alteración de las FE debido a las características fisiológicas de la enfermedad, principalmente el déficit

cit dopaminérgico de los circuitos frontoestriatales y otros mecanismos colinérgicos relacionados con la aparición de demencia.⁹ Las posibles causas de la EP son la presencia de cuerpos de Lewy, la neurotoxicidad y las alteraciones mitocondriales, así como la modificación en el funcionamiento adecuado de la acetilcolina y otros neurotransmisores que activan áreas relacionadas con los procesos cognitivos y emocionales.¹⁰

Actualmente, el tratamiento para el déficit cognitivo en la EP tiene menor impacto a largo plazo. Las características heterogéneas en cada paciente hace que las intervenciones para el déficit cognitivo sean variables, requiriendo atenciones multidisciplinarias especializadas,⁹ que van desde las alternativas farmacológicas como la levodopa –utilizada para el control sintomático principal de la enfermedad–¹¹ y el uso de inhibidores de acetilcolinesterasa,^{9,12} las cuales han demostrado efectos positivos, y alternativas no farmacológicas, como los métodos de estimulación no invasivos enfocados en el entrenamiento cognitivo¹³ y el ejercicio físico,^{7-9;11,12,14-16} este último desde una estrategia fisioterapéutica fundamental en la rehabilitación de personas con EP, dado los efectos positivos sobre las manifestaciones motoras.¹⁷⁻²⁰ Con respecto a los efectos del ejercicio físico sobre la cognición, destacan aquellos generados en las funciones ejecutivas, y algunas de las alternativas de entrenamiento más utilizadas, como la bicicleta estática o cicloergómetro, las bandas caminadoras y el entrenamiento multimodal, que están basados en las teorías de neuroplasticidad y mecanismos neurofisiológicos de activación genética y molecular, reparación neuronal y otras modificaciones neuroquímicas que se promueven por el aumento de flujo sanguíneo relacionado con el entrenamiento aeróbico.²¹⁻²³

Sin embargo, también se han estudiado alternativas no convencionales de ejercicio físico, como el tai chi, el tango

y la realidad virtual, ya que promueven estilos y dinámicas más integrales a través de la interacción de diferentes sistemas y capacidades cognitivo-motoraes.²⁴⁻²⁷ Se propone también la práctica de gestos deportivos derivados de la disciplina del boxeo,^{28,29} que, aunque actualmente es una alternativa recomendada para el abordaje de la EP,³⁰ la evidencia existente es limitada con respecto al efecto que tiene en las FE. El objetivo del presente estudio fue identificar los efectos de un programa de boxeo de no contacto sobre las FE de un paciente con EP.

Estudio de caso único de tipo cuasiexperimental, que busca medir y describir el efecto de la aplicación de un programa de boxeo de no contacto sobre las FE de un paciente con EP de aparición temprana.

La selección del participante se realizó de forma no probabilística e intencional, a partir de los criterios de inclusión establecidos en esta investigación: diagnóstico de EP en nivel I o II según la escala de Hoehn y Yahr;³¹ con capacidad para recibir y atender a estímulos visuales, auditivos y kinestésicos; de entre 18 y 70 años; sin alteración cognitiva secundaria a otros cuadros de salud, ni otras afecciones de salud o recomendaciones médicas que impidiera la práctica de actividad física. Se requirió autorización mediante firma de consentimiento informado.

La caracterización del participante se realizó a partir de una entrevista estructurada que incluyó variables como antecedentes clínicos personales y familiares, tratamientos, experiencias anteriores y expectativas en la calidad de vida y el tratamiento en el contexto actual. Se realiza medición de estado de gravedad mediante la escala de Hoehn y Yahr,³¹ previa autorización mediante el consentimiento informado.

Historia clínica del participante

Hombre de 50 años, con diagnóstico, hace 3 años, de EP rígida acinética de inicio temprano. De lateralidad diestro, bachiller, conductor de transporte público, procedente de Bogotá, Cundinamarca.

En octubre de 2016, el participante consulta por cuadro de 10 meses de evolución, consistente en dificultad para realizar algunos movimientos con el hemicuerpo derecho, que se han acentuado y le limitan levemente en actividades como comer, escribir y conducir. Los estudios complementarios, como tomografía computarizada (TC) cerebral simple, Doppler de miembros inferiores y superiores y electromiografía de miembros inferiores, ponen de manifiesto parámetros normales; sin embargo, es remitido a neurología, donde, basado en la historia clínica y los apoyos diagnósticos, en abril de 2017 se emite diagnóstico de EP de clasificación rígida acinética e inicio temprano (Código CIE 10:G20X).

En los antecedentes clínicos relevantes se informa procedimiento quirúrgico de tiroidectomía 18 años atrás, y síndrome de apnea del sueño moderada. No era fumador y era bebedor social hasta antes del diagnóstico. En antecedentes familiares se encuentra EP de aparición tardía, enfermedades autoinmunes y depresión.

Cuenta con valoración neuropsicológica previa (febrero de 2019) debido a fallas cognitivas informadas por el participante y la familia. Se encuentra alteración leve en las FE, como inhibición, flexibilidad mental y fluidez, medidas con la batería de Evaluación Neuropsicológica Breve en español (NEUROPSI).

Para el momento de la investigación (2 años después del diagnóstico), se encuentran síntomas como bradilalia, bradipsiquia, diaforesis, hipofluencia, aumento de tono en hemicuerpo derecho y bradicinesia, con tratamiento far-

macológico con levodopa/carbidopa 250/25 mg (2 tabletas diarias cada 12 horas), pramipexol (una tableta diaria de 4.5 mg cada noche) y rasagilina 1 mg (un comprimido cada tercer día). Dada la gravedad, se encuentra cesante de su actividad laboral, con una clasificación en la escala de Hoehn y Yahr de estadio 1.³¹

Realizaba actividad física leve-moderada un mínimo 5 veces por semana, de las cuales 3 las efectuaba bajo el programa de rehabilitación física de su entidad de salud, y las otras 2 las desarrollaba independiente. Refiere hábitos de alimentación balanceados, con consumo de grasas y alimentos procesados moderado, consumo de frutas y verduras a diario, preferencia por la preparación de alimentos en casa bajos en sal y azúcar.

En el contexto social, compartía con su familia, realizaba actividades en casa como manualidades y rompecabezas. Frente a la esfera emocional, manifiesta sentir impotencia y preocupación por no poder generar ingresos económicos al hogar y aumentar los gastos a causa de los controles médicos. No refiere alteraciones cognitivas ni nuevos cambios en su funcionalidad. Durante la participación en el programa, y con previa autorización médica, se suspendió temporalmente el programa de ejercicios al que asistía, con el fin de evitar sesgo en los resultados de la investigación.

Se realizó la valoración de las FE a partir de la Batería de Funciones Ejecutivas y Lóbulos Frontales 2 (BANFE 2), con 14 de las 15 subpruebas (excluido el juego de cartas),³² y la prueba de Atención D2.³³ La evaluación se realizó antes y después de la implementación del programa en estudio, con un intervalo de 3.5 meses entre las valoraciones, tiempo durante el cual se realizó la aplicación del programa de ejercicio físico basado en boxeo.

La implementación del programa se realizó en las instalaciones de la Institución Universitaria Escuela Colombiana de Rehabilitación Bogotá, Colombia. El programa de entrenamiento de boxeo utilizado estuvo constituido por 36 sesiones distribuidas en 12 semanas. Cada sesión tuvo una duración de 60 a 90 minutos. Se iniciaba 15 a 20 minutos con ejercicios de calentamiento, como estiramientos dinámicos y ejercicios de resistencia aeróbica de baja intensidad, seguidos por 40 a 60 minutos de entrenamiento específico, constituido por ejercicios de resistencia aeróbica en maquina caminadora, elíptica, bicicleta estática y salto con cuerda; ejercicios fuerza mediante autocargas; ejercicios resistidos con mancuernas y *fitball*; ejercicios de agilidad, destreza y coordinación de movimiento, mediante actividades que involucran las extremidades y todo el cuerpo de manera general y segmentaria, en conjunto con tareas específicas de boxeo como golpes a los sacos y a la pera de velocidad, acciones de defensa, desplazamiento y cambios de ritmo. Las sesiones finalizan con 15 a 20 minutos de vuelta a la calma, realizando ejercicios de estiramiento, respiración, relajación y balance. El programa contempló períodos de descanso programados; sin embargo, podía tomar descansos según la necesidad. Las actividades relacionadas con la práctica de boxeo se realizaron sin contacto, de modo que no hubo combate directo con otra persona. Los desempeños fueron transformados en puntuaciones escalares teniendo en cuenta la edad y el nivel escolar del participante, utilizando las transformaciones a percentil en la prueba Atencional D2 para el rango de edad 40 a 88 años. Por otro lado, para la BANFE 2, se utilizan las puntuaciones escalares establecidas para el rango de edad de 31 a 55 años, con nivel educativo de 10 a 24 años. Los perfiles previo y posterior a la intervención se interpretan a partir de la variación en los desempeños escalares. Se describen los cambios en el nivel de desempeño.

Resultados

Los resultados del dominio atencional se exponen en la Tabla 1. El desempeño pone de manifiesto una capacidad promedio de focalización, selección y sostenimiento de la atención en la valoración previa y posterior, lo que demuestra la habilidad necesaria para el desarrollo de la evaluación. En los dos momentos se encuentra bajo nivel de atención inhibitoria, con alto número de omisiones y comisiones en la tarea que no afectan el desempeño total en su capacidad atencional.

Por otro lado, teniendo en cuenta la categorización de las FE como un conjunto de funciones específicas,³⁴ se relacionan en la Figura 1 los desempeños de la valoración previa y posterior con la transformación escalar según función valorada a partir de la batería BANFE 2.

Tabla 1. Desempeños de la valoración antes y después del Test de Atención D2, con transformación a percentiles.

TEST DE ATENCIÓN D2		
Variable	Valoración pretest (Pc)	Valoración postest (Pc)
Velocidad de trabajo (TOT)	70	75
Concentración (CON)	60	60
Variación (VAR)	96	70
Número total de elementos procesados (TR)	70	80
Número total de aciertos (TA)	60	55
Errores por omisión (O)	15*	10*
Errores por comisión (C)	20*	10*

*Desempeños por debajo de lo esperado

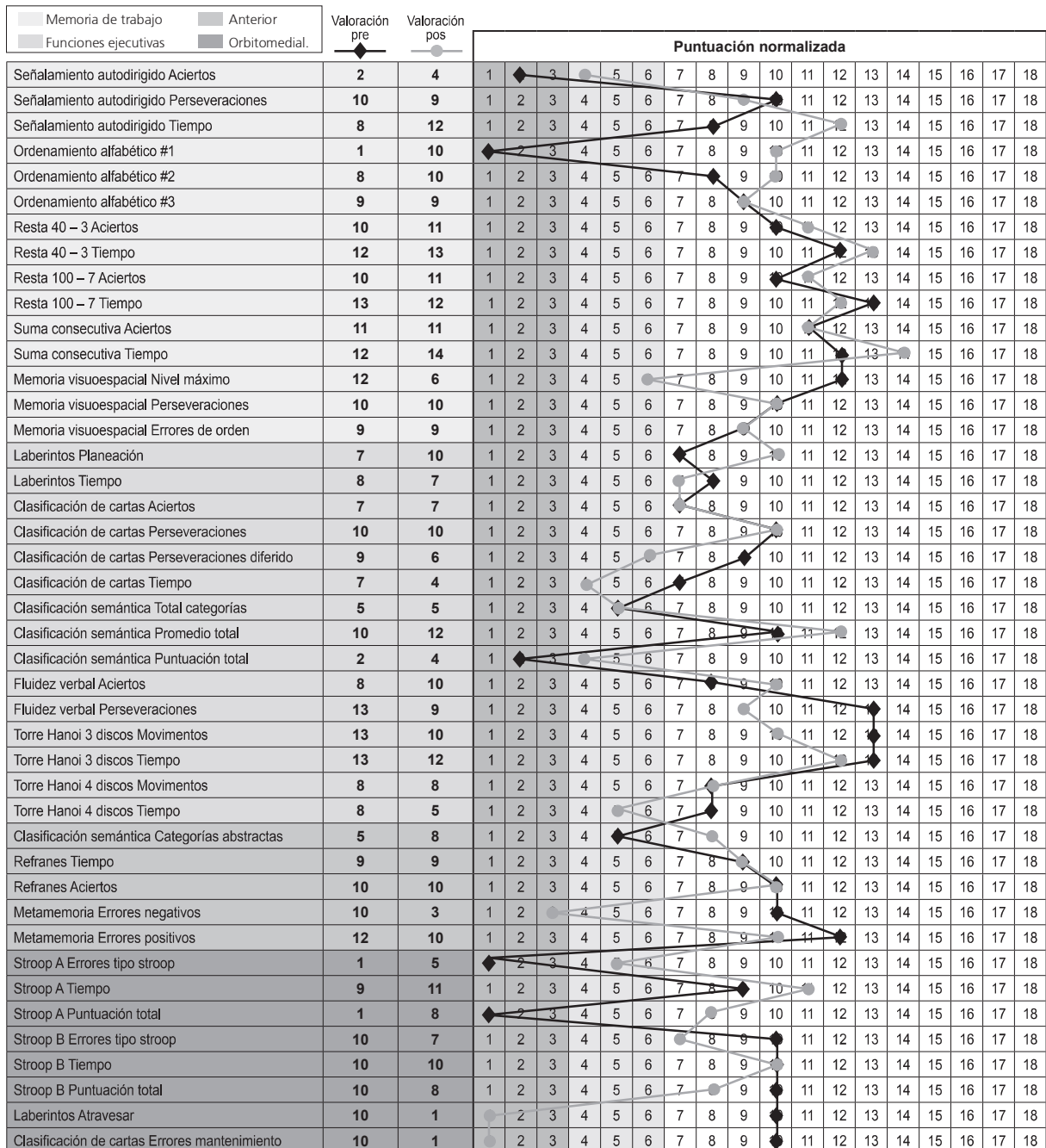


Figura 1. Perfil ejecutivo con transformación a puntuaciones escalares obtenido en la valoración antes y después de la implementación del programa, con la batería BANFE 2.

*Puntuación normalizada: rango de 1 a 3: alteración grave; 4-6: alteración Leve; 7-13: promedio; 14-19: promedio alto.

En la Figura 1 se exponen los resultados ajustados a escalares, tanto en la valoración previa como en la posterior. Se demuestran cambios favorables en el proceso inhibitorio verbal, con menor número de errores en la prueba de Stroop forma A y mayor número de aciertos totales, así como el tiempo total en el señalamiento autodirigido, que representa una medida de la velocidad de procesamiento. En estas tareas se manifestó un desempeño favorable en la valoración posterior, con una diferencia mayor de una desviación estándar entre las puntuaciones. Además, en nivel promedio, pero con mejor desempeño en la valoración posterior, se encuentra la planeación en laberintos, y menor número de perseveraciones en la tarea de fluidez verbal. En general, en el desarrollo de la evaluación se encontró mejoría en la velocidad de procesamiento, evidente en la disminución de los tiempos de ejecución de tareas como señalamiento autodirigido, suma consecutiva y tiempo de ejecución en la prueba de Stroop forma A. Sin embargo, cabe resaltar que esto no fue general, dado que, en tareas como clasificación de cartas y desarrollo de la torre de Hanoi de 4 discos se encuentra mayor latencia en su ejecución.

Por otro lado, se informan cambios desfavorables en el nivel máximo de la tarea de memoria visuoespacial, con menor desempeño en la valoración posterior en la puntuación total, aumento de las perseveraciones diferidas en la tarea de clasificación de cartas, así como aumento de tiempo del desarrollo de esta. Además, fue mayor el tiempo de planeación en la torre de Hanoi de 4 discos y más los errores en la tarea de laberintos (atravesar), así como los errores negativos en la tarea de metamemoria. Estas puntuaciones se encontraban en nivel promedio en la primera valoración, mientras que en la segunda se observó alteración.

Los índices de áreas frontales no son calculados en su totalidad debido a que no fue aplicada toda la batería BANFE 2; sin embargo, se registra alteración leve a moderada en las funciones cognitivas reguladas por la región dorsolateral, que incluye los índices de memoria de trabajo y las FE, así como desempeño promedio en las funciones medidas en el índice de la región prefrontal anterior. El seguimiento pone de manifiesta estabilidad en las funciones correspondientes al índice dorsolateral y mayor afectación de los procesos rigidos por la corteza prefrontal anterior.

Para las pruebas restantes se encuentra una variación mínima o desempeños ubicados en el mismo escalár, sin cambios en el perfil.

Discusión

Las manifestaciones de la EP se caracterizan por sintomatología motora y no motora, que incluyen alteraciones principalmente en las FE, destacadas por su significativa asociación con la aparición de demencia en el progreso de la enfermedad. Los antecedentes de intervención no farmacológica han demostrado ser favorables a partir de estrategias fisioterapéuticas basadas en el entrenamiento físico de distintos tipos, como aeróbico, fuerza y ciclismo estático, entre otros.³⁵ En el presente estudio, la prueba de Atención D2 y la BANFE 2 se utilizaron para la medición de las funciones atencionales y ejecutivas antes y después de un programa de intervención de ejercicio físico a partir de entrenamiento de boxeo de no contacto.

La capacidad atencional es un dominio base para el desarrollo de tareas en la vida diaria y en la ejecución de actividades complejas.³³ Valorar los procesos básicos como selección, sostenimiento e inhibición atencional, permitió establecer la capacidad de respuesta a la eva-

luación, encontrándose estos procesos conservados, con desempeños promedio, aunque con mayor número de errores (comisiones y omisiones), sin influir sobre el resultado general. Este hallazgo resulta llamativo, teniendo en cuenta que la inhibición atencional, proceso involucrado en los errores durante la tarea, es un proceso ejecutivo.³⁶

En los desempeños de la valoración inicial se encontró alteración en la memoria de trabajo, la flexibilidad mental, la abstracción y la inhibición, similar a lo comunicado por Adwani y colaboradores (2016), quienes han documentado alteraciones cognitivas en la EP de inicio prematuro en la memoria y, principalmente, en la atención y las FE,³⁷ que, al estudiarlas por separado, ponen en evidencia mejor desempeño en las tareas atencionales simples que en los procesos ejecutivos de mayor complejidad,³⁸ tal como en el estudio actual.

La valoración posterior revela cambios favorables y desfavorables en varios dominios. Mejores desempeños se encontraron en la memoria de trabajo verbal, en contraste con cambio desfavorable en la memoria visuoespacial en cuanto al número de aciertos. Frente a esto, con un programa de ejercicio físico aeróbico de 12 semanas se midió la memoria de trabajo a través de la prueba *Spatial Working Memory* (SWM) y *Stockings of Cambridge* (SOC), con lo que se identificaron mejoras únicamente en la primera prueba, lo cual, según los autores, tiene mayor relación con la capacidad de memoria espacial.³⁹ También se ha informado que, luego de la realización de un programa de ejercicio físico multimodal de diferentes intensidades durante 12 semanas, se encuentra mayor exactitud de respuesta y menor tiempo de ejecución, medido a través de la prueba *N back task*.⁴⁰ Ambos estudios muestran resultados congruentes frente a mejores desempeños, pero el nuestro muestra altas latencias en estas tareas, sin manifestar cambio.

En la valoración posterior fue evidente un menor número de errores en la inhibición, lo que favorece una alteración grave leve en la prueba de Stroop. Al respecto, un programa de ejercicio aeróbico en distintas intensidades, realizado en una población joven, reveló desempeños significativamente mejores en la valoración posterior en procesos inhibitorios, medidos a partir del índice de interferencia Stroop en los grupos que realizaron actividad física, en contraste con el grupo control.⁴¹ Otro estudio en la población colombiana muestra los beneficios de programas de ejercicio aeróbico de alta intensidad y combinado (aeróbico de alta intensidad más resistencia) sobre los procesos inhibitorios y la velocidad de procesamiento, destacando la eficacia de estos sobre el programa enfocado únicamente en ejercicios de resistencia.⁴²

La capacidad de planeación y creación de estrategias de resolución a un problema, medida con la prueba TOL, mostró mejora posterior a una única sesión de ejercicio aeróbico de alta intensidad;⁴³ asimismo, esta FE puede mejorar luego de la práctica de ejercicio.⁴⁴ En este estudio, se observan cambios favorables en la planeación de laberintos; sin embargo, desempeños en otras tareas de estrategias para la resolución de problemas muestran cambios, con altas latencias en la ejecución, errores de atravesar en laberintos y mayor número de movimientos en la torre de Hanoi, con dificultad para hallar la estrategia correcta, lo que señala un cambio desfavorable en general. Esta discrepancia podría corresponder a la mayor complejidad de estas últimas tareas, lo que muestra afectación general en la planeación.

Frente a la velocidad de procesamiento, se demostraron mejores desempeños en la velocidad de la ejecución de

respuesta en la prueba de Stroop, resultados similares a los informados en otras investigaciones, donde, además, se identifican mejores puntuaciones;⁴⁵ esto no fue evidente en este estudio, posiblemente relacionado con la alteración en la inhibición, que se mantuvo en la valoración posterior, a pesar de mostrar un cambio levemente favorable.

La flexibilidad mental, medida con la prueba *Auditory Switch Test*, mostró mejoras en participantes con mayor frecuencia de ejercicio en el desarrollo un programa de ejercicio físico multimodal, que involucró actividades como caminar, correr, utilizar bicicleta estática, aeróbicos acuáticos, zumba y tai chi, entre otras, con una frecuencia de entre 3 y 5 veces por semana.⁴⁰ Además, aplicaron un protocolo de entrenamiento de larga duración con ejercicios aeróbicos en intensidades moderadas, estiramiento muscular, resistencia muscular y de capacidad funcional como coordinación y equilibrio, evaluando la flexibilidad mental a través del *Wisconsin Card Sorting Test* (WCST). Luego de la intervención se observaron mejoras significativas, evidentes en la disminución de perseveraciones, atribuido por los autores a los beneficios fisiológicos que genera la práctica de ejercicio en el cerebro.¹⁵ En nuestro estudio, la flexibilidad fue medida con la prueba de clasificación de cartas, similar al WCST. Sin embargo, el participante tuvo mayor número de perseveraciones y altas latencias, lo que muestra un cambio desfavorable. Otra investigación resalta el cambio en la velocidad de trabajo, pero no en la flexibilidad cognitiva,⁴⁶ medida con el *Trail Making Test* (TMT), donde, luego del ejercicio físico agudo de cuatro sesiones de entrenamiento de ciclismo estático, muestra disminución significativa en el tiempo de ejecución y sin diferencias en los puntajes finales. Además, otros investigadores encuentran similares resultados en un programa de entrenamiento en bicicleta tres veces por semana, con duración de tres meses, en el que no identificaron mejoras en esta función.⁴⁵ En nuestro trabajo, con la misma duración, se ha encontrado que la velocidad mejora en tareas simples de forma similar, mientras que en procesos complejos de planeación y flexibilidad hay mayor latencia en su desarrollo.

La metacognición juega un papel importante en las enfermedades crónicas como la EP, debido a la influencia de creencias negativas sobre la aparición o acentuación de alteraciones emocionales.⁴⁷ Con resultados variables, algunos estudios en la población infantil han sustentado la importancia de la actividad física en este proceso cognitivo; sin embargo, no todas las intervenciones revisadas mostraron efectos óptimos.⁴⁸ En este caso, hubo mayores errores negativos en metamemoria, lo que implica una subestimación frente a sus propios desempeños. Es posible que exista un efecto derivado de continuas preocupaciones, como se informa en historia, que influyen de forma negativa sobre la percepción de su desempeño, lo que sugiere la necesidad de complementar con otros tipos de intervención.⁴⁹

Un estudio de espectroscopia funcional de infrarrojo cercano muestra mayor activación prefrontal dorsolateral izquierda durante el ejercicio físico agudo, por lo que este sería el posible sustrato neural subyacente en el ejercicio y las funciones frontales.⁵⁰ El análisis por índices en esta investigación evidencia un mantenimiento de funciones asociadas con la región dorsolateral. Aunque el estudio por subdominios reveló cambios desfavorables en la mayoría de estas funciones, uno de los procesos que se mantuvo estable fue la capacidad atencional, tanto selectiva como sostenida. Este resultado podría relacionarse con

procesos mediados por la Red de Atención Dorsal (sistema *top-down*), implicada en mecanismos de selección de estímulos y respuestas de forma voluntaria.⁵¹ Así, su influencia permitiría favorecer de manera global esta área, sumado a posibles beneficios del programa físico sobre esta región.

En este caso, los cambios favorables de la intervención fueron limitados a la velocidad de procesamiento en tareas simples y un beneficio leve en la inhibición. Al respecto, entre el 60% y el 80% de los casos de demencia avanzada en pacientes con EP están asociados con declive cognitivo presente desde fases iniciales, lo que afecta los niveles atencionales y la velocidad de procesamiento, y genera cambios conductuales,^{15,52-54} lo cual se atribuye a procesos degenerativos de las neuronas nigroestriales, reducción de la actividad dopaminérgica en estas regiones y sus conexiones hacia áreas frontales y prefrontales encargadas de dichas funciones.^{15,53,55} Los cambios cognitivos evidentes desde la primera valoración, sumado a los aspectos genéticos posiblemente relacionados, ponen de manifiesto mayor riesgo de continuar el declive cognitivo, aun con la intervención. Los programas con mayor eficacia sobre la cognición contaban con mayor frecuencia en sesiones y duración total. Sin embargo, los cambios revelados, así como los procesos estables en el participante, pueden ser resultado de la activación que ofrece la intervención, teniendo en cuenta el aumento de la oxigenación cerebral que genera y, por ende, el aumento del factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF, por su sigla en inglés)^{15,40,45} y otros factores que favorecen la neuroplasticidad. Es importante tener en cuenta el sustrato neuronal de la activación física como tratamiento en las enfermedades, particularmente el deterioro subcortical característico de la EP desde las etapas iniciales, para el diseño de una intervención integral que, con mayor duración, podría tener mayor impacto.

Como limitaciones, al ser este un estudio de caso único, sus resultados no pueden ser extrapolados. Además, aumentar el tamaño de muestra la permitiría determinar ampliamente los cambios asociados con el programa de intervención, al permitir más control de variables teniendo en cuenta la amplia heterogeneidad en el perfil cognitivo de los pacientes con EP.

Conclusión

La valoración cognitiva posterior a la ejecución del programa de ejercicio basado en boxeo demostró cambios favorables en la velocidad de procesamiento y la capacidad en inhibición; se observó declive en la planeación, la flexibilidad mental, la metamemoria y la memoria visuoespacial. Asimismo, bajos desempeños en funciones cognitivas agrupadas en el índice prefrontal anterior y estabilidad en las que componen el índice de la región dorsolateral. Si bien el declive podría estar asociado con la neurodegeneración esperada de la EP, la cual es ampliamente variable, el encontrar procesos estables y leve favorabilidad podría ser resultado de la intervención realizada. Futuros estudios deben considerar ampliar el número de participantes e incluir otras modalidades de intervención interdisciplinar con enfoque cognitivo, que permitan fortalecer las propiedades de la intervención teniendo en cuenta la heterogeneidad de las características clínicas de la EP.

Bibliografía

- Ariza-Serrano L, Guerrero-Vega J, Ortiz P, Moreno-López C. Caracterización de pacientes con enfermedad de Parkinson en un centro de referencia de la ciudad de Bogotá, Colombia. *Acta Neurol Colomb* 32(3):203-208, 2016.
- Hirsch L, Jette N, Frolkis A, Steeves T, Pringsheim T. The incidence of Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *Neuroepidemiology* 46(4):292-300, 2016.
- Castro A, Biriticá O. Enfermedad de Parkinson: criterios diagnósticos, factores de riesgo y de progresión y escalas de valoración del estadio clínico. *Acta Neurol Colomb* 30(4):300-306, 2014.
- Hurtado F, Cárdenas M, Cárdenas F, León L. La enfermedad de Parkinson: etiología, tratamientos y factores preventivos. *Universitas Psychologica* 15(5):1-26, 2016.
- Cusso M, Donald K, Khoo T. The impact of physical activity on non-motor symptoms in Parkinson's disease: a systematic review. *Front Med (Lausanne)* 3(35):1-9, 2016.
- Martínez-Fernández R, Gasca-Salas C, Sánchez-Ferro A, Obeso J. Actualización en la enfermedad de Parkinson. *Rev Méd Clín Las Condes* 27(3):363-379, 2016.
- Picelli A, Varalta V, Melotti C, et al. Effects of treadmill training on cognitive and motor features of patients with mild to moderate Parkinson's disease: a pilot, single-blind, randomized controlled trial. *Funct Neurol* 31(1):25-31, 2016.
- Nadeau A, Lungu O, Duchesne C, et al. A 12-week cycling training regimen improves gait and executive functions concomitantly in people with Parkinson's disease. *Front Hum Neurosci* 10(690):1-10, 2017.
- Rektorova I. Current treatment of behavioral and cognitive symptoms of Parkinson's disease. *Parkinsonism & Related Disorders* 59:65-73, 2019.
- Cosgrove J, Alty J. Cognitive deficits in Parkinson's disease: current perspectives. *Journal of Parkinsonism and Restless Legs Syndrome* 8:1-11, 2018.
- Biundo R, Weis L, Fiorenzato E, Antonini A. Cognitive rehabilitation in Parkinson's disease: Is it feasible? *Arch Clin Neuropsychol* 32(7):840-860, 2017.
- Aarsland D, Creese B, Politis P, et al. Cognitive decline in Parkinson disease. *Nat Rev Neurol* 13(4):217-231, 2017.
- Díez-Cirarda M, Ibarretxe-Bilbao N, Peña J, Ojeda N. Efficacy of cognitive rehabilitation in Parkinson's disease. *Neural Regen Res* 13(2):226-227, 2018.
- da Silva FC, Iop RDR, de Oliveira LC, et al. Effects of physical exercise programs on cognitive function in Parkinson's disease patients: A systematic review of randomized controlled trials of the last 10 years. *PLoS One* 13(2):1-19, 2018.
- Tanaka K, Quadros AC Jr, Santos RF, Stella F, Gobbi LT, Gobbi S. Benefits on physical exercise on executive functions in older people with Parkinson's disease. *Brain Cogn* 69(2):435-441, 2009.
- Teixeira-Arroyo C, Rinaldi N, Batistela R, Barbieri F, Vitório R, Gobbi L. Exercise and cognitive functions in Parkinson's disease: Gender differences and disease severity. *Motriz: Rev Educ Fis* 20(4):461-469, 2014.
- Borrione P, Tranchita E, Sansone P, Parisi A. Effects of physical activity in Parkinson's disease: A new tool for rehabilitation. *World J Methodol* 4(3):133-143, 2014.
- Carroll LM, Morris ME, O'Connor WT, Clifford AM. Is aquatic therapy optimally prescribed for Parkinson's disease? A systematic review and meta-analysis. *J Parkinsons Dis* 10(1):59-76, 2020.
- Nadeau A, Pouchet E, Corbeil P. Effects of 24 wk of treadmill training on gait performance in Parkinson's disease. *Med Sci Sports Exerc* 46(4):645-655, 2014.
- Ridgel AL, Phillips RS, Walter BL, Discenzo FM, Loparo KA. Dynamic high-cadence cycling improves motor symptoms in Parkinson's disease. *Front Neurol* 6(194):1-8, 2015.
- Acevedo-Triana C, Avila-Campos J, Cárdenas, L. Efectos del ejercicio y la actividad motora sobre la estructura y función cerebral. *Rev Mex Neuroci* 15(1):36-53, 2014.
- Szuhany KL, Bugatti M, Otto MW. A meta-analytic review of the effects of exercise on brain-derived neurotrophic factor. *J Psychiatr Res* 60:56-64, 2015.
- Hirsch MA, van Wegen EEH, Newman MA, Heyn PC. Exercise-induced increase in brain-derived neurotrophic factor in human Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *Transl Neurodegener* 7(7):1-12, 2018.
- Lauzé M, Daneault JF, Duval C. The effects of physical activity in Parkinson's disease: a review. *J Parkinsons Dis* 6(4):685-698, 2016.
- Gonçalves GB, Leite MA, Orsini M, Pereira JS. Effects of using the nintendo wii fit plus platform in the sensorimotor training of gait disorders in Parkinson's disease. *Neurol Int* 6(1):1-3, 2014.
- Rios Romenets S, Anang J, Fereshtehnejad SM, Pelletier A, Postuma R. Tango for treatment of motor and non-motor manifestations in Parkinson's disease: a randomized control study. *Complement Ther Med* 23(2):175-184, 2015.
- Nocera JR, Amano S, Vallabhajosula S, Hass CJ. Tai Chi exercise to improve non-motor symptoms of Parkinson's disease. *J Yoga Phys Ther* 3:1-11, 2013.
- Combs SA, Diehl MD, Staples WH, et al. Boxing training for patients with Parkinson disease: a case series. *Phys Ther* 91(1):132-42, 2011.
- Combs SA, Diehl MD, Chrzastowski C, et al. Community-based group exercise for persons with Parkinson disease: a randomized controlled trial. *NeuroRehabilitation* 32(1):117-124, 2013.
- Morris ME, Ellis TD, Jazayeri D, et al. Boxing for Parkinson's disease: Has implementation accelerated beyond current evidence? *Front Neurol* 10(1222):1-10, 2019.
- Hoehn M, Yahr M. Parkinson: Onset, progression and mortality. *Neurology* 17(5):427-442, 1967.
- Flores J, Ostrosky F, Lozano A. Bateria neuropsicológica de funciones ejecutivas y lóbulos frontales-2. México DF, México: Manual Moderno; 2014.
- Brickenkamp R. D2, Test de atención (trad. al castellano por N. Seisdedos). Madrid, España: TEA Ediciones; 2002.
- Barenberg J, Berse T, Dutke S. Executive functions in learning processes: Do they benefit from physical activity? *Educ Res Rev* 6(3):208-222, 2011.
- Park J, Cohen I. Effects of exercise interventions in older adults with various types of dementia: systematic review. *Act Adapt Aging* 43(2):83-117, 2018.
- Hasher L, Lustig C, Zacks RT. Inhibitory mechanisms and the control of attention. In A. Conway C, Jarrold M, Kane A, Miyake, Towse J. (Eds.), *Variation in working memory*. New York: Oxford University Press; 2007.
- Adwani S, Yadav R, Kumar K, Chandra SR, Pal PK. Neuropsychological profile in early Parkinson's disease: Comparison between patients with right side onset versus left side onset of motor symptoms. *Ann Indian Acad Neurol* 19(1):74-78, 2016.
- Aarsland D, Bronnick K, Williams-Gray C, et al. Mild cognitive impairment in Parkinson disease: a multicenter pooled analysis. *Neurology* 75(12):1062-1069, 2010.
- Cruise KE, Bucks RS, Loftus AM, Newton RU, Pegoraro R, Thomas MG. Exercise and Parkinson's: benefits for cognition and quality of life. *Acta Neurol Scand* 123(1):13-19, 2011.

40. Caciula M, Horvat M, Tomporowski P, Nocera J. The effects of exercise frequency on executive function in individuals with Parkinson's disease. *Ment Health Phys Act* 10:18-24, 2016.
41. Pastor D, Cervell, E, Peruyero F, Biddle S, Montero C. Acute physical exercise intensity, cognitive inhibition and psychological well-being in adolescent physical education students. *Curr Psychol* 32(2), 2019.
42. Quintero AP, Bonilla-Vargas KJ, Correa-Bautista JE, et al. Acute effect of three different exercise training modalities on executive function in overweight inactive men: A secondary analysis of the BrainFit study. *Physiol Behav* 197:22-28, 2018.
43. Chang YK, Tsai CL, Hung TM, So EC, Chen FT, Etnier JL. Effects of acute exercise on executive function: a study with a Tower of London Task. *J Sport Exerc Psychol* 33(6):847-865, 2011.
44. Etnier JL, Chang YK. The effect of physical activity on executive function: a brief commentary on definitions, measurement issues, and the current state of the literature. *J Sport Exerc Psychol* 31(4):469-483, 2009.
45. Duchesne C, Lungu O, Nadeau A, et al. Enhancing both motor and cognitive functioning in Parkinson's disease: Aerobic exercise as a rehabilitative intervention. *Brain Cogn* 99:68-77, 2015.
46. Ridgel AL, Kim CH, Fickes EJ, Muller MD, Alberts JL. Changes in executive function after acute bouts of passive cycling in Parkinson's disease. *J Aging Phys Act* 19(2):87-98, 2011.
47. Allott R, Wells A, Morrison AP, Walker R. Distress in Parkinson's disease: contributions of disease factors and metacognitive style. *Br J Psychiatry* 187:182-183, 2005.
48. Álvarez-Bueno C, Pesce C, Cavero-Redondo I, Sánchez-López M, Martínez-Hortelano JA, Martínez-Vizcaino V. The effect of physical activity interventions on children's cognition and metacognition: a systematic review and meta-analysis. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 56(9):729-738, 2017.
49. Brown RG, Fernie BA. Metacognitions, anxiety, and distress related to motor fluctuations in Parkinson's disease. *J Psychosom Res* 78(2):143-148, 2015.
50. Yanagisawa H, Dan I, Tsuzuki D, et al. Acute moderate exercise elicits increased dorsolateral prefrontal activation and improves cognitive performance with Stroop test. *Neuroimage* 50(4):1702-1710, 2010.
51. Corbetta M, Shulman GL. Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nat Rev Neurosci* 3(3):201-215, 2002.
52. Güntekin B, Hanoğlu L, Güner D, et al. Cognitive impairment in Parkinson's disease is reflected with gradual decrease of EEG delta responses during auditory discrimination. *Front Psychol* 9(170):1-13, 2018.
53. Goldman JG, Vernaleo BA, Camicioli R, et al. Cognitive impairment in Parkinson's disease: a report from a multidisciplinary symposium on unmet needs and future directions to maintain cognitive health. *NPJ Parkinsons Dis* 19:1-11, 2018.
54. Roheger M, Kalbe E, Liepelt-Scarfone I. Progression of cognitive decline in Parkinson's disease. *J Parkinsons Dis* 8(2):183-193, 2018.
55. Cosgrove J, Alty JE, Jamieson S. Cognitive impairment in Parkinson's disease. *Postgrad Med J* 91(1074):212-220, 2015.