

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

GRADO EN PSICOLOGÍA



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS OF INTERNATIONAL EXCELLENCE

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**APRENDIZAJE PROCEDIMENTAL MOTOR
EN LA ENFERMEDAD DE PARKINSON: UNA
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

AUTOR: MIGUEL SELLERS RASERO

TUTORA: D^a EVA M^a ARROYO ANLLÓ

Salamanca, 2016

Declaro que he redactado el trabajo “Aprendizaje procedimental motor en la Enfermedad de Parkinson: Una revisión bibliográfica” para la asignatura de Trabajo Fin de Grado en el curso académico 2015-2016 de forma autónoma, con la ayuda de las fuentes bibliográficas citadas en la bibliografía, y que he identificado como tales todas las partes tomadas de las fuentes indicadas, textualmente o conforme a su sentido.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized initial 'L' followed by a smaller, less distinct character, possibly 'a'.

I.	INTRODUCCIÓN	2
I.II.	JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	
I.III.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	
I.III.I.	OBJETIVOS Y/O HIPÓTESIS	
II.	METODOLOGÍA O PLAN DE TRABAJO.....	6
II.II.	MATERIALES	
II.III.	PROCEDIMIENTO	
II.III.I.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	
III.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	9
III.II.	ENFERMEDAD DE PARKINSON Y FUNCIÓN EJECUTIVA	
III.III.	ESTRUCTURAS NEUROANATÓMICAS IMPLICADAS EN EL APRENDIZAJE PROCEDIMENTAL MOTOR	
IV.	CONCLUSIONES Y PROSPECTIVA.....	19
V.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20
VI.	ANEXOS.....	22
	ANEXO I	
	ANEXO II	

RESUMEN

La enfermedad de Parkinson (EP) es progresiva y no tiene tratamiento curativo. Su prevalencia aumenta con la edad y es mucho más común su presencia entre la población masculina que femenina. Desde el punto de vista patológico se distingue por la pérdida de neuronas dopaminérgicas de la sustancia nigra. Algunos casos son genéticos, pero la mayoría no parecen darse entre miembros de una misma familia. Influyen en su aparición aspectos genéticos y ambientales, pero ninguno parece tener un rol determinante. Los síntomas cardinales del parkinsonismo incluyen bradicinesia, temblor y rigidez. Los síntomas iniciales pueden ser muy sutiles, además, comienzan lentamente en un lado del cuerpo y luego afectan a ambos lados; a medida que la enfermedad avanza o progresa se desarrollan complicaciones tanto neurológicas como psiquiátricas y autonómicas. Diferenciar la EP de otras formas de parkinsonismo es importante y para ello es necesario un tiempo de observación, un interrogatorio específico y un examen físico dirigido.

Palabras clave (3): Enfermedad de Parkinson, memoria implícita, adquisición de procedimientos motores

1. INTRODUCCIÓN

La enfermedad de Parkinson (EP) es una enfermedad neurodegenerativa progresiva que se estima afecta al 1% de la población mayor de 50 años, siendo la edad media de comienzo entre los 60 y 65 años. La sintomatología más común que muestran las personas con EP incluye alteraciones motoras (bradicinesia, rigidez, temblor, disfunción de la marcha e inestabilidad postural), deterioro cognitivo (disfunción ejecutiva del lóbulo frontal y afectación mnésica) y trastornos del estado de ánimo tales como la depresión (Petzinger *et al.*, 2011). Su incidencia está en aumento y está en clara relación con la edad, por lo cual, será más importante con el mayor envejecimiento de la población. El impacto de la enfermedad se desprende del hecho que la mortalidad es dos a cinco veces mayor en personas afectadas que en controles de la misma edad, ocasionando una disminución de la expectativa de vida y un deterioro importante de la calidad de la misma (Granel A., 2005).

Se estima que más de la mitad de los pacientes con diagnóstico de EP son tratados en el ámbito de la atención primaria. La enfermedad avanzada es de difícil manejo y requiere de la intervención de especialistas; el diagnóstico inicial y el manejo temprano puede ser hecho por médicos de atención primaria. A pesar de que se considera que el diagnóstico de EP es sencillo, apenas un 75% de los diagnósticos se confirman en la autopsia del paciente que fue diagnosticado con EP, lo cual se debe a que los “signos extrapiramidales” tan típicos en esta patología, también lo son en otras (Tapia-Núñez y Cuevas, 2003, citado en Cuervo, 2012).

1.1. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

La realización de este trabajo tiene un fin claro, el de llevar a cabo una revisión bibliográfica de los últimos trabajos en relación con el aprendizaje procedimental motor en personas con EP, con el propósito de profundizar en este aspecto y de comprobar si se han producido avances en los últimos años y, de ser así, la línea que llevan estas novedades. Este tema no había conseguido generar un consenso entre los investigadores, sin embargo, parece que las posturas de unos y otros se van acercando, llegando a postulados comunes y que todos dan por supuesto. Estos indicadores, así como los avances en técnicas y metodologías de investigación, nos pueden dar a entender que se está avanzando correctamente en la investigación y que, más pronto que tarde, se llegará a soluciones que permitan mejorar la calidad

de vida de las personas con EP. Así pues, en esta revisión se intentará llegar a una síntesis de lo que se ha escrito sobre la cuestión hasta la fecha actual y, si los datos lo permiten, llegar a una conclusión firme que pueda esclarecer el tema sobre la preservación de las funciones motoras así como la forma de mantenerlas activas a través de diferentes tratamientos que no sean sólo de carácter farmacológico.

En la presente revisión, se han estudiado artículos tanto de tipo práctico, con investigaciones de laboratorio, como otras revisiones bibliográficas, lo que ha permitido tener un enfoque bastante general sobre cómo está el tema actualmente. La revisión se ha centrado en el funcionamiento de los sistemas neurales implicados en la memoria de pacientes con EP, áreas cerebrales dañadas en estos, así como investigaciones que nos permitan mejorar la calidad de vida de los mismos en un futuro.

Para concluir, citar que la revisión de este tema concreto tiene una motivación personal, ya que un familiar allegado es una persona con EP y este trabajo me está ayudando a comprender su situación y mejorar mi relación con él.

1.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La EP es una de las enfermedades más presentes en la sociedad actual y, a pesar de que la conocemos desde hace 200 años, hay muchos aspectos de ésta que desconocemos y que han de ser investigados, ya que su incidencia en la población de mediana y avanzada edad es cada vez mayor. Se trata de un trastorno neurodegenerativo crónico que conduce con el tiempo a una incapacidad progresiva que se manifiesta con síntomas tales como el temblor en reposo, hipertonia muscular, bradicinesia, inestabilidad postural y pérdida de reflejos posturales.

Estos son los síntomas más comunes y de mayor relevancia en la EP, sin embargo, dependiendo de las características individuales de cada sujeto, podemos encontrar una variada sintomatología. La aparición de éstos se debe a una pérdida dopaminérgica en la sustancia negra del cerebro. La privación de estas neuronas provoca que no se proyecten hacia el cuerpo estriado y, en consecuencia, se originen alteraciones en la actividad de los circuitos neuronales dentro de los ganglios basales, que son los encargados de organizar

el movimiento (Tolosa, Wenning y Poewe, 2006, citado en Vandenbossche, Deroost, Soetens y Kerckhofs, 2009). Según Petzinger *et al.* (2013), la pérdida temprana de dopamina en las regiones caudales de los ganglios basales provoca un decremento de la actividad automática así como un mayor requerimiento del control cognitivo de los movimientos que incluyen los circuitos del lóbulo frontal. Como resultado, las personas con EP precisan manipular y mantener una mayor carga cognitiva para ejecutar cualquier tarea motora o cognitiva. Este aspecto es de suma importancia, ya que la calidad de vida de las personas que sufren esta enfermedad se ve sumamente afectada.

Cuando hacemos referencia al término “adquisición de habilidades” debemos distinguir entre aprendizaje implícito y explícito, también conocidos como aprendizaje declarativo y procedimental. Es este último quien va a ser el centro de la presente revisión debido a que es uno de los aspectos que permiten la correcta adaptación del individuo a su entorno, así como desempeñar con éxito las actividades cotidianas (Muñiz y Osuna, 2007).

Podemos hablar de aprendizaje procedimental o implícito cuando hacemos referencia a procesos no declarativos en los que la persona adquiere un conocimiento simplemente por el hecho de estar expuesto a él. Un ejemplo sería el aprendizaje de secuencias motoras (caminar, correr, nadar...) en el que la persona adquiere el conocimiento a través de la repetición de la actividad, llegando a automatizarlo y a llevarlo a cabo sin prestar atención. Por otra parte, el aprendizaje explícito se refiere a un proceso activo en el que es la persona quien busca la estructura de la información que se le presenta; se trata pues de un aprendizaje consciente, mientras que el aprendizaje procedimental es inconsciente, pues el sujeto no sabe que se está formando en una habilidad (Abbruzzese, Trompetto y Marinelli, 2009).

La memoria es la capacidad para almacenar y recuperar recuerdos y habilidades. El aprendizaje procedimental forma parte de este complejo sistema, aunque no estamos hablando de un sistema único y homogéneo, sino que también se compone de otras estructuras que intervienen directamente en las funciones de consolidación y recuperación de la memoria. Según la duración, puede dividirse en corto y largo plazo. Según sus contenidos, en memoria implícita/procedimental, que es la que interviene en procesos tales como andar, correr o nadar y que es inconsciente, fácil de realizar y difícil de explicar con

palabras; o explícita/declarativa, que hace referencia a conocimientos de tipo teórico como lugares, hechos o datos, además de experiencias vividas. Su recuperación es consciente y fácil de explicar. La memoria implícita, a diferencia de la memoria explícita, se encarga de almacenar toda la información correspondiente a habilidades prácticas, al “cómo” se desarrollan las actividades de la vida diaria. No somos conscientes de esos aprendizajes y por ello son tan esenciales para un buen desenvolvimiento en la vida diaria, pues una vez que esos conocimientos se han consolidado, se vuelven automáticos y no requieren apenas atención por nuestra parte, y por lo tanto apenas necesitan un gasto de energía (Abbruzzese, Trompetto y Marinelli, 2009).

Dentro de la comunidad científica, en los últimos años se ha establecido un consenso con respecto a las estructuras y mecanismos relativos a la memoria. Sin embargo, los desacuerdos surgen a la hora de establecer un “lugar” de almacenamiento para esas estructuras. Es así, que en varios estudios se ha demostrado la importancia de la amígdala en el procesamiento de la memoria implícita ligada a estímulos emocionalmente relevantes para el sujeto.

Gran parte del avance recorrido en esta materia es gracias al famoso caso de H. M., quién, tras una operación fallida, perdió una parte de su hipocampo. A partir de la operación, el paciente H. M. no era capaz de generar nuevos recuerdos, de tal manera que cada pocos segundos se olvidaba de lo que podía aprender. Este tipo de amnesia se conoce como anterógrada, y es la que impide generar nuevos recuerdos, tanto de tipo declarativo como procedimental (Passig, 1995). Según Squire, sólo la memoria declarativa puede contar con un marco temporal, esto es, la memoria a largo y a corto plazo, no siendo así en la memoria procedimental, la cual una vez que se aprende no se olvida, como montar en bicicleta o atarse los cordones de los zapatos.

Diversos estudios han puesto de manifiesto que el uso de señales externas, tanto auditivas como visuales, tal es el caso del trabajo de Rochester, Baker, Hetherington, Jones, Willems, Kwakkel y Nieuwboer (2010), pueden facilitar los procedimientos motores que están dañados en la EP, como por ejemplo la marcha o ciertos movimientos del cuerpo. Los ganglios basales son las estructuras encargadas del control del movimiento, por lo que la explicación de esta mejora con señales rítmicas externas puede residir en esa estructura. En el caso de la EP, la falta de dopamina en el estriado es lo que provoca un

decremento en la actividad de las proyecciones inhibitoras hacia el tálamo, que tiene como resultado una menor facilitación en la corteza motora. En pacientes con EP, esa activación que tiene lugar en sujetos sanos al ejecutar movimientos ya automatizados o secuencias de movimientos aprendidas previamente, no tiene lugar, disminuyendo la activación de estas estructuras o siendo inexistente, lo cual hace que sea imposible que una persona con esta condición pueda llegar a realizar ciertos movimientos, pues todos ellos quedan almacenados en la memoria implícita.

1.3. OBJETIVOS Y/O HIPÓTESIS

Al no tener un carácter de investigación, si no de revisión de trabajos de otros autores, incluyendo sus artículos, publicaciones y libros, no se ha establecido una hipótesis propiamente dicha. No obstante, el objetivo del trabajo sí que es claro: llegar a una conclusión sobre si el aprendizaje procedimental motor está (o no) dañado en la EP y, de ser así, comprobar en qué medida se encuentra dañado y qué capacidad de aprendizaje implícito mantienen intacto los pacientes con EP.

2. METODOLOGÍA O PLAN DE TRABAJO

2.1. MATERIALES

Las unidades de análisis con las que se ha elaborado este trabajo de revisión han sido nueve artículos de investigación y revisión publicados en revistas científicas de prestigio en los últimos 7 años, en el período comprendido entre 2009-2016, ambos inclusive. Todos los artículos han sido publicados en inglés y su procedencia varía geográficamente, siendo su origen países como Canadá, Reino Unido, República Checa o Italia. A continuación se detallan los artículos seleccionados para su revisión:

- Abbruzzese, G., Trompetto, C. y Marinelli, L. (2009). The rationale for motor learning in Parkinson's disease. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 45(2), 209-214.
- Chiviawsky, S., Wulf, G., Lewthwaite, R., & Campos, T. (2012). Motor learning benefits of self-controlled practice in persons with Parkinson's disease. *Gait & Posture*, 35(4), 601-605.
- Duchesne, C., Lungu, O., Nadeau, A., Robillard, M. E., Boré, A., Bobeuf, F., ... Doyon, J. (2015). Enhancing both motor and cognitive functioning in Parkinson's disease: Aerobic exercise as a rehabilitative intervention. *Brain and Cognition*, 99, 68-77.
- Petzinger, G. M., Fisher, B. E., McEwen, S., Beeler, J. A., Walsh, J. P., & Jakowec, M. W. (2013). Exercise-enhanced neuroplasticity targeting motor and cognitive circuitry in Parkinson's disease. *The Lancet Neurology*, 12(7), 716-726.
- Rochester, L., Baker, K., Hetherington, V., Jones, D., Willems, A.-M., Kwakkel, G., ... Nieuwboer, A. (2010). Evidence for motor learning in Parkinson's disease: Acquisition, automaticity and retention of cued gait performance after training with external rhythmical cues. *Brain Research*, 1319, 103-111.
- Ros, T., Munneke, M. A. M., Parkinson, L. A., & Gruzelier, J. H. (2014). Neurofeedback facilitation of implicit motor learning. *Biological Psychology*, 95, 54-58.
- Roy, S., Park, N. W., Roy, E. A., & Almeida, Q. J. (2015). Interaction of memory systems during acquisition of tool knowledge and skills in Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, 66, 55-66.
- Wang, X.-P., Sun, B.-M., & Ding, H.-L. (2009). Changes of procedural learning in Chinese patients with non-demented Parkinson disease. *Neuroscience Letters*, 449(3), 161-163.
- Zemankova, P., Lungu, O., & Bares, M. (2016). Psychosocial Modulators of Motor Learning in Parkinson's Disease. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10.

Además de estos artículos, que han constituido el aspecto central del trabajo, también se han empleado fragmentos de interés de otros artículos referentes al tema tratado así como los libros de “Memoria” de A. Baddeley, M. W. Eysenck y M. C. Anderson (2010) y “Fisiología de la conducta” de N. R. Carlson (2005).

2.2. PROCEDIMIENTO

Con el fin de realizar una revisión bibliográfica acerca de los cambios que se producen en la adquisición de las habilidades motoras de forma implícita en personas con EP, se ha llevado a cabo una rigurosa búsqueda sobre este tema, utilizando algunas de las bases de datos científicas disponibles en la red, como son: Cochrane, Scopus, PubMed, MedLine, PsycInfo y Dialnet, realizadas en Febrero y Marzo de 2016, además de otros artículos que se encontraron por referencias cruzadas y búsqueda inversa.

En primera instancia, se emplearon los términos de búsqueda “Parkinson’s disease”, “Learning and Parkinson” y “Enfermedad de Parkinson y aprendizaje”. Con estos tres marcadores, se obtuvieron un total de 20.130 documentos (Figura 1). Al ser términos muy globales, se encontraron muchos artículos pero que no eran realmente satisfactorios, debido a su generalidad, de lo que se pretendía buscar, por lo tanto, en una segunda oleada de búsquedas, se introdujeron términos más concretos como “aprendizaje procedimental”, “aprendizaje implícito”, “aprendizaje motor” y “afectaciones motoras y enfermedad de Parkinson” en castellano; introduciendo en inglés “implicit learning”, “procedural learning and Parkinson’s disease”, “motor learning and Parkinson’s disease” y “Parkinson’s disease and implicit memory”. Tras esta segunda tanda de búsquedas, el número total de documentos aumentó hasta 33.130, teniendo aspectos más concretos y más cercanos a lo que se buscaba desde el principio.

Debido al gran número de resultados, se establecieron los siguientes criterios de inclusión: trabajos publicados entre 2009-2016 ambos inclusive; trabajos en inglés y castellano; investigaciones en humanos; los términos “motor learning”,

“Parkinson’s disease” y “procedural learning” deben estar presentes en el título y/o palabras claves; diagnóstico de EP sin demencia. Con la aplicación de estos criterios de inclusión/exclusión, se obtuvo un total de 20 artículos (Figura 1)

Tras el análisis de los resúmenes/abstracts, se descartaron aquellos que estaban repetidos o no se centraban en el tema específico del trabajo, rebajando la cifra final de 20 a 9 artículos, que fueron los finalmente escogidos para la elaboración de este trabajo.

2.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para llevar a cabo el análisis del material seleccionado se estableció como criterio el orden cronológico de los artículos, con el objetivo de apreciar el avance producido en la investigación de este campo en los últimos años. Una vez la información estaba jerarquizada según este criterio, se procedió a la profundización en cada uno de los artículos.

Al tener una comprensión relativamente aceptable del inglés, no se requirió la traducción directa de los artículos, siendo la información obtenida de estos mucho más completa y contextualizada.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El procedimiento del siguiente trabajo ha sido la revisión de nueve artículos, en los que se han encontrado resultados diversos y de los que se puede extraer una idea común: los pacientes con EP muestran déficits con respecto al aprendizaje implícito motor, presentando dificultades en los procesos de automatización, explicables por los problemas para mantener la información adquirida en un proceso o tarea motora probablemente causados por una afectación en la memoria implícita. Cabe señalar que no todos los pacientes con EP muestran estas dificultades, ya que en algunos casos sólo se hacen evidentes cuando la enfermedad se encuentra muy avanzada.

De acuerdo con Vandenbossche, Deroost, Soetens y Kerckhofs (2009), donde se plantearon si el aprendizaje implícito en la EP dependía de la función cognitiva, examinaron la relación entre la adquisición implícita de secuencias de movimiento y el nivel general de cognición en la EP. Para ello evaluaron el aprendizaje implícito de secuencias con la Tarea de Tiempo de Reacción en Serie (TTRS a partir de ahora)

desarrollada por Nissen y Bullemer (1987). Tras el análisis de los datos, los resultados obtenidos indicaban que los tiempos de reacción (TR en adelante) disminuían a lo largo del período de formación (el llamado efecto de la práctica), además de un aumento del TR cuando la secuencia de localización se convertía en un orden aleatorio.

Numerosos estudios han demostrado que la TTRS es una herramienta eficaz para estudiar el aprendizaje de la secuencia de movimientos (Bischoff-Grethe, Goedert, Willingham, y Grafton, 2004; Deroost y Soetens, 2006a, 2006b; Deroost, Zeeuws, y Soetens, 2006; Grafton, Hazeldiente, y Ivry, 1995; Willingham, 1999, citado en Vandenbossche, Deroost, Soetens y Kerckhofs, 2009). Según este estudio, la asociación entre el aprendizaje implícito de secuencias de movimientos y el funcionamiento cognitivo podría explicarse tanto por el deterioro del estriado como por el progreso de la enfermedad, lo que significa que la disminución de la función cognitiva podría estar asociada con el deterioro de aprendizaje implícito en pacientes con EP.

Por su parte, Wang, Sung y Ding (2009) en su estudio sobre los cambios que se producen en el aprendizaje procedimental en los pacientes chinos con EP sin demencia, mostraron resultados indicativos de una disminución de la capacidad para el aprendizaje procedimental motor en pacientes con EP a través del empleo de la TTRS. De este estudio se extrae que los ganglios basales juegan un papel importante en el aprendizaje implícito, en el reconocimiento y en la cognición emocional. Así, en los pacientes con EP con lesión principal de los ganglios basales, es posible que aparezca un deterioro en la memoria implícita. También demostraron que diferentes circuitos neuronales están implicados en la memoria implícita y en las tareas de aprendizaje procedimental, aunque el mecanismo subyacente de memoria sigue siendo desconocido. Concluyeron que el uso de los instrumentos diseñados específicamente para poner a prueba la función de la memoria en pacientes chinos con EP indicaba que había cierta anormalidad en el aprendizaje procedimental en pacientes con síntomas extrapiramidales relativamente leves. No encontraron cambios en otro tipo de tareas de memoria implícita y explícita, lo que sugiere un efecto selectivo en la EP de la memoria y de la cognición.

En otro estudio, Zemankova, Lungu, Bares (2016) encontraron en su revisión que el aprendizaje procedimental motor es un aspecto sumamente importante durante el proceso de rehabilitación en pacientes con EP. La experiencia común nos sugiere que los pacientes con EP son capaces de mejorar su rendimiento motor a través de la práctica, aunque los beneficios clínicos son variables en función de la cantidad y de la

persistencia, y esto es una realidad. Sin embargo, los autores nos indican que hay otra serie de factores que intervienen directamente en el aprendizaje motor en EP. Una correcta interacción social, una mentalidad positiva y orientada hacia el éxito, así como ciertos mecanismos de autorregulación emocional, son factores clave a la hora de desarrollar un correcto aprendizaje motor. Sin embargo, estos autores también concluyen que la mayoría de los estudios referentes a este tema han sido llevados a cabo en laboratorios y ambientes que distan del “mundo real”, lo que hace difícilmente extrapolables los resultados obtenidos.

Los primeros estudios relacionados con la consolidación de recuerdos procedimentales motores en EP arrojaron datos contradictorios que no permitían llegar a un acuerdo común. Los pacientes mostraban dificultades en la adquisición de secuencias motoras novedosas para ellos así como en la capacidad para utilizar información previa, sin embargo, parecían ser capaces de mejorar su desempeño con la práctica. La conclusión de los autores es que los pacientes con EP mejoran su desempeño con la práctica, pero que su rendimiento y su beneficio es inferior al de los sujetos sin EP. Finalmente, los autores concluyen que es incierto el papel que desempeña la dopamina, y las terapias de sustitución de la dopamina, en el aprendizaje motor de pacientes con EP (Abbruzzese, Trompetto y Marinelli, 2009).

Beeler (2011) realizó una revisión donde se planteó si el aprendizaje tenía algo que ver con la preservación de las funciones en la EP. Apoyaba la idea de que los ganglios basales son quienes modulan el procesamiento cortical al servicio de la optimización del comportamiento basado en la experiencia previa acumulada, facilitando así el aprendizaje procedimental motor y el hábito de conductas. Esto quiere decir que si los ganglios basales se ven afectados en la EP, también se verá dañado el aprendizaje procedimental motor. Según este autor, el déficit que se produce en la EP respecto al aprendizaje procedimental motor, va aumentando a medida que crece la dificultad de la tarea o cuando se trata de tareas múltiples donde el sujeto ha de atender a más de una actividad al mismo tiempo. Aunque no solo se trata de un déficit en la adquisición, sino de la posterior consolidación y automatización de conductas.

En la investigación llevada a cabo por Rochester et al. (2010), los pacientes tenían que llevar a cabo dos tipos de tareas que estaban acompañadas, o no, por señales rítmicas externas. Por un lado, los pacientes tenían que recorrer la longitud de seis metros andando, al llegar al final, se les proporcionaba una bandeja con dos copas y tenían que recorrer esa misma distancia de vuelta, sujetándola. Esta prueba se llevó a cabo sin

señales rítmicas externas, con señales visuales, auditivas y somatosensoriales. Al finalizar, se medía la rapidez de movimiento (m/s), la longitud de zancada (m) y la cadencia (pasos/min). Los resultados obtenidos fueron muy claros: se producía una evidente mejoría tanto en la velocidad de la marcha como en la longitud de las zancadas con los tres tipos de señales rítmicas externas, además, esta mejoría se producía tanto en la tarea simple (andar los seis metros), como en la compleja (andar con la bandeja y las copas). A raíz de estos resultados, los autores concluyeron que el entrenamiento con señales rítmicas externas en personas con EP mejora el aprendizaje procedimental motor de los mismos.

En tanto al trabajo presentado por Ros, Munneke, Parkinson y Gruzelier(2012), presentan la importancia que puede llegar a tener una sesión de Neurofeedback (NFB) en el aprendizaje implícito motor. El objetivo de su experimento era evaluar si las sesiones de NFB podrían llegar a generar ventajas parecidas en sujetos sanos en comparación con otros sujetos sanos pero sin este tratamiento. Los resultados sugieren que los efectos de dicho NFB podrían aumentar el rendimiento conductual de pacientes con EP si son aplicadas inmediatamente después de las sesiones de entrenamiento individual. En el experimento, aquellos sujetos que habían recibido NFB después de su sesión individual y antes de la TTRS, y comparándolos con otros sujetos que no habían recibido NFB, presentaron un aprendizaje procedimental más rápido, lo que se refleja en unos TR menores. Ante las evidencias presentadas por los autores, podría estudiarse la posibilidad de presentar una intervención combinada de NFB con aquellos tratamientos de rehabilitación habituales. Sin embargo, a pesar de los resultados, y como ya se ha mencionado anteriormente, estos estudios se realizan en contexto de laboratorio y si aplicación al “mundo real” puede ser diferente.

En otro estudio, realizado por Roy, Park, Roy y Almeida (2015) con 36 participantes, la mitad de ellos sanos y la mitad con EP, se llevó a cabo una prueba de habilidad con instrumentos novedosos para ellos, teniendo que hacer varias tareas distintas con herramientas que no conocían. Además, posteriormente se les aplicó un test de conocimiento de las características de las propias herramientas. Los resultados arrojaron que la memoria declarativa se mantenía intacta para ambos grupos de sujetos, sin embargo, la memoria procedimental estaba deteriorada en aquellos sujetos con EP. Antes estos resultados, los autores propusieron que las personas con EP, en la interacción entre memoria declarativa y memoria procedimental, pueden desarrollar un enfoque declarativo (bien conservada) para compensar su déficit procedimental.

Por otro lado, Duchesne et al. (2015) en su experimento con sujetos sanos y EP concluyeron que los ejercicios aeróbicos pueden ser una intervención viable para mejorar el funcionamiento físico, cognitivo y procedimental en las personas con EP tempranas, basando sus conclusiones en los resultados obtenidos, que evidenciaban una mejoría en las habilidades de aprendizaje motor tanto de los grupos sanos como los pacientes con EP.

Para finalizar, y a modo de conclusión, podemos apreciar que, en términos generales, los datos obtenidos en la presente revisión nos indican que los pacientes con EP sufren un deterioro del aprendizaje procedimental motor, sobre todo en las etapas más avanzadas de la enfermedad, aunque también, en algunos casos, en las fases más tempranas de ésta. La prueba de medida más empleada en los diversos estudios para llegar a esta conclusión ha sido la Tarea de Tiempo de Reacción en Serie, aunque también se han empleado otras como el Neurofeedback, tareas de ejercicio físico o, incluso, con señales rítmicas externas.

En la tabla 2 (Anexo II) se presenta una tabla resumen con las principales características de los artículos revisados, entre los que se incluyen los participantes, pruebas, resultados y conclusiones. Los resultados obtenidos son, generalmente, bastante diversos, lo cual puede explicarse por las diferentes pruebas empleadas, la diferencia de población que ha llevado los experimentos o la diferencia de las propias pruebas y medición de éstas.

3.1. ENFERMEDAD DE PARKINSON Y FUNCIÓN EJECUTIVA

La EP, además de implicar déficits motores desde el inicio de la enfermedad, también afecta a diferentes procesos cognitivos específicos como las áreas visuoespaciales y visuoperceptivas, funciones ejecutivas y determinados aspectos de la memoria. Este déficit en funciones ejecutivas se muestra especialmente relacionado con el sistema dopaminérgico ya que, en pacientes de novo (recién diagnosticados y sin tratamiento farmacológico) se ha demostrado que este déficit se suele revertir con medicación dopaminérgica.

Así, podemos sintetizar las implicaciones de las alteraciones neuropsicológicas en pacientes con EP en diferentes aspectos. Por un lado, las alteraciones de predominio frontal son las más comunes en pacientes con EP de novo, afectando, sobre todo, a procesos ejecutivos que se reflejan en disminución de atención selectiva y dificultades

de flexibilidad mental. Además, presentan una gran dificultad para cambiar el foco atencional y para dividir los recursos atencionales entre varias tareas, así como para inhibir información relevante. En esta etapa aparece uno de los rasgos más característicos a posteriori, la bradifenia o enlentecimiento de la velocidad de procesamiento. Los pacientes con EP presentan déficit en aprendizaje de material tanto verbal como visual, sustentado en la ineficacia en el uso de estrategias de codificación de la información presentada. A esta ineficacia hay que añadirle un mal empleo en estrategias de acceso a la información, que impide recuperar material almacenado de forma correcta, todo ello desembocando en un déficit en su memoria de trabajo. Por último, presentan alteraciones en reconocimiento facial de rostros y orientación y juicio de líneas. Con el desarrollo de la enfermedad aparecen otras alteraciones visuoespaciales como la síntesis y análisis visual o la apraxia constructiva.

Los déficits en funciones ejecutivas se observan desde fases iniciales de la EP, sobre todo en lo que se refiere a la manipulación y monitorización de la información, ya sea visual o verbal. Se han encontrado también dificultades para inhibir la interferencia así como una disminución en mantener la atención de forma selectiva.

Casado y Benavides (2007) señalan que los pacientes con EP, desde fases iniciales, presentan un deterioro significativo en las funciones ejecutivas, a pesar de no manifestar una demencia ni una incapacidad para poder desarrollar con normalidad las actividades de la vida cotidiana. Los resultados de la investigación llevada a cabo por los autores fueron congruentes con sus hipótesis. Así, vieron que los pacientes con EP en fases iniciales produjeron un número inferior de categorías en el WCST además de un elevado número de errores perseverativos, de lo que se deduce un déficit para crear nuevos conceptos mediante el razonamiento abstracto. Las puntuaciones del WAIS también demostraron un deterioro en la capacidad de abstracción y razonamiento verbal. A raíz de las pruebas de Stroop y atención selectiva, advirtieron que los pacientes presentaban alteraciones en la habilidad de procesamiento de la información de una forma congruente a la tarea y de una manera flexible. Estas alteraciones ejecutivas provocan que los pacientes obtengan peores resultados en tareas que requieren un esfuerzo cognitivo elevado y un control de la inhibición de estímulos.

En pruebas como la Torre de Hanoi o el FAS, los autores evidenciaron esta incapacidad mostrada por los pacientes para planificar estrategias e iniciar y mantener una tarea.

3.2. ESTRUCTURAS NEUROANATÓMICAS IMPLICADAS EN EL APRENDIZAJE PROCEDIMENTAL MOTOR

En el libro de Rosa Casafont ‘Viaje a tu cerebro’ (pág. 100-106), podemos ver cómo la autora nos explica que la memoria no es un hecho aislado, sino que se encuentra relacionada con mecanismos neuronales del aprendizaje y que, además, a la hora de memorizar podemos distinguir diferentes factores influyentes en el proceso. El aprendizaje y la memoria son adaptaciones de nuestros circuitos al entorno cambiante en el que nos movemos, así, cuando intentamos recuperar algún recuerdo almacenado, modificamos, en mayor o menor grado, la vivencia evocada, incorporando en ella detalles que han sucedido en otros momentos temporales.

El hipocampo es la región fundamental para desarrollar el proceso de aprendizaje que, según la autora, se basa en adquirir nueva información que podamos convertir en conocimiento de manera que podamos almacenar en nuestra memoria. Es por esto que también influirá en la consolidación de la memoria.

En la presente revisión se hace referencia a la memoria implícita que, como ya se ha mencionado, es aquella que se produce de manera ‘inconsciente’ en ejecución de actividades y, en relación a ello y al último párrafo, se ha de mencionar que si bien el hipocampo es la región cerebral mayoritariamente presente en el proceso de aprendizaje y consolidación de memoria, la memoria procedimental se verá fundamentalmente influida por el cuerpo estriado de los ganglios basales, que se encarga de la formación de hábitos de comportamiento.

En el libro ‘Memoria’ de A. Baddeley, M.W. Eysenck y M.C. Anderson (pág. 115) los estudios que se realizaron indican que cuando tiene lugar el aprendizaje implícito, se producen cambios en la corteza motora y suplementaria motora izquierda cuando el sujeto realiza una doble tarea; sin embargo, si tan sólo desempeña una actividad, se detectan cambios en el hemisferio derecho con activación de la corteza prefrontal derecha, la corteza premotora y el lóbulo temporal derecho.

Teniendo en cuenta este esquema, la estructura que más nos interesa para esta revisión es el estriado de los ganglios basales que, como ya se venía diciendo más arriba, es el encargado de regular y controlar todos los movimientos. Por ello, si se produce alguna afectación de esta estructura, obviamente también tendrá lugar un déficit en el aprendizaje de procedimientos motores, pues si una persona no puede realizar una

acción, tampoco tendrá capacidad para aprenderla mientras la practica (aprendizaje implícito).

Desde 1980 se viene apoyando la idea de que es la pérdida de dopamina en los ganglios basales lo que causa los síntomas de la EP (Albin et al, 1989; Chevalier y Deniau, 1990; DeLong, 1990; Gerfen et al, 1990; Penney y Young, 1986, citados en Beeler, 2011). El papel que tiene la dopamina en el aprendizaje motor y en el control motor no son dos funciones distintas, sino más bien dos caras de la misma moneda (Abbruzzese, Trompetto y Marinelli, 2009).

Como bien dicen Abbruzzese, Trompetto y Marinelli (2009) en su revisión sobre el aprendizaje en la EP, los ganglios basales son un conjunto de núcleos cerebrales que se encuentran situados en el lóbulo temporal medial, situados sobre el tálamo y conectados con la corteza cerebral. Las funciones básicas de estos núcleos tienen que ver con la cognición, el aprendizaje y el control de las actividades motoras. Además están relacionados con el aprendizaje y la memorización de procesos inconscientes. Se cree que el núcleo caudado ayuda al aprendizaje y al recuerdo de las asociaciones establecidas por medio del condicionamiento operante. Concretamente, las investigaciones han mostrado que esta región de los ganglios basales desempeña un papel en la adquisición de hábitos de respuesta a estímulos, así como en la resolución de tareas secuenciales.

Se han asociado los daños en los ganglios basales a una disfunción en el aprendizaje y adquisición de habilidades perceptivo-motoras. La mayor parte de los trastornos asociados al daño de estas áreas cerebrales conllevan algún tipo de disfunción motora, así como déficits en la memoria de trabajo a la hora de alternar la ejecución de distintas tareas. Este tipo de síntomas también se manifiestan en los pacientes que sufren de distonía, enfermedad de Huntington o enfermedad de Parkinson (Smith y McDowall, 2011).

Según el libro 'Fisiología de la conducta' de N. R. Carlson (págs. 484- 488), una vez que una conducta se vuelve automática y rutinaria, se transfiere a los ganglios basales, y lo que ocurre es lo siguiente: cuando un individuo desarrolla deliberadamente una acción compleja, los ganglios basales reciben esa información. En un primer momento, éstos actúan pasivamente, como meros observadores, pero a medida que la conducta se va repitiendo, estas estructuras se dan cuenta de lo que tienen que hacer, de modo que cuando lo hayan aprendido lo harán ellos solos sin que el sujeto apenas tenga que intervenir.

En estudios con seres humanos con EP se demostró que los ganglios basales tienen un papel importante en el aprendizaje no deliberado, ya que cuando disminuye la liberación de dopamina en el neostriado los ganglios basales dejan de funcionar correctamente. A pesar de que en la EP los síntomas se han considerado la mayoría de las veces como “déficits motores”, se trata más bien de fallos en la memoria implícita o procedimental, es decir, lo que sucede es que se les olvida cómo se hace una determinada acción, por ejemplo se les olvida cómo caminar, pues sus piernas tienen suficiente fuerza como para llevar a cabo esa práctica. Otro ejemplo para entender el papel de la memoria sería cuando una persona con EP trata de levantarse de una silla y tarda más tiempo de lo normal en hacerlo; esto se debe a que tiene que recordar cómo tiene que hacer para conseguirlo, qué partes de su cuerpo mover y en qué orden, mientras que una persona sana no necesita pensarlo porque es un movimiento que está automatizado y los ganglios basales se encargan de ejecutarlo. Owen et al. (1992) hallaron que los pacientes con EP tenían dificultades para aprender una tarea de discriminación visual, lo cual no se debía a un déficit perceptivo.

Las regiones corticales también participan en la planificación y ejecución de los movimientos, así como en el aprendizaje motor. Una afectación del área motora suplementaria provoca un déficit en la capacidad de aprender secuencias de respuestas, y la otra región principal de la corteza motora de asociación, la corteza premotora, es la encargada de programar los movimientos más complejos y se ocupa de en qué parte del espacio va a ejecutarse el movimiento (Correa, 2007).

En cuanto al lóbulo frontal, teniendo en cuenta lo dicho hasta el momento, es obvio que está estrechamente relacionado con el aprendizaje procedimental motor en la EP. El estudio científico de la neuropsicología de esta zona se inició de la mano de Luria en el año 1973, quien atribuye a éste las funciones de planificación, coordinación y monitorización del comportamiento. Así, una lesión en esta área produce una profunda alteración en los programas conductuales complejos, con una marcada desinhibición ante estímulos irrelevantes. Según Fuster (2002) esta región representa la parte del cerebro situada en la parte delantera del surco central, constituyendo así el 30% de la masa cortical. Es además la región cerebral con un desarrollo filogenético y ontogenético más reciente, y la parte del ser humano que de manera más significativa nos diferencia de otros seres vivos y que mejor refleja nuestra especificidad (Goldman, 1984, citado en Bausela, 2007).

A pesar de que no existe aún consenso en cuanto a las áreas que componen esta región, el lóbulo frontal podría dividirse en tres zonas corticales frontales: córtex motor, córtex premotor y córtex prefrontal. De forma general, dentro del lóbulo frontal se incluyen ciertas habilidades vinculadas a la capacidad de organizar y planificar una tarea, seleccionar apropiadamente los objetivos, iniciar un plan y sostenerlo mientras se ejecuta, inhibir las distracciones, cambiar de estrategias de modo flexible, autorregular y controlar el curso de la acción, etc. En definitiva, de lo que se encarga esta región cerebral es de organizar, anticipar, planificar, inhibir respuestas inadecuadas y/o automáticas, memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva, solución de problemas, control de la impulsividad y estabilidad comportamental (Bausela, 2007).

Las lesiones que tienen lugar en el lóbulo frontal desembocan en alteraciones en la habilidad para cambiar entre diferentes estrategias conductuales, así como en la incapacidad para adquirir nuevas habilidades motoras necesarias para iniciar con éxito conductas de evitación o aproximación, las cuales están muy relacionadas con el aprendizaje de procedimientos posiblemente (Fibiger y Phillips, 1976, citado en Bausela, 2007).

Son muchos los autores que apoyan la idea de que las funciones neuropsicológicas de los lóbulos frontales son muy similares a las que desempeñan los ganglios basales (Godefroy et al., 1992; Laplane et al., 1989; Strub, 1989, citado en Bausela, 2007). Sus resultados aportan las evidencias suficientes para suponer que existen importantes fibras de conexión entre el lóbulo frontal y los ganglios basales, especialmente en la zona del estriado, de manera que una lesión estructural en una u otra zona va a producir una importante afectación de las funciones que controlan estas áreas (Guerreiro, Maltez, Cantinho y Ferro, 1993, citado en Bausela, 2007).

4. CONCLUSIONES Y PROSPECTIVA

Es una realidad que los pacientes con EP tienen la posibilidad de adquirir destrezas motoras de manera inconsciente, sin embargo, esta capacidad de adquisición se va a ir reduciendo cada vez más a medida que aumente la enfermedad. Es posible que, en ocasiones, este deterioro aparezca incluso antes que síntomas motores típicos de la EP tales como rigidez, bradicinesia o temblores.

Esta afirmación se apoya por los resultados obtenidos en diferentes investigaciones. Sin embargo, aún no existe un consenso con respecto a este tema, ya que no está claro si esto es realmente así y, en caso de serlo, cuáles son los mecanismos subyacentes y las estructuras cerebrales que se encuentran directamente involucradas en éstas funciones y en qué se diferencian de aquellas de pacientes con EP. La necesidad de conocer el funcionamiento de dichas estructuras se hace evidente no sólo para implantar nuevos tratamientos farmacológicos o terapias psicológicas, sino también para ayudar a las personas con EP a conservar sus funciones cognitivas y motoras y, en definitiva, a mejorar su calidad de vida.

Las publicaciones e investigaciones con respecto a este tema han crecido en los últimos años y parece que, poco a poco, se va llegando a un consenso común de todos los investigadores. No obstante, cabe destacar que en algunas publicaciones se aprecian muestras demasiado pequeñas o estudios con muchas limitaciones, lo que sugiere que no todos los artículos referentes a este tema son 100% válidos. Se puede considerar que los estudios hasta la fecha nos acercan cada vez más al conocimiento de los cambios producidos en la EP, pero sin encontrar, de momento, certezas absolutas.

Es por esto que podemos encontrar, por un lado, algunos datos que sugieren la existencia de una alteración severa en el aprendizaje implícito de secuencias, mientras otros artículos hablan de un deterioro menor o, incluso otros, hablan de la no existencia de deterioro alguno.

Una de las grandes limitaciones de la presente revisión es el volumen de artículos revisados, lo cual no permite profundizar en demasía en el tema en cuestión, así como las limitaciones propias que cuenta cada trabajo. Por otro lado, uno de sus puntos fuertes es la actualidad de la información revisada, habiéndose tenido en cuenta sólo los artículos y estudios más novedosos.

En referencia a investigaciones futuras, lo más conveniente sería centrarse en el aspecto cognitivo que subyace a la EP, y no tanto en su sintomatología. La mayoría de los

artículos encontrados en referencia a aspectos motores en EP se centran en los síntomas principales, tales como la bradicinesia, la rigidez o los temblores, sin embargo, son pocos los estudios que se centran en el proceso que causa estos síntomas, la causa de su aparición, así como las posibles vías terapéuticas para los mismos. Si bien parece razonable que se centren en estos aspectos, ya que impiden a los pacientes desarrollar su vida diaria con normalidad, dificultando aspectos cotidianos como conducir o atarse los cordones, también es cierto que la reducción de dicha sintomatología a base de fármacos no parece la vía mejor para estos pacientes. Lo esencial es tratar de descubrir cuáles son las regiones cerebrales implicadas en estos procesos e impedir su deterioro. En caso de que estas ya se encuentren dañadas, intentar reconstruirlas o modificarlas en algún término de manera que puedan volver a desarrollar sus funciones con normalidad. Este sí que parece un buen objetivo a largo plazo, de cara a futuras investigaciones.

En definitiva, se presenta necesaria la continuidad en investigación con respecto a este tema debido a, por un lado, todo lo que desconocemos de esta enfermedad y, por otro lado, la cantidad de personas que están afectadas en todo el mundo.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbruzzese, G., Trompetto, C. y Marinelli, L. (2009). The rationale for motor learning in Parkinson's disease. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 45(2), 209-214.
- Aguado-Aguilar, L. (2001). Aprendizaje y memoria. *Revista de Neurología*, 32(4), 373-381
- Baddeley, A., Eysenck, M.W. y Anderson, M.C. (2010). *Memoria*. Madrid: Alianza Editorial.
- Bausela, E. (2007). Implicaciones de las conexiones cortico y subcorticales del lóbulo frontal en la conducta humana. *Psicología y Pedagogía*, 6(17).
- Beeler, J.A. (2011). Preservation of function in Parkinson's disease: What's learning got to do with it? *Brain Research*, (1423), 96-113. Disponible en www.elsevier.com/locate/brainres.
- Carlson, N.R. (2009). *Fisiología de la conducta*. Madrid: Pearson.
- Correa, M. (2007). Neuroanatomía funcional de los aprendizajes implícitos: asociativos, motores y de hábito. *Revista de Neurología*, 44(4), 234-242.
- Casafont, R. (2012). *Viaje a tu cerebro. El arte de transformar tu mente*. Barcelona: Ediciones B.
- Chiviacowsky, S., Wulf, G., Lewthwaite, R., & Campos, T. (2012). Motor learning benefits of self-controlled practice in persons with Parkinson's disease. *Gait & Posture*, 35(4), 601-605.
- Deus, J., Pujol, J. y Espert, R. (1996). Memoria y ganglios basales: una revisión teórica. *Psicología Conductual*, 4(3), 337-361.

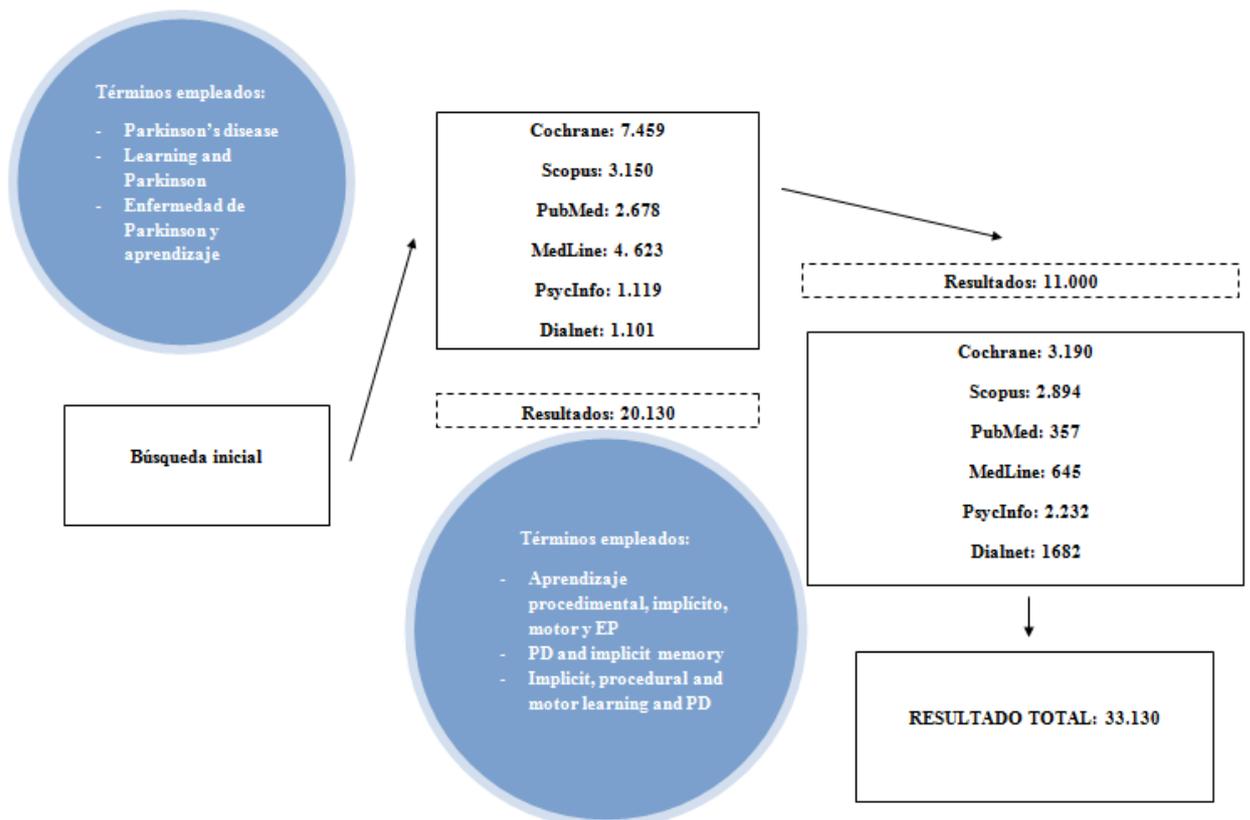
- Duchesne, C., Lungu, O., Nadeau, A., Robillard, M. E., Boré, A., Bobeuf, F., ... Doyon, J. (2015). Enhancing both motor and cognitive functioning in Parkinson's disease: Aerobic exercise as a rehabilitative intervention. *Brain and Cognition*, 99, 68-77.
- Fernández-Del Olmo, M., Arias, P. y Cudeiro-Mazaira, F.J. (2004). Facilitación de la actividad motora por estímulos sensoriales en la Enfermedad de Parkinson. *Revista de Neurología*, 39(9), 841-847.
- Muñiz, J. A. y Osuna, A. (2007). Estudio de las funciones ejecutivas en pacientes con enfermedad de Parkinson en fases iniciales. *Mapfre Medicina*, 18(1), 46-53.
- Petzinger, G. M. et al. (2013). Exercise-enhanced neuroplasticity targeting motor and cognitive circuitry in Parkinson's disease. *Lancet Neurology*, 12, 716-726. Disponible en www.thelancet.com/neurology.
- Rochester, L., Baker, K., Hetherington, V., Jones, D., Willems, A.-M., Kwakkel, G., ... Nieuwboer, A. (2010). Evidence for motor learning in Parkinson's disease: Acquisition, automaticity and retention of cued gait performance after training with external rhythmical cues. *Brain Research*, 1319, 103-111.
- Ros, T., Munneke M. A., Parkinson, Gruzelienda, J. H. (2013). Neurofeedback facilitation of implicit motor learning. *Biological Psychology*, (6728), 1-5. Disponible en www.elsevier.com/locate/biopsycho.
- Roy, S., Park, N. W., Roy, E. A., & Almeida, Q. J. (2015). Interaction of memory systems during acquisition of tool knowledge and skills in Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, 66, 55-66.
- Smith, J.G. and McDowall, J. (2011). Dissociating sequence learning performance in Parkinson's disease: Visuomotor sequence acquisition and pattern judgment on a serial reaction time task. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, (71), 359-380.
- Vandenbossche, J., Deroost, N., Soetens, E. y Kerckhofs, E. (2009). Does implicit learning in nondemented Parkinson's disease depend on the level of cognitive functioning? *Brain and Cognition*, (69), 194–199. Disponible en www.elsevier.com/locate/b&c.
- Wanga, X-P., Sun, B-M. y Ding, H-L. (2009). Changes of procedural learning in Chinese patients with non-demented Parkinson disease. *Neuroscience Letters*, (449), 161–163. Disponible en www.elsevier.com/locate/neulet.
- Zemankova, P., Lungu, O., & Bares, M. (2016). Psychosocial Modulators of Motor Learning in Parkinson's Disease. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10.

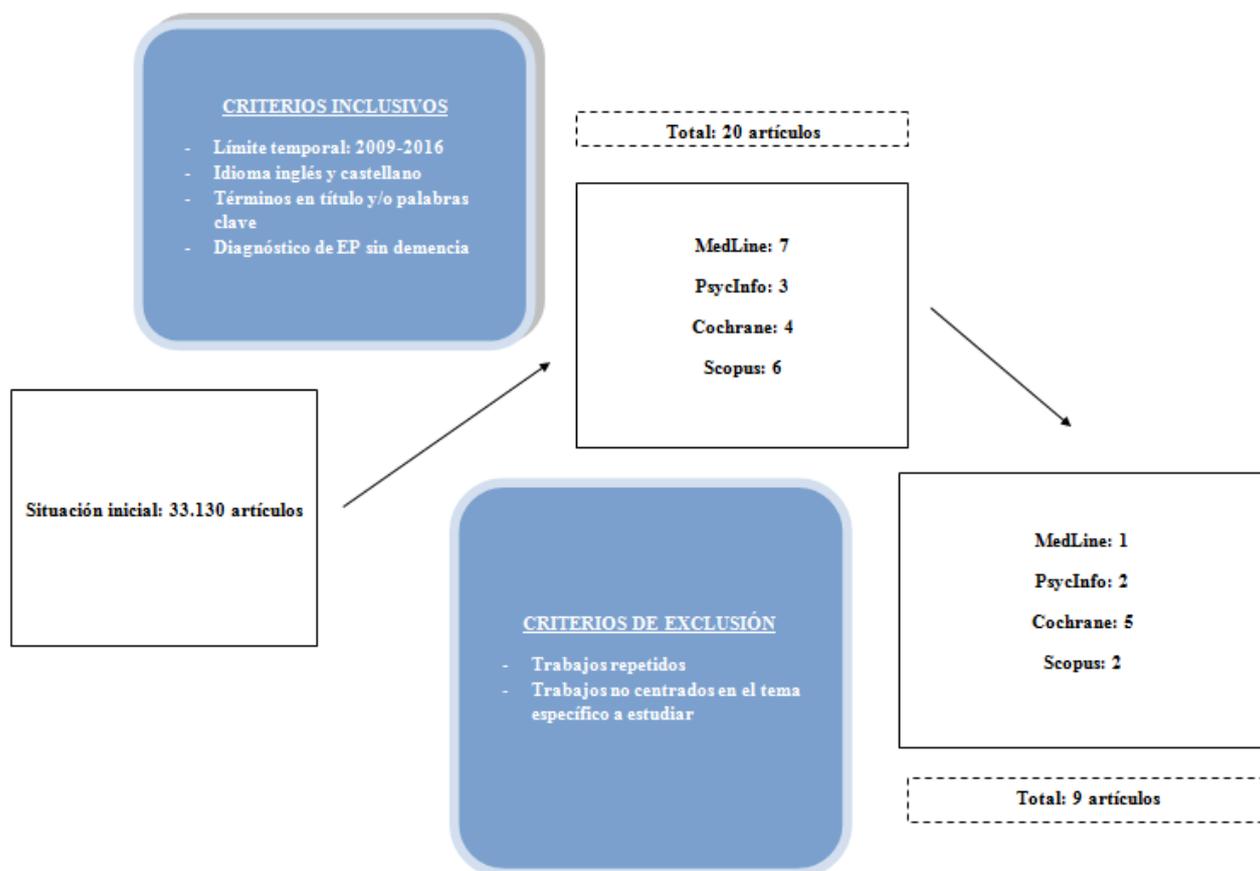
ANEXOS

ANEXO I

Figuras de representación del procedimiento del presente trabajo.

Figura 1





ANEXO II

Tabla resumen de los resultados de los estudios experimentales sobre la capacidad de aprendizaje procedimental-motor en la enfermedad de Parkinson.

Autor	Año	Tamaño y tipo de la muestra	Tarea	Resultados	Conclusiones
Wanga et al.	2009	20 pacientes con EP sin demencia y 20 sujetos sanos	TTRS	Deterioro significativo de la capacidad de aprendizaje procedimental en la EP leve	Existe un efecto selectivo de la memoria y la cognición en la EP
Abbruzzese et al.	2009	(Revisión bibliográfica)	TTRS y pruebas neuropsicológicas	Resultados contradictorios en cuanto a si se mantiene o no la capacidad de aprendizaje procedimental motor dependiendo de los estudios	Los pacientes con EP son capaces de mejorar su rendimiento motor a través de la práctica en función de la cantidad y persistencia de

				revisados	la tarea, aunque el beneficio sigue siendo más bajo que en sujetos sanos
<u>(Rochester et al., 2010)</u>	2010	153 participantes con EP	Tarea simple-doble con señales rítmicas externas (ERC)	Mejoría en velocidad de marcha y longitud de pasos con ERC en tareas simples y dobles	El entrenamiento con señales externas mejora y aumenta el aprendizaje motor
Beeler, J. A.	2011	(Revisión bibliográfica)	Asociación E-R	Déficits y anomalías en el aprendizaje implícito de secuencias, automatización y tareas complejas	Las anomalías del aprendizaje surgen a principios de la EP
Ros et al.	2012	10 sujetos sanos	Sesión de Neurofeedback y TTRS	No existen diferencias significativas entre las secuencias aleatorias y repetidas	Una sola sesión de NFB puede ser utilizada para facilitar la pronta adquisición de un procedimiento perceptivo-motor
<u>(Chiviakowsky et al., 2012)</u>	2012	28 participantes con EP	Mantener plataforma horizontal con ayuda (voluntaria/involuntaria) de una polea	Aumenta el tiempo en equilibrio de ambos grupos a medida que aumentan los ensayos. Autocontrol de polea mayor tiempo en equilibrio.	Participantes con EP muestran mayor aprendizaje cuando pueden controlar la ayuda externa para el equilibrio.
<u>Roy et al.</u>	2014	18 participantes con EP y 18 sanos	Prueba de habilidad con herramientas novedosas + test de conocimiento de sus características	Memoria declarativa igual para ambos grupos de sujetos. Memoria procedimental deteriorada para EP.	Interacción entre memoria declarativa-procedimental. EP pueden desarrollar enfoque declarativo para compensar su déficit procedimental.
<u>(Duchesne et al., 2015)</u>	2015	20 sujetos sanos y 19 pacientes con EP temprana	TTRS con ejercicio aeróbico	Los ejercicios aeróbicos mejoraron las habilidades de aprendizaje	Los ejercicios aeróbicos pueden ser una intervención viable para

				motor en ambos grupos	mejorar el funcionamiento físico, cognitivo y procedimental en EP tempranas.
<u>(Zemankova et al., 2016)</u>	2016	Revisión bibliográfica	TTRS	Interacción social, mentalidad y mecanismos de autorregulación emocional favorecen el aprendizaje motor en EP	La investigación llevada a cabo en laboratorios no es completamente fiable, siendo válida aquella que incluye mayores variables reales, con contextos extrapolables al mundo real