

# Efectividad de la estimulación transcraneal de corriente continua directa en la mejora de la marcha, cognición y actividad cortical en personas con Parkinson: una revisión bibliográfica

Ana María López Díaz

Grado en Fisioterapia. Escuela Universitaria de Osuna. Universidad de Sevilla.

María Jesús Muñoz Fernández

Doctora en Fisioterapia por la Universidad de Sevilla. Departamento de Fisioterapia.  
Profesora titular de la Escuela Universitaria de Osuna. Universidad de Sevilla.

---

## Resumen:

**Introducción:** La enfermedad del parkinson es la segunda enfermedad neurodegenerativa más frecuente en la población mundial. La farmacología, considerada como primera línea de tratamiento, deja de ser eficaz como tratamiento a largo plazo por la adaptación del organismo. La estimulación transcraneal por corriente continua (tDCS) es un novedoso método seguro, no invasivo e indoloro que se está investigando para paliar la sintomatología motora y cognitiva de dicho trastorno del movimiento.

**Objetivo:** Evaluar la eficacia de la estimulación transcraneal de corriente continua directa en la mejora de la marcha, la actividad cortical y la cognición en pacientes diagnosticados de parkinson.

**Metodología:** Se ha realizado una revisión de la literatura científica, compuesta por 5 ECAs, comprendida entre los años 2016 y 2023 con un mínimo de puntuación de 6 en la Escala PEDro en las siguientes bases de datos: Pubmed (Medline), Cochrane y PEDro.

**Resultados:** La tDCS ha mostrado producir mejoras significativas en algunos parámetros de la marcha, en la actividad cortical en relación a la DLPFC y en la cognición de los pacientes con parkinson.

**Conclusión:** La aplicación de la estimulación transcraneal de corriente continua directa podría ser beneficiosa para mejorar el rendimiento motor, la cognición y la actividad cortical de la DLPFC, aunque se necesita un mayor número de estudios para confirmar la efectividad de este tratamiento en pacientes con parkinson.

## 1. INTRODUCCIÓN

A día de hoy se conoce la enfermedad del parkinson como la segunda enfermedad neurodegenerativa más común después del alzheimer. (1). Esta enfermedad se caracteriza por presentar un cuadro clínico clave para su diagnóstico, siendo así, el temblor, la rigidez, la alteración de la marcha y del estado cognitivo, estos síntomas forman parte de la sintomatología más prevalente en los pacientes con parkinson. (2)

Por otro lado, conocer las cifras de la prevalencia, incidencia y mortalidad pueden ayudar a estudiar los posibles factores de riesgo, conocer la historia natural de la enfermedad, planificar recursos y sobre todo ver cómo afecta el gran impacto que tiene esta enfermedad en la calidad de vida de los pacientes, tanto a nivel mundial, como a nivel nacional. (2)

A nivel mundial, los datos epidemiológicos son más variables ya que hay grandes influencias genéticas y ambientales de las diferentes poblaciones estudiadas, aún así, se estima una cifra de entre 100 y 300 casos de parkinson por cada 100.000 personas al año. (2)

En Europa, la incidencia es muy similar a la de España, siendo entre 9 y 22 casos de personas con parkinson por cada 100.000 personas al año. (2)

A nivel nacional la incidencia es de 8´2 por cada 100.00 personas al año, siendo el sexo masculino el más afectado en un pico de edad entre los 70 y los 74 años. (2).

Un dato relevante en España es el gradiente de mortalidad, ya que los estudios revelan que las localizaciones geográficas situadas al norte tienen mayor tasa de mortalidad e incidencia en comparación con las poblaciones del sur del país, asimismo, las poblaciones rurales también tienen mayor tasa de incidencia y mortalidad que las zonas urbanas. (2)

Según los datos obtenidos de la Sociedad Española de Neurología y del Instituto Nacional de Estadística (INE), se conoce que en España hay alrededor de 300.000 personas diagnosticadas de parkinson. (2)

Estos datos epidemiológicos llevan a calcular los costes anuales que supone una persona con parkinson al sistema sanitario, el cual ronda los 17.000€/año, ya que es una enfermedad crónica que necesita una constante evaluación médica, medicación específica y pruebas diagnósticas que hacen que el coste en comparación con otras enfermedades, sea aún mayor. (2)

El tratamiento convencional básico que se suele seguir en personas que padecen esta enfermedad, consiste primeramente en farmacología, concretamente en la Levodopa, la cual sigue estando en primera línea de tratamiento al ser el fármaco más eficaz, tanto para estadíos iniciales, como avanzados. (3) Otros medicamentos que hacen frente a los síntomas motores de esta enfermedad son los agonistas dopaminérgicos no ergóticos, ya que hay evidencia suficiente para afirmar que tienen efectos sobre la mejora de los síntomas motores y no motores. (3)

Debido a la gran heterogeneidad de síntomas que se dan en la enfermedad del parkinson, el tratamiento no farmacológico suele llevarse a cabo mediante un conjunto de profesionales sanitarios que constituya un grupo multidisciplinar completo, abarcando así las diferentes áreas necesarias para paliar la diferente sintomatología de la enfermedad. (3)

A grandes rasgos, los profesionales más demandados para mejorar la sintomatología de manera no farmacológica son: fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales, logopedas y enfermeros/as. (3)

En cuanto al papel de la fisioterapia, en lo que a mejora del bienestar, la calidad de vida y la autosuficiencia del paciente se refiere, es la disciplina que mayor éxito genera en este tipo de pacientes, ya que intenta maximizar lo máximo posible la capacidad funcional del paciente, consiguiendo así una mejora del control postural, actividades de la vida diaria, del conocimiento sobre su enfermedad, calidad del movimiento y sobre todo de la independencia funcional del paciente. (3)

El tratamiento convencional de fisioterapia consiste en la aplicación de diferentes técnicas que les permita alcanzar los diferentes objetivos propuestos, entre ellas se pueden encontrar estiramientos, reeducación de la marcha y de los movimientos afectos, uso de material específico para realizar ejercicio, etc. (3)

Actualmente, se están realizando estudios sobre nuevas vías de tratamiento para esta enfermedad, como es el de la estimulación transcraneal por corriente continua directa (tDCS) (4). Es por ello que la presente revisión

bibliográfica va a comprobar el efecto de esta terapia en pacientes con la enfermedad de parkinson.

## 2.JUSTIFICACIÓN

Debido a la alta prevalencia e incidencia de la enfermedad del parkinson (EP) a nivel mundial, se conoce que esta enfermedad afecta cada vez a más personas en el mundo. Además, es importante reconocer este trastorno del movimiento como un factor con gran impacto en la sociedad y en el sistema sanitario. (2)

Atendiendo a las necesidades individuales y a la evolución de cada paciente, se estima que el cómputo global de los gastos que implican, el seguimiento médico protocolario que se precisa durante el desarrollo de la enfermedad, sumado a los incidentes producidos por la exacerbación de la sintomatología, todas las pruebas médicas necesarias para el diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de cada uno de estos individuos, puede suponer un total entorno a los 17.000€ por persona y año, por lo que multiplicado por cada paciente, esta enfermedad tiene un gran impacto socioeconómico a tener en cuenta. (2)

La mayor limitación que existe en el parkinson es el deterioro de la calidad de vida, dicho deterioro afecta tanto a la sintomatología motora, como no motora, de hecho, el deterioro cognitivo muestra ser significativamente relevante en el estado de ánimo de los pacientes, siendo de igual manera más complejo al abordaje. (5)

Pese a la paliación de síntomas mediante un amplio abanico de tratamientos de diferentes ámbitos sanitarios, la calidad de vida sigue siendo el factor que determina el desarrollo de la vida del paciente con parkinson. (3) Su disminución incrementa con el paso de los años, por lo que se produce un empeoramiento que hace que las tasas de mortalidad lleguen a duplicarse. (2)

Se sabe que para esta enfermedad es difícil encontrar el tratamiento médico óptimo debido a su compleja condición de diversidad sintomatológica, necesidades específicas de rehabilitación y complejas dinámicas psicosociales, teniendo en cuenta su evolución en el tiempo. (1)

Por otro lado, también afecta mucho a la calidad de vida de los pacientes con parkinson los síntomas motores ya que producen una gran limitación funcional en el paciente. (6) Afortunadamente, el abordaje mediante la fisioterapia para las personas con esta enfermedad cuenta con un gran respaldo científico,

produciendo una mejora en el control postural, equilibrio, marcha, rango y agilidad en el movimiento. (6)

Por lo tanto, la fisioterapia se considera fundamental en el tratamiento de los síntomas motores en el parkinson, ya que sus indicaciones sirven para reducir la severidad de los síntomas motores y cuyos objetivos hacen énfasis principalmente en restablecer las actividades de la vida diaria y aumentar la calidad de vida en pacientes con esta enfermedad. (6)

Existen muchos tipos de terapias que emplea la fisioterapia con el fin de reducir dichos síntomas. (7) Los tratamientos convencionales han mostrado tener suficiente evidencia científica, aunque, a día de hoy se estudian nuevos métodos terapéuticos menos costosos que pretenden reducir los gastos que produce la enfermedad al sistema sanitario y generar nuevas vías de actuación sanitaria. (7)

Uno de los métodos terapéuticos menos costosos y menos invasivo para los pacientes es la estimulación cerebral profunda, la cual constituye el objeto de estudio de esta revisión bibliográfica debido a que muestra tener múltiples beneficios, estando entre uno de ellos el factor más limitante en esta enfermedad, la mejora de la calidad de vida en pacientes con un estadio avanzado de la enfermedad del parkinson (EP). (8)

Esta novedosa terapia propuesta puede constituir una herramienta muy eficaz en el manejo de desórdenes neurológicos y psiquiátricos que forman parte de la sintomatología de la enfermedad. (9) A modo de resumen, el mecanismo de acción de la aplicación de la corriente continua transcraneal directa (tDCS) consiste en la activación de diferentes áreas del cerebro para conseguir recuperar conexiones interneuronales que se traduzcan en patrones motores de movimiento correctos, produciendo así un equilibrio en dichas redes neuronales. (9) Por lo que la aplicación por el profesional sanitario de la terapia tDCS supone un nuevo método de tratamiento seguro, indoloro y no invasivo, que mejora las habilidades motoras alteradas (marcha, agilidad en los movimientos, etc) en pacientes con parkinson. (9)

No obstante, se necesita más investigación para estudiar nuevas terapias que permitan abaratar los costes que percibe el sistema sanitario a causa de esta enfermedad y ser usadas como alternativa a la farmacología cuando la respuesta a esta se ve significativamente disminuida por el organismo, ya que cuando esto ocurre, los síntomas motores empeoran considerablemente. (10)

Cuando hay un empeoramiento de la sintomatología motora, concretamente, alteraciones mayores de la coordinación, discinesia, artralgia y distonía, se ofrece la posibilidad de recurrir a los procedimientos neuroquirúrgicos, los cuales exponen a la persona a un riesgo quirúrgico, pudiendo producir efectos adversos y complicaciones tales como el empeoramiento de la fluidez verbal y síntomas motores axiales. (10) Estos procedimientos no se suelen llevar a cabo por su elevado coste, por lo que se precisa investigación para nuevas terapias alternativas que se puedan llevar a cabo de manera más costo-efectiva. (10)

Por lo que esta revisión bibliográfica pretende ver y estudiar la eficacia de la tDCS en los síntomas que sufren los pacientes con la enfermedad de Parkinson.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. PARKINSON

El parkinson es considerado una enfermedad neurodegenerativa, crónica e invalidante, englobada dentro de los trastornos del movimiento, que ocupa en el segundo puesto en la prevalencia mundial, detrás del alzheimer. (11) Debido a su alta prevalencia e incidencia en la mayoría de los países, esta enfermedad repercute de forma importante en la esfera socioeconómica mundial. (12)

En cuanto a la prevalencia según el sexo, a grandes rasgos, el sexo masculino ha mostrado ser el más prevalente, siendo 1'7:1 el ratio de afectación en hombres y mujeres, respectivamente. (2) El pico de edad en el que se vuelve frecuente el desarrollo de la enfermedad ronda los 60 años, siendo esta una cifra muy variable y dependiente de múltiples factores que pueden influir en la aparición final del parkinson. (13)

El parkinson tiene diversas formas de clasificación, podemos encontrar el más frecuente, siendo el parkinson idiopático o primario el 50-60% de los casos, el hereditario sólo constituye un 5-10%, parkinson vascular y por medicamentos (20-25%), por lesiones focales del sistema nervioso y parkinson plus, ambas siendo un 5% de los casos. (14)

PARKINSONISMOS NEURODEGENERATIVOS	PARKINSONISMO SECUNDARIO
<ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>PARKINSONIMO IDIOPÁTICO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Enfermedad del Parkinson (EP)</b></li> </ul> </li>   <li>– <b>PARKINSONISMOS PLUS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Parálisis supranuclear progresiva</b></li> <li>• <b>Degeneración cortico basal</b></li> <li>• <b>Atrofia multisistémica</b></li> <li>• <b>Otras enfermedades q pueden cursar con parkinsonismos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Enfermedad con cuerpos Lewis</li> <li>- Enfermedad de Huntinton, Wilson</li> <li>- Acumulación hierro, neurocantocitosis</li> <li>- Ataxias espinocerebelosas</li> <li>- Encefalomiopatías mitocondriales</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>POR FARMACOLOGÍA</b></li>   <li>– <b>TIPO VASCULAR</b></li>   <li>– <b>INFECCIOSO</b></li>   <li>– <b>HIDROCEFALIA</b></li>   <li>– <b>METABÓLICO</b></li>   <li>– <b>TÓXICO</b></li>   <li>– <b>OTROS</b></li> </ul>

Tabla 1. Clasificación Parkinsonismos. Elaboración propia. Fuente: Esther Peñas Valero et al. (14)

### 3.2. ETIOLOGÍA Y FACTORES DE RIESGO

Actualmente no se conoce la causa de la EP, sin embargo, se considera que la interacción entre factores genéticos, medioambientales y el propio envejecimiento natural unido a la pérdida de las células dopaminérgicas, son consideradas las posibles causas que llevan a desarrollar la enfermedad. (11)

La edad es uno de los principales factores de riesgo para desarrollar la enfermedad, ya que a partir de los 60 años la probabilidad y la prevalencia aumentan exponencialmente. (14) Pese a que la media de edad en la que se diagnostica es entre 55 y 60 años, no todas las personas que superan esta edad tienen riesgo de padecer parkinson, de hecho, según los datos de la Federación Española de Párkinson (FEP), 1 de cada 5 personas con menos de 50 años es diagnosticada de parkinson. (14)

Los factores genéticos sólo constituyen un factor de riesgo para el 10% de la población que padece parkinson, ya que la gran mayoría de los casos, 90% restante, no tienen alteraciones genéticas ni casos de herencia asociados. (11) Dentro del 10% de la población con parkinson que presenta una alteración genética, el 40% de esos casos corresponden a la mutación del gen LRRK2, causa genética más frecuente. (14)

Los factores medioambientales y geográficos pueden suponer un mayor o menor riesgo según la zona geográfica en la que nos situemos. (2) Por ejemplo, se ha detectado un mayor riesgo de poder desarrollar la enfermedad en las zonas rurales, debido a que la residencia en el campo supone una mayor exposición a pesticidas, disolventes y otras sustancias usadas en el sector de la agricultura que residen en el ambiente. (12) Estas sustancias han demostrado potenciar la aparición de síntomas parkinsonianos y se asocian fuertemente al riesgo de padecer parkinson. (14)

El plomo constituye otra sustancia que incrementa potencialmente el riesgo de padecer esta enfermedad. (15) Se ha evidenciado que los trabajadores pertenecientes a la industria siderúrgica que han estado expuestos al plomo durante 20 años, presentaban niveles aumentados de este metal pesado en sus huesos. (15) Este grupo de personas mostraron tener un mayor riesgo de desarrollar la enfermedad en comparación con las personas que tenían niveles más bajos. (15)

Otras investigaciones, asocian los factores alimentarios como la alta ingesta de hierro o la anemia crónica con el riesgo de desarrollar la enfermedad. (12)

El traumatismo craneoencefálico grave y trabajos en los que su desempeño requiere una alta exigencia cognitiva, muestran tener relación con la aparición de la enfermedad. (12)

Curiosamente, esta enfermedad muestra tener factores protectores que reducen el riesgo a desarrollarla, entre ellos encontramos el tabaquismo, el exceso de ácido úrico en sangre, llamado hiperuricemia y el consumo regular de café. (12)

### 3.3. TASA DE MORTALIDAD SEGÚN ZONA GEOGRÁFICA EN ESPAÑA

En la última década, la mortalidad de pacientes con parkinson ha aumentado considerablemente, produciendo así 36.180 muertes en España entre los años 2.000 y 2013, de los que 1´6% tenían menos de 65 años. (15) Se prevee que la tasa de mortalidad siga aumentando, debido a que la edad es el principal factor de riesgo y con los avances tecnológicos de la sociedad, cada vez se estima una mayor esperanza de vida. (15)

La tasa de mortalidad global es de 2´14/100000 personas, con una inclinación más acentuada hacia los varones. (2) El riesgo de mortalidad se ve incrementado en pacientes que además de parkinson, sufren demencia. (2)

Para establecer las tasas de mortalidad hay que tener en cuenta otras enfermedades y factores que puedan incrementar el riesgo de fallecimiento en la población diana. (2) Por lo que solo un 18'2% detalla el parkinson como motivo de la defunción, siendo lo más frecuente, el fallecimiento por enfermedad cardiovascular. (2)

La presencia de un “gradiente de mortalidad geográfica” hace muy característica la enfermedad del parkinson (EP), ya que este concepto muestra como la heterogénea mortalidad de estos pacientes es mayor en las provincias del norte de España que en las del sur, al igual, que es mayor en las zonas rurales, que en las urbanas. (2)

Las provincias de España que presentan mayor gradiente de mortalidad son las situadas en el área noreste del Bajo Ebro y Cataluña, haciendo énfasis en Tarragona, donde se ve más acentuado. (2) Tarragona superó la mayor tasa de mortalidad por EP en pacientes de más de 64 años entre los años 2.000 y 2.006, siendo la relación, 435'3 muertes por cada 1.000.000 de habitantes. (15) Otras provincias del norte como Álava, Lérida y la Rioja, también sobrepasaron los 400 fallecimientos por cada 1.000.000 de personas en la misma franja temporal. (15)

De 2007 a 2013, las provincias del norte del país seguían estando en primera línea en la clasificación de la mortalidad por parkinson, con un número de muertes alto en personas entre un rango de edad entre 45-64 años. (15) Concretamente, la Rioja fue la región con la tasa más alta, acumulando 129 muertes por cada millón de habitantes. (15)

Entre los años 2007 y 2013, la tasa de mortalidad de varones se multiplica por 7, respecto a mujeres, en poblaciones como Gipúzcoa. (15)

Estos incrementos de mortalidad no homogéneos, coinciden con áreas de infradiagnóstico de la enfermedad del parkinson (EP) y no se correlaciona con factores etiológicos de la enfermedad, puesto que la etiología concreta es incierta. (2) Sin embargo, no se puede negar que estas zonas geográficas que presentan mayor mortalidad están estrechamente relacionadas con los factores ambientales que se consideran potencialmente peligrosos de cara a desarrollar la enfermedad. (2)

Los autores sugieren un incremento de neurólogos en las áreas que carecen de diagnósticos tempranos de la enfermedad y más investigación sobre las zonas que sugieren presentar mayor riesgo etiológico. (2)

### 3.4. PATOGENIA Y NEUROFISIOLOGÍA DEL PARKINSON

Actualmente, se conocen diferentes cambios neurofisiológicos que se dan durante el desarrollo de la enfermedad del parkinson. (12) No obstante, los mecanismos patogénicos característicos de la EP no son completamente comprendidos. (16)

La patogenia de la EP es bastante amplia debido a su heterogeneidad clínica y a las posibles afectaciones multifactoriales. (16) Pese a la diversidad patogénica que presenta este trastorno, hay varios cambios neurofisiológicos que se consideran claves para la detección y el seguimiento de la evolución de la enfermedad. (12)

Se considera como origen del proceso a la degeneración de las neuronas dopaminérgicas, localizadas en la sustancia negra pars compacta. (12) Esto podría deberse a una disfunción mitocondrial sumada al cúmulo de la proteína  $\alpha$ -sinucleína, neuroinflamación, anomalías en la autofagia celular, estrés metabólico del retículo endoplasmático (RE) o una alteración de la homeostasis de calcio intracelular. (12)

Cada vez es más evidente la participación patológica en el parkinson de otras estructuras y sistemas, tales como el corazón, intestinos, glándulas submandibulares, cutáneas y otras regiones. (16) Debido a esto, la evidencia científica hace pensar que el origen de las disfunciones del parkinson no están en la sustancia negra, sino en órganos periféricos o en los núcleos del tronco encefálico caudal. (16)

*Disfunción mitocondrial:* Esta alteración es debida a la disminución de la actividad del complejo I de la cadena de electrones y a la mutación de genes asociados a la enfermedad del parkinson, como la parkina y PINK, los cuales generan daño oxidativo y deterioran el proceso de regulación mitocondrial. (12)

Los mecanismos de protección de nuestro organismo son insuficientes para impedir el estrés oxidativo, por lo que el daño y la muerte de las neuronas dopaminérgicas es imparable. (17)

*$\alpha$ -Sinucleína:* Es una proteína imprescindible en la fisiopatología del parkinson por su involucración en la exocitosis de las vesículas sinápticas, la liberación de neurotransmisores y su estrecha relación con la mutación del gen SNCA. (12) La mutación del gen mencionado anteriormente, SNCA, produce un mal plegamiento de la  $\alpha$ -sinucleína y por consecuencia se forman cuerpos de Lewy, cuya acumulación tiene un efecto neurotóxico en el sistema nervioso. (12)

El conjunto de proteínas mal plegadas y su respectiva propagación intracerebral ha mostrado que la  $\alpha$ -sinucleína no es la única proteína involucrada, sino que hay una amplia gama de proteínas con un plegamiento anómalo, las principales son:  $\alpha$ -sinucleína, la tau, la huntingtina y la superóxido dismutasa 1 y TDP-43. (16)

*Alteración de la autofagia celular:* es consecuencia de la sobreexpresión de la proteína  $\alpha$ -sinucleína, dicha sobreexpresión genera la inhibición de la proteína encargada de la formación del autofagosoma, esta proteína es denominada Rabla. (12) La propia inhibición de la Rabla produce que se bloquee su propia degradación, y por tanto, que este mecanismo anómalo siga reproduciéndose sin fin. (12)

*Anomalía de la homeostasis de calcio intracelular:* La alteración de la autofagia está estrechamente relacionada con la desregulación de la homeostasis de calcio intracelular, ya que este primer proceso tiene por consecuencia el segundo, originándose así una actividad enzimática generadora de una cascada apoptótica de neuronas. (12) Por este hecho se justifica la pérdida de neuronas que se dan en la enfermedad del parkinson. (12)

La actividad talámica tiene dos vías de regulación (directa o indirecta), su regulación depende de las eferencias de las neuronas estriatales, y estas, están reguladas a su vez por la proyección de las neuronas dopaminérgicas de la sustancia negra hacia los ganglios basales. (12)

Hay otros estudios que evidencian la presencia de cambios específicos en el acoplamiento corticocortical y corticotalámico mediante el uso de EEG de superficie. (21). Los niveles de las frecuencias beta (13-30 Hz) y gamma (25-40 Hz) medidos en múltiples regiones corticocorticales se correlacionan con una mayor gravedad de la enfermedad. (21)

### 3.5. EVOLUCIÓN DE LA ENFERMEDAD DEL PARKINSON

La evolución de la sintomatología y de la enfermedad del parkinson, se refiere a una enfermedad neurodegenerativa, la cual va empeorando con el paso del tiempo. (14) En el año 1967, los neurólogos norteamericanos Margaret Hoehn y Melvin Yahr, crearon una escala que permitía cuantificar la gravedad y la evolución de la enfermedad. (14)

La escala de clasificación clínica de Hoehn y Yahr (HY), permite posicionar los distintos niveles de evolución de la enfermedad del parkinson en 5 estadios de manera sencilla, de ahí su amplia y frecuente aplicación clínica. (15) Esta

escala atiende únicamente a los síntomas motores, independientemente del tratamiento farmacológico del paciente. (15) Esta escala utiliza como base para llevar a cabo su clasificación la recopilación de patrones típicos de deterioro motor progresivo, la disminución de la calidad de vida del paciente y estudios de neuroimagen que evidencien la pérdida dopaminérgica. (15) Los estadios en los que se clasifica la enfermedad deben mostrar correlación con la gravedad de la sintomatología motora que presenta el paciente con parkinson. (22)

### 3.6. MANIFESTACIONES CLÍNICAS

Los cambios neurofisiológicos que preceden al desarrollo de las manifestaciones clínicas de la enfermedad del parkinson explican claramente el por qué del desarrollo de las mismas. (23)

En un principio la sintomatología motora tiene una aparición temprana por la afectación de los ganglios basales, los cuales están involucrados en el control del movimiento, y mayor relevancia clínica para establecer un diagnóstico precoz. (20) En cambio, la sintomatología producida por la afectación de las neuronas no dopaminérgicas se observa una vez la enfermedad ya esté avanzando y no en un inicio, como es el caso de la sintomatología motora. (23) Por lo que la ausencia de este tipo de manifestaciones clínicas no descarta la presencia de parkinson en el paciente. (23)

Debido al curso progresivo de esta enfermedad neurodegenerativa existe una correlación directa entre el grado de evolución de la enfermedad con la expresión y gravedad de la sintomatología. (20) Por este motivo, la aparición de las diferentes manifestaciones clínicas, dependen del estadio de la enfermedad en el que se encuentre la persona (la representación de dicha sintomatología acorde con la fase de la enfermedad queda representada en Tabla 1). (8)

La enfermedad del parkinson produce una sintomatología muy heterogénea, tanto motora, como cognitiva o no motora. (14) Los síntomas comunes y más frecuentes en los pacientes con parkinson son los síntomas motores, los cuales aparecen de manera inicial, estos son: temblor, bradicinesia, rigidez y trastornos posturales. (14)

Uno de los signos característicos que marcan el inicio del parkinson es la afectación unilateral del organismo, la cual posteriormente se va expandiendo hasta afectar bilateralmente en fases más avanzadas. (23)

### 3.7. TRASTORNOS MOTORES

La aparición de los síntomas motores tiene un importante papel para poder reconocer la enfermedad en un inicio temprano, la afectación de cada paciente puede fluctuar y variar según la persona, sin embargo, haciendo una recopilación de todas las manifestaciones clínicas motoras, encontramos (23):

#### 3.7.1. *Temblor en reposo*

El temblor en reposo es uno de los síntomas que más caracterizan a esta enfermedad, ya que un 70% lo presenta, pese a ello, un 30% de los pacientes nunca llegan a presentarlo. (14) Es un movimiento involuntario que generalmente suele darse en manos, piernas, labios, mandíbula y mentón. (23) Este trastorno se inicia de forma unilateral en los primeros estadios de la enfermedad y comienzan antes o al inicio de ejecutar el movimiento, durante la ejecución del mismo desaparece. (11) Hay factores que acentúan este signo, como son la toma de fármacos con efecto excitador sobre el sistema nervioso, cansancio o ansiedad, en cambio, durante el sueño desaparece. (11)

Estos temblores siguen una frecuencia de 4-6 Hz, coincidiendo así con la frecuencia de descarga de las neuronas glutamatérgicas del núcleo subtalámico, esta sincronización en el ritmo de descarga relaciona la fisiopatología con la manifestación clínica resultante. (23)

#### 3.7.2. *Bradicinesia*

Este término hace referencia al enlentecimiento al realizar un movimiento, volviendo lentos los movimientos que previamente se realizaban de forma automática. (14) Es de los síntomas más característicos de la enfermedad, y se produce concretamente al realizar movimientos de pequeña amplitud que requieren alta concentración cognitiva y cierta habilidad (afeitarse, coger un vaso, beber agua, coser, escribir etc.), conforme avanza la enfermedad, los temblores aparecen más frecuentemente y en actividades que no requieran tanta precisión. (11) Esta afectación revela claramente el daño de los ganglios basales y a su vez produce afectaciones secundarias a ella, como son la hipomimia, sialorrea secundaria a la disfagia, disartria hipofónica, etc. (23)

#### 3.7.3. *Rigidez*

La rigidez se caracteriza por un aumento involuntario del tono muscular y resistencia al movimiento por el fenómeno de "rueda dentada". (23) Este

trastorno origina problemas en la expresión facial, conocido como “jugador de póker”, anomalías axiales, camptocormia y dolores articulares. (23)

#### 3.7.4. *Trastornos musculares*

Los trastornos musculares se dan cuando la enfermedad está más evolucionada, aunque también pueden darse al inicio, estos trastornos generan inestabilidad postural, cambios en la expresión facial, produce otros síntomas no motores (reflejados posteriormente en la tabla 2), e incluso hacen que el tono de voz se vuelva más bajo. (11)

#### 3.7.5. *Inestabilidad y alteración de la marcha*

Las personas que padecen parkinson acaban sufriendo un deterioro de la marcha, generándo una marcha patológica denominada “festinante o parkinsoniana”, la cual se caracteriza por inestabilidad postural, dificultad al levantar los pies del suelo, flexión de tronco, inclinación hacia delante, pasos muy cortos y una vez se comienza a andar aumentan la velocidad aumentando a su vez la dificultad para parar. (19) La bradicinesia y otros trastornos contribuyen a que se creen lateralizaciones del tronco durante la marcha. (23) El principal problema de esta alteración e inestabilidad es el aumento exponencial del riesgo de caídas en las personas que sufren parkinson, ya que pueden suponer consecuencias bastante graves. (24)

#### 3.7.6. *Alteraciones posturales*

Las deformidades presentes en los pacientes que sufren parkinson son fruto de la rigidez articular y muscular, el resultado clínico de estas deformidades se traduce en desviaciones axiales de la columna, anteroescoliosis, camptocormia, síndrome de Pisa (flexión y rotación del tronco mantenida en el tiempo de forma involuntaria y lateralización de la cabeza), manos y pies estriatales. (23)

#### 3.7.7. *Ptosis palpebral*

Es una afectación común en pacientes con parkinson, ya que debido a la afectación motora y nerviosa, el nervio oculomotor o III par craneal es incapaz de controlar y activar correctamente el músculo elevador del párpado superior, produciendo así ptosis palpebral bilateral. (23)

### 3.8. TRASTORNOS NO MOTORES

Estos trastornos son un conjunto de síntomas que producen una afectación multisistémica importante de la memoria, órganos como el intestino, problemas urogenitales y trastornos del sueño, además de otro tipo de alteraciones psicológicas y neuropsiquiátricas como la depresión, entre otros. (13) Este tipo de trastornos pueden darse en cualquier etapa de la enfermedad, incluso en la fase premotora, pero es más frecuente que se manifiesten en etapas más avanzadas. (13)

De hecho, los síntomas depresivos más acentuados se dan en pacientes que se encuentran en la fase 3 de la clasificación de Hoehn y Yahr. (25) Existe una relación directa entre la gravedad de la depresión y la exacerbación del deterioro de la persona con parkinson. (25)

SÍNTOMAS NO MOTORES DE LA ENFERMEDAD DEL PARKINSON				
NEUROPSIQUIÁTRICOS	SUEÑO	AUTONÓMICOS	SENSORIALES	OTROS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Demencia y confusión</li> <li>- Depresión, ansiedad, apatía</li> <li>- Alucinaciones</li> <li>- Delirios (por fármacos)</li> <li>- Déficit de atención</li> <li>- Comportamientos obsesivos y repetitivos (por fármacos)</li> <li>- Ataques de pánico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Insomnio</li> <li>- Piernas inquietas</li> <li>- Exceso de somnolencia diurna</li> <li>- Trastornos de conducta REM</li> <li>- Pérdida de REM de atonía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Urgencia miccional</li> <li>- Nicturia</li> <li>- Aumento de la frecuencia miccional</li> <li>- Hipotensión ortostática</li> <li>- Disfunción sexual</li> <li>- Hipersexualidad (por fármacos)</li> <li>- Ojos secos</li> <li>- Sialorrea</li> <li>- Ageusia</li> <li>- Reflujo/vómitos</li> <li>- Disfagia/asfixia</li> <li>- Estreñimiento</li> <li>- Incontinencia fecal</li> <li>- Síntomas gastrointestinales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dolor</li> <li>- Parestesia</li> <li>- Hiposmia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diplopía</li> <li>- Visión borrosa</li> <li>- Fatiga</li> <li>- Seborrea</li> <li>- Pérdida peso</li> <li>- Aumento peso (por fármacos)</li> </ul>

Tabla 2. Resumen de la sintomatología no motora EP. Elaboración propia.

Fuente: F. Carrillo García et al. (13)

La enfermedad del parkinson comúnmente es conocida por los síntomas motores, sin embargo, los trastornos no motores muestran tener más influencia sobre el estado de ánimo del paciente y resultar ser incluso más invalidantes que el otro grupo de alteraciones. (25)

Se producen por el acúmulo anómalo de  $\alpha$ -sinucleína en distintas zonas del sistema nervioso, incluyendo zonas del tronco cerebral, como el núcleo dorsal del vago, donde no hay dopamina. (13)

### 3.9. DIAGNÓSTICO

El diagnóstico del parkinson es de carácter clínico, es decir, se basa en la presencia de síntomas motores como la bradicinesia, temblor en reposo, rigidez e inestabilidad postural, entre otros. (20) Estos criterios fueron establecidos por la UK Parkinson Disease Society - Brain Bank. (16)

Actualmente, las neuroimágenes vistas en resonancias magnéticas y otras pruebas de imagen, evidencian la presencia de alteraciones de biomarcadores que tienen alta relevancia en el diagnóstico precoz y diferencial. (20) Pese a ello, la enfermedad suele diagnosticarse una vez que ya se ha iniciado, produciendo una esperanza de vida aproximadamente de 15 años, entre que se diagnostica la enfermedad y entre que se produce el fallecimiento del paciente. (13)

Recientemente, se han establecido diversos criterios o signos de alarma, conocidos como red flags para distinguir la enfermedad del parkinson (EP) de cualquier otra enfermedad que curse con parkinsonismos, debido a que hay múltiples enfermedades o efectos secundarios a ciertos tipos de medicación que pueden producir la sintomatología típica de la EP. (13) Para el caso de la inestabilidad postural con 3 años de progresión, estos criterios nos indican que este signo clínico se inclina más hacia un parkinsonismo atípico y no a la enfermedad del parkinson como tal. (13)

Sin embargo, la única forma de tener una certeza diagnóstica es a través de un estudio post mortem, donde se puedan observar objetivamente los daños neurológicos, los cuales deben ser: pérdida de las neuronas dopaminérgicas de la sustancia negra, el cúmulo de cuerpos de Lewis y su presencia en distintas zonas del encéfalo. (19)

### 3.10. TRATAMIENTO MÉDICO

El tratamiento médico más utilizado en pacientes que padecen parkinson es la terapia farmacológica, esta depende de múltiples factores, tales como la edad del paciente, la fase de la enfermedad en la que se encuentre, el compromiso funcional en las actividades de la vida diaria y la respuesta al tratamiento farmacológico que haya tenido, incluyendo los posibles efectos adversos y secundarios de cada fármaco. (12)

Realizando una síntesis de los tipos de pacientes que podemos encontrar y las recomendaciones en cuanto a la farmacología dependiendo de los criterios mencionados anteriormente, encontramos: (12)

TIPO PACIENTE	LIMITACIONES	FARMACOLOGÍA
<b>Sin compromiso funcional</b>		-Inhibidores de la monoaminoxidasa tipo B (iMAO-B) -Amantadina o anticolinérgicos
<b>≥65 años (mayor edad)</b>	<b>Compromiso funcional Deterioro cognitivo</b>	- Inicio con Levodopa: Vigilando la aparición de alucinaciones y trastornos conductuales
<b>≥65 años (mayor edad)</b>	<b>Sin deterioro cognitivo</b>	- Levodopa junto a otros fármacos antiparkinsonianos
<b>Pacientes jóvenes &gt;65 años</b>		-Preferencia:agonistas dopaminérgicos - Evitar Levodopa como fármaco inicial, o uso mediante dosis muy bajas

Tabla 3. Farmacología de preferencia según el paciente. Elaboración propia.

Fuente: Hans Carmona V et al. (12)

En los primeros años de inicio de la enfermedad, la farmacología aparenta mostrar utilidad en el control de la sintomatología, sin embargo, esta terapia produce efectos adversos y complicaciones a largo plazo, por esta razón esta terapia deja de tener tanto efecto en el control de los síntomas motores y no motores una vez la enfermedad esté avanzada. (12)

Dichas complicaciones suelen aparecer tras 5 años de uso de fármacos como la Levodopa y se producen por alteraciones fisiológicas de los niveles plasmáticos de dopamina, estrés oxidativo característico de la neurofisiología de la enfermedad y aumento de la neurodegeneración por levodopa de uso prolongado. (12)

Entre las complicaciones más frecuentes encontramos: el fenómeno de desgaste o “wearing off” que consiste en fluctuaciones motoras por disminución de la eficacia del fármaco y discinesias, entre otras. (12)

Por este motivo se necesitan otras alternativas de tratamiento para el control y el manejo de los síntomas motores y no motores una vez que el tratamiento farmacológico deja de tener eficacia. (12)

A parte de la farmacología también se contemplan otras opciones de tratamiento, como por ejemplo:

- **Tratamiento quirúrgico o neurocirugía:** Consiste en una estimulación cerebral profunda invasiva que juega con los patrones de despolarización, repolarización y potencial de acción de las neuronas, cuenta con indicaciones muy específicas y concretas. (11) Principalmente se recurre a esta opción cuando la farmacología falla y se necesita mejorar de forma importante la capacidad motora, verbal, distonía, el temblor y la depresión mayor, generalmente. (12)
- **Terapia génica:** esta terapia lleva siendo objeto de estudio durante numerosas décadas debido a sus variables resultados en su aplicación en personas con EP. (12) Consiste en el trasplante de células nigrales dopaminérgicas fetales y uso de otros factores neurotrópicos, para consensuar si uso se necesita más evidencia clínica. (12)

### 3.11. VALORACIÓN Y TRATAMIENTO DE FISIOTERAPIA

#### 3.11.1. Valoración fisioterápica

El trabajo del fisioterapeuta comienza con la realización de una anamnesis exhaustiva, la cual se añadirá a la historia clínica del paciente, que recopile todos los datos de interés del paciente con respecto al estado de su enfermedad, al diagnóstico médico e información detallada por parte de su neurólogo, estado físico y mental en el que se encuentra el paciente, así como sus antecedentes personales y familiares. (25)

Debemos tener en cuenta todas las esferas que rodean al paciente y su estado en cada una de ellas, para ello se utilizan escalas que midan objetiva y cuantificadamente la calidad de vida, síntomas clínicos, psicológicos y el grado de limitación funcional. (25)

### 3.11.2. *Calidad de vida*

La calidad de vida es considerada como la relación que percibe subjetivamente el paciente entre el impacto de su enfermedad y su interacción con el ámbito social, emocional, bienestar físico y mental, función sexual, etc. (26)

Hay múltiples herramientas para medir este factor imprescindible en la vida del paciente y pese a la diversidad de escalas que se utilizan, casi todas tienen en cuenta la valoración de los siguientes ítems: Salud física, psicológica, social, autoimagen, cognición, comunicación con el exterior, alimentación, descanso nocturno, fatiga y función sexual. (26)

### 3.11.3. *Síntomas físicos*

La valoración fisioterápica del movimiento consiste en evaluar la función motora del paciente, así como el grado de discapacidad, las limitaciones y la calidad del movimiento, para llevarla a cabo contamos con múltiples escalas de calidad que nos permitan evaluar de forma objetiva. (27)

Debido a la gran variedad de escalas de valoración del movimiento que existen, sólo nombraremos las que están validadas y tienen especificidad: (27)

#### *Escala NUDS (Northwestern University Disability Scale)*

Esta escala valora el impacto de la enfermedad y la discapacidad que produce en actividades de la vida diaria, como vestirse, hablar, higienizarse y caminar. (27) El total de puntos a conseguir son 10, se conseguirán en función de la dificultad/capacidad que tenga la persona en la realización de estas tareas. (27) También presenta correlación con otras escalas, ya que tienen en común la evaluación de contenidos muy parecidos. (27)

#### *Escala CURS (Columbia University Rating Scale)*

Esta escala valora principalmente los trastornos motores característicos de la enfermedad del parkinson en función de la gravedad de los mismos, entre ellos encontramos 7: inestabilidad postural, bradicinesia, marcha, discinesias, otros trastornos posturales, temblor en reposo y con respecto a la postura. (27) Cada ítem se valora de 0 a 4 puntos, siendo esta última cifra el indicativo de que existe mayor acentuación del síntoma, y 0, la ausencia del mismo. (27)

#### *Escala de la Marcha para la Enfermedad del Parkinson (EMEP)*

Esta escala se utiliza principalmente para medir y cuantificar las alteraciones motrices de mayor importancia en la enfermedad del parkinson, Se compone de cuatro bloques divididos en: la exploración del paciente, capacidad

funcional, complicaciones que pueda tener a largo plazo y en la interacción social. (27)

#### *Escala Unificada de Valoración del enfermo de Parkinson (UPDRS)*

Esta escala es la más aplicada y más extendida en el campo de la fisioterapia ya que a través de ella el fisioterapeuta realiza una valoración motriz y neurológica de forma integral siguiendo los siguientes ítems específicos: Test de marcha (10 metros), habilidad para levantarse de la silla, test de valoración del equilibrio y evaluación de la capacidad de girar estando tumbado. (28)

Es un test sencillo que permite evaluar de forma acertada la capacidad funcional del paciente, evitando así topar con resultados sesgados o erróneos. (28)

### 3.12. SÍNTOMAS PSICOLÓGICOS

El bienestar psicológico y emocional es importante valorarlo mediante diferentes métodos, desde una anamnesis exhaustiva, hasta escalas para la depresión y la ansiedad. (25)

Para la realización del examen de la salud mental se emplean principalmente dos escalas, la escala Hamilton, que valora los estados depresivos y por otro lado la escala de la depresión y la ansiedad, la cual valora ambas alteraciones del estado psicológico. (25)

### 3.13. EXPLORACIÓN FÍSICA

La exploración física de los enfermos de parkinson se valora mediante la escala de Hoehn & Yahr. (27)

Según el estadio de la clasificación de Hoehn & Yahr en el que se encuentre el paciente se pautan los objetivos fisioterápicos a cumplir en el periodo de tiempo correspondiente a la fase de evolución. (27)

ESTADIO	I Y II	III	IV	V
<b>OBJETIVOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantener/mejorar ROM</li> <li>- Coordinación adecuada</li> <li>- Evitar trastornos ortopédicos</li> <li>- Maximizar funcionalidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantener movilidad del raquis y de las extremidades</li> <li>- Reeducación del equilibrio, postura y marcha</li> <li>- Disminuir dolor</li> <li>- Mantener capacidad respiratoria</li> <li>- Mantener autosuficiencia del paciente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar deformidades</li> <li>- Reeducar distonías</li> <li>- Prevenir caídas</li> <li>- Reeducar marcha</li> <li>- Mejorar expresividad facial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejorar función visceral</li> <li>- Alivio dolor</li> <li>- Paso Cama-silló</li> <li>- Prevenir complicaciones</li> </ul>

Tabla 4. Pauta de Objetivos según evolución de la EP. Elaboración propia. Fuente: Cano de la Cuerda et al. (27)

### 3.14. TRATAMIENTO CONVENCIONAL DE FISIOTERAPIA

El tratamiento fisioterápico va enfocado a la mejora de la sintomatología individual, principalmente motora, de cada paciente, en base a los objetivos planteados según el estadio de la clasificación de la enfermedad de Hoehn y Yahr, con dichos objetivos se pretende mejorar la calidad de vida y la autosuficiencia del paciente con parkinson. (27)

Las alteraciones que precisan más necesidad de tratamiento en la enfermedad del parkinson son: trastornos de la musculatura, la postura, marcha, dolor y función respiratoria. (27)

Las modalidades terapéuticas mayormente empleadas para el tratamiento de las disfunciones que se dan en esta enfermedad son, principalmente, el ejercicio terapéutico, la educación del paciente, terapia manual para el alivio del dolor junto con algún aparato de electroterapia (TENS) y rehabilitación funcional, donde se engloba todo el trabajo dirigido a la mejora de la marcha, movilidad, autosuficiencia en la vida diaria, etc. (27)

A continuación, veremos las aplicaciones prácticas que tienen las distintas formas terapéuticas nombradas anteriormente y su efecto tan relevante en estos pacientes, mostrando resultados significativamente importantes a corto plazo (3 meses) e incluso mayor eficacia a largo plazo. (29)

### 3.15. TERAPIA MANUAL Y ELECTROTERAPIA

En el enfermo de parkinson se han descrito zonas de dolor que están presente en la mayoría de las personas que padecen esta enfermedad, dichas zonas son: Zona cuadrangular, cintura escapular, cervicales y musculatura proximal del hombro. (27) El uso de la masoterapia y del empleo de la electroterapia analgésica como método para disminuir el dolor, está más que indicado en estos casos, al igual que el uso de la terapia manual para mejorar la función intestinal en casos de estreñimiento. (27)

### 3.16. EDUCACIÓN

La educación del paciente se considera fundamental para el propio manejo de la enfermedad, informar al paciente de su propia enfermedad, de las posibles complicaciones y de la evolución es imprescindible tanto para su vida diaria, como para la mejora de la postura, las transferencias desde decúbito y para la realización de los demás ejercicios. (29)

### 3.17. EJERCICIO TERAPEUTICO Y REHABILITACIÓN FUNCIONAL

APLICACIÓN DEL EJERCICIO TERAPÉUTICO EN EL TRATAMIENTO DE ALTERACIONES PRODUCIDAS EN EP	
<b>RIGIDEZ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejercicios de flexibilización</li> <li>• Movilizaciones analíticas y globales</li> <li>• Ejercicios relajación: movimientos rítmicos, lentos y de amplitud progresiva</li> <li>• Control respiratorio durante la realización</li> </ul>
<b>DISMINUCIÓN ROM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP)</li> <li>• Técnicas de iniciación rítmica</li> <li>• Ejercicios de estabilización</li> <li>• Hidroterapia (Aumento vasodilatación, disminución percepción de amenaza, menos gravedad)</li> </ul>

APLICACIÓN DEL EJERCICIO TERAPÉUTICO EN EL TRATAMIENTO DE ALTERACIONES PRODUCIDAS EN EP	
<b>CORRECCIÓN POSTURAL, MARCHA Y EQUILIBRIO</b> (Aumento cifosis, anteriorización cabeza y cuello, Caderas y hombros en flexión y aducción)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Más evidencia: RPG y entrenamiento de la marcha en cinta rodante cuesta abajo (30)</li> <li>• Paciente delante de un espejo, realización de la corrección con estímulos verbales y visuales</li> <li>• Estiramientos musculatura flexora y extensora, aductores y pectorales</li> <li>• Ejercicios de flexibilidad del tronco</li> <li>• Fortalecimiento de la musculatura extensora</li> </ul>
<b>MEJORA DE FUNCIÓN RESPIRATORIA</b> Alteración de la mecánica ventilatoria debido a la rigidez y a la hipocinesia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar los ejercicios al principio y al final de la sesión</li> <li>• Reeducación respiratoria</li> <li>• Respiración diafragmática</li> <li>• Expansión costal</li> <li>• Reeducación de asinergias respiratorias</li> </ul>

Tabla 5. Aplicaciones del ejercicio terapéutico en disfunciones de la EP. Elaboración Propia.

Fuente: Cano de la cuerda et al. (27) y N. Gómez-Regueira et al. (30)

### 3.18. ESTIMULACIÓN CEREBRAL PROFUNDA (TDCS)

La estimulación cerebral profunda o tDCS es una novedosa tendencia terapéutica del campo de la fisioterapia que ha mostrado ser una alternativa de tratamiento a la farmacología cuando esta deja de tener efecto, a los 5 años aproximadamente desde el tratamiento inicial, produciéndose por consecuencia el empeoramiento de la sintomatología motora. (10) Además, la evidencia científica respalda a este método terapéutico como no invasivo, seguro, indoloro, de bajo coste y sin efectos adversos, al contrario que los procedimientos neuroquirúrgicos que se realizan en la enfermedad del parkinson. (10)

La tDCS se basa en el paso de corriente eléctrica continua de baja amplitud por medio de electrodos de superficie que conducen la corriente hasta la corteza cerebral, donde se dan los procesos neuronales que conforman el movimiento y la realización del mismo. (31)

Hay dos tipos de tDCS según la polaridad de la corriente, la tDCS anódica, la cual excita la actividad neuronal, y la catódica, que la inhibe. (31) Generalmente en la mayoría de artículos el objeto de estudio es la tDCS anódica, por lo que cuando no se especifica el tipo de estimulación cerebral profunda a la que nos referimos, se hace referencia a la tDCS anódica. (31)

La corriente siempre va a fluir siempre desde el electrodo negativo, al cargado positivamente, por lo que la colocación de los electrodos según la polaridad es sumamente importante, ya que la dirección de la corriente es un factor clave y puede modificar el efecto que se pretende conseguir. (32) La colocación de los electrodos va a depender del efecto que queramos conseguir, en caso de querer provocar una estimulación cerebral (tDCS anódica), colocaremos el ánodo (atDCS) en un punto concreto del área cerebral a estimular y el cátodo (ctDCS) en un punto alejado del sistema nervioso para evitar interferencias. (33) Sin embargo, si queremos provocar el efecto contrario, es decir, una inhibición, colocaremos los electrodos de forma contraria, situando el cátodo en una zona concreta del sistema nervioso, y el ánodo, en una zona alejada del mismo. (33)

### 3.19. MÉTODO DE APLICACIÓN

La forma de aplicación de esta terapia se hace mediante la colocación de dos electrodos de superficie, de 5x7 cm empapados en solución salina, al cuero cabelludo, la colocación exacta de los electrodos dependerá de las áreas del cerebro que queramos estimular según el objetivo de estudio, en el caso de esta revisión bibliográfica, nos decantamos por las áreas más involucradas en el movimiento, la corteza motora primaria y la corteza prefrontal dorsolateral (DLPFC). (31) Por lo que, el ánodo, irá colocado en la corteza prefrontal dorsolateral izquierda y el cátodo en el lado contralateral. (9)

Numerosos estudios han comparado la aplicación de la estimulación cerebral profunda con la aplicación de esta terapia sumada a la ejecución de una tarea motora (marcha, ejercicio aeróbico, ejercicios de miembro superior, etc), esta última muestra tener significativamente más eficacia debido a que el reclutamiento neuronal es mayor, produciendo una mayor activación de zonas más amplias durante la doble tarea. (35)

### 3.20. MECANISMO DE ACCIÓN

Según las investigaciones científicas, la aplicación de la estimulación cerebral profunda produce una despolarización parcial de las interneuronas glutamatérgicas debido a la fluctuación del potencial transmembrana producido por la apertura de los canales de sodio y calcio. (33) Este evento genera un aumento de la excitabilidad, relacionada con los receptores GABA y NMDA, presentes en el sistema nervioso, y por lo tanto un incremento de la excitación del circuito que ha sido intervenido. (33) Por otro lado la actividad de las interneuronas GABA disminuye y esto provoca la activación de forma indirecta el aumento de la excitabilidad. (33)

El aumento del ion de calcio, además de aumentar la despolarización neuronal, activa vías de información que desata cadenas de segundos mensajeros del sistema nervioso, de este modo se consigue producir cambios plásticos a largo plazo. (33)

En resumen, el mecanismo de acción de la estimulación cerebral profunda se basa en los siguientes efectos: (9)

- Modifica el potencial transmembrana celular. (9)
- Influye en los niveles de excitación neuronal. (9)
- Modulación de la excitabilidad cortical y subcortical. (9)
- Modulación de las tasas de activación de células neuronales aisladas.(9)
- Optimiza los cambios neuroplásticos. (9)
- Polariza las neuronas y las funciones interneuronales. (10)
- Aumenta la fuerza de la sinapsis neuronal y facilita la liberación de dopamina. (31)

Por ello, la tDCS es un método favorable para producir cambios en la plasticidad cerebral. (32)

### 3.21. PARÁMETROS Y DOSIFICACIÓN

Para poder aplicar la estimulación cerebral profunda de forma segura y garantizar unos resultados óptimos, se deben atender y ajustar de forma exacta los factores de mayor relevancia, los cuales son, la intensidad, frecuencia y duración de la corriente galvánica que se aplica, las áreas cerebrales en las que se aplica y el grado de evolución de la enfermedad en el que se encuentra el paciente. (37)

Todavía no hay un consenso específico de la combinación óptima de parámetros a aplicar, sin embargo, sí hay parámetros de seguridad establecidos, dentro de ellos, la intensidad se aplica desde los 1 mA hasta los 4mA, generalmente se aplican 2mA como intensidad estándar. (31) Con una intensidad de 1-4 mA se puede tolerar sin problema una estimulación cerebral profunda desde 5 a 30 minutos, la duración media más aplicada son 20 minutos, teniendo en cuenta que es una corriente de baja amplitud. (31)

- *Área cerebral en la que se aplica*

La zona de aplicación de los electrodos marcará el área cerebral que se estimule con el paso de la corriente eléctrica, por lo tanto, el efecto de la corriente dependerá de la zona en la que se coloquen los electrodos, esta revisión se ceñirá a los efectos producidos por la estimulación de las áreas corticales motoras

primarias y la corteza prefrontal dorsolateral, ya que son las áreas más involucradas en la realización y desarrollo del movimiento. (31)

La Corteza motora primaria está involucrada en el aprendizaje de habilidades motoras, en la conectividad neuronal y en la relación entre los circuitos dopaminérgicos, por lo que la estimulación mediante tDCS muestra potenciar sus funciones. (37)

Por otro lado, la corteza prefrontal dorsolateral se encarga de funciones como la cognición, control postural, marcha y mantenimiento de la movilidad. (31)

### 3.22. CONTRAINDICACIONES

Todavía no hay un consenso claro acerca de las contraindicaciones absolutas para la aplicación de esta terapia, aunque es cierto que hay ciertas situaciones, patologías y pacientes en los que se debe plantear el uso de la tDCS, entre ellas encontramos: (32)

- Embarazo. (32)
- Epilepsia o predisposición a convulsiones y a síncope. (32)
- Implantes cocleares, neuroestimuladores o cardíacos. (32)
- Presencia de metales en la cabeza o en el cuerpo, a excepción del titanio. (32)
- Haber tenido problemas auditivos. (32)
- Presencia de marcapasos o líneas intracardiacas. (32)
- Haber tenido intervenciones quirúrgicas de la médula espinal. (32)

### 3.23. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

El concepto de parkinson fue descrito por primera vez en 1817 por el médico inglés, James Parkinson, el cual denominó la enfermedad en principio como “parálisis agitante”. (14) A día de hoy el término ha ido evolucionando y se conoce de distintas formas, por su nombre inicial, parkinsonismo idiopático o enfermedad del parkinson (EP). (14)

Hasta el año 1960, con el uso de la microscopía electrónica, no se identificaron definitivamente los cambios bioquímicos que se dan en la enfermedad, por lo que hasta esa fecha no fue posible la apertura de suficientes líneas de investigación que encontrasen la causa del parkinson. En la época de los 80 se identificó la causa subyacente a la sintomatología del parkinson, siendo así la pérdida de las células dopaminérgicas en la pars compacta de la sustancia negra el motivo que producía la enfermedad. Estas células intervienen en la

coordinación y generación de movimientos musculares, por este motivo se explica la sintomatología más prevalente de los pacientes con parkinson. (14) En 1913, Friederich Lewy, patólogo de aquel entonces, descubrió las aglomeraciones de alfa-sinucleína en los nervios, vago y de Meynert, las cuales, pasaron posteriormente a denominarse cuerpos de Lewy. (40)

Es entonces en el año 2003 cuando Braak hace público los resultados de los estudios post mortem que confirman la presencia de cuerpos de Lewis en diversas zonas pertenecientes al sistema nervioso, evidenciando de esta forma el daño del mismo. (40)

Antiguamente, debido a la falta de avances tecnológicos, se reconocía al parkinson como una enfermedad de inicio espontáneo, hasta unos años más tarde, en 1990, no se realizaron estudios que investigaran el componente genético de la EP. (40)

Estos estudios genéticos comenzaron con el análisis de familias que padecían la enfermedad y gracias a la evolución de las nuevas tecnologías, aplicadas a los estudios genéticos, se pudieron dar a conocer muchos de los genes considerados de riesgo, tales como PINK1, reconocido como segunda causa genética más común de EP autosómico recesivo y LRRK2, ambos sacados a la luz en 2004. (40)

Los conocimientos de hace más de 3000 años que han salido a la luz, gracias a los escritos de medicina herbolaria, que se conocen en cuanto al tratamiento de esta enfermedad revelan que desde la medicina ayurvédica se intenta poner remedio a esta enfermedad mediante semillas de estramonio, habas y otras legumbres menos conocidas, las cuales han demostrado contener levodopa y efecto anticolinérgico. (40)

Desde entonces la búsqueda del tratamiento para curar la enfermedad del parkinson siempre ha sido uno de los importantes retos de la medicina antigua y actual. (40)

A día de hoy hay multitud de opciones de tratamiento para paliar la sintomatología de esta enfermedad, cabe destacar que todos estos avances se han dado a la par que los avances tecnológicos que han permitido abrir líneas de investigación y realizar nuevos estudios de esta enfermedad. (40)

Por este mismo motivo, han nacido diferentes disciplinas sanitarias, distintas a la medicina, que aportan su contribución a la mejora de esta enfermedad, entre ellas destacamos a la fisioterapia, logopedia, terapia ocupacional, psicología, etc. (14)

Actualmente, la investigación sobre nuevos métodos de abordaje de la enfermedad no cesa, las actuales y futuras líneas de investigación van dirigidas al estudio de terapia génica, células madre y nuevos marcadores que ayuden a una detección precoz de la enfermedad. (14)

## 4. OBJETIVOS

A continuación, se van a describir los objetivos marcados en la presente revisión bibliográfica. Por un lado, se diseñó un objetivo general y por otro lado, tres específicos.

### 4.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la eficacia de la terapia de estimulación transcraneal de corriente continua directa en la mejora de la marcha, la actividad cortical y la cognición en pacientes diagnosticados de parkinson.

### 4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Examinar los cambios producidos en el rendimiento motor durante la marcha tras la aplicación de la estimulación transcraneal de corriente continua directa (tDCS) en pacientes con parkinson.
- Analizar la mejora de la sintomatología a nivel cognitivo tras la aplicación de la estimulación transcraneal de corriente continua directa (tDCS) en pacientes con parkinson.
- Analizar los cambios producidos tras la estimulación de la corteza prefrontal dorsolateral con tDCS en pacientes con parkinson.

## 5. MATERIAL Y MÉTODO

### 5.1. DISEÑO DEL ESTUDIO

El diseño del estudio del presente Trabajo de Fin de Grado es una revisión bibliográfica, en la cual se han revisado 5 estudios controlados aleatorizados.

Los elementos que conforman la pregunta PICO son los siguientes: (P: paciente I: intervención C: comparación O: resultados).

<b>P: Población de estudio</b>	Pacientes diagnosticados de parkinson, sin importar el estadio de la enfermedad
<b>I: Intervención</b>	Aplicación de la estimulación transcraneal de corriente continua directa (tDCS), dirigido a la mejora de la marcha y de la actividad cortical en personas con parkinson
<b>C: Comparación</b>	Cuidados usuales o fisioterapia convencional
<b>O: Variables de estudio</b>	Comprobar si la estimulación transcraneal de corriente continua directa produce mejoras en la marcha, en la actividad cortical, cognición y calidad de vida de los pacientes con parkinson

Tabla 6. Componentes de la pregunta PICO. Elaboración propia.

## 5.2. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

Se realizó una revisión bibliográfica a través de la base de datos Pubmed (Medline), Cochrane y PEDro.

Para que la búsqueda pudiese ser reproducible se establecieron los siguientes filtros:

- Los estudios debían ser únicamente Ensayos controlados aleatorizados
- Los estudios debían situarse temporalmente entre los años 2017 y 2022
- Debían ser exclusivamente en humanos.

Los términos usados fueron introducidos en la biblioteca virtual en salud para obtener los descriptores de ciencias de la salud en el DEC. Los términos introducidos junto con los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Parkinson: Parkinson Disease
- Transcraneal: Transcranial, Transcranial direct current stimulation
- Fisioterapia: Physical therapy
- Marcha: Gait

Se usaron los operadores booleanos AND y OR para completar la estrategia de búsqueda.

La estrategia de búsqueda introducida en la base de datos Pubmed fue la siguiente: ("Transcranial direct current stimulation" AND ("parkinson disease" OR "Parkinson")) (25 resultados con los filtros aplicados)

Las estrategias de búsqueda introducidas en la base de datos de Cochrane fueron ("Transcranial direct current stimulation") AND ("Parkinson Disease" OR Parkinson)

Y posteriormente (“Transcranial direct current stimulation”) AND (“Parkinson Disease” OR Parkinson) AND (Gait) (se obtuvieron 80 resultados de los cuales 54 contenían todo lo buscado).

La estrategia de búsqueda introducida en la base de datos PEDro fue: (“Transcranial direct current stimulation”) AND (“Parkinson Disease” OR Parkinson)

Y posteriormente (“Transcranial direct current stimulation”) AND (“Parkinson Disease” OR Parkinson) AND (Gait)

### 5.3. CRITERIOS DE SELECCIÓN

Los siguientes criterios de inclusión y exclusión conforman una parte fundamental para la selección de los artículos de los cuales se compone esta revisión de la literatura. Dichos criterios quedarán reflejados en la siguiente tabla:

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudios controlados aleatorizados</li> <li>- Literatura comprendida entre 2016-2023</li> <li>- Estudios con pacientes diagnosticados de EP</li> <li>- Los estudios deben alcanzar un mínimo de puntuación de 6 en la escala PEDro</li> <li>- Los estudios deben evaluar al menos una de las siguientes variables: marcha, actividad cortical y cognición</li> <li>- La estimulación y la aplicación de los electrodos debe ser en la corteza prefrontal dorsolateral o corteza motora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudios realizados con animales</li> <li>- Estudios que no evalúen la marcha</li> <li>- Estudios con texto completo no accesible</li> <li>- Pacientes con otras enfermedades graves asociadas</li> </ul>

Tabla 7. Criterios de inclusión y de exclusión. Elaboración propia.

## 5.4. RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA

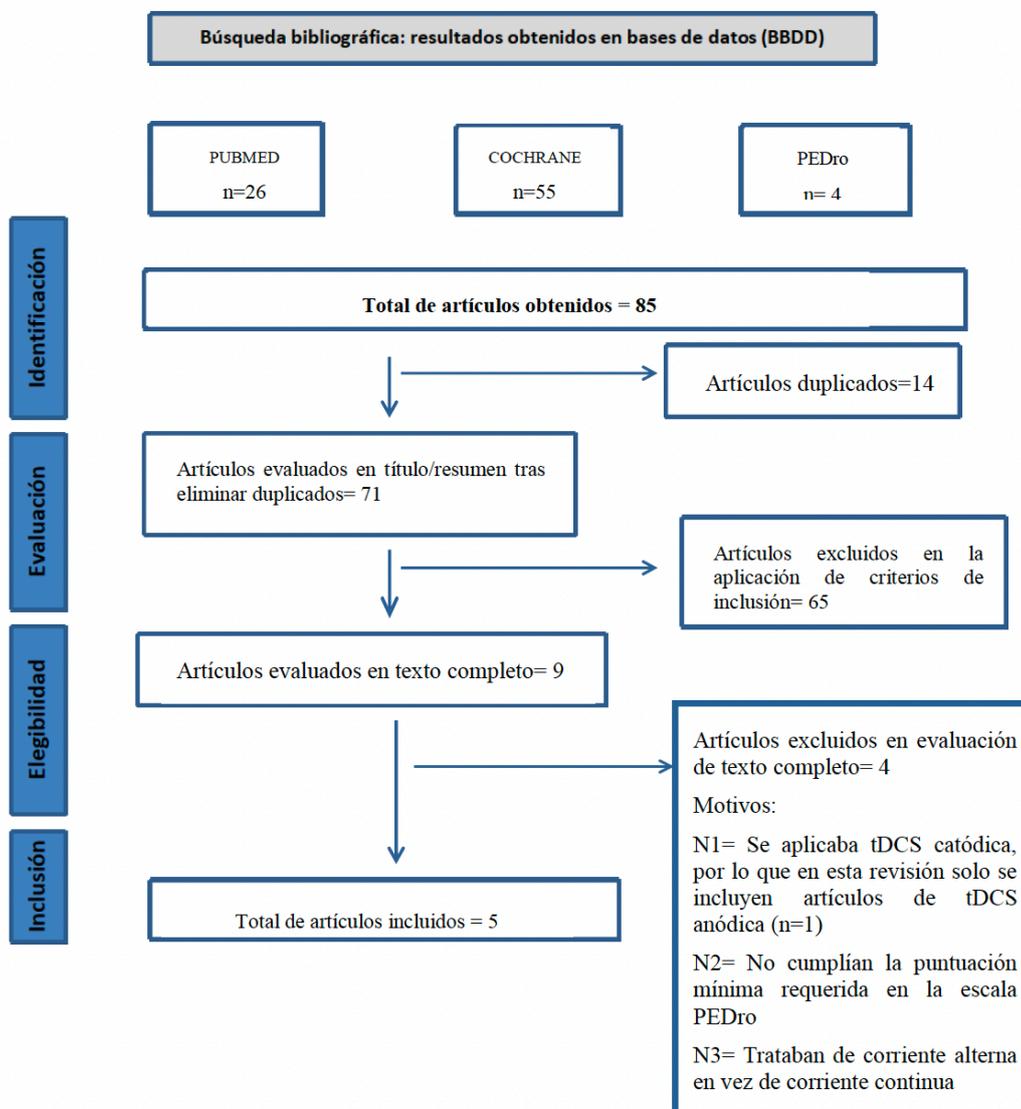


Figura 1. Diagrama de flujo: Resultado de la búsqueda. Elaboración propia.

La búsqueda de ensayos controlados aleatorizados que se hizo para completar la presente revisión bibliográfica fue realizada en las siguientes bases de datos: Pubmed, Cochrane y PEDro. Las diferentes estrategias de búsqueda empleadas para obtener los resultados reflejados en el diagrama de flujo quedan explicadas en el apartado 5.2.

El total de artículos obtenidos tras el empleo de dichas estrategias de búsqueda da lugar a un total de 85 artículos, de los cuales 14 artículos pasaron a ser eliminados por estar duplicados. Los artículos evaluados en título/resumen tras eliminar duplicados son 71, sin embargo, quedaron 65 tras aplicar los criterios de inclusión. De esos 65 artículos se evaluaron a texto completo un total de 9

artículos, de los cuales se descartaron 4 por los motivos especificados en el diagrama de flujo. Por lo que, finalmente, esta revisión bibliográfica estará compuesta por 5 ECAs.

### 5.5. CALIDAD METODOLÓGICA

La calidad metodológica de los artículos que componen esta revisión bibliográfica, se evaluó mediante la escala Physiotherapy Evidence Database (PEDro). Todos los artículos incluidos pasaron previamente un filtro para obtener los artículos con mayor calidad metodológica, obteniendo así un mínimo de puntuación de 6 sobre 11 en dicha escala.

ENSAYO CLÍNICO	PUNTUACIÓN ESCALA PEDro
Effect of concurrent transcranial direct current stimulation on instrumented timed up and go task performance in people with Parkinson's disease: A double-blind and cross-over study. (31)	9
Can transcranial direct current stimulation on the dorsolateral prefrontal cortex improves balance and functional mobility in Parkinson's disease?. (37)	9
Aerobic Exercise Combined With Transcranial Direct Current Stimulation Over the Prefrontal Cortex in Parkinson Disease: Effects on Cortical Activity, Gait, and Cognition. (35)	6
Effects of Transcranial Direct Current Stimulation Plus Physical Therapy on Gait in Patients With Parkinson Disease. (41)	6
Transcranial Direct Current Stimulation on Different Targets to Modulate Cortical Activity and Dual-Task Walking in Individuals With Parkinson's Disease: A Double Blinded Randomized Controlled Trial. (42)	8

Tabla 8. Calidad metodológica, puntuaciones en la escala PEDro. Elaboración propia

## 5.6. VARIABLES DE ESTUDIO DE LOS ECAS INCLUIDOS

Acorde con los objetivos de la presente revisión bibliográfica, las variables estudiadas en cada ensayo controlado aleatorizado, fueron en relación al rendimiento motor (longitud del paso, velocidad de la marcha, tiempo de oscilación, equilibrio, movilidad funcional y HBo del hemisferio estimulado), en relación a la actividad cortical y a la cognición (tiempo de reacción, número de palabras por minuto y fluidez verbal). Por este motivo se incluyeron los diferentes ECAs, ya que cumplen los objetivos marcados en la presente revisión bibliográfica.

VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLES DEPENDIENTES
Edad	MARCHA: Longitud del paso Velocidad de la marcha Tiempo de oscilación Rendimiento de la marcha
Sexo	Equilibrio Movilidad funcional Hbo relativa en hemisferio estimulado
Parkinson	ACTIVIDAD CORTICAL
tDCS	COGNICIÓN  Tiempo de reacción Número de palabras por minuto Fluidez verbal

Tabla 9. Variables de estudio. Elaboración propia.

## 6. RESULTADOS

En este apartado se detallarán los resultados obtenidos tras analizar exhaustivamente los 5 ECAs pertenecientes a esta revisión bibliográfica, haciendo hincapié en las diferentes variables consideradas de interés para el análisis de la efectividad de la tDCS en la mejora de los diversos parámetros que conforman la marcha, la actividad y la cognición en personas con EP.

AUTOR, AÑO, TÍTULO Y REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
<p><b>Ram Kinker Mishra et al. 2022. (31)</b></p> <p><b>Effect of concurrent transcranial direct current stimulation on instrumented timed up and go task performance in people with Parkinson's disease: A double-blind and cross-over study</b></p> <p><b>N=20</b></p>	<p>Investigar los efectos de la tDCS, situada en DLPFC, en combinación con tarea en la marcha y cognición en personas con EP.</p>	<p>ECA Grupo control (n=20) Grupo experimental (n=20) Se evaluó:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendimiento cognitivo</li> <li>• Rendimiento motor</li> <li>• ITUG y TUG con tarea única y doble.</li> <li>• La evaluación se realizó antes, durante, inmediatamente después de la aplicación del la tDCS y cada 15 y 30 minutos.</li> </ul>	<p>20 pacientes fueron sometidos a 2 sesiones separadas por un periodo de 1 semana, donde se aplicó tDCS anódica o simulada, de forma aleatoria, con una intensidad de 2 mA y una duración de 30 minutos de manera aleatoria y conjuntamente a la siguiente forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- DT: Tarea de fluidez verbal de fonemas (PVF) + iTUG</li> <li>- ST: Tarea única: iTUG</li> </ul> <p>La tarea de fluidez verbal de fonemas consistió en pedir al paciente que generase palabras a partir de</p>	<p>Se observó una diferencia significativa (<math>p = 0.01</math>) en el rendimiento cognitivo debido a la condición tDCS con el tiempo, la cual fue evaluada con la PVF.</p> <p>Sin embargo, no encontramos ningún efecto significativo de la condición tDCS en los resultados relacionados con iTUG en condiciones de tarea única o doble. No hay cambios con significación</p>	<p>La aplicación de tDCS anódica en DLPFC izquierda, mejora el rendimiento cognitivo en situaciones de doble tarea en pacientes con parkinson. La mejora de la cognición fue evidente durante y tras la aplicación de la tDCS. Sin embargo, no se pueden afirmar mejoras en el rendimiento del iTUG en tarea simple y doble.</p>

AUTOR, AÑO, TÍTULO Y REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
			<p>una letra seleccionada aleatoriamente del alfabeto, la cual le sería indicada, al mismo tiempo que realizaba el iTUG. Se les instruyó para que no dijeran la misma palabra dos veces.</p> <p>Este ejercicio cognitivo concurrente involucra la región frontal del cerebro, afectada en pacientes con EP.</p> <p>iTUG (Timed up and go instrumentado): Consistió en pedir a los pacientes que se levantaran de una silla sin usar los brazos, que caminaran siete metros,</p>	<p>estadística (<math>p &gt; 0.05</math>) en relación con la tDCS, la fatiga y concentración.</p>	

AUTOR, AÑO, TÍTULO Y REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
			dieran la vuelta y que caminaran de regreso para volver a sentarse en la misma silla.		
<p><b>Eduardo Lattari et al. 2016. (37)</b></p> <p><b>Can transcranial direct current stimulation on the dorsolateral prefrontal cortex improves balance and functional mobility in Parkinson's disease?</b></p> <p><b>N= 17</b></p>	<p>Investigar los efectos de la tDCS en la corteza prefrontal dorsolateral en el equilibrio y la movilidad funcional de las personas con parkinson.</p>	<p>ECA</p> <p>Grupo control (n=17)</p> <p>Grupo experimental (n=17)</p> <p>Se evaluaron la movilidad funcional y el equilibrio del paciente mediante:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Escala Berg</li> <li>- Índice de movilidad dinámica</li> <li>- Timed up and go (TUG)</li> </ul>	<p>Todos los participantes completaron 2 sesiones de 20 minutos de tDCS, tanto el protocolo de tDCS como del protocolo experimental con al menos 48h de diferencia.</p> <p><b>PROTOCOLO TDCS</b></p> <p>Los pacientes permanecieron sentados en una silla mientras recibían tDCS en DLPFC izquierda a una intensidad de 2mA y con una duración de 20 minutos.</p>	<p>Hubo 3 diferencias significativas entre el protocolo tDCS y el experimental.</p> <p>El grupo del protocolo de tDCS obtuvo mejor puntuación en la Escala de Berg (<math>p \leq 0.001</math>), en el índice de marcha dinámica (<math>p \leq 0.001</math>), y mayor rendimiento en la</p>	<p>Los hallazgos de este estudio muestran que una sesión de tDCS aplicada en DLPFC izquierda produce mejoras en el equilibrio y en la movilidad funcional del paciente con parkinson.</p>

AUTOR, AÑO, TÍTULO Y REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
			<p><b>PROTOCOLO EXPERIMENTAL</b> Se realizó de la misma forma que el protocolo anterior, con la diferencia de que el estimulador se apagó a los 30 segundos de empezar.</p>	<p>prueba TUG (p =0,029) en comparación con el grupo experimental.</p>	
<p><b>Núbia Ribeiro Conceição et al.</b>  <b>2021. (35)</b>  <b>Aerobic Exercise Combined With</b></p>	<p>Investigar los efectos de la tDCS aplicada en la corteza prefrontal dorsolateral junto con una sesión de ejercicio aeróbico sobre la marcha,</p>	<p>ECA Grupo control (n=10) Grupo experimental (n=10)  En este estudio se evaluaron los parámetros espacio temporales de la marcha, de las funciones cognitivas y de</p>	<p>Los participantes, repartidos aleatoriamente (1:1) en dos grupos, se sometieron a dos sesiones con una semana de diferencia entre ambas. <b>EJERCICIO AERÓBICO + TDCS n=10</b> Los pacientes realizaban 30 minutos de ejercicio aeróbico en bicicleta</p>	<p>El protocolo que utilizó ejercicio aeróbico + sesión activa de tDCS mostró un aumento de los niveles de HbO del hemisferio estimulado (p=0.031). En el hemisferio no estimulado no se evidenciaron</p>	<p>La aplicación de tDCS junto a una sesión de ejercicio aeróbico mostró tener buena tolerancia además de efectos inmediatos y favorables sobre la variabilidad de la marcha, la velocidad de</p>

AUTOR, AÑO, TÍTULO Y REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
<p><b>Transcranial Direct Current Stimulation Over the Prefrontal Cortex in Parkinson Disease: Effects on Cortical Activity, Gait, and Cognition.</b></p> <p><b>N= 20</b></p>	<p>cognición y la actividad cortical en personas con parkinson.</p>	<p>la actividad cortical.</p>	<p>estática, el cual se componía de 3 partes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Calentamiento: 5min</li> <li>- Mantenimiento: 20 min con una intensidad del 60%</li> <li>- Enfriamiento: 5 min</li> </ul> <p>Durante la realización del ejercicio solo recibieron tDCS en la etapa de mantenimiento</p> <p><b>EJERCICIO AERÓBICO + TDCS SIMULADA n=10</b></p> <p>Este grupo realizó lo mismo que el anterior pero la estimulación cesó a los 30 segundos.</p>	<p>cambios significativos.</p> <p>En cuanto a la cognición, el grupo que recibió tDCS redujo los tiempos de reacción y mostraron mejores resultados en los test de evaluación (p=0.004).</p> <p>Los cambios sobre la marcha solo fueron significativos en el grupo que recibió la estimulación. Este grupo redujo el tiempo de paso y de oscilación (p=0.026).</p>	<p>procesamiento y el control de la marcha en personas con parkinson</p>

AUTOR, AÑO, TÍTULO Y REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
			Los pacientes se cruzaron en la siguiente visita, de forma en que se intercambiaron las intervenciones.		
<p><b>Pattarapol Yotnuegnit et al. 2017. (41)</b></p> <p><b>Effects of Transcranial Direct Current Stimulation Plus Physical Therapy on Gait in Patients With Parkinson Disease</b></p> <p><b>N= 60</b></p>	Estudiar los efectos combinados de la estimulación de corriente continua transcraneal (tDCS) y la fisioterapia en la capacidad de caminar de los pacientes con parkinson.	ECA Grupo control (n=20) Grupo experimental 1 (n=20) Grupo experimental 2 (n=20)  Se evaluó exhaustivamente la velocidad de la marcha, cadencia, ancho y longitud del paso.	La frecuencia de tratamiento fue de 3 sesiones (30 minutos/sesión) por semana durante 2 semanas. Es decir, un total de 6 sesiones. Los pacientes se distribuyeron aleatoriamente en 3 grupos. <b>G1. SOLO TDCS n=20</b> <b>G2.TDCS + FISIOTERAPIA n=20</b> <b>G.3 TDCS SIMULADO + FISIOTERAPIA n=20</b>	Se examinaron los parámetros de la marcha de los 3 grupos tras la intervención y se obtuvo lo siguiente: G1: Mejoras significativas en velocidad (pasó de 0,73 a 0,87 m/s) de la marcha y longitud del paso (pasó de 42 cm a 48), sin cambios en el ancho del paso y la	La intervención de fisioterapia + tDCS o el uso de la fisioterapia sola produce mejoras significativas en la velocidad de la marcha, longitud del paso y cadencia, pudiendo durar hasta 8 semanas.

AUTOR, AÑO, TÍTULO Y REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
			<p>El grupo 1 y 2 recibieron tDCS con los mismos parámetros: 2mA de intensidad y 30 minutos de duración.</p> <p>Mientras que los grupos 2 y 3 recibieron la misma fisioterapia, la cual consistió en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Movilidad articular</li> <li>- Flexibilización corporal</li> <li>- Fortalecimiento de los miembros inferiores</li> <li>- Entrenamiento del equilibrio y de la marcha</li> </ul>	<p>cadencia.</p> <p>Estos cambios significativos se mantuvieron desde la intervención hasta 8 semanas después.</p> <p>G2. Mostró cambios estadísticamente significativos en la velocidad de la marcha, cadencia y en la longitud del paso.</p> <p>Los cambios significativos producidos en la velocidad fue mayor a la cuarta</p>	

AUTOR, AÑO, TÍTULO Y REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
				<p>semana (0,8m/s), la longitud del paso, fue mayor a la semana 2 tras la intervención (47,77cm) y se redujo mínimamente a 46, 85 cm en la octava semana. La cadencia aumentó de 96,76 a 101,03 en la octava semana.</p> <p>G3. Mejoró significativamente la longitud del paso y la velocidad a las 2,4 y 8 semanas después de la</p>	

AUTOR, AÑO, TÍTULO Y REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
				<p>intervención. También hubo cambios estadísticamente significativos de la cadencia a las 4 y 8 semanas post intervención. Para consultar la significación estadística de forma exhaustiva.</p>	
<p><b>Pei-Ling Wong et al. 2022. (42)</b></p> <p><b>Transcranial Direct Current Stimulation on Different Targets to</b></p>	<p>Investigar los efectos de la tDCS sobre el rendimiento de la marcha en doble tarea y la actividad cortical de los pacientes</p>	<p>ECA</p> <p>Grupo control (n= 9)</p> <p>Grupo experimental 1 (n=9)</p> <p>Grupo experimental 2 (n=9)</p>	<p>Todos los participantes incluidos en este grupo recibieron 20 minutos de tDCS, se dividieron aleatoriamente en 4 grupos, los cuales marcarían el área a estimular.</p>	<p>La actividad cortical fue medida antes y después de la intervención en todos los grupos. El grupo 2 fue el que mayor actividad corticomotora</p>	<p>Una sesión de tDCS aplicado en DLPFC en pacientes con parkinson puede ser beneficiosa para mejorar la marcha y la actividad cortical en relación a la</p>

AUTOR, AÑO, TÍTULO Y REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
<p><b>Modulate cortical Activity and Dual-Task Walking in Individuals With Parkinson's Disease: A double Blinded randomized Controlled Trial.</b></p> <p><b>N= 36</b></p>	<p>con EP.</p>	<p>Grupo experimental 3 (n=9)</p> <p>En cuanto a la marcha se valoró:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Velocidad</li> <li>- Cadencia</li> <li>- Tiempo de zancada</li> <li>- Longitud de zancada</li> <li>- Coeficiente de variación</li> </ul> <p>También se evaluó la actividad cortical según el área estimulada.</p>	<p><b>G1. TDCS EN CRESTA SUPRAORBITARIA CONTRALATERAL. n=9</b></p> <p><b>G2. DLPFC. n=9</b></p> <p><b>G3. CEREBELO n=9</b></p> <p><b>G4. TDCS SIMULADA n=9</b></p> <p>Todos los grupos recibían tDCS de la misma forma: en doble tarea, es decir, caminaban (3 veces con descansos de 60s entre rondas) mientras</p>	<p>mostró tener tras la estimulación, siendo la corteza prefrontal dorsolateral la zona correspondiente.</p> <p>El rendimiento de caminata individual aumentó significativamente en el grupo 2, teniendo la velocidad de la marcha un valor significativo de (p=0'035) y la cadencia (p=0'011), aunque el grupo 1 mostró tener una</p>	<p>marcha en doble tarea.</p>

AUTOR, AÑO, TÍTULO Y REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
			<p>realizaban restas en serie. Además de caminar con tarea dual, realizaron el TUG para examinar el rendimiento en caminata individual.</p> <p>En el grupo 4 la estimulación cesó al minuto de empezar.</p>	<p>mayor longitud de zancada (<math>p=0,011</math>).</p> <p>En la prueba de la caminata con doble tarea hay cambios significativos en la velocidad de la marcha sobre todo en el grupo 2.</p>	

Tabla 10. Resultados obtenidos y analizados en la revisión bibliográfica. Elaboración propia.

Tras analizar los resultados de cada ECA que forma parte de la presente revisión bibliográfica, se va a realizar una síntesis de los resultados obtenidos en base a las variables de estudio seleccionadas para establecer los objetivos planteados anteriormente. A continuación, se desglosarán las diferentes variables de estudio, informando de su significación estadística por individual.

### 6.1. RENDIMIENTO DE LA MARCHA

Comenzando con el análisis de los parámetros de la marcha, se obtiene que los cambios significativos más evidentes se dan en situación de doble tarea o con la combinación de ejercicio. (35)

En cuanto a la significación estadística de nuestras variables en relación al rendimiento de la marcha, se obtiene que el equilibrio y el índice de marcha dinámica tienen ( $p \leq 0.001$ ) y el TUG ( $p = 0.029$ ). (37)

El nivel de Hbo del hemisferio estimulado ( $p = 0.031$ ), mientras que el tiempo del paso y de oscilación ( $p = 0.026$ ). (35)

Además, la velocidad de la marcha y la longitud del paso muestran una mejora significativa de ( $p = 0.001$ ) y ( $p = 0.002$ ), respectivamente. (41)

### 6.2. RENDIMIENTO COGNITIVO

El rendimiento cognitivo también muestra mejoras significativas en situación de doble tarea, con un valor de significación estadística de ( $p = 0.01$ ). (31)

Concretamente, se disminuyó el tiempo de reacción y se obtuvieron mejores resultados en los test de evaluación que medían la fluidez verbal, con una significación estadística de ( $p = 0.004$ ). (35)

### 6.3. ACTIVIDAD CORTICAL

Se obtiene que en todos los ECAs que han estudiado esta variable, se evidencia un aumento significativo del rendimiento motor y una mayor actividad cortical tras la aplicación de tDCS. (31) Núbia Ribeiro et al. (35) corrobora los mismos resultados en su investigación. Además, tras realizar un estudio comparativo de las demás áreas cerebrales y su nivel de activación, se destaca la DLPFC como el área cerebral que más se estimula y que mejores efectos produce. (42)

## 7. DISCUSIÓN

Tras haberse expuesto los diferentes resultados obtenidos de los diferentes ECAs que conforman la presente revisión bibliográfica, se va a determinar mediante una perspectiva crítica, si la aplicación de la estimulación transcranial de corriente continua directa (tDCS) es eficaz sobre las distintas variables seleccionadas y mencionadas anteriormente, en relación al rendimiento de la marcha, rendimiento cognitivo y la actividad cortical.

Comenzando con los participantes que se incluyen en los diferentes ECAs, cabe destacar que la mayoría de los tests de evaluación que se utilizan como criterio para incluir o descartar a cada paciente se basan en la escala de clasificación clínica de Hoehn y Yahr (HY), la cual, muestra tener múltiples ventajas, pero al evaluar únicamente los síntomas motores deja de ser exhaustiva, ya que la enfermedad del parkinson cursa con otro tipo de sintomatología no motora que afecta en gran medida a la calidad de vida y a la manera en la que evoluciona la enfermedad. (22)

De la misma manera, la muestra seleccionada en todos los artículos presenta una variabilidad considerable teniendo en cuenta los diferentes estadios de la enfermedad del parkinson, yendo desde estadio inicial (estadio 1), hasta una etapa avanzada de la enfermedad (estadio 5). (22) Por este motivo, los pacientes reclutados para los diferentes ECAs en los que se ha basado la presente revisión de la literatura científica, forman una muestra heterogénea con diferentes comorbilidades, dando como resultado unos efectos de la terapia estudiada en la enfermedad del parkinson en general y no en ningún estadio en particular. Sería de gran interés estudiar los efectos de la terapia transcranial de corriente continua directa en los diferentes estadios de la enfermedad para obtener resultados más analíticos.

Además, uno de los aspectos que hacen que el protocolo del primer y segundo artículo expuesto, Kinker Mishra et al. (31) y Lattari et al. (37), respectivamente, sea diferente es que no utilizan grupo control y grupo experimental como se suele hacer en general en los demás ensayos controlados aleatorizados. En cambio, ellos utilizan un único grupo que recibe, asimismo, las dos terapias en un orden aleatorio, por lo que esta metodología limita la comparación entre diferentes sujetos contenidos en el grupo control y experimental.

Otro aspecto a destacar es la relación entre la cantidad, el tiempo de duración y el seguimiento de las sesiones de tDCS recibida por parte de los pacientes y las mejoras obtenidas.

Teniendo en cuenta el corto seguimiento, número de sesiones y la duración de las mismas, los resultados de los diferentes estudios revelan diversos cambios significativos, como es el caso de Kinker Mishra et al. (31) con una sola sesión de tDCS activa de 30 minutos produjo una mejoría significativa del rendimiento cognitivo de  $p=0'01$ . Lo mismo ocurre con Lattari et al. (37) y Pei-Ling Wong et al. (42), ya que obtuvieron mejoras significativas en diferentes áreas y parámetros, tales como  $p=0'035$  en la longitud de zancada,  $p=0'011$  para la cadencia y  $p=0'011$  para la longitud de zancada, todos estos cambios se dieron únicamente con una sesión activa de tDCS de 20 minutos.

En cambio, Ribeiro Conceição et al. (35) aumenta el número de sesiones, considerando oportuna 1 sesión por semana durante dos semanas, sumando un total de 2 sesiones en todo el tratamiento.

Sin embargo, Pattarapol Yotnuengnit et al. (41) utilizó un total de 6 sesiones de media hora, repartidas durante 3 semanas. En este caso, las mejoras obtenidas se mantuvieron hasta 8 semanas después de la intervención, sobre todo en la velocidad de la marcha, longitud del paso y cadencia. (41)

Por lo que mirando desde una perspectiva objetiva, se observa que en los casos en los que el número de sesiones, las semanas de tratamiento y el seguimiento ha sido más constante y prolongado, los resultados evidencian mayores cambios significativos y una mayor perduración de dichos cambios en el tiempo. En el caso de que futuras investigaciones realizaran estudios científicos podrían considerar estos hechos como base para establecer la programación y frecuencia del tratamiento, ya que esta metodología ha demostrado tener mejores efectos.

En cuanto a los parámetros, son considerados de mayor relevancia: la intensidad, la frecuencia y la duración. (37) Actualmente, no hay un consenso científico fijo porque es una terapia que aún está en desarrollo, en cambio, en los 5 ECAs se emplean los mismos parámetros de intensidad siendo 2mA la intensidad estándar seleccionada. (31) Por el contrario, no ocurre lo mismo con la duración, ya que Lattari et al. (37), junto con Ribeiro Conceição et al. (35) y Pei-Ling Wong et al. (42) utilizaron como duración de la terapia un tiempo de 20 minutos.

Pattarapol Yotnuengnit et al. (41) y Kinker Mishra et al. (31) utilizaron un tiempo de 30 minutos, ambos parámetros de duración se consideran dentro de los parámetros de seguridad establecidos para esta novedosa terapia.

A continuación, para seguir con la discusión, dividiremos por apartados las variables de estudio que fueron seleccionadas para establecer los objetivos.

## 7.1. RENDIMIENTO MOTOR

Una de las alteraciones más frecuentes que se dan en la enfermedad del parkinson son los trastornos motores, estos afectan gravemente la salud y la calidad de vida de los pacientes que padecen dicha enfermedad, pese a ello, a día de hoy su tratamiento es en su gran medida, competencia de la fisioterapia, ya que la evidencia científica sustenta esta rama sanitaria como potencialmente eficaz en el tratamiento de este tipo de trastorno. (30)

La fisioterapia puede aportar un amplio abanico de posibilidades compuestas por diferentes terapias, técnicas y métodos a aplicar como tratamiento, según el tipo de disfunción que presente el paciente. Autores como Gómez-Regueira et al. (30) destacan la RPG y el entrenamiento de la marcha cuesta abajo en tapiz rodante como terapia estrella para el abordaje de los trastornos posturales en personas con parkinson. (30)

Otros tipos de fisioterapia convencional optan por estiramientos, ejercicio terapéutico que trabajen la movilidad articular, la flexibilización, control postural y la reducción de las rigideces propias de la enfermedad. (27)

Por otro lado, otros autores como Vargar Jaramillo et al. (29) resaltan la importancia de la educación del paciente en enfermedades neurodegenerativas como el parkinson, como parte del tratamiento de fisioterapia.

Debido al rápido avance de la tecnología se han abierto nuevas líneas de investigación que han permitido modernizar la fisioterapia para llevarla al siguiente nivel, creando de esta forma nuevas terapias como la tDCS, la cual está revolucionando el mundo de la investigación y generando resultados positivos en diferentes enfermedades neurológicas, como es el caso del ACV y el parkinson. (9)

Hay investigadores que han estudiado el empleo de la tDCS junto con la fisioterapia convencional, en este caso el resultado obtenido evidenció que el empleo de la tDCS por sí sola, no es mayor al empleo de la tDCS junto con la fisioterapia, sin embargo, hubo mejoras significativas tanto en el grupo de tDCS solo, como el grupo en el que se combinó la tDCS con fisioterapia, en velocidad de la marcha, longitud del paso y cadencia, pudiendo durar hasta 8 semanas tras la intervención. (41)

Si comparamos todas las intervenciones de los 5 ECAs incluidos en la presente revisión bibliográfica, las intervenciones que muestra tener efectos más beneficiosos en el rendimiento motor son las de Ribeiro Conceição et al. (35), la cual combinó ejercicio aeróbico y tDCS y Pattarapol Yotnuengnit et al. (41) que combinó tDCS y fisioterapia.

Estas intervenciones son las más exitosas, puesto que de acuerdo con los dos autores mencionados anteriormente, la frecuencia de intervención fue mayor a las intervenciones del resto de autores revisados y en el caso de Ribeiro Conceição et al. (35) Hubo mejoras significativas de  $p=0'004$  en las mejoras de resultados de los tests evaluativos y en la reducción de tiempos de reacción, incluso aumentaron los niveles de Hbo del hemisferio estimulado en un valor de  $p=0'031$ .

Pattarapol Yotnuengnit et al. (41) también combinó el uso de tDCS con actividad física, en este caso, con sesiones de fisioterapia. Ambos autores fusionan los propios beneficios del ejercicio aeróbico y la fisioterapia con los de la terapia transcraneal, produciendo así los cambios significativos mencionados anteriormente.

## 7.2. ACTIVIDAD CORTICAL

En esta revisión de la bibliografía científica se ha decidido examinar el nivel de actividad cortical de la corteza prefrontal dorsolateral (DLPFC) ya que, de acuerdo con Seminowicz et al. (43) se sabe que esta región cerebral está implicada en el razonamiento cognitivo, toma de decisiones y movimiento, además de verse afectada en cuadros de dolor crónico por la pérdida de sustancia gris de esa región, concretamente este suceso se suele dar en el lado izquierdo. Dado que la estimulación transcraneal se realizó en la DLPFC fue uno de los criterios de inclusión de la presente revisión bibliográfica, se van a analizar los cambios que produce su estimulación.

En primer lugar, haciendo referencia al ECA de Lattari et al. (37), se evidenció que el aumento de actividad cortical de la DLPFC izquierda, produjo mejoras significativas en la Escala de Berg ( $p \leq 0.001$ ), en el índice de marcha dinámica ( $p \leq 0.001$ ), y un mayor rendimiento en la prueba TUG ( $p = 0,029$ ) en comparación con el grupo experimental.

Haciendo alusión al artículo de Ribeiro et al. (35) se detalla que el protocolo que utilizó ejercicio aeróbico + sesión activa de tDCS mostró un aumento de los niveles de HbO del hemisferio estimulado  $p=0.031$ , al contrario que el

hemisferio no estimulado, el cual reveló que no hubo ningún cambio significativo en el hemisferio que no recibió tDCS.

A diferencia de los demás, Pei-Ling Wong et al. (42) realizó una comparación de todas las áreas a estimular, incluyendo entre ellas la DLPFC, la cresta supraorbitaria contralateral y el cerebelo. Los resultados del estudio revelaron que el área que produjo mejores efectos tras su estimulación fue la DLPFC.

### 7.3. RENDIMIENTO COGNITIVO

El área cognitiva supone uno de los puntos fuertes de afectación en el parkinson, de acuerdo con autores como Muñoz Espina et al. (44) se conocen los diferentes trastornos que pueden alterarla, los más frecuentes son la demencia, la ansiedad, problemas de sueño, de ejecución y control, entre otros. Todos estos trastornos hacen que disminuya la calidad de vida del paciente, sin embargo, se han realizado estudios científicos que indaguen la forma más eficaz para poner solución a este tipo de desórdenes, Torres Gallardo et al. (45) proponen un abordaje cognitivo no farmacológico, donde contempla el uso de la tDCS como parte del tratamiento. Los resultados de este estudio, revelan que el uso de tDCS y diferentes alternativas de entrenamiento cognitivo pueden retrasar el deterioro y la afectación del rendimiento cognitivo en pacientes con parkinson, además de producir una mejora en la calidad de vida de estos pacientes. No obstante, se resalta la necesidad de más investigación en este ámbito para encontrar las alternativas al tratamiento farmacológico más eficaces. (45)

Por otro lado, Kinker Mishra et al. (31) empleó un sistema de intervención donde se utilizó la terapia tDCS en doble tarea con la prueba de fluidez verbal de fonemas (PVF), dicha intervención produjo mejoras significativas, únicamente en este grupo, de  $p=0.01$ .

Atendiendo a otras modalidades de intervención, Ribeiro Conceição et al. (35) opta por un procedimiento que engloba el ejercicio aeróbico y la tDCS, esta intervención resultó dar resultados positivos en cuanto a la cognición, ya que el grupo que recibió tDCS y realizó ejercicio aeróbico, redujo los tiempos de reacción y mostraron mejores resultados en los test de evaluación con una diferencia significativa de  $p=0.004$ .

Todos estos resultados son obtenidos en una única sesión, por lo que si, se siguieran las pautas de Torres Gallardo et al. (45), y las sesiones de tratamiento fueran más frecuentes y más perpetuadas en el tiempo, cabría la posibilidad de conseguir un mayor retraso en el deterioro cognitivo y mejorar la calidad de vida de los pacientes con EP.

### 7.3.1. Limitaciones del estudio

En los diferentes ensayos controlados aleatorizados, y por tanto, en esta revisión bibliográfica, que se han examinado se han encontrado una serie de limitaciones que han podido ocasionar interferencias en los resultados obtenidos.

Las mayores limitaciones han sido:

- La dificultad para encontrar ECAs actualizados que se adaptaran a los criterios de inclusión expuestos anteriormente.
- Debido a la novedad de la terapia, hubo una insuficiente cantidad de ECAs publicados sobre el tema a investigar.
- -Escasos artículos con más de dos sesiones activas de tDCS.
- -scasos artículos con un periodo de seguimiento mayor a 2 semanas.
- La limitación en la búsqueda de artículos con una muestra mayor a 20 personas redujo la capacidad de extrapolar los resultados a una población más global.
- La heterogeneidad de las medidas de resultado supuso otra limitación, ya que los diferentes autores no utilizan cuestionarios similares para medir los resultados.

### 7.3.2. Fortalezas del estudio

Pese a las limitaciones que han ido surgiendo a lo largo de esta revisión de la bibliografía, también se han encontrado una serie de fortalezas que hacen que la presente revisión bibliográfica tenga gran peso científico.

- En general, todos los ECAs analizados han utilizado parámetros muy parecidos en la aplicación de la tDCS, por lo que los resultados obtenidos son específicamente de dichos parámetros.
- Esta nueva terapia muestra tener múltiples beneficios para los pacientes, ya que no es invasiva, es indolora y sin efectos adversos.
- La aplicación de esta terapia es completamente segura, por lo que su aplicación puede considerarse en pacientes a los que no se le puede realizar ninguna intervención invasiva o con efectos adversos por su condición.
- Su aplicación ha mostrado tener efectos beneficiosos hasta 8 semanas después de su aplicación
- Es importante realizar investigaciones en este campo para poder seguir indagando y aplicando la terapia tDCS en pacientes con EP.

### 7.3.3. Futuras investigaciones

Tras haber realizado las correspondientes búsquedas en la literatura científica sobre el tema investigado, han surgido múltiples dudas sobre qué resultados se obtendrían tras investigar la efectividad de la tDCS en la mejora de la enfermedad del parkinson (EP) desde diferentes perspectivas, modificando las intervenciones y condiciones de estudio. Esta enfermedad cada vez va siendo más frecuente en la población y es la causante de que deteriore en gran medida la calidad de vida de las personas que la sufren. La farmacología, como ha quedado descrito anteriormente, deja de tener efecto al cierto tiempo de su consumo.

Por lo que, debido a este motivo, se deberían abrir nuevas líneas de investigación para estudiar esta novedosa terapia que puede constituir una alternativa de tratamiento cuando se da el empeoramiento del paciente por el cese del efecto de la farmacología.

Propuestas para futuras investigaciones:

- Realizar futuras investigaciones con un tamaño muestral mayor, para poder extrapolar los resultados a grandes escalas.
- Futuras investigaciones pueden considerar la realización de estudios que midan y analicen la efectividad de la tDCS en doble tarea mientras se realizan actividades de la vida diaria. Ya que unos de los factores más limitantes es que dichos pacientes pierden la autonomía para valerse por sí mismos en la realización de dichas tareas.
- Efectos de la terapia transcraneal de corriente continua directa (tDCS) en los diferentes estadios de la enfermedad del parkinson.
- Investigar el efecto de la tDCS en la enfermedad del parkinson con un mayor número de sesiones y un mayor seguimiento prolongado durante semanas.
- Incrementar los estudios en personas con parkinson en su estadio más inicial y mantener el tratamiento durante toda la enfermedad, midiendo la duración en cada estadio del paciente, para ver si la tDCS retarda el paso de un estadio a otro.

## 8. CONCLUSIÓN

Finalmente, tras haber realizado la presente revisión bibliográfica, cuya intención es dar respuesta a los objetivos planteados al inicio de la investigación, se va a proceder a describir la conclusión. El objetivo principal pretende evaluar

la eficacia de la estimulación transcraneal de corriente continua directa en la mejora de la marcha, la actividad cortical y la cognición en pacientes diagnosticados de parkinson, en los diferentes ECAs analizados, se objetan diferentes medidas de resultados que permiten afirmar que:

- La aplicación de la tDCS produce mejoras en el rendimiento motor, sobre todo en situaciones de doble tarea o en combinación con ejercicio y concretamente en los siguientes parámetros: velocidad de la marcha, longitud del paso, equilibrio, tiempo del paso y de oscilación.
- A nivel cognitivo, gracias al tratamiento con tDCS, se obtuvieron mejoras significativas en situación de doble tarea, disminuyendo el tiempo de reacción y aumentando la fluidez verbal de los pacientes.
- La aplicación de tDCS sobre la DLPFC produce un aumento de la estimulación del hemisferio cerebral que recibe la terapia, aumento del nivel de Hbo de dicho hemisferio y ayuda a mejorar el rendimiento motor y cognitivo.
- La aplicación de la estimulación transcraneal de corriente continua directa resulta ser beneficiosa para mejorar el rendimiento motor, la cognición y la actividad cortical de la DLPFC por la implicación de esta área cerebral en la toma de decisiones, generación del movimiento y planificación del mismo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lee A, Gilbert RM. Epidemiology of Parkinson Disease. *Neurol Clin.* 2016;34(4):955–65. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ncl.2016.06.012>
2. García-Ramos R, López Valdés E, Ballesteros L, Jesús S, Mir P. The social impact of Parkinson's disease in Spain: Report by the Spanish Foundation for the Brain. *Neurología.* 2016;31(6):401–13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nrl.2013.04.008>
3. Kulisevsky J, Luquin MR, Arbelo JM, Burguera JA, Carrillo F, Castro A, et al. Enfermedad de Parkinson avanzada. Características clínicas y tratamiento. Parte II. *Neurología.* 2013;28(9):558–83.
4. Elsner B, Kugler J, Pohl M, Mehrholz J. Transcranial direct current stimulation (tDCS) for idiopathic Parkinson's disease. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016;2016(7).
5. Berganzo K, Tijero B, González-Eizaguirre A, Somme J, Lezcano E, Gabilondo I, et al. Síntomas no motores y motores en la enfermedad de Parkinson y su relación con la calidad de vida y los distintos subgrupos clínicos. *Neurología.* 2016;31(9):585–91. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nrl.2014.10.010>
6. Cholewa J, Boczarska-Jedynak M, Opala G. Influence of physiotherapy on severity of motor symptoms and quality of life in patients with Parkinson disease. *Neurol Neurochir Pol.* 2013;47(3):256–62. <http://dx.doi.org/10.5114/ninp.2013.35774>

7. Seco Calvo J, Gago Fernández I. Eficacia de un programa intensivo y continuado de fisioterapia para la mejoría clínica en pacientes con enfermedad de Parkinson. *Fisioterapia*. 2010;32(5):208–16.
8. Pla Casamitjana CF, García S, Méndez AZ, Salazar MH, Suárez SS, Dávalos EM, et al. Calidad de vida en pacientes con enfermedad de Parkinson y estimulación cerebral profunda. *Med Interna Mex*. 2007;23(1):7–14.
9. Prieto Vega DM, Costa MLG da. Estimulación transcranial de corriente directa en Parkinson - Revisión sistemática. *Rev Neurociencias*. 2013;21(3):356–63.
10. Oliveira PCA de, Araújo TAB de, Machado DG da S, Rodrigues AC, Bikson M, Andrade SM, et al. Transcranial Direct Current Stimulation on Parkinson's Disease: Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Neurol*. 2022;12(January).
11. Afectadas PP, Personas FY. Guía sobre la enfermedad del Parkinson. *Reprod asistida*. 2020;33:289–96. <https://www.reproduccionasistida.org/embarazo-ectopico/>
12. Marín DS, Carmona H, Ibarra M, Gámez M. Enfermedad de Parkinson: fisiopatología, diagnóstico y tratamiento. *Rev la Univ Ind Santander Salud*. 2018;50(1):79–92.
13. Carrillo García F. Parkinson's disease and parkinsonism. *Med*. 2019;12(73):4273–84. <https://doi.org/10.1016/j.med.2019.03.002>
14. Domingo EP, Valero MGSMM, Castiñeira MP-O. Libro Blanco del Parkinson en España. *Minist Sanidadm Serv Soc e Igual*. 2015;13–5.
15. Santurtún A, Delgado-Alvarado M, Villar A, Riancho J. Patrón geográfico de la mortalidad por enfermedad de Parkinson en España y su asociación con los niveles de plomo en el aire. *Med Clin (Barc)*. 2016;147(11):481–7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.medcli.2016.07.022>
16. Thenganatt MA, Jankovic J. Parkinson disease subtypes. *JAMA Neurol*. 2014;71(4):499–504.
17. Santiago D, Arancibia S. Estrés oxidativo, metabolitos oxidados de dopamina y enfermedad de Parkinson. *Rev la Fac Med*. 2008;51(3):104–7. <https://www.medigraphics.com/pdfs/facmed/un-2008/un083e.pdf>
18. Alarcón Aguilar A, Santamaría A, Königsberg F. Modelos Neurotóxicos De La Enfermedad De Parkinson Y Disfunción Mitocondrial. *Reb* 29(3). 2013;29(3):92–100.
19. Flores-Cuadrado A. Cambios neuroanatómicos en el sistema límbico en la enfermedad de Parkinson. 2015;1.
20. Poewe W, Seppi K, Tanner CM, Halliday GM, Brundin P, Volkmann J, et al. Parkinson disease. *Nat Rev Dis Prim*. 2017;3:1–21.
21. Waninger S, Berka C, Stevanovic Karic M, Korszen S, Mozley PD, Henchcliffe C, et al. Neurophysiological Biomarkers of Parkinson's Disease. *J Parkinsons Dis*. 2020;10(2):471–80.
22. Hoehn T. Parkinson's Disease: Hoehn and Yahr Scale. *Curr Clin Neurol*. 2012;36:4–5.
23. Calderon Alvarez-Tostado JL, Bolaños-Jiménez R, Carrillo-Ruiz JD, Rivera-Silva G. Interpretación neuroanatómica de los principales síntomas motores y no-motores de la enfermedad de Parkinson. *Rev Mex Neurocienc*. 2010;11(3):218–25.

24. Sánchez-Muñoz P, López-Pina JA. Systematic review of psychometric properties of the Parkinson's disease evaluation scales: Risk of falls, freezings of gait and other gait disorders and postural control. *Fisioterapia*. 2014;36(6):288–97.
25. Stella F, Bucken Gobbi LT, Gobbi S. Síntomas depresivos y trastorno motor en pacientes con enfermedad de Parkinson. *Rev Neurol*. 2007;45(10):594.
26. Martínez-Jurado E, Cervantes-Arriaga A, Rodríguez-Violante M. Calidad de vida en pacientes con enfermedad de Parkinson. *Rev Mex Neurocienc*. 2010;11(6):480–6.
27. Cano de la Cuerda R, Macías Jiménez AI, Crespo Sánchez V, Morales Cabezas M. Escalas de valoración y tratamiento fisioterápico en la enfermedad de Parkinson. *Fisioterapia*. 2004;26(4):201–10. [http://dx.doi.org/10.1016/S0211-5638\(04\)73104-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0211-5638(04)73104-1).
28. Serra Olivares J, Sánchez Pato A, Alonso Roque JI. Valoración motriz del enfermo de Parkinson: estudio de revisión. *Rev Fisioter*. 2010;9(2):7–13. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3824065&orden=330014&info=link%5Cnhttp://dialnet.unirioja.es/servlet/extart?codigo=3824065>
29. Vargas Jaramillo JD, Barrios Vincos G. Tratamiento de la enfermedad de Parkinson temprana TT - Treatment of early Parkinson's disease. *Acta neurol colomb*. 2019;35(supl.1):11–8. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&apId=S0120-87482019000500011](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&apId=S0120-87482019000500011)
30. Gómez-Regueira N, Escobar-Velando G. Tratamiento fisioterapéutico de las alteraciones posturales en la enfermedad de Parkinson. Revisión sistemática. *Fisioterapia*. 2017;39(1):33–43. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ft.2016.02.002>
31. Mishra RK, Thrasher AT. Effect of concurrent transcranial direct current stimulation on instrumented timed up and go task performance in people with Parkinson's disease : A double-blind and cross-over study. *J Clin Neurosci*. 2022;100(April):184–91. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2022.04.029>
32. Informes de Evaluación de Tecnologías Sanitarias SESCS . Núm. 2010/05. 2010;
33. Correa Torres A. Neuroergonomía : una ciencia sobre el cerebro y la comodidad 2018. 132 p. Available from: <https://www.ugr.es/~act>
34. Rodríguez-Ugarte M, Iáñez E, Ortiz M, Azorín JM. Improving Real-Time Lower Limb Motor Imagery Detection Using tDCS and an Exoskeleton. *Front Neurosci*. 2018;12(October).
35. Conceição NR, Teresa L, Gobbi B, Nóbrega-sousa P, Orcioli-silva D, Beretta VS, et al. Aerobic Exercise Combined With Transcranial Direct Current Stimulation Over the Prefrontal Cortex in Parkinson Disease : Effects on Cortical Activity, Gait, and Cognition. 2021;
36. Buchwald A, Calhoun H, Rimikis S, Steinberg M, Wellner R, Edwards DJ. ScienceDirect Using tDCS to facilitate motor learning in speech production : The role of timing. *CORTEX*. 2018;111:274–85. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2018.11.014>
37. Lattari E, Costa SS, Campos C, Oliveira AJ De, Machado S, Albuquerque G, et al. Can transcranial direct current stimulation on the dorsolateral prefrontal cortex improves balance and functional mobility in Parkinson's disease? *Neurosci Lett*. 2016; <http://dx.doi.org/10.1016/j.neulet.2016.11.019>

38. Nitsche MA, Cohen LG, Wassermann EM, Priori A, Lang N, Antal A, et al. Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008. *Brain Stimul.* 2008;1(3):206–23.
39. Val-Laillet D, Aarts E, Weber B, Ferrari M, Quaresima V, Stoeckel LE, et al. Neuroimaging and neuromodulation approaches to study eating behavior and prevent and treat eating disorders and obesity. *NeuroImage Clin.* 2015;8:1–31. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nicl.2015.03.016>
40. Arredondo-Blanco K, Zerón-Martínez R, Rodríguez-Violante M, Cervantes-Arriaga A. Breve recorrido histórico de la enfermedad de Parkinson a 200 años de su descripción. *Gac Med Mex.* 2018;154(6):719–26.
41. Yotnuengnit P, Bhidayasiri R, Donkhan R, Chaluaysrimuang J, Piravej K. Effects of Transcranial Direct Current Stimulation Plus Physical Therapy on Gait in Patients with Parkinson Disease: A Randomized Controlled Trial. *Am J Phys Med Rehabil.* 2018;97(1):7–15.
42. Wong PL, Yang YR, Huang SF, Fuh JL, Chiang HL, Wang RY. Transcranial Direct Current Stimulation on Different Targets to Modulate Cortical Activity and Dual-Task Walking in Individuals With Parkinson's Disease: A Double Blinded Randomized Controlled Trial. *Front Aging Neurosci.* 2022;14(February):1–11.
43. Seminowicz DA, Moayedi M. The Dorsolateral Prefrontal Cortex in Acute and Chronic Pain. *J Pain* 2017;18(9):1027–35. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpain.2017.03.008>
44. Muñoz Ospina BE, Orozco Vélez JL. Espectro clínico y tratamiento del trastorno cognoscitivo y demencia asociada a la enfermedad de Parkinson. *Acta Neurológica Colomb.* 2019;35(3 supl. 1):33–46.
45. Gargallo AT, Carla C, Ros C. Cognitive training in patients with cognitive impairment in Parkinson's disease : a systematic review.