

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ
FACULTAD DE MEDICINA
TRABAJO FIN DE MÁSTER EN TERAPIA OCUPACIONAL
EN NEUROLOGÍA.



Título del Trabajo Fin de Máster: ESTUDIO DE LOS RITMOS SENSORIOMOTORES EN PACIENTES CON PARKINSON MEDIANTE MOVIMIENTOS ACTIVOS, PASIVOS E IMAGINERÍA MOTORA.

AUTOR: MARTÍN HERNÁNDEZ, JUDIT.

Nº expediente: 233.

TUTOR: GARCÍA ARACIL, NICOLAS MANUEL.

COTUTOR: EZQUERRO GARCÍA, SANTIAGO.

Departamento y Área. Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática.

Curso académico 2019 – 2020.

Convocatoria de septiembre de 2020.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUCCIÓN.	3
2. HIPÓTESIS.....	6
3. OBJETIVOS.	6
4. METODOLOGÍA.	6
4.1 PARTICIPANTES.....	6
4.2 ELECTROENCEFALOGRAFÍA.....	7
4.3 EXOESQUELETO.	7
4.4 ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL.....	8
4.5 ACTIVIDADES.....	8
4.6 ANÁLISIS DE DATOS.....	9
4.7 LIMITACIONES Y FORTALEZAS DEL ESTUDIO.	10
5. PLAN DE TRABAJO	11
5.1 ETAPAS DEL DESARROLLO Y EQUIPO INVESTIGADOR.	11
5.2 CRONOGRAMA.....	12
6. EXPERIENCIA DEL GRUPO INVESTIGADOR.....	12
7. MARCO ESTRATÉGICO.....	13
8. RECURSOS.	13
9. BIBLIOGRAFÍA.....	14
10. ANEXOS.....	19

RESUMEN.

La Enfermedad de Parkinson es el segundo trastorno neurodegenerativo más frecuente, después de la Enfermedad de Alzheimer. Es una enfermedad que afecta al sistema nervioso central y puede provocar afectaciones motoras como temblor en reposo, bradicinesia, rigidez, o afectaciones no motoras, como deterioro cognitivo, alucinaciones visuales y fluctuación en el estado de ánimo. El objetivo principal de este estudio es analizar los ritmos sensoriomotores en personas con enfermedad de Parkinson en estadio 1-2 y en personas sin la enfermedad para conocer si existen diferencias en la actividad cerebral. Para ello, se observará si los ritmos sensoriomotores son diferentes según la actividad que está realizando y se comparará la sincronización y desincronización relacionada con eventos entre ambos grupos y las posibles diferencias encontradas en los ritmos sensoriomotores afectan la funcionalidad de los participantes. En este estudio participarán 30 personas mayores de 50 años, de manera voluntaria, los cuales serán repartidos en dos grupos homogéneos según presenten o no la enfermedad. Para el estudio utilizaremos un casco comercial con electrodos, un exoesqueleto de mano, así como el BCI2000 y el EEGLAB para adquirir y procesar los datos de la electroencefalografía. El estudio constará de tres etapas, en las que el paciente tiene que hacer un ejercicio activo, uno pasivo, usando un exoesqueleto de mano, y uno de imaginería motora. Primero con la mano derecha, y posteriormente con la mano izquierda, en una sesión de una hora aproximadamente.

Palabras clave: Enfermedad de Parkinson, electroencefalograma, ritmos sensoriomotores, imaginería motora, exoesqueleto.

ABSTRACT.

Parkinson's disease is the second most common neurodegenerative disorder, after Alzheimer's disease. It is a disease that affects the central nervous system. It can cause motor impairments such as tremor at rest, bradykinesia, rigidity, or non-motor impairments, such as cognitive impairment, visual hallucinations and fluctuations in mood. The main objective of this study is to analyze the sensorimotor rhythms of people with Parkinson's disease in stage 1-2 and people without the disease to study the differences in brain activity. Thus, it will be observed if sensorimotor rhythms are different according to the activity that is being doing regarding the event-related synchronization and desynchronization between both groups. Furthermore, the possible differences found in the sensorimotor rhythms could be related to the functional affectation of the participants. In this study we will have the voluntary participation of 30 people, over 50 years old, who will be divided into two homogeneous groups according to whether or not they present the disease. For the study we will use a commercial EEG cap with non-invasive electrodes, a hand-held exoskeleton. The EEG data acquisition and processing will be performed through the BCI2000 and the EEGLAB, respectively. The proposed study consists of three stages, in which the patient has to do an active exercise, a passive, using a hand exoskeleton, and a motor imagery. First with the right hand, and later with the left hand, in a session of approximately one hour.

Key words: parkinson's disease, electroencephalogram, sensorimotor rhythms, motor imagery, exoskeleton.

1. INTRODUCCIÓN.

La Enfermedad de Parkinson (EP), es el segundo trastorno neurodegenerativo más frecuente, después de la Enfermedad de Alzheimer (1,2). En el mundo, afecta aproximadamente 10 millones de personas. Se trata de una enfermedad que afecta el sistema nervioso central. Se caracteriza por la degeneración de las neuronas dopaminérgicas de la sustancia negra. Esta sustancia, se encarga de transportar la dopamina al cuerpo estriado, núcleo más grande de los ganglios basales, quien regula y transmite la información desde la corteza cerebral a las neuronas motoras de la médula (3). Esta degeneración de las neuronas dopaminérgicas, pueden provocar afectaciones motoras tales como el temblor en reposo, bradicinesia, rigidez, desequilibrio postural. Además de afectaciones no motoras, entre las que cabe destacar el deterioro cognitivo, las alucinaciones visuales, fluctuación en el estado de ánimo y sueño (1, 2, 4).

La rehabilitación en personas con EP reduce los síntomas y mejora la calidad y esperanza de vida, sin embargo, los beneficios tienden a desaparecer con el tiempo. Por ello, la rehabilitación es un complemento esencial al tratamiento farmacológico o quirúrgico (3, 5, 6).

La EP tiene una incidencia mayor en hombre que en mujeres y la prevalencia, aumenta con la edad, afectando al 1% de las personas mayores de 60 años (3, 4). Existen factores de riesgo que se asocian a la enfermedad, como son la genética, los factores ambientales o la exposición a pesticidas. Mientras el deporte actúa como un factor protector de dicho trastorno (3, 7).

Estudios sobre las imágenes cerebrales de personas con EP revelan la utilización de redes neuronales diferentes y una actividad cerebral mucho mayor que los adultos sanos (5).

Existen varias herramientas para registrar la actividad cerebral. De ellas, la más utilizada es el electroencefalograma (EEG) porque, aunque no es la más precisas y fácil de interpretar, sí es la más económica (2, 8). El EEG en sus inicios fue una técnica invasiva, ya que para llevarla a cabo se tenían que colocar los electrodos directamente en la corteza cerebral. El primer fisiólogo en realizar un EEG invasivo fue Richar Caton en 1875, para registrar los

impulsos eléctricos en algunos animales vivos. Sin embargo, no fue hasta 1924 cuando Hans Berger, psiquiatra alemán, lo realizó por primera vez en humanos. A lo largo del tiempo, esta técnica siguió avanzando y mejorando, dando lugar a las primeras EGG no invasivas (9, 10). En este caso, los electrodos se colocan en el cuero cabelludo sin la necesidad de una intervención quirúrgica, convirtiéndola así en la técnica más extendida para registrar las señales EEG porque, aunque la señal sea un poco menos precisa es mucho más accesible y segura. Existen dos protocolos para colocar los electrodos en el cuero cabelludo, una es según el Sistema Internacional 10-10 y la otra, según el Sistema Internacional 10-20, esta última, es la más citada y es la que se empleará en este proyecto. Las señales de EEG, aparecen como unas ondas constantes, complejas e impredecibles que pueden tener picos espectrales en determinadas bandas divididas en: banda delta (0.1 a 3.5 Hz), banda theta (4-7.5 Hz), banda alfa (8-13 Hz), banda beta (14-30 Hz) y banda gamma (>30 Hz) (10). Cada una de estas bandas tiene unas características fisiológicas diferentes según su frecuencia, oscilación o amplitud (10, 11).

Al comparar los valores de las bandas de frecuencia entre EP y un grupo sano en el mismo rango de edad, se observan diferencias significativas en las bandas de frecuencia más lentas, delta y theta, donde los EP tiene unos valores muy superiores al grupo control, sin embargo, si comparamos las bandas de frecuencia más rápidas, los valores son mucho menores en el grupo con EP (12). Todas estas observaciones, nos invitan a pensar que la eficacia en el aprendizaje se ve alterada con la EP. Por otro lado, las personas con EP también presentan diferencias entre la forma y ritmo de la onda. Las personas con EP tienen unas ondas muy puntiagudas y asimétricas, aunque con medicación o con estimulación terapéutica profunda estas se aplanan y son más simétricas, aliviando los síntomas motores de la enfermedad (13, 14, 15).

Si analizamos las ondas alfa y beta de un EEG, mientras una persona realizar un movimiento, o cuando se imagina ese movimiento, se obtienen los ritmos sensoriomotores (SMR). Dentro de los SMR existen dos eventos bien diferenciados. Por un lado, cuando hay una bajada de energía dentro de estas bandas ocurre lo que se conoce como una desincronización

relacionada con eventos (ERD), justo en el momento en el que nos preparamos para iniciar el movimiento. Sin embargo, cuando termina este movimiento, se puede observar una subida de energía, lo que se conoce como una sincronización relacionada con eventos (ERS) (16, 17).

Los movimientos que generan SMR, pueden ser tanto activos como pasivos. Una manera de conseguir movimientos pasivos es utilizando un exoesqueleto robótico, los cuales, fueron creados principalmente para la asistencia y rehabilitación de personas con lesiones neurológicas. El exoesqueleto, actúa de interfaz física que transmite información al usuario a través de energía mecánica (18). Para un estudio donde se pretende compara o estudiar la función de un sujeto con movimientos pasivos, su utilización aporta mayor objetividad y fiabilidad a los datos ya que todos los usuarios reciben exactamente el mismo estímulo. Por otro lado, la imaginación motora (IM), es una técnica eficaz para el aprendizaje y control motor, que favorece la plasticidad cerebral (19). Cuando imaginamos un movimiento, nuestro cerebro genera patrones cerebrales similares a los que crea cuando realiza la acción (20, 21, 22). Mejorando la función de la corteza y de las neuronas espinales, aportando beneficios en la realización de las actividades de la vida diaria, el equilibrio, la marcha, mejorando la función en las extremidades. Además, los beneficios son mayores si la IM se relaciona con movimientos reales y familiares para la persona o si se combinan con información visual (19, 23).

Por último, falta mencionar el interfaz cerebro máquina (BCI), un sistema de comunicación que permite la interacción del usuario con el exterior sin el apoyo de los nervios periféricos o actividad motora únicamente con la actividad eléctrica cerebral (10, 17, 24). En sus inicios la BCI únicamente podrían registrar una señal cerebral, que medida de cierta manera y utilizando unos algoritmos específicos, permitían que algunas personas pudieran controlar un determinado dispositivo. Por ello, al tener unas características tan específicas y limitadas, los investigadores decidieron crear una nueva versión que llamaron BCI2000, la cual, sí permite procesar todas las señales del cerebro en tiempo real y controlar cualquier dispositivo, desde un ordenador hasta una silla eléctrica o un exoesqueleto (20, 21, 22, 25).

2. HIPÓTESIS.

La hipótesis de este estudio es que existen diferencias en los SMR entre las personas con EP en estadios 1-2, en comparación a las personas sin EP que ayudan a predecir la enfermedad.

3. OBJETIVOS.

Objetivo general:

- Analizar los SMR entre las personas en estadio 1-2 de EP y las personas sin EP.

Objetivos específicos:

- Comparar los ERD y ERS entre ambos grupos de estudio.
- Evaluar si existen diferencias en los SMR según si están realizando una actividad motora activa, pasiva o una actividad de IM.
- Analizar como las posibles diferencias encontradas en los SMR afectan en el rendimiento ocupacional de los participantes.

4. METODOLOGÍA.

4.1 PARTICIPANTES.

En este estudio participarán 30 sujetos, de manera voluntaria. Para cumplir con este criterio, todos los participantes deben firmar un consentimiento informado (anexo 1). Posteriormente, los participantes serán divididos en dos grupos, por un lado, 15 participantes controles y, por otro lado, 15 participantes con la EP en fase 1-2.

Los criterios de inclusión que fueron fijados para este estudio por el grupo de investigación son los siguientes, hombres y mujeres mayores de 50 años, que tengan la capacidad de seguir ordenes sencillas y comprensión lectora. Y los de exclusión, estar en un estadio avanzado de la enfermedad o tener alteraciones neurológicas no asociadas a la EP, la toma de medicación dopaminérgica, no firmar el consentimiento informado y no poder

desplazarse al departamento de ingeniería de sistema y autonomía, en la Universidad Miguel Hernández (UMH) de Elche, ya que es necesario contar con un entorno controlado.

4.2 ELECTROENCEFALOGRAFÍA.

Para llevar a cabo el registro de EEG, se utilizará un casco comercial (Brainvisión ®). Aunque existen muchos tipos de cascos y de electrodos en el mercado, en este caso, contamos con un casco de neopreno donde se integran 32 electrodos y un amplificador de telemetría EEG. A pesar de que este casco consta de 32 electrodos, para este estudio se ha escogido una configuración de 24, y los colocaremos según el Sistema Internaciones 10-20. Los electrodos que se usarán son unos pequeños aros metálicos, de unos 8 milímetros de diámetro, que cuentan con una cavidad en el centro donde se añade el gel conductor que disminuye las impedancias existentes entre los electrodos y el cuero cabelludo, mejorando la conductividad de la actividad cerebral. Estos están localizados de tal manera que nos transmiten información de todas las áreas cerebrales. De todos los electrodos que incorpora el casco, hay dos que siempre tenemos que conectar los primero, la tierra, de color negro y la referencia, de color azul. Sin ellos, no se activarán los demás (anexo 2).

4.3 EXOESQUELETO.

El exoesqueleto de mano modular que vamos a utilizar en este estudio esta diseñado por el grupo de investigación de neurología biomédica de la UMH. Se trata de un exoesqueleto de bajo coste, que permite el movimiento natural de la mano, mediante la flexión y extensión de los dedos en un grado de libertad.

Aunque la arquitectura de cada robot cambia según las necesidades de la tarea y los usuarios, en este caso usaremos un exoesqueleto que consta de un cuerpo o marco comercial semirrígido que cubre el dorso y la palma de la mano. A él, se unen tres módulos mediante un sistema de presión, que se encargan del movimiento por separado del dedo índice, medio y el anular-meñique. En estos módulos, podemos encontrar una ranura que nos permite ajustar el robot a la longitud del dedo de cada persona.

En estas ranuras, se colocarán mediante un mecanismo de presión unos anillos que previamente se han colocado en los dedos del paciente. Los anillos, pueden ser de 15 a 25 mm para que se ajusten bien a las necesidades del usuario. Por último, a el pulgar, como tiene un amplio grado de libertad de movimiento, se le colocará una estructura que permite bloquear la articulación durante la actividad facilitando el agarre.

Sin ser el cuerpo del robot, el resto de las estructuras han sido creadas con una impresora de tres dimensiones (26).

4.4 ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL.

Para adquirir la señal contaremos con una plataforma gratuita de acceso libre, BCI2000, la cual se encarga de procesar las ondas cerebrales gracias a los electrodos que encontramos en el casco y enviarlas al ordenador para poder procesarla, así como sincronizar el exoesqueleto de mano para la realización del estudio.

Por otro lado, también usaremos la EEGLAB, una herramienta gratuita de MATLAB (The Mathworks, Inc.) que nos permite procesar los datos EEG. Esta herramienta cuenta con funciones muy diversas como importar los datos obtenidos según los canales y eventos realizados en la prueba, realizar un análisis visual de los datos con mapas del cuero cabelludo o imágenes de la ERP o el desplazamiento, nos permite procesar los datos para por ejemplo hacer un filtrado o eliminar los artefactos, descomponer los datos para analizarlos según tiempo y frecuencia, entre otras (27).

4.5 ACTIVIDADES.

Para llevar a cabo el estudio, los usuarios deben permanecer sentados en una silla con la espalda recta y los pies bien apoyando en el suelo. En frente, contarán con una mesa donde poder apoyar las manos y un ordenador (anexo 3).

En primer lugar, se le explica al participante como va a ser la prueba y todos los materiales que vamos a utilizar para tratar que esté relajado y concentrado durante la tarea. A continuación, se le colocará el casco comercial, se comprobarán las impedancias de los electrodos y preparamos el programa BCI2000 para comenzar el estudio.

Este estudio constará de 3 actividades. En primer lugar, realizarán un ejercicio activo, uno de imaginación y, por último, uno pasivo con el exoesqueleto de mano, primero con el brazo derecho y después con el izquierdo.

Antes de empezar cada prueba, le explicaremos a los usuarios que en la pantalla que tienen en frente irán apareciendo tres comandos diferentes en un orden aleatorio.

Por un lado, aparecerá la palabra “RELAX”, cuando aparezca, los usuarios tienen que pensar en una situación en la que no estén en movimiento, como, por ejemplo, un paisaje. Por otro lado, le puede aparecer una pantalla en negro donde la persona tiene apoyar la mano sobre la mesa y relajarse. Y, por último, una pantalla donde aparecerá la palabra “CIERRA” el ejercicio que tendrá que hacer el usuario variará según el tipo de actividad que estemos evaluando.

Si estamos realizando una actividad de movimiento activo, aparecerá la palabra “CIERRA” y el usuario tiene que abrir y cerrar la mano 3 o 4 veces seguidas. Si estamos en la actividad de movimiento pasivo, ocurre lo mismo que en el anterior, pero es el exoesqueleto el que se encarga de abrir y cerrar la mano. Y si estamos evaluando la imaginación motora, el usuario tiene que imaginarse el movimiento de abrir y cerrar esa mano.

La pantalla estará en “CIERRA” o “RELAX” durante 4 segundos y la pantalla en negro durante 5 segundos y medio, en total, cada tarea ronda 4 minutos. El tiempo estimado con cada participante será entre 60 y 90 minutos.

4.6 ANÁLISIS DE DATOS.

Para la recogida y tratamiento de los datos EEG, se utilizará el EEGLAB que permite procesar, almacenar, medir y visualizar la información del EEG, MEG y otros datos fisiológicos, así como, crear gráficos que nos facilitan la síntesis de la información (28). Antes de empezar, se voltarán los hemisferios cerebrales de las personas zurdas para trabajar como si todos los participantes fueran diestros, evitando así que la dominancia altere los resultados.

Seguidamente, se realiza un filtrado paso banda en el rango de frecuencia de 0,5-40 Hz, y un remuestreo de 500Hz a 128Hz. A continuación, observamos los datos de EEG en busca de alteraciones de la señal EEG producidas por posibles ruidos externos para excluirlas del análisis.

Posteriormente, se dividirán las grabaciones del EEG en intervalos de 11 segundos (3 segundos antes del inicio de la tarea, 4 segundos de la tarea y 4 segundos después de terminarla). El punto de referencia o tiempo cero, se asigna cuando aparece el comando o etiqueta de texto en la pantalla. De esta manera, ambas acciones, “RELAX” y “CIERRA”, pueden ser comparadas.

Y, por último, realizaremos un análisis de datos cuantitativo bivariante con el software libre R versión 3.2.0 para comparar ambas muestras.

4.7 LIMITACIONES Y FORTALEZAS DEL ESTUDIO.

Durante el desarrollo de este proyecto de investigación podemos encontrarnos con algunas limitaciones y fortalezas. Dentro de las limitaciones, cabe destacar la dificultad para el reclutamiento de usuarios que se puedan desplazar hasta el laboratorio donde se va a realizar la experimentación. Así como, la falta de motivación o concentración durante la participación en las actividades, ya que la realización de un estudio de estas características para personas con esta patología puede resultar muy agotador. Además, tener puesto el gorro durante el estudio, les puede resultar un poco incómodo y puede ser que sin darse cuenta se toquen la cabeza, lo que modificaría la señal EEG. Sin embargo, este tipo de estudio aportan muchos beneficios tanto a la sociedad como para el equipo investigador. Ya que, es fundamental contar con publicaciones científicas en nuestro ámbito que apoyen nuestras intervenciones para conseguir que la terapia ocupacional tenga mayor evidencia científica. Además, si los resultados apoyan nuestra hipótesis, conseguiremos un avance en el desarrollo del diagnóstico precoz, el cual nos permitirá comenzar antes con la rehabilitación y mejorará la calidad de vida de estas personas y sus cuidadores. Y, por último, no debemos olvidar que se trata de una experiencia única contar con la colaboración de un equipo con tanta experiencia y con este tipo de material, que, aunque cada vez está más extendido su uso, normalmente no tenemos acceso ni a nivel académico ni laboral.

5. PLAN DE TRABAJO

5.1 ETAPAS DEL DESARROLLO Y EQUIPO INVESTIGADOR.

Este estudio tiene previsto comenzar en el curso 2020-2021 y constará de las siguientes fases:

Primera fase: revisión final del protocolo. En septiembre del 2020 el equipo investigador se reunirá con el objetivo de revisar y corregir el protocolo de investigación para presentarlo al comité ético de la UMH.

Segunda fase: aprobación del protocolo de investigación por el comité ético de la UMH. En octubre de 2020 enviaremos el protocolo de investigación al comité ético y como este proceso puede tardar un par de meses dejamos hasta diciembre para obtener una respuesta.

Tercera fase: Búsqueda de participantes. En enero de 2021 contactaremos telefónicamente con las residencias, centros de día y la asociación de Parkinson de Elche y Alicante, donde les explicaremos el estudio y solicitaremos una reunión presencial para aportarles más información del proyecto, solucionar todas las posibles dudas y realizar un listado con todas las personas interesadas en participar.

Cuarta fase: Desarrollo del estudio. De febrero a abril de 2021 nos ponemos en contacto de nuevo con todas las personas interesadas y buscaremos un día que les venga bien para realizar el estudio.

Quinta fase: Análisis de los resultados. En los meses de mayo y junio de 2021, filtraremos los datos, crearemos la base de datos en Excel y realizaremos el análisis de datos en R.

Sexta fase: Redacción del manuscrito. En julio de 2021 desarrollaremos el informe final que publicaremos posteriormente.

El equipo investigador estará formado principalmente por Nicolas Manuel García Aracil, Santiago Ezquerro García y Judit Martín Hernández. Aunque también contaremos con la

colaboración del equipo multidisciplinar de nBio que está formado por ingenieros en telecomunicaciones, ingenieros industriales, ingenieros mecánicos y de la electrónica, biólogos, matemáticos y clínicos (con un terapeuta ocupacional (TO) y un médico).

La recogida de los datos la realizaremos en el laboratorio del grupo de investigación de neuroingeniería biomédica (nBio), que se encuentra en el edificio Innova en la UMH en Elche.

5.2 CRONOGRAMA.

Este estudio se realizará en 11 meses, de septiembre de 2020 a julio de 2021 (anexo 4).

La recogida de datos se realizará en una única sesión que tendrá una duración estimada de 60 a 90 minutos, y se podrá realizar de lunes a viernes en horario de mañana o tarde, con cita previa.

6. EXPERIENCIA DEL GRUPO INVESTIGADOR.

El investigador principal del proyecto, Nicolas García, licenciado en Ingeniería Electrónica por la Universidad Politécnica de Valencia y en Ingeniería de Control por la universidad de Murcia (UM), con un máster en Diseño, Robótica y Automatización industrial por la UM y doctorado en robótica por la UMH. Trabaja como profesor asociado de Ingeniería de Sistemas y Control de la Universidad Miguel Hernández, así como autor y coautor de una amplia gama de publicaciones de investigación centradas en la robótica médica y quirúrgica, la robótica de rehabilitación, la imagen médica, la interacción humano robot, entre otras.

En este proyecto también participará Santiago Ezquerro, terapeuta ocupacional licenciado por la UMH y con un máster en neuro-rehabilitación por la UCAM (Universidad Católica San Antonio de Murcia) y otro en Bioingeniería por la UMH. En la actualidad realiza el doctorado en Bioingeniería en la UMH. Además, cuenta con amplia experiencia tanto en el campo de la clínica como de la investigación dentro de la neurología.

Ambos investigadores forman parte del grupo nBio de la UMH, el cual está dirigido por el catedrático Don Eduardo Fernández. Este grupo está formado por numerosos profesionales de diferentes áreas, los cuales posteriormente se dividen en varios equipos y cada equipo sigue una

línea de investigación diferente. El grupo nBio, ha realizado múltiples proyectos tanto con financiación pública como privada.

Con financiación pública han llevado a cabo unos 35 proyectos tanto a nivel nacional como internacional. De todos ellos, podemos destacar a nivel internacional, por ejemplo, el “HOMEREHAB”, que permite trabajar actividades tanto cognitivas como motoras en el plano horizontal o el “HORIZON 2020” el cual facilita la realización de las actividades de la vida diaria a personas con problemas motores y a nivel nacional, “estimación del estadio e intención del usuario y desarrollo de algoritmos adaptativos de estimulación” o la “rehabilitación motora del miembro utilizando un interfaz cerebro-robot: TRAINER”.

Y, por último, Judit Martín, terapeuta ocupacional graduada por la UMH. En la actualidad realiza el máster de Terapia Ocupacional en Neurología en la UMH y cuenta con experiencia en geriatría.

7. MARCO ESTRATÉGICO.

Este proyecto lo podemos enmarcar tanto en el marco de referencia del neurodesarrollo el cual tiene como objetivo recuperar los patrones del movimiento normales que se generan en el sistema nervioso central como respuesta a los estímulos y demandas del ambiente. Así como el modelo de referencia biomecánico, ya que el objetivo final del proyecto conocer los patrones de movimiento de una persona que sufre una patología para mejorar su movilidad, fuerza, estabilidad y resistencia.

8. RECURSOS.

Todos los recursos tanto materiales como humanos necesarios para la realización de este proyecto serán facilitados por el grupo de investigación nBio.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. De Lau, L. M. y Breteler, M. M. (2006). Epidemiology of Parkinson's disease. *The Lancet Neurology*, 5 (6), 525-535. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1474442206704719>.
2. Han, CX., Wang, J., Yi, G. S. y Che, Y. Q. (2013). Investigation of EEG abnormalities in the early stage of Parkinson's disease. *Cognitive Neurodynamics*, 7 (4), 351-359. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11571-013-9247-z>.
3. Vargas-Barahona, L. M. (2007). Enfermedad de Parkinson y la Dopamina. *BUN Synapsis*, 2 (2), 11-15. Disponible en: <http://www.bvs.hn/Honduras/SUN.THEPIXIE.NET/files/010460703.pdf>.
4. Tysnes, O. B., Storstein, A. (2017). Epidemiology of Parkinson's disease. *Journal of Neural Transmission*, 124 (8), 901-905. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00702-017-1686-y>.
5. Nieuwboer, A., Rochester, L., Müncks, L. y Swinnen, S. P. (2009). Motor learning in Parkinson's disease: limitations and potential for rehabilitation. *Parkinsonism & Related Disorders*, 15 (3), S53-S58. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1353802009707813?casa_token=-mpqzb326soAAAAA:xEqLyzyyEXkU90yWY3VB9kQJa4A8FIH_LfI8aDE7hibeW5zbvhINdo kjuZnlb3gLLa0hzF3sgQ.
6. Abbruzzese, G., Marchese, R., Avanzino, L. y Pelosin, E. (2016). Rehabilitation for Parkinson's disease: Current outlook and future challenges. *Parkinsonism & Related Disorders*, 22 (1), S60-S64. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1353802015003806?casa_token=2PrO3NJYf2cAAAAA:D0QbzvD4xmOvk3pjsKuZtOxEJrFQoRZyVVr9e8AyJI0robd3FFxXeRJ_dGFdMttC-XGLh8qapQ.

7. Ascherio, A. y Schwarzschild, M. A. (2016). The epidemiology of Parkinson's disease: risk factors and prevention. *The Lancet Neurology*, 15(12), 1257-1272. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1474442216302307?casa_token=yhkpHyxaYPoAAAAA:LjuHal-mZBg7Ze8lcC5nAgQQWr0NbKVv39K8jCOCJ-aXU3j-zaSQ4k1CpjvmRYGvI8dOwdRfTh0.
8. Chetwyne, D. O. (2013). MEG studies of sensorimotor rhythms: A review. *Experimental Neurology*, 245, 27-39. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0014488612003391?casa_token=a9RLMm9Af1kAAAAA:KxUMOfZ0fMZ_TWkBWAGHWdZrMD3455hNPtIV1E2xBSLKrsPWVi mXq3P3r-OgbLBV1_0kuNFnQ.
9. Palacios, L. (2002). Breve historia de la electroencefalografía. *Acta Neurol Colomb*, 18 (2), 104-107. Disponible en: http://www.acnweb.org/acta/2002_18_2_104.pdf.
10. Moreno, I., Boya, C., Serracín, J., Serracín, S., Batista, E., Antelis, J., ... & Quintero, J. (2019). Caracterización de imaginación motora utilizando análisis de descomposición de bandas de energía. *I+ D Tecnológico*, 15 (1), 71-79. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Jose_Rolando_Serracin_Pitti/publication/330767516_Caracterizacion_de_imaginacion_motora_utilizando_analisis_de_descomposicion_de_bandas_de_energia/links/5dc43c2a4585151435f2e6b5/Caracterizacion-de-imaginacion-motora-utilizando-analisis-de-descomposicion-de-bandas-de-energia.pdf.
11. Carrobbles, J. A. (2016). Bio/neurofeedback. *Clínica y Salud*, 27 (3), 125-131. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1130527416300408>.
12. Mas, A. G., Bennasar, M. R., Far, A. R. y Mir, J. R. (1991). Electroencefalografía cuantificada en la enfermedad de Parkinson. *Psicothema*, 3 (1), 165-173. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/727/72703112.pdf>.
13. Jackson, N., Cole, S. R., Voytek, B. y Swann, N. C. (2019). Characteristics of Waveform Shape in Parkinson's Disease Detected with Scalp Electroencephalography. *Eneuro*, 6 (3). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6553574/>.

14. Wang, D. D., de Hemptinne, C., Miocinovic, S., Ostrem, J. L., Galifianakis, N. B., San Luciano, M. y Starr, P. A. (2018). Pallidal Deep-brain stimulation disrupts pallidal beta oscillations and coherence with primary motor cortex in Parkinson's disease. *Journal of Neuroscience*, 38 (19), 4556-4568. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5943981/>.
15. Gulberti, A., Moll, C. K. E., Hamel, W., Buhmann, C., Koeppen, J. A., Boelmans, K., ... y Engel, A. K. (2015). Predictive timing functions of cortical beta oscillations are impaired in Parkinson's disease and influenced by L-DOPA and deep brain stimulation of the subthalamic nucleus. *NeuroImage: clinical*, 9, 436-449. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4596926/>.
16. Colmeiro, R. G. R., Statello, E., Jaremczuk, S. E., Gómez, J. C., & Verrastros, C. Clasificación de imaginación motriz mediante la detección de ERD/ERS para aplicaciones BCI. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Emiliano_Statello/publication/268516276_Clasificacion_de_imaginacion_motriz_mediante_la_deteccion_de_ERDERS_para_aplicaciones_BCI/links/546e8f420cf2b5fc176079a7.pdf.
17. Cuartas, J. A., Madrigal, P. A. y Torres, R. A. (2013). Interfaz cerebro computador controlada por sincronización y desincronización relacionada a eventos en sujetos no entregados. In V Latin American Congress on Biomedical Engineering CLAIB 2011 May 16-21, 2011, Habana, Cuba, 611-614. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-21198-0_156.
18. Mantilla, J. I. A., y Santa, J. M. (2016). Tecnología de asistencia: exoesqueletos robóticos en rehabilitación. *Movimiento Científico*, 10 (2), 83-90. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6123516>.
19. Kobelt, M., Wirth, B. y Schuter-Anft, C. (2018). Muscle Activation During Grasping With and Without Motor Imagery in Healthy Volunteers and Patients After Stroke or With Parkinson's Disease. *Front Psychol. Frontiers in Psychology*, 9, 597. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5928445/>.

20. Rahman, M. K. M., & Joadder, M. A. M. (2020). A space-frequency localized approach of spatial filtering for motor imagery classification. *Health Information Science and Systems*, 8, 1-8. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13755-020-00106-8>.
21. Craik, A., Kilicarlan, A. y Contreras-vidal, J. L. (2019). Classification and Transfer Learning of EEG during a Kinesthetic Motor Imagery Task using Deep Convolutional Neural Networks. In 2019 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 3046-3049. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31946530/>.
22. Ling, S. H., Makgawinata, H., Monsivais, F. H., Lourenco, A. D. S. G., Lyu, J., y Chai, R. (2019). Classification of EEG Motor Imagery Tasks Using Convolution Neural Networks. In 2019 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 758-761. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31946007/>.
23. Mirelman, A., Maidan, I. y Deutsch, J. E. (2013). Virtual reality and motor imagery: promising tools for assessment and therapy in Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 28(11), 1597-1608. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24132848/>.
24. García Cossio, E., & Gentiletti, G. G. (2008). Interfaz cerebro computadora (ICC) basada en el potencial relacionado con eventos P300: análisis del efecto de la dimensión de la matriz de estimulación sobre su desempeño. *Revista Ingeniería Biomédica*, 2(4), 26-33. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-97622008000200005.
25. Schalk, G., McFarland, D. J., Hinterberger, T., Birbaumer, N. y Wolpaw, J. R. (2004). BCI2000: a general-purpose brain-computer interface (BCI) system. *IEEE Transactions on biomedical engineering*, 51(6), 1034-1043. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1300799/references#references>.

26. Diez, J. A., Blanco, A., Catalán, J. M., Badesa, F. J., Lledó, L. D. y Garcia-Aracil, N. (2018). Hand exoskeleton for rehabilitation therapies with integrated optical force sensor. *Advances in Mechanical Engineering*, 10(2), 1687814017753881. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1687814017753881>.

27. Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of neuroscience methods*, 134(1), 9-21. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165027003003479?casa_token=hx6QeGgZNHgAAAAA:w4cRnLTbJKU11IXja7b33NkHNZ_HnKIOVDFftiNjB0Kfjd8HFEJCjr1_ZUI8rFdESgDzvwOulQ.

28. EEGLAB. Swartz Center for Computational Neuroscience. Disponible en: <https://sccn.ucsd.edu/eeglab/index.php>.



10. ANEXOS

Anexo 1.



Grupo de Neuroingeniería Biomédica Universidad Miguel Hernández de Elche
Universidad Miguel Hernández de Elche
<http://nbio.umh.es>

<p>CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EL ESTUDIO DE LOS RITMOS SENSORIOMOTORES EN PACIENTES CON PARKINSON MEDIANTE MOVIMIENTOS ACTIVOS, PASIVOS E IMAGINERÍA MOTORA.</p>
--

D. de años
de edad, con domicilio en DNI
nº

DECLARO:

Que el/la Dr./Dra....., o en su defecto
D./Dña., persona
encargada de la investigación me ha explicado que:

1.- Identificación, descripción y objetivos del procedimiento.

La Universidad Miguel Hernández realiza investigaciones para estudiar aspectos relacionados con la recuperación de la función motora mediante dispositivos tecnológicos a través de la colaboración con el departamento de Salud Pública de la Universidad Miguel Hernández. Los responsables de este estudio son el Dr. Nicolás Garcia-Aracil, Santiago Ezquerro García y Judit Martín Hernández.

En este estudio se realizará un registro de electroencefalografía (EEG) no invasiva para analizar la actividad eléctrica cerebral de cada usuario mediante un sistema de captura comercial mientras el participante realiza un movimiento activo, pasivo e de imaginería motora con el miembro superior. El movimiento pasivo se realizará mediante un exoesqueleto robótico. Para realizar la prueba es necesario acudir con el cabello lavado evitando el uso de productos cosméticos fijadores. No hay que acudir en ayunas.

2.- Beneficios que se espera alcanzar

Los riesgos asociados con este estudio son mínimos y se tomarán medidas de forma no invasiva prevaleciendo así el bienestar de la persona que participa, tal y como se hace constar en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial en su art. 6. Del mismo modo, no recibiré ninguna compensación económica.

3.- Alternativas razonables

La decisión de permitir el análisis de mis datos es totalmente voluntaria, pudiendo negarme e incluso pudiendo revocar mi consentimiento en cualquier momento, sin tener que dar ninguna explicación.

4.- Consecuencias previsibles de su realización y de la no realización

Si decido libre y voluntariamente permitir la evaluación de mis datos, tendré derecho a decidir ser o no informado de los resultados de la investigación, si es que ésta se lleva a cabo.

5.- Riesgos frecuentes y poco frecuentes

La evaluación de mis datos clínicos, demográficos y de antecedentes nunca supondrá un riesgo adicional para mi salud.

6.- Riesgos y consecuencias en función de la situación clínica personal del paciente y con sus circunstancias personales o profesionales.

No se incrementan los riesgos adicionalmente a los de una sesión tradicional de rehabilitación.

7.- Protección de datos personales y confidencialidad.

La información sobre mis datos personales y de salud será incorporada y tratada en una base de datos informatizada cumpliendo con las garantías que establece la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal, así como, en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, en sus art. 11 y 23, y la legislación sanitaria.

La cesión a otros centros de investigación de la información contenida en las bases de datos y relativa a mi estado de salud, se realizará mediante un procedimiento de disociación por el que se generará un código de identificación que impida que se me pueda identificar directa o indirectamente.

El participante autoriza a los investigadores, así como a todas aquellas terceras personas físicas o jurídicas relacionadas con la investigación a que indistintamente puedan utilizar todas las fotografías y vídeos de las sesiones, o partes de las mismas en las que intervengo como participante sólo con fines de divulgación científica. Su autorización no tiene ámbito geográfico determinado por lo que los investigadores podrán utilizar fotografías y vídeos, o partes de las mismas, en todos los países del mundo sin limitación geográfica de ninguna clase.

Todo ello con la única salvedad y limitación de aquellas utilidades o aplicaciones que pudieran atentar al derecho al honor en los términos previstos en la Ley Orgánica 1/85, de 5 de mayo, de Protección Civil al Derecho al Honor, la Intimidad Personal y familiar y a la Propia Imagen. Su autorización no fija ningún límite de tiempo, por lo que mi autorización se considera concedida por un plazo de tiempo ilimitado.

Asimismo, se me ha informado que tengo la posibilidad de ejercitar los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición al tratamiento de datos de carácter personal, en los términos previstos en la normativa aplicable.

Si decidiera revocar el consentimiento que ahora presto, mis datos no serán utilizados en ninguna investigación después de la fecha en que haya retirado mi consentimiento, si bien, los datos obtenidos hasta ese momento seguirán formando parte de la investigación.

Yo entiendo que:

Mi elección es voluntaria, y que puedo revocar mi consentimiento en cualquier momento, sin tener que dar explicaciones y sin que esto repercuta en mis cuidados médicos.

Otorgo mi consentimiento para que la Universidad Miguel Hernández y el departamento de Automática y Sistemas de dicha universidad utilicen mis datos para investigaciones médicas, manteniendo siempre mi anonimato y la confidencialidad de mis datos.

La información y el presente documento se me han facilitado con suficiente antelación para reflexionar con calma y tomar mi decisión libre y responsablemente.

He comprendido las explicaciones que se me han facilitado en un lenguaje claro y sencillo y el facultativo que me ha atendido me ha permitido realizar todas las observaciones y me ha aclarado todas las dudas que le he planteado.

Observaciones:
.....

Por ello, manifiesto que estoy satisfecho con la información recibida y en tales condiciones estoy de acuerdo y **CONSIENTO PERMITIR EL USO DE MIS DATOS CLÍNICOS Y DEMOGRÁFICOS PARA INVESTIGACIÓN.**

En de de 201...

Firma del paciente

Firma de un testigo

Firma del responsable

DNI:

de la investigación

Fdo.:

(Nombre y dos apellidos)

Fdo.:.....

(Nombre y dos apellidos)

Fdo.:.....

(Nombre y dos apellidos)

**REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO PARA EL ESTUDIO DE LOS RITMOS
SENSORIOMOTORES EN PACIENTES CON PARKINSON MEDIANTE
MOVIMIENTOS ACTIVOS, PASIVOS E IMAGINERÍA MOTORA.**

D./D^a como paciente (o representante del paciente D.....), de años de edad, con domicilio en DNI. n^o
Revoco el consentimiento prestado en fecha..... , que doy con esta fecha por finalizado, sin tener que dar explicaciones y sin que esto repercuta en mis cuidados médicos.

En de de 200...

Firma del paciente

Firma de un testigo

Firma del responsable

DNI:

de la investigación



Fdo.:

Fdo.:

Fdo.:

(Nombre y dos apellidos)

(Nombre y dos apellidos)

(Nombre y dos apellidos)

Anexo 2.

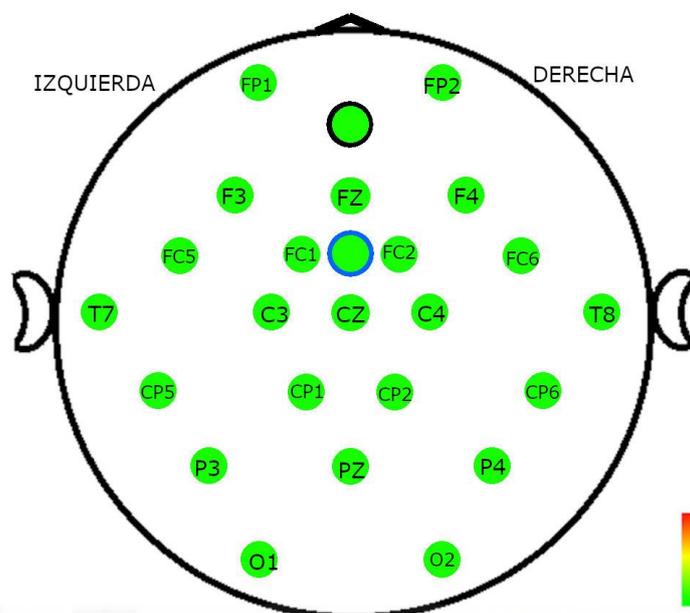


Imagen 1. Disposición de los 24 electrodos empleados en la experimentación según el Sistema Internacional 10-20. Los electrodos marcados en azul y negro corresponden a la referencia y a la tierra respectivamente.

Anexo 3.

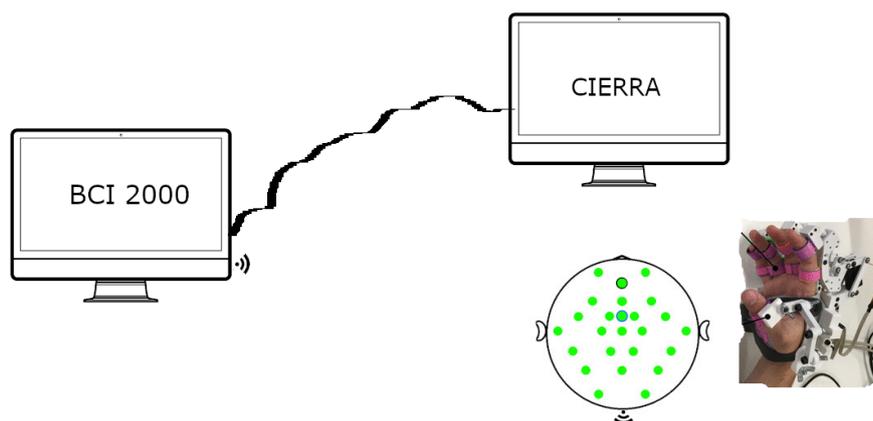


Imagen 2. Setup empleado para la experimentación. Este setup está compuesto por una pantalla donde el terapeuta diseña la tarea, una segunda pantalla en la cual el paciente observa la orden que tendrá que ejecutar, el paciente con el casco de EEG y el exoesqueleto de mano.

Anexo 4.

Fases del estudio.	Septiembre 2020	Octubre 2020	Noviembre 2020	Diciembre 2020	Enero 2021	Febrero 2021	Marzo 2021	Abril 2021	Mayo 2021	Junio 2021	Julio 2021
Revisión del protocolo.											
Aprobación del protocolo por el comité ético.											
Búsqueda de participantes.											
Desarrollo del estudio.											
Análisis de los resultados.											
Redacción del manuscrito.											

Tabla 1. Cronograma de la experimentación. En la parte superior los meses que durará la experimentación. En la parte izquierda las actividades a desarrollar por cada uno de los meses. Los recuadros naranjas indican la actividad que se va a realizar y en qué mes.