



**Universitat de les  
Illes Balears**

**Facultad de Psicología**

**Trabajo Final de Grado**

# Evaluación del procesamiento cerebral en pacientes con fibromialgia antes y después de un programa de ejercicio físico.

Leandro Martín Zozaya Ambrosio

**Grado de Psicología**

Año académico 2018-19

DNI del alumno: X7352459A  
Trabajo tutelado por Carolina Sitges Quirós  
Departamento de Psicología

Autorizo a la universidad a incluir este trabajo en el repositorio institucional para su consulta en acceso abierto y difuso en línea, con finalidades exclusivamente académicas y de investigación, así como la autorización correspondiente de la doctora Carolina Sitges Quirós.

Palabras clave del trabajo: fibromialgia, ejercicio físico y procesamiento cerebral.

## Tabla de Contenidos

Introducción e información general .....	3
Materiales y métodos .....	5
Resultados y discusión .....	10-15
Tablas y figuras .....	11-13
Listado de referencias .....	16-18
Anexo .....	19

## INTRODUCCIÓN

La fibromialgia (FM) es una entidad controvertida de etiología desconocida con muchos factores predisponentes. Se caracteriza por sensibilidad musculoesquelética benigna, crónica y difusa, normalmente acompañada por sueño no reparador, fatiga generalizada, y rigidez matutina; además de presentar déficits en la memoria de trabajo y en las capacidades atencionales más complejas, donde el factor distracción tiene un papel importante (Gelonch et al., 2013). Asimismo, las personas con FM muestran una menor capacidad funcional para las actividades de la vida diaria y calidad de vida relacionada con la salud que otros sujetos de la población general (Mas et al., 2008). En 1990, el Colegio Americano de Reumatología (ACR, por sus siglas en inglés) estableció el criterio de clasificación para la FM, en el que se incluía dolor generalizado presente durante al menos tres meses y la observación del dolor provocado por la presión en regiones anatómicas específicas (Wolfe et al., 1990). Seguidamente, en 2010, el ACR presentó unos nuevos criterios de diagnóstico, basado en el uso exclusivamente de dos escalas: el Índice de dolor generalizado (WPI) y la Escala de gravedad (SS). El WPI incluye una lista de 19 áreas dolorosas y la SS implica una evaluación de la gravedad de ciertos síntomas clínicos. Para el diagnóstico de FM, se necesita una puntuación WPI de  $\geq 7$  y una puntuación SS  $\geq 5$  o una puntuación WPI entre 3 y 6 y una puntuación SS  $\geq 9$ , y al igual que los criterios de 1990, los síntomas deben estar presentes de forma continua durante al menos 3 meses (Wolfe et al., 2010).

Según la revisión llevada a cabo por la Conselleria de Sanidad, Generalitat Valenciana y la Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir (Cabo, Cerdá & Trillo, 2017) la prevalencia mundial de pacientes con FM es de 2.1% con una prevalencia más alta en mujeres (4.3%) que en hombres (0.95%) y un ratio global de 4:1.

En el año 2000, la Sociedad Española de Reumatología llevo a cabo el estudio EPISER, focalizado en la prevalencia de las enfermedades musculoesqueléticas, que incluyó la FM. Según este estudio, la prevalencia de FM en la población española se estimó en un 2.37% (95% CI: 1.53-3.21). Respecto al género, la FM aparece más frecuentemente en mujeres, un 4.2% (95% CI: 2.9-5.6) que en hombre, un 0.2% (95% CI: <0.5), en un radio mujer-hombre de 21:1 (Sociedad Española de Reumatología, 2001 citado en Mas et al., 2008).

La actividad física es una modalidad terapéutica con base demostrada para condiciones de dolor crónico con efectos beneficiosos sobre el dolor, el sueño, la función cognitiva y la función física (Hassett & Williams, 2011).

Por otro lado, el ejercicio es definido como actividades físicas que son planeadas, estructuradas, repetitivas, y centradas en una mejora del estado físico (Caspersen et al., 1985). Se ha demostrado que el ejercicio alivia el estrés y reduce la depresión y la ansiedad (Byrne & Byrne, 1993). Asimismo, diversos estudios también evidencian la mejora del rendimiento cognitivo y el estado de salud en general. En este sentido, estudios en roedores han demostrado que el ejercicio tiene efectos positivos en el neurodesarrollo (van Praag et al., 1999), así como un incremento en la supervivencia neuronal y la resistencia al daño cerebral (Carro et al., 2001), y una estimulación de la vascularización cerebral (Black et al., 1990 citado en Eller-Smith,

Nicol & Christianson., 2018). Ke et al., 2011, indicaron que el ejercicio inducía altas concentraciones del factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF, por sus siglas en inglés), una proteína muy importante para el desarrollo y mantenimiento de neuronas, en la región hipocampal comparado con el grupo sedentario control. Por otro lado, estudios de meta-análisis sugieren que las funciones ejecutivas, dentro del amplio dominio de la cognición, se benefician del ejercicio aeróbico sin importar el paradigma del ejercicio, modalidad, intensidad y tiempo de la prueba (Steinberg, Pixa & Fregni., 2019).

Asimismo, existe fuerte evidencia que sugiere que el fortalecimiento muscular y el ejercicio aeróbico (EA) son más efectivos en reducir el dolor y la gravedad de la enfermedad mientras que el estiramiento y el ejercicio aeróbico produce mayores mejoras en la calidad de vida relacionada con la salud. Aunque todavía no hay un consenso, parece que 2 o 3 sesiones de actividad física leve a moderada, que duran de 30-45 minutos cada una, son efectivas (Sosa-Reina et al., 2017).

Por todo ello, consideramos que el ejercicio físico puede ser un gran aliado para los pacientes con FM en la mejora de su estado de salud general y de su rendimiento cognitivo. El objetivo de este trabajo es conocer el efecto de un programa de ejercicio físico en la actividad cerebral y el rendimiento cognitivo en una tarea de carácter atencional en un grupo de pacientes con FM.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

La investigación llevada a cabo formó parte de un estudio piloto dentro del proyecto de investigación “Protocolo de activación conductual y ejercicio físico para pacientes con dolor crónico basado en el uso de nuevas tecnologías (smartphone)”, financiado por el Ministerio de

Economía y Competitividad (referencia: PSI2015-66295-R) y aprobado por el Comité de Ética de la Investigación de las Illes Balears (CEI), el 18 de julio de 2016, y cuya investigadora principal es la Dra. Carolina Sitges Quirós.

## **2.1. PARTICIPANTES**

La muestra inicial se componía de pacientes diagnosticadas de FM (n=9), según los criterios del ACR de 1990, de entre 18-59 años y que, además, habían sufrido dolor lumbar durante más de 6 semanas y habían experimentado al menos 3 episodios de dolor lumbar, con una duración de más de 1 semana durante el año anterior al estudio, y, por tanto, también cumplían los criterios de dolor lumbar crónico. Dicha muestra se redujo finalmente a 4 pacientes, con una media de  $56,75 \pm 2,06$  años, porque 5 no finalizaron el estudio, ya sea por abandono en la fase de intervención (n=1) o por motivos personales o técnicos (n=4).

## **2.2. PROCEDIMIENTO**

Primero, se informó a cada participante del propósito del estudio y firmaron el pertinente consentimiento informado (ver Anexo I). A continuación, se les realizó una entrevista semiestructurada para recoger sus datos personales y clínicos. Una vez completada dicha entrevista, se realizó el registro electroencefalográfico durante la ejecución de una tarea de flancos (Eriksen & Eriksen, 1974). Dichos registros se llevaron a cabo en una sala espaciosa, luminosa y sin ruido, con claridad luminosa y sentados en una silla frente a un monitor. Posteriormente, se llevó a cabo el protocolo de intervención basado en ejercicio físico y tras su finalización se realizó de nuevo el estudio electroencefalográfico.

### 2.3. TAREA EXPERIMENTAL

La tarea de flancos se ha utilizado para la medición de las redes atencionales descritas por Posner & Petersen en 1990, específicamente, en la red anterior o de control ejecutivo, implicada en las más complejas operaciones mentales durante el monitoreo y la resolución de conflictos entre cálculos, necesaria en situaciones que involucran planes o toma de decisiones, detección de errores, aprendizaje o respuestas no muy bien aprendidas, juzgar condiciones de dificultad o peligro y en la superación de acciones habituales. Estructural y anatómicamente su localización y/o activación envuelve la corteza cingulada anterior y la corteza prefrontal lateral (Fan & Posner, 2004).

Los estímulos de esta tarea están compuestos por 5 elementos (cuatro flancos y un target central) el cual era presentado en dos condiciones: una congruente, en la que todas las flechas marcan la misma dirección que la flecha central, y otra incongruente, en la que la flecha central marca la dirección opuesta a las otras. El participante mediante un mando con dos botones (uno a la izquierda y otro a la derecha) debía indicar la dirección de la flecha central, teniendo en cuenta las cuatro posibles condiciones: congruente izquierda o derecha, incongruente izquierda o derecha. Los ensayos se iniciaban con una cruz de fijación que aparecía a los 400 ms y se mantenía en la pantalla hasta los 1600 ms. A continuación, aparecía el estímulo target hasta los 2000 ms. Dicha tarea duraba aproximadamente 15 minutos, presentándose en 6 bloques, entre los que los participantes podían descansar el tiempo que estimaran oportuno, con 144 estímulos en cada condición (congruente e incongruente), y con un intervalo entre estímulos entre 600-800 ms. Antes del inicio de cada bloque, aparecía la consigna: “Por favor, responde lo más rápido posible”, para así mantener el nivel de atención durante la prueba. Para el análisis de datos conductuales se tuvieron en cuenta los aciertos, los errores y los tiempos de reacción (TR)

de cada una de las condiciones.

#### **2.4. PROTOCOLO DE EJERCICIO FÍSICO**

El protocolo consistió en dos sesiones semanales de unos 50 minutos durante 4 semanas, e incluyó ejercicios isométricos en acortamiento muscular de intensidades variables, automasaje de puntos musculares dolorosos de la región lumbar y pélvica, refuerzo de la faja abdominal y ejercicios de estabilización lumbo-pélvica.

#### **2.5. REGISTRO ELECTROENCEFALOGRÁFICO**

El registro electroencefalográfico se llevó a cabo con el amplificador QuickAmp (Brain Products, Munich, Germany), colocando 29 electrodos mediante un gorro de malla elástica, de acuerdo con el Sistema Internacional 10-20 (Jasper, 1958 citado en Peña & Micó, 2004). Asimismo, se utilizó un electrodo bipolar para registrar la actividad electrooculográfica (EOG) y una referencia promedio de todos los electrodos calculada por el amplificador. Los electrodos tuvieron una impedancia inferior a 10 K $\Omega$ . Los datos se procesaron posteriormente mediante el programa BrainVision Analyzer (BrainProducts, Munich, Germany). Se usaron un filtro de paso bajo de 0,1 Hz, un filtro de paso alto de 35 Hz y un filtro Notch de 50 Hz. Para corregir los artefactos oculares, se utilizó el algoritmo de Gratton & Coles (Gratton, Coles & Donchin, 1983), usando como canal de referencia la señal EOG. A continuación, se siguió el protocolo de la eliminación de artefactos, aplicando los siguientes criterios: mínima y máxima amplitud permitida = -100  $\mu$ V y 100  $\mu$ V, y diferencia absoluta máxima en cada intervalo = 100  $\mu$ V. Para el análisis de los potenciales evocados (PEs), se segmentó el registro en ventanas temporales de 900 ms de duración (-100 ms hasta 800 ms referente al inicio del estímulo) en base a las marcas para cada una de las condiciones (congruente e incongruente), teniéndose en cuenta únicamente los aciertos. Posteriormente, se realizó una corrección de la línea base (desde -100

ms hasta 0 ms). Finalmente, se extrajo el promedio de la actividad cerebral de los sujetos antes (pre) y después (post) de la intervención para cada condición (congruente e incongruente), buscando el valor global máximo en el intervalo temporal que marcamos de los componentes: N200, dentro de una ventana temporal de 150 a 250 ms, y del componente P300, dentro de una ventana temporal de 250 a 650 ms.

Los PEs son fluctuaciones en el voltaje del electroencefalograma (EEG) provocadas por sucesos sensoriales, motores o cognitivos. En efecto, se ha observado que tras la presentación de un determinado tipo de estímulo o la realización de alguna tarea se producen cambios constantes en el EEG. Estos cambios adoptan la forma de picos o valles y se supone que nos informan acerca de los procesos cognitivos que subyacen (Coles & Rugg, 1995 citado en Peña & Micó, 2004). Para valorar los PEs, dos son las características principalmente para tener en cuenta: la latencia, entendiendo como el tiempo en milisegundos desde la presentación del estímulo hasta el inicio de la respuesta electrofisiológica; y la amplitud, como la diferencia en mV entre el punto máximo de la onda y la media de la línea de base. El componente N200 se relaciona con el procesamiento del conflicto y el P300 con la asignación de recursos atencional y la memoria de trabajo (Kanske & Kotz, 2011; Peña & Micó, 2004; van Veen & Carter, 2002). Los análisis estadísticos se realizaron únicamente con los electrodos frontocentrales (Fz, FCz, FC3, FC4 y Cz).

## **2.6. ANÁLISIS DE DATOS**

El análisis de los datos se realizó mediante el programa estadístico SPSS v.25.0. En primer lugar, realizamos un análisis descriptivo calculando la media y desviación estándar de la variable sociodemográfica edad. Los análisis de datos se llevaron a cabo por la vía no paramétrica, por no disponer de una muestra lo suficientemente grande ( $n=4$ ).

Seguidamente, se analizó el rendimiento en la tarea mediante los tiempos de reacción de los aciertos, para ver si existían diferencias estadísticamente significativas, entre las condiciones congruentes pre y post, con las condiciones incongruentes pre y post; y las condiciones congruentes e incongruentes pre con las congruentes e incongruentes post. Para ello, se utilizó un diseño de medidas repetidas para dos muestras relacionadas utilizando la prueba de los rangos con signos de Wilcoxon.

En segundo lugar, se analizó la amplitud de los datos electrofisiológicos en los componentes N2 (150 a 250 ms) y P3 (250 a 650 ms). Para dicho análisis, también se llevó a cabo la prueba de Wilcoxon. Todos los resultados fueron llevados a cabo un intervalo de confianza al 95% y un nivel de significación estadística al 0,05.

### 3. RESULTADOS

En cuanto a los datos conductuales, cabe mencionar que el porcentaje de acierto se situó entre el 98-100%, por lo que se trata de una tarea muy sencilla. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las condiciones incongruente pre y congruente pre, ni entre las condiciones incongruente post y congruente post (ver *Tabla 1*). Tampoco entre las condiciones congruente post con congruente pre, pero sí se pudo observar una ligera tendencia hacia la significación entre las condiciones incongruente post y pre (ver *Tabla 2* y *Gráfica 1*), observándose una disminución del TR después de la intervención (post).

Los análisis electrofisiológicos realizados sobre la amplitud de los potenciales evocados, se centró en los electrodos frontocentrales (Fz, FCz, FC3, FC4 y Cz), observándose únicamente una ligera tendencia a la significación en el electrodo FC3, en la comparación de la condición incongruente pre e incongruente post, tanto en el componente P3 como en N2, observándose una mayor amplitud en el post (ver *Tabla 3* y *Gráfica 2*).

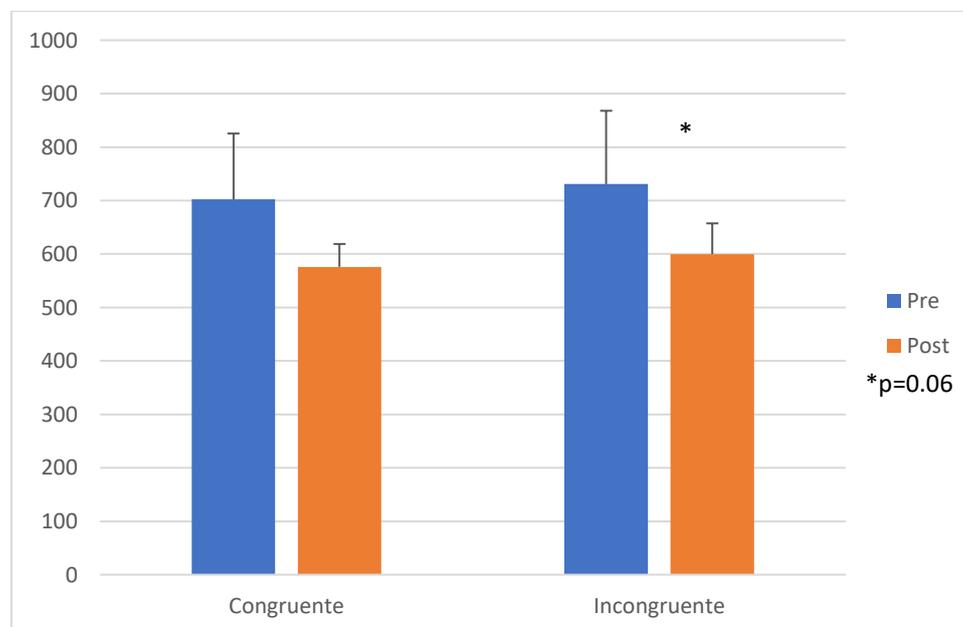
**Tabla 1**  
*Valores de la prueba de Wilcoxon y significación*

Condición	Prueba Wilcoxon	Significación
<b>Incongruente pre vs. congruente pre</b>	-1,461	0,144
<b>Incongruente post vs. congruente post</b>	-1,095	0,273

**Tabla 2**  
*Valores de la prueba de Wilcoxon y significación*

Condición	Prueba de Wilcoxon	Significación
<b>Congruente post vs. congruente pre</b>	-1,461	0,144
<b>Incongruente post vs. incongruente pre</b>	-1,826	<b>0,068</b>

Nota: Se puede observar la ligera tendencia a la significación en la condición incongruente pre-post



**Gráfica 1.** Medias y errores estándar de los TR en ms de las condiciones congruente e incongruente en pre y post

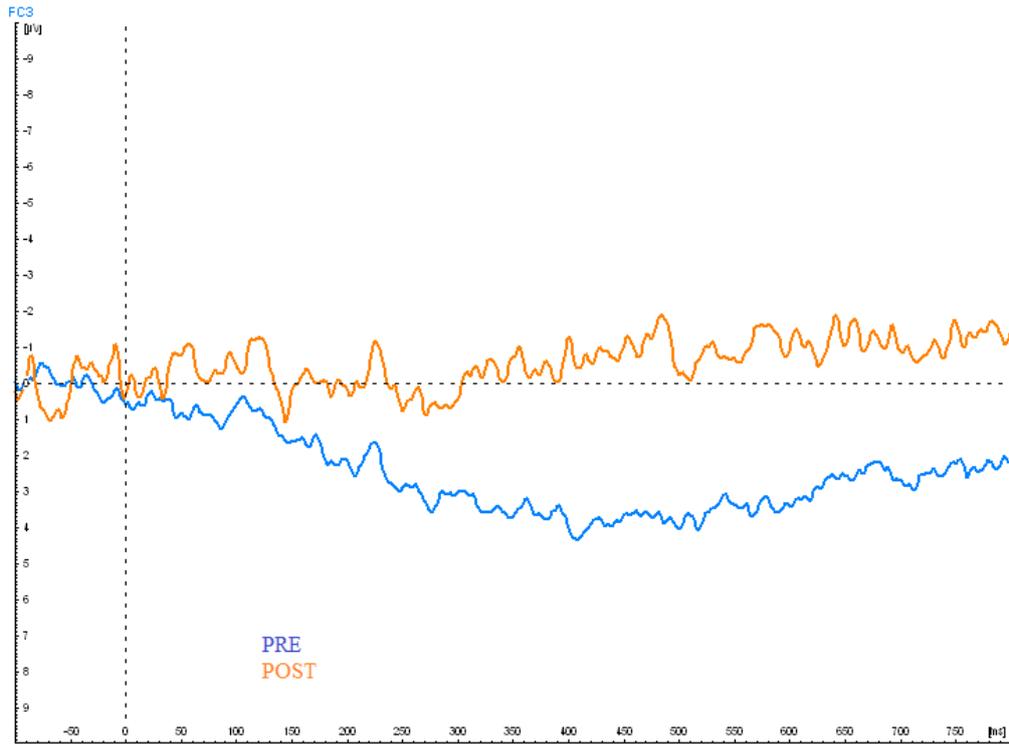
Nota: Se puede observar la diferencia en ms en el TR en la condición incongruente pre-post

**Tabla 3**

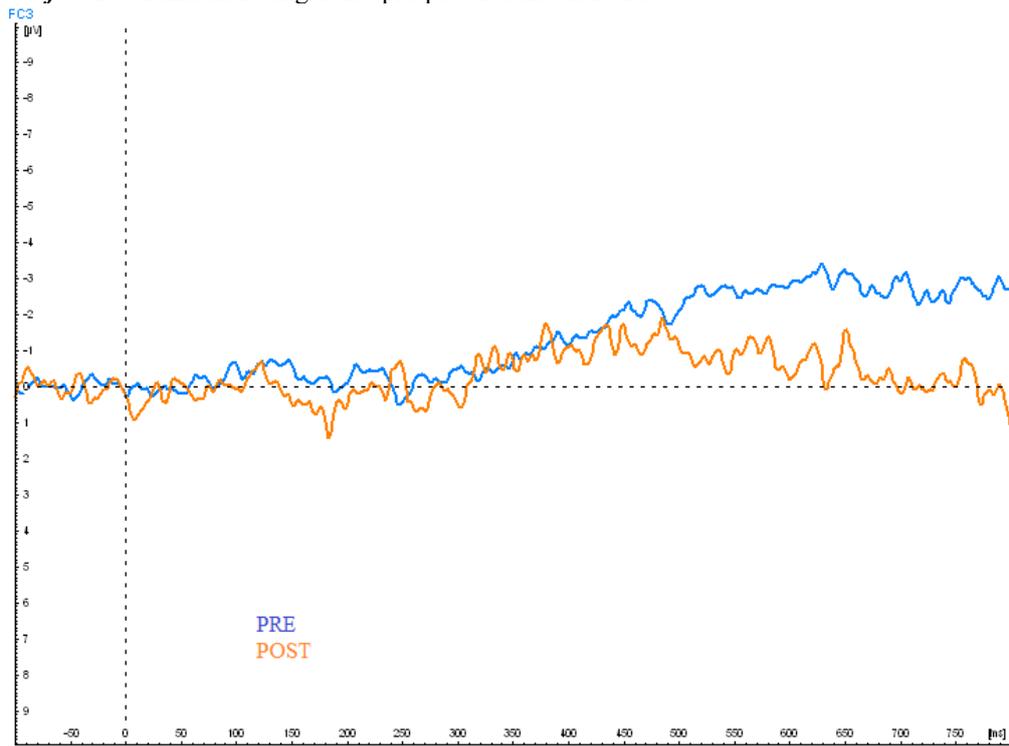
*Prueba de Wilcoxon y significación en las amplitudes de los electrodos frontocentrales en P3 y N2*

<b>Electrodos y condición</b>	<b>P3_Wilcoxon y significación</b>	<b>N2_Wilcoxon y significación</b>
<b>Fz_incongruente post- incongruente pre</b>	-0,365 y 0,715	-0,730 y 0,465
<b>Fz_congruente post- congruente pre</b>	-0,365 y 0,715	-0,730 y 0,465
<b>FC3_incongruente post- incongruente pre</b>	-1,826 y <b>0,068</b>	-1,826 y <b>0,068</b>
<b>FC3_congruente post- congruente pre</b>	-1,095 y 0,273	-0,730 y 0,465
<b>FCz_incongruente post- incongruente pre</b>	-0,730 y 0,465	-0,730 y 0,465
<b>FCz_congruente post- congruente pre</b>	0,000 y 1,000	-0,730 y 0,465
<b>FC4_incongruente post- incongruente pre</b>	-1,604 y 0,109	-0,535 y 0,593
<b>FC4_congruente post- congruente pre</b>	-1,604 y 0,109	-1,604 y 0,109
<b>Cz_incongruente post- incongruente pre</b>	-1,095 y 0,273	-1,461 y 0,144
<b>Cz_congruente post- congruente pre</b>	-0,730 y 0,465	-0,730 y 0,465

Nota: Se puede observar la ligera tendencia a la significación en el electrodo FC3, condición incongruente pre-post, tanto en P3 como N2.



**Gráfica 2a.** Condición congruente pre-post del electrodo FC3



**Gráfica 2b.** Condición incongruente pre-post del electrodo FC3

#### 4. DISCUSIÓN

Actualmente, nadie podría dudar acerca de los beneficios del ejercicio físico para la salud. Muchísimas son las enfermedades crónicas en países desarrollados ligadas a la ausencia de práctica de ejercicio físico: enfermedades metabólicas como la diabetes tipo 2, cardiovasculares como infarto de miocardio, enfermedades musculo-esqueléticas como osteoartritis, o neurológicas como alteraciones cognitivas (Booth et al., 2002). Asimismo, el ejercicio físico parece ser un gran aliado contra el dolor crónico y el bienestar físico y mental (Geneen et al., 2017; Schuch et al., 2016). Una revisión sistemática con 2276 sujetos, en 34 estudios, evaluó la eficacia del ejercicio aeróbico para la fibromialgia, y reportó una mejoría en los siguientes ámbitos: dolor, bienestar global y función física (Busch et al., 2008). Cabe mencionar que a diferencia de la terapia farmacológica, el ejercicio físico no tiene efectos secundarios o muy pocos, por ejemplo, en la revisión antes mencionada de Geneen et al., 2017, los estudios incluidos solamente reportaron un 25% de efectos secundarios.

El objetivo de este trabajo fue conocer el efecto del ejercicio físico en la actividad cerebral y en el rendimiento atencional en un grupo de pacientes con FM. Para ello, se llevó a cabo el registro de la actividad cerebral mediante electroencefalografía durante la ejecución de la tarea de flancos. A pesar de tener una muestra muy reducida de sujetos ( $n=4$ ), se observó una tendencia a la significación en la condición incongruente, disminuyendo el tiempo de reacción ante dicha condición tras la intervención. Por tanto, aunque se deban tomar con cautela, estos datos indican que la práctica de ejercicio físico influye de manera positiva en el rendimiento atencional, yendo en consonancia con otros estudios que demuestran que los sujetos activos físicamente presentan una mayor eficiencia o rendimiento en la tarea de flancos (Hillman et al., 2009). Asimismo, estudios como el de Álvarez-Bueno et al. (2016) han demostrado que el ejercicio físico ejerce una influencia significativa sobre los mecanismos y procesos cognitivos,

tales como atención y memoria. Por contra, también se ha asociado un estilo de vida sedentario con un bajo rendimiento cognitivo (Falck et al., 2017).

En cuanto a los resultados electrofisiológicos, se observó una tendencia a la significación en el electrodo FC3, obteniendo una mayor amplitud en la condición incongruente tras la intervención, tanto en el componente P3 como en el N2. Algunas investigaciones previas habían revelado diferencias significativas en componentes electroencefalográficos relacionados con el procesamiento ejecutivo entre sujetos con diferente condición físico (Pontifex, Hillman & Polich, 2009). Asimismo, los resultados hallados se corroboran con los encontrados en estudios recientes, como el de Luque-Casado et al. (2016), donde los sujetos con alto nivel de condición física, mostraron una mayor amplitud en el potencial P3 a lo largo de la tarea (vigilancia psicomotora) en comparación con los participantes con baja condición física, demostrándose una relación positiva entre el nivel de condición física de los sujetos y la atención sostenida a nivel neural.

En definitiva, en este trabajo se pudo constatar que, a pesar de la reducida muestra de sujetos (n=4), la práctica de ejercicio físico parece producir una mejora en el rendimiento cognitivo, observable tanto a nivel conductual como a nivel neurofisiológico.

## REFERENCIAS

- Álvarez-Bueno, C., Pesce, C., Cavero-Redondo, I., Sánchez-López, M., Pardo-Guijarro, M. J., & Martínez-Vizcaíno, V. (2016). Association of physical activity with cognition, metacognition and academic performance in children and adolescents: a protocol for systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*, 6(6), e011065. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-011065>
- Booth, F. W., Chakravarthy, M. V., Gordon, S. E., & Spangenburg, E. E. (2002). Waging war on physical inactivity: using modern molecular ammunition against an ancient enemy. *Journal of Applied Physiology*, 93(1), 3–30. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00073.2002>
- Busch, A. J., Schachter, C. L., Overend, T. J., Peloso, P. M., & Barber, K. A. R. (2008). Exercise for fibromyalgia: a systematic review. *The Journal of Rheumatology*, 35(6), 1130–1144. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18464301>
- Byrne, A., & Byrne, D. G. (1993). The effect of exercise on depression, anxiety and other mood states: a review. *Journal of Psychosomatic Research*, 37(6), 565–574. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8410742>
- Cabo-Meseguer, A., Cerdá-Olmedo, G., & Trillo-Mata, J. L. (2017). Fibromialgia: prevalencia, perfiles epidemiológicos y costes económicos. *Medicina Clínica*, 149(10), 441–448. <https://doi.org/10.1016/j.medeli.2017.06.008>
- Carro, E., Trejo, J. L., Busiguina, S., & Torres-Aleman, I. (2001). Circulating insulin-like growth factor I mediates the protective effects of physical exercise against brain insults of different etiology and anatomy. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 21(15), 5678–5684. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11466439>
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*, 100(2), 126. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1424733/>
- Eller-Smith, O. C., Nicol, A. L., & Christianson, J. A. (2018). Potential Mechanisms Underlying Centralized Pain and Emerging Therapeutic Interventions. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 12, 35. <https://doi.org/10.3389/fncel.2018.00035>
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, 16(1), 143–149. <https://doi.org/10.3758/BF03203267>
- Falck, R. S., Davis, J. C., & Liu-Ambrose, T. (2017). What is the association between sedentary behaviour and cognitive function? A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 51(10), 800–811. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095551>
- Fan, J., & Posner, M. (2004). Human Attentional Networks. *Psychiatrische Praxis*, 31, 210–214. <https://doi.org/10.1055/s-2004-828484>
- Gelonch, O., Gelonch, O., Garolera, M., Rosselló, L., & Pifarré, J. (2013). Disfunción cognitiva en la fibromialgia ( Cognitive dysfunction in fibromyalgia ). *Revista de Neurología*, 56(11), 573–588.
- Geneen, L. J., Moore, R. A., Clarke, C., Martin, D., Colvin, L. A., & Smith, B. H. (2017). Physical activity and exercise for chronic pain in adults: an overview of Cochrane Reviews. In L.

- J. Geneen (Ed.), *Cochrane Database of Systematic Reviews*.  
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD011279.pub2>
- Gratton, G., Coles, M. G., & Donchin, E. (1983). A new method for off-line removal of ocular artifact. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 55(4), 468–484. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6187540>
- Hassett, A. L., & Williams, D. A. (2011). Non-pharmacological treatment of chronic widespread musculoskeletal pain. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 25(2), 299–309. <https://doi.org/10.1016/j.berh.2011.01.005>
- Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Castelli, D. M., Hall, E. E., & Kramer, A. F. (2009). THE EFFECT OF ACUTE TREADMILL WALKING ON COGNITIVE CONTROL AND ACADEMIC ACHIEVEMENT IN PREADOLESCENT CHILDREN. *Neuroscience*, 159(3), 1044. <https://doi.org/10.1016/J.NEUROSCIENCE.2009.01.057>
- Isabel Núñez-Peña, M., Corral, M. J., & Escera, C. (2004). Potenciales evocados cerebrales en el contexto de la investigación psicológica: una actualización. In *Anuario de Psicología* (Vol. 35). Retrieved from [http://www.ub.edu/brainlab/docs/publicacions\\_pdf/Potenciales evocados cerebrales en el contexto de la investigacion psicologica.pdf](http://www.ub.edu/brainlab/docs/publicacions_pdf/Potenciales%20evocados%20cerebrales%20en%20el%20contexto%20de%20la%20investigacion%20psicologica.pdf)
- Kanske, P., & Kotz, S. A. (2011). Conflict processing is modulated by positive emotion: ERP data from a flanker task. *Behavioural Brain Research*, 219(2), 382–386. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2011.01.043>
- Ke, Z., Yip, S. P., Li, L., Zheng, X.-X., & Tong, K.-Y. (2011). The Effects of Voluntary, Involuntary, and Forced Exercises on Brain-Derived Neurotrophic Factor and Motor Function Recovery: A Rat Brain Ischemia Model. *PLoS ONE*, 6(2), e16643. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0016643>
- Mas, A. J., Carmona, L., Valverde, M., Ribas, B., & EPISER Study Group. (n.d.). Prevalence and impact of fibromyalgia on function and quality of life in individuals from the general population: results from a nationwide study in Spain. *Clinical and Experimental Rheumatology*, 26(4), 519–526. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18799079>
- Pontifex, M. B., Hillman, C. H., & Polich, J. (2009). Age, physical fitness, and attention: P3a and P3b. *Psychophysiology*, 46(2), 379–387. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2008.00782.x>
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The Attention System of the Human Brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13(1), 25–42. <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325>
- Schuch, F. B., Vancampfort, D., Richards, J., Rosenbaum, S., Ward, P. B., & Stubbs, B. (2016). Exercise as a treatment for depression: A meta-analysis adjusting for publication bias. *Journal of Psychiatric Research*, 77, 42–51. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2016.02.023>
- Sosa-Reina, M. D., Nunez-Nagy, S., Gallego-Izquierdo, T., Pecos-Martín, D., Monserrat, J., & Álvarez-Mon, M. (2017). Effectiveness of Therapeutic Exercise in Fibromyalgia Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Clinical Trials. *BioMed Research International*, 2017, 1–14. <https://doi.org/10.1155/2017/2356346>
- Steinberg, F., Pixa, N. H., & Fregni, F. (2019). A Review of Acute Aerobic Exercise and Transcranial Direct Current Stimulation Effects on Cognitive Functions and Their Potential Synergies. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12, 534. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00534>
- van Praag, H., Christie, B. R., Sejnowski, T. J., & Gage, F. H. (1999). Running enhances neurogenesis, learning, and long-term potentiation in mice. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(23), 13427–13431. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.23.13427>
- van Veen, V., & Carter, C. S. (2002). The anterior cingulate as a conflict monitor: fMRI and ERP studies. *Physiology & Behavior*, 77(4–5), 477–482. Retrieved from

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12526986>

- Wolfe, F, Smythe, H. A., Yunus, M. B., Bennett, R. M., Bombardier, C., Goldenberg, D. L., ... Clark, P. (1990). The American College of Rheumatology 1990 Criteria for the Classification of Fibromyalgia. Report of the Multicenter Criteria Committee. *Arthritis and Rheumatism*, 33(2), 160–172. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2306288>
- Wolfe, Frederick, Clauw, D. J., Fitzcharles, M.-A., Goldenberg, D. L., Katz, R. S., Mease, P., ... Yunus, M. B. (2010). The American College of Rheumatology Preliminary Diagnostic Criteria for Fibromyalgia and Measurement of Symptom Severity. *Arthritis Care & Research*, 62(5), 600–610. <https://doi.org/10.1002/acr.20140>

## ANEXO I



V 2, 22 de noviembre de 2016

**CONSENTIMIENTO INFORMADO**

**TÍTULO DEL ESTUDIO:** Protocolo de activación conductual y ejercicio físico para pacientes con dolor crónico basado en el uso de nuevas tecnologías (smartphone).

**CÓDIGO DEL PROMOTOR:** PSI2015-66295-R.

**PROMOTOR:** Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO).

**INVESTIGADOR PRINCIPAL:** Carolina Sitges Quirós, Prof. contratada doctora (Interina), Facultad de Psicología, [carol.sitges@ulb.es](mailto:carol.sitges@ulb.es), 971259809.

**CENTRO:** Instituto Universitario de Investigaciones en Ciencias de la Salud (IUNICS).

Yo, (nombre y apellidos).....

- He leído la hoja de información que se me ha entregado.
- He podido hacer preguntas sobre el estudio.
- He recibido suficiente información sobre el estudio.
- He hablado con (nombre y apellidos).....
- Comprendo que mi participación es voluntaria.
- Comprendo que puedo retirarme del estudio cuando quiera, sin tener que dar explicaciones y sin que esto repercuta en mis cuidados médicos.
- Comprendo que si decido retirarme del estudio los resultados obtenidos hasta ese momento podrán seguir siendo utilizados pero que no se incorporarán nuevos datos.
- Comprendo que tengo los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición a mis datos de carácter personal de acuerdo con lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal.
- Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio y doy mi consentimiento para el acceso y utilización de mis datos en las condiciones detalladas en la hoja de información al paciente.

Firma del participante:

Firma del investigador:

Nombre:  
Fecha:

Nombre:  
Fecha: