



**Universitat de les
Illes Balears**

Facultad de Psicología

Trabajo de Fin de Grado

**Mayor sensibilidad al dolor en pacientes con
fibromialgia al someterse a estimulación
transcraneal de corriente directa (tDCS) y alterna
(tACS)**

MARÍA DEL CARMEN ROMERO MUÑOZ

Grado de Psicología

Año académico 2019-2020

DNI del alumno: 41617027E

Trabajo tutelado por Pedro José Montoya Jiménez

Departamento de Psicología "Instituto Universitario de Investigación en Ciencias de la Salud (IUNICS)"

S'autoritza la Universitat a incloure aquest treball en el Repositori Institucional per a la seva consulta en accés obert i difusió en línia, amb finalitats exclusivament acadèmiques i d'investigació	Autor		Tutor	
	Sí	No	Sí	No
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

INDICE

RESUMEN	3
ABSTRACT.....	3
INTRODUCCIÓN	5
METODOLOGÍA.....	12
<i>Participantes.....</i>	<i>12</i>
<i>Materiales.....</i>	<i>12</i>
Evaluación psicológica	13
Estimulación eléctrica transcraneal.....	13
<i>Procedimiento.....</i>	<i>14</i>
<i>Análisis de datos.....</i>	<i>15</i>
RESULTADOS	16
DISCUSIÓN	20
CONCLUSIONES	23
BIBLIOGRAFÍA	24
ANEXOS.....	27

RESUMEN

La fibromialgia es uno de los síndromes más estudiados hoy en día a pesar de su desconocida etiología y su tratamiento. La principal característica de la fibromialgia es la hipersensibilidad, es decir, las personas que lo sufren sienten el dolor más fácilmente y necesitan menos estimulación para notarlo, suele ir acompañado de insomnio, ansiedad y depresión. La presente investigación pretende averiguar cual es el efecto que produce estimular transcranealmente mediante (tDCS o tACS) en cuanto a umbrales (medición con el algómetro) y VAS. Treinta pacientes de fibromialgia fueron asignados aleatoriamente a (tDCS=10), (tACS=10) o (SHAM=10). EL umbral de dolor y el VAS se registro tanto antes como después independientemente de la condición experimental a la que estuvieran sometidos los pacientes. Antes de la estimulación eléctrica se observaba como las puntuaciones de los umbrales en tDCS y tACS eran mayores que después de la intervención, contrario a los pacientes sometidos a SHAM. En cuanto a las puntuaciones del VAS, en todas las condiciones experimentales aumento considerablemente. Esto hace que no se confirmen las hipótesis de investigación donde esperábamos encontrar que después de someter a los pacientes a tDCS o tACS los umbrales de dolor aumentarían y el VAS no cambiaria significativamente. Todos estos hallazgos sugieren que tanto la estimulación transcraneal de corriente directa (tDCS) como la alterna (tACS) incrementan la sensibilidad al dolor en pacientes con fibromialgia.

Palabras clave: tDCS, tACS, dolor, fibromialgia, umbrales y VAS.

ABSTRACT

Fibromyalgia is one of the most studied syndromes today despite its unknown etiology and treatment. The main characteristic of fibromyalgia is hypersensitivity, meaning people who suffer it feel pain more easily and they need less stimulation to notice it, it is usually accompanied with insomnia, anxiety and depression. The aim of this research is to find out which is the effect that cranial stimulation produces through (tDCS or tACS) regarding thresholds and VAS. Thirty patients suffering from fibromyalgia were randomly assigned to (tDCS=10), (tACS=10) or (SHAM=10). The pain threshold and VAS were registered both before and after regardless of the experimental condition the patients were subjected to. Before electric stimulation, the threshold scores regarding tDCS and tACS were higher than after intervention, contrary to the patients undergoing SHAM. As for the VAS scores, in all experimental conditions it increased considerably. This means that the research hypothesis, where we expected to find out that before subjecting the patients to tDCS or tACS the pain thresholds would increase and the VAS wouldn't significantly change, was not confirmed. All these findings suggest that both direct current transcranial (tDCS) and alternating current (tACS) stimulation increase pain sensitivity in fibromyalgia patients.

Key words: tDCS, tACS, pain, fibromyalgia, thresholds and VAS.

INTRODUCCIÓN

El síndrome de la fibromialgia es una de los más conocidos a nivel de la población clínica (es el segundo trastorno más común observado por los reumatólogos (Goldenberg, Burckhardt & Crofford, 2004)), sin embargo, hoy en día sigue siendo uno de los síndromes cuya etiología y tratamiento concreto se desconoce ya que este último generalmente suele ir encaminado en reducir el dolor y la fatiga que éste produce, así como mejorar el bienestar psicológico del paciente para afrontar la enfermedad y no en la desaparición como tal de dicha enfermedad.

La mayoría de los síndromes cuya característica principal es el dolor crónico, como es la fibromialgia, carecen de unos síntomas o signos objetivos (más bien suelen ser bastante subjetivos) y de características fisiopatológicas que no puedan encontrarse en otros trastornos, es decir, no poseen síntomas definitorios únicos (Goldenberg, Burckhardt & Crofford, 2004).

Por lo tanto, la fibromialgia es uno de los síndromes más complejos cuyo curso avanza de forma generalizada y crónica sumándole una amplia pluralidad de manifestaciones como son la fatiga, la depresión, el colón irritable o el síndrome seco (Revuelta, Segura y Paulino, 2010). Si es verdad que varios estudios indican que tanto la depresión como la ansiedad que padecen generalmente los pacientes con fibromialgia suelen estar más asociado con el comportamiento de búsqueda de atención médica y no tanto por la etiología del dolor y sus signos varios (Mountz, Bradley, Modell, Alexander, Triana-Alexander, Aaron & Mountz, 1995).

“Su característica principal clínica es la hipersensibilidad para tener dolor que los pacientes presentan al recibir un estímulo en cualquier parte del sistema musculoesquelético, y que ha determinado la construcción de los criterios clínicos actuales para el diagnóstico de esta enfermedad (Collado, 2008)”. Bradley, 2009 en su artículo sobre *La fisiopatología de la fibromialgia* nos dice que la mayoría de los pacientes que sufren dicho síndrome presentan una

mayor sensibilidad a serie de estímulos y que estos estímulos producen unas respuestas de dolor que con la misma intensidad, en pacientes sanos no pasa.

La mayoría de los pacientes sienten un dolor lumbar, que puede difundirse hasta llegar tanto a las piernas como a las nalgas. Sin embargo, otros sufren de agarrotamiento y daño en el cuello y en los hombros superiores. Dicho dolor, los pacientes suelen catalogarlo como ardiente o punzante, rígido o desgarrador (Chakrabarty & Zoorob, 2007). Estos mismos autores nos cuentan que esta rigidez aparece generalmente cuando se levantan y va disminuyendo a medida que pasa el día en la mayoría de los pacientes con fibromialgia.

“La patogénesis de la fibromialgia no está del todo clara, por eso es útil considerarla como una alteración en la modulación central del dolor que es explicable por la deficiente concentración de varias aminas biógenas a nivel del sistema nervioso central. Diferentes estudios sugieren que los pacientes con fibromialgia tienen un estado generalizado de amplificación del dolor con predominio de factores centrales involucrados en el mismo (Collado, 2008)”.

Es pertinente definir que es el dolor, ya que como hemos dicho varias veces, la fibromialgia es un tipo de enfermedad con dolor crónico. La *International Association for the Study of Pain* (IASP) define el dolor como “una experiencia sensorial y emocional desagradable asociado con daño tisular o potencial, o descrita en términos de dicho daño”. Dependiendo de la duración de éste, se podrá considerar crónico o agudo.

La *American Cancer Society* considera el **dolor agudo** como “intenso, se presenta rápidamente y dura relativamente poco tiempo. Con más frecuencia, es un signo de que el cuerpo ha sido lesionado de alguna forma. Este tipo de dolor desaparece tras reponerse de la lesión” en cambio define el **dolor crónico o persistente** “puede presentarse rápida o lentamente, y puede variar desde leve hasta intenso. Dura por periodos prolongados. Se considera crónico si dura más de 3 meses,

y puede perturbar su vida e interrumpir sus actividades cotidianas si no se trata bien. No desaparece a menos que se trata su causa subyacente, pero generalmente puede aliviarse o mantenerse bajo control mediante medicinas contra el dolor que se toman en un horario establecido. A veces esto se conoce como recibir medicinas contra el dolor “durante todo el día”.

Gracias a los métodos innovadores que se usan hoy en día podemos evaluar todos aquellos cambios que se producen en el sistema nervioso central en relación con el dolor crónico, y gracias a estos podemos considerar éste como una enfermedad propia (Tracey & Mantyh, 2007). Como veremos más adelante, tanto la estimulación transcraneal de corriente directa como la alterna son capaces de modificar la percepción del dolor en pacientes con fibromialgia, ya sea aumentando o disminuyendo dicha percepción.

Díaz Robredo & Sánchez (2014), creen que, en cuanto a los cambios a nivel fisiopatológico, el dolor crónico es capaz de realizar modificaciones neuroplásticas dentro del sistema nervioso central a causa de la previa activación permanente tanto de las fibras A como C (son aquellas fibras que se encargan de transportar el impulso nociceptivo a las neuronas de la asta dorsal de la médula espinal para que se de una respuesta) provocando así la estimulación para la fuga de neurotransmisores y neuromoduladores. La influencia de la liberación de dichos neuroquímicos debilita las neuronas responsables de la sensación de tacto, presión, temperatura y dolor haciendo que se exciten más de la cuenta ante la presencia de niveles bajos de estímulos nociceptivos (hiperalgesia) y aquellos que antes no causaban dolor (alodinia). Esto podría dar una explicación a los mecanismos del “síndrome de sensibilidad central” (SSC). “La sensibilización central, entonces es el mecanismo fisiopatológico común (Mato, 2011)”. Este mismo autor cree que esta sensibilidad central que padecen dichos pacientes implica diferentes cambios: a nivel molecular,

químico y funcional del SNC provocando un incremento y generalización del dolor y fomento de otras sensaciones asociadas.

El dolor, por lo tanto, ha sido un concepto muy estudiado y analizado por los profesionales de la salud; médicos, fisioterapias, psicólogos... Esto se debe a que el dolor se considera una experiencia multidimensional, ya que no solo se tiene en cuenta un daño físico, sino que existe una experiencia subjetiva que manifiesta el paciente. Una manera para medir el dolor de una forma objetiva es mediante el algómetro o dolímetro (Lozano, Morales, Lorenzo & Sánchez, 2006).

El algómetro es un instrumento que sirve para medir objetivamente la variable de dolor y que puede cuantificar tanto el umbral como la tolerancia a este. El umbral de dolor es aquella presión mínima necesaria para que el sujeto lo perciba como dolorosa y la tolerancia es aquella presión máxima que el sujeto puede aguantar (Fischer, 1986).

El dolor, al considerarse una experiencia emocional y sensorial, puede relacionarse con una serie de emociones, generalmente negativas o desagradables. Estas emociones que experimenta el ser humano al sufrir dolor se ubican en unas estructuras concretas del cerebro, concretamente en la corteza somatosensorial.

La funcionalidad de la corteza somatosensorial (SI) en relación con la percepción del dolor no se ve muy reflejada ya que existen numerosas activaciones inconsistentes en dicha área en los distintos estudios de neuroimagen que se han realizado para conocer si la percepción del dolor varía o no (Antal, Brepohl, Poreisz, Boros, Csifcsak & Paulus, 2008). En este mismo estudio, pretendían averiguar si la estimulación transcraneal de corriente directa (tDCS) podía modificar la percepción y el procesamiento del dolor en pacientes sanos. Los resultados que obtuvieron fueron que, si disminuyó significativamente la percepción de dolor en el tDCS catódico, mientras que la

estimulación anódica y simulada no tuvo efecto significativo, por lo tanto, al estimularse la corteza somatosensorial se observan variaciones a la hora de percibir el dolor.

En el estudio por conocer cual es el papel de la corteza somatosensorial en el reconocimiento visual de emociones en personas con lesiones tridimensionales (Adolphs, Damasio, Tranel, Cooper & Damasio, 2000) descubrieron “que un rendimiento aparentemente basado en la visión puede verse gravemente afectado por la disfunción en las regiones del hemisferio derecha que procesan la información somatosensorial, incluso en ausencia de daño en las cortezas visuales”.

La estimulación transcraneal de corriente directa (tDCS) es una de las técnicas que se han seleccionado para dicha investigación. Se trata de un instrumento emergente capaz de modular la actividad cerebral que ha servido para conocer cual es el efecto que tiene la modulación cortical en diferentes redes neuronales cuya implicación se ve reflejada en la toma de decisiones, lenguaje, entre diferentes procesos corticales más complicados, como podría ser el dolor (Boggio, Zaghi & Fregni, 2009). La tDCS se ha vuelto a introducir nuevamente como una técnica capaz de impulsar cambios duraderos en la excitabilidad cortical y en la actividad de regiones cerebrales focales de forma reversible, sin causar el más mínimo malestar y de forma fiable (Antal, Brepohl, Poreisz, Boros, Csifcsak & Paulus, 2008).

Otra de las áreas cerebrales que ejerce un papel relevante en la modulación afectiva del dolor es la corteza prefrontal dorsolateral (DLPFC) y así lo demostraron con su estudio Boggio, Zaghi y Fregni en 2009. Se les presentaba a los sujetos una serie de imágenes con contenido emocional en el que se mostraba dolor humano y debían puntuarla según la valencia afectiva (agradable o desagradable) y su nivel de incomodidad emocional (cómodo/sin dolor o incómodo/con dolor). Los resultados obtenidos demostraron que cuando se administraba el tDCS anódico de DLPFC

izquierdo, disminuía la percepción de desagrado y reducía el malestar emocional de los sujetos al ver las imágenes aversivas.

En el estudio que realizaron Vonck, Swinnen, Wenderoth y Alearts (2015) para descubrir el efecto de la estimulación transcraneal de corriente directa, específicamente en el surco temporal superior posterior (pSTS) y en la corteza orbito-frontal de sujetos sanos mientras realizaban una tarea de reconocimiento de emociones corporales se demostró que los “efectos de la estimulación dependían de la valencia emocional de los estímulos presentados”, por lo tanto, se reveló que el hecho de reconocer mejor las emociones corporales aumentaba al recibir estimulación anódica cuando éstas tenían una valencia emocional negativa, mientras que no se demostraron efectos de estimulación cuando tenían valencia positiva o neutra.

El tDCS también ha demostrado que tiene un papel significativo en la depresión que es resistente al tratamiento. Es verdad que no ejerce ningún efecto terapéutico significativo, pero sí se descubrió un aumento de emociones positivas y la tendencia hacia la reducción de emociones negativas (Palm, Schiller, Fintescu, Obermeier, Keeser, Reisinger, Pogarell, Nitsche, Möller, Padberg, 2012).

Otra técnica de estimulación que se usa muy a menudo en investigación es la estimulación de corriente alterna transcraneal a pesar de ser una técnica poco explorada si se compara con otras y cuyos efectos de conducción de volumen no se acaban de entender muy bien (Feurra, Paulus, Walsh & Kanai, 2011). Esta técnica parece abrir un nuevo período en el campo de la estimulación eléctrica no invasiva ya que se ha visto que interviene directamente con los ritmos corticales (Antal & Paulus, 2013). Esta técnica no suele ser la que más se usa a la hora de estudiar aspectos relacionados con la fibromialgia, ya que se lleva el protagonismo la tDCS en este caso.

Una técnica que si se ha relacionado mucho en el estudio de la fibromialgia ha sido la estimulación magnética transcraneal repetitiva (rTMS) donde se ha demostrado que después de dicho tratamiento todos los participantes tuvieron una mejoría en el dolor (Sampson, Romer & Rummans, 2006).

Por lo tanto, a raíz de explorar en distintas investigaciones y numerosos resultados, este estudio plantea la posibilidad de valorar el dolor en pacientes con fibromialgia de una manera objetiva, en este caso con el algómetro, dependiendo de la condición experimental por la que pasen los sujetos, viendo si la tDCS, tACS o sham influyen en dicha medida. Por lo tanto, se pretende establecer una relación entre el umbral del dolor y la estimulación cerebral. Además, se tuvo en cuenta las distintas emociones que sentían los pacientes. También se valorará también si los niveles de dolor clínico cambian después de la estimulación eléctrica. Se espera que el umbral de dolor aumente después de la estimulación (tDCS o tACS) porque eres menos sensibles y a su vez, el dolor clínico que sienten los pacientes será igual independientemente de la condición experimental por la que hayan pasado.

METODOLOGÍA

Participantes

La muestra de dicho trabajo está formada por 30 pacientes de fibromialgia (29 mujeres y un hombre) de edades comprendidas entre los 46 y los 69 años.

Todos los pacientes desconocían por que condición experimental iban a pasar ya que su asignación fue aleatoria y dieron su consentimiento informado por escrito autorizando ser sometidos a estimulación transcraneal.

El estudio se realizó en conformidad con la Declaración de Helsinki (1991) y fue aprobado por el Comité de ética de las Islas Baleares (protocolo IB3681/18PI).

Materiales

Los materiales que se usaron para dicho experimento fueron una serie de cuestionarios que contestaron todos los participantes en la fase previa a la experimentación:

- Cuestionario sobre variables sociodemográficas.
- Escala de alexitimia (TAS-20).
- Cuestionario sobre ansiedad (STAI) y depresión (BDI).
- Fibromyalgia Impact Questionnaire (FIQ).
- Inventario de McGrill.
- Inventario de dolor multidimensional de West-Haven Yale (WHYMPI).
- Perfil de los estados de ánimo (POMS).
- VAS-dolor.
- VAS-tDCS/tACS.
- Cuestionario tDCS.

- Ítem de creación propia evaluando el nivel de “miedo” y “ansiedad” que le produce al participante el pensar que se le va a estimular a nivel cortical eléctricamente.

También se usó el algómetro para pedir el umbral de dolor (tres repeticiones) de los participantes antes y después de la estimulación eléctrica.

El electroencefalograma (EEG) detecta y registra los patrones de las ondas cerebrales, por lo que se le colocó el casco con los electrodos para poder registrar la actividad cerebral durante todo el experimento.

Evaluación psicológica

Se obtuvieron las historias clínicas, el uso de medicamentos, los datos sociodemográficos y las características psicológicas de los participantes mediante la entrevista de un psicólogo clínico. La depresión y la ansiedad fueron evaluadas mediante el Inventario de depresión de Beck (BDI) y el Inventario de ansiedad por rasgos estatales (STAI). Además, todos los participantes completaron la versión en español de la Escala de alexitimia de Toronto (TAS-20).

Estimulación eléctrica transcraneal

Tanto la estimulación de corriente continua transcraneal (tDCS) como la alterna (tACS) se administraron mediante un estimulador de corriente constante impulso por batería (NeuroConn, GmbH, Ilmenau, Alemania) a partir de dos electrodos con gel conductor (diámetro: 20 mm; área: 3cm²; espesor de 1 mm). El electrodo de estimulación (ánodo) fue colocado en el cuero cabelludo sobre la corteza somatosensorial izquierda, ya que todos los participantes eran diestros (ubicación del electrodo CP3), mientras que el electrodo de referencia (cátodo) se colocó en la frente, sobre la cresta supraorbital contralateral.

Se aplicó tanto el tDCS como la tACS durante 20 minutos con una intensidad de corriente de 1'5 mA y períodos de aumento/desaparición gradual de 30 segundos. SHAM (estimulación no

eléctrica) consistió en una aceleración inicial de 30 segundos seguida de 20 minutos sin estimulación y una disminución de otros 30 segundos más. La impedancia se mantuvo por debajo de $5k\Omega$ durante la estimulación.

Los participantes recibieron las instrucciones de que debían sentarse cómodamente y descansados durante el experimento, pero manteniendo siempre los ojos abiertos. Todos los parámetros que fueron utilizados para las estimulaciones eléctricas se eligieron siguiendo las guías estándar para el diseño y la implementación del tDCS y la tACS. Después de la estimulación, los participantes completaron un cuestionario de autoinforme para conocer las sensaciones provocadas por la intervención.

Procedimiento

Los participantes fueron asignados aleatoriamente a SHAM (n=10), tDCS (n=10) y tACS (N=10). La aleatorización se hizo utilizando el orden de entrada al estudio y una lista de aleatorización previa generada por el ordenador con los códigos de estimulación cegados para el investigador y los participantes. Después de que los participantes firmaran el consentimiento informado y completaran los cuestionarios psicológicos, fueron llevados al laboratorio donde se encuentra el EEG, se sentaron cómodamente y se les colocó los electrodos para la grabación del EEG y el tDCS o tACS en el cuero cabelludo.

La grabación del EEG empezó con el registro de una línea base de 5 minutos, se realizó la tarea de estimulación emparejada. Después de un corto descanso, los participantes recibieron 20 minutos de estimulación cerebral (tDCS, tACS o SHAM). La sesión acabó con un registro de una línea base de 5 minutos más.

Los experimentos se llevaron a cabo a las 9:00 am., a las 12:00 am., o a las 4 pm.

Los participantes recibieron instrucciones de que debía abstenerse de tomar cafeína, alcohol, nicótica o hacer ejercicio vigoroso al menos dos horas antes de llegar al laboratorio. Además, se les recomendó que tomaran el desayuno, para los del grupo de la mañana o la comida para los participantes de la tarde, lo antes posible y que no comieran inmediatamente antes del experimento.

Análisis de datos

Todos los datos que se han obtenido para obtener dichos resultados se analizaron mediante el programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) para Mac. En primer lugar, para contrastar el tipo de distribución de los datos, se estudió la normalidad mediante la prueba Kolmogorov-Smirnov de las tres condiciones experimentales teniendo en cuenta el pre/post de los umbrales y el VAS. Una vez estudiada la normalidad de los datos, y ver que, si se cumplía, se escogió la vía paramétrica y se analizó la homogeneidad de las varianzas (Levene). Seguidamente se obtuvo la ANOVA y para finalizar se realizaron las correlaciones pertinentes para conocer los resultados de los datos.

RESULTADOS

El proceso previo para conocer si se confirman o no nuestras hipótesis es conocer si los datos siguen la vía paramétrica o la no paramétrica, para ello, se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Una vez aceptado H_0 en cada una de las condiciones experimentales en relación a los umbrales (Z dif.umbrales post/pre tDCS= .643 \geq 0'05, Z dif.umbrales post/pre tACS= .375 \geq 0'05 y Z dif.umbrales post/pre SHAM=.613 \geq 0'05) se siguió la vía paramétrica para continuar con el análisis de datos Se hizo lo mismo con los datos pre/post del VAS en las tres condiciones experimentales (Z dif.VAS tDCS= .521 \geq 0'05, Z dif.VAS tACS= .592 \geq 0'05 y Z dif.VAS SHAM= .736 \geq 0'05). (Véase tabla 1 y figura 1 y 2)

Tabla 1. Media, desviación típica y resultados de la prueba de normalidad (Z de Kolmogorov-Smirov) de las tres condiciones experimentales en cuanto a las diferencias entre umbrales pre/post y el VAS.

	Dif. Umbral post/pre tDCS	Dif. VAS post/pre tDCS	Dif.Umbral post/pre tACS	Dif. VAS post/pre tACS	Dif. Umbral post/pre SHAM	Dif. VAS post/pre SHAM
N	10	10	10	10	10	10
Media	-.7120	.8500	-.3940	.3000	.2980	.6500
Desviación estándar	1.02556	2.14800	.86879	2.13698	1.35469	1.84165
Z de Kolmogorov- Smirov	.643	.521	.375	.592	.613	.736
Sig. Asintót (bilateral)	.803	.949	.999	.875	.847	.652

(total de N=30)

Figura 1. Media de la diferencia de umbral post/pre en las distintas condiciones experimentales.

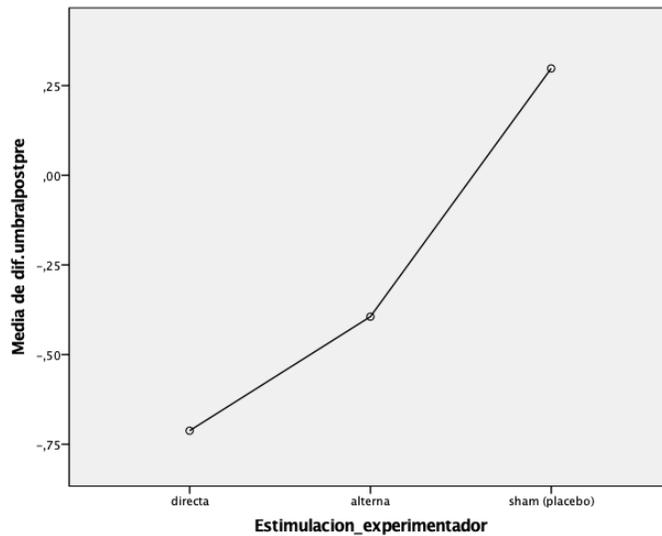
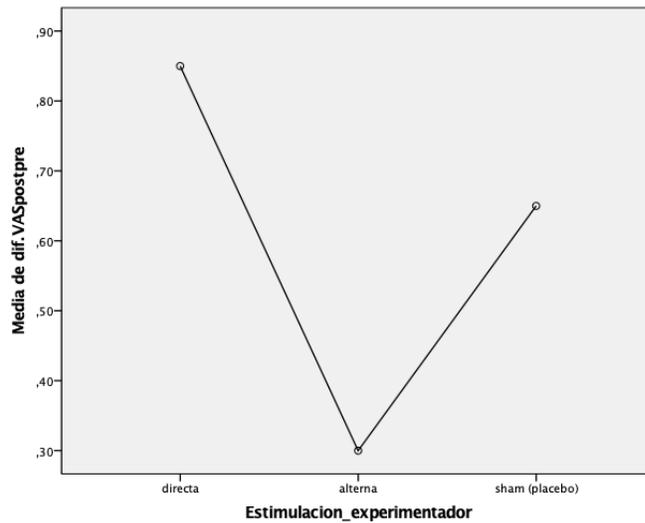


Figura 2. Media de la diferencia de VAS post/pre en las distintas condiciones experimentales.



En relación con la hipótesis principal según la que se espera que al someter a pacientes con fibromialgia a estimulación eléctrica (tDCS y tACS) los umbrales de dolor aumenten ya que los pacientes se vuelven menos sensibles, sin embargo, el análisis realizado muestra que, las diferencias estadísticamente significativas que se dan son al revés de lo esperado. Es decir, los pacientes sometidos a estimulación eléctrica (tDCS y tACS) tienen el umbral de dolor más bajo,

sin embargo, los pacientes que fueron sometidos a SHAM (condición placebo) aparece como que el umbral si aumenta, se vuelven menos sensibles al algómetro (Tabla 2) (véase la prueba T en los Anexos). Cabe destacar que la diferencia es mayor en la tDCS que en la tACS (.71200 frente .39400).

Tabla 2. Umbrales pre/post de cada condición experimental junto a su desviación estándar además de la diferencia entre umbral pre - umbral post de cada una de las condiciones experimentales.

	tDCS		tACS		SHAM	
	Umbral pre	Umbral post	Umbral pre	Umbral post	Umbral pre	Umbral post
Media	2.9650	2.2530	3.4127	3.0187	2.2860	2.5840
Desviación estándar	1.43087	1.29869	2.01846	2.00074	1.43670	1.71337
	Umbral pre - Umbral post		Umbral pre - Umbral post		Umbral pre - Umbral post	
	.71200		.39400		-.29800	

La segunda hipótesis que planteaba dicha investigación es que el VAS (el dolor clínico que siente los pacientes con fibromialgia) no iba a variar independientemente de la condición experimental a la que los sujetos estuvieran sometidos, sin embargo, los resultados no son lo esperado. En las tres condiciones, los pacientes dicen sentir más dolor después de recibir la estimulación eléctrica, incluso SHAM (placebo) (Tabla 3) (véase la prueba T en los Anexos).

Tabla 3. VAS pre/post de cada condición experimental junto a su desviación estándar además de la diferencia entre VAS pre - VAS post de cada una de las condiciones experimentales.

	tDCS		tACS		SHAM	
	VAS pre	VAS post	VAS pre	VAS post	VAS pre	VAS post
Media	5.300	6.1500	5.650	5.9500	5.550	6.2000
Desviación estándar	1.0853	1.73285	2.4387	2.15316	2.0062	2.81069
	VAS pre - VAS post		VAS pre - VAS post		VAS pre - VAS post	
	-.85000		-.30000		-.65000	

DISCUSIÓN

El objetivo principal de esta investigación era comprobar si existían diferencias en la medición del umbral pre/post dependiendo de la estimulación eléctrica que recibían los pacientes (tDCS, tACS, SHAM). Los resultados que se esperaban de dicho estudio es que los umbrales de los pacientes que han pasado por tDCS y tACS fueran mayor que antes de recibir la estimulación eléctrica, es decir, que los pacientes fueran menos sensibles al algómetro y necesiten más peso para llegar al umbral de dolor. Además de ver cual es el efecto de ambas estimulaciones eléctricas en los pacientes, se valora si el nivel de dolor clínico que sienten los pacientes con fibromialgia variaba antes y después de la estimulación eléctrica.

De acuerdo con estudios previos donde se utiliza la estimulación eléctrica, los autores del artículo *“La estimulación transcranial de corriente continua sobre la corteza somatosensorial disminuye la percepción de dolor agudo inducida experimentalmente”* de Antal, Brephol, Poreisz, Boros, Csifcsak y Paulus (2008), defienden que dicho método de estimulación podía modular la excitabilidad cerebral ya que mejora los potenciales evocados somatosensoriales (SEP) para aquellos estímulos táctiles en principio, no dolorosos, y como sucede en nuestros resultados, gracias a la estimulación transcranial de corriente directa el umbral de los pacientes de fibromialgia disminuye, es decir, necesitan menos peso para llegar a sentir dolor por lo que se vuelven más sensibles.

Es verdad que se sabe que la tDCS es una técnica de neuroestimulación no invasiva que se usa como tratamiento complementario o alternativo en la fibromialgia ya que generalmente tiene resultados positivos en cuanto a la reducción de la percepción de dolor, así se vió reflejado en el estudio de Deus-Yela, Soler, Pelayo-Vergara y Vidal- Samsó de 2017 donde el uso de la tDCS a 2 mA durante 20 minutos durante cinco días consecutivos proporcionó una reducción del dolor

oponiéndose a los resultados obtenidos en dicha investigación donde todos los pacientes dicen sentir más dolor después de haber sido estimulados eléctricamente (indiferentemente de la condición experimental a la que pertenecían: tDCS, tACS o SHAM).

A pesar de seleccionar la estimulación transcraneal de corriente directa y alterna, diferentes estudios utilizan el rCBF (flujo sanguíneo cerebral regional) del tálamo y núcleo caudado para obtener también resultados donde se refleje en pacientes de fibromialgia niveles de umbral de dolor significativamente más bajo comparándolo con un grupo control (Mountz, Bradley, Modell, Alexander, Triana-Alexander, Aaron, & Mountz, 1995).

Siguiendo con el análisis de la primera hipótesis refutada, al producir mayor sensibilidad en los pacientes sometidos a ambas estimulaciones eléctricas se pone de manifiesto el Síndrome de Sensibilidad Central (SSC). “La sensibilización central se podría definir también como la “hiperemocionabilidad” de las neuronas del SNC en resulta a los noci-estímulos periféricos, de manera que hay una respuesta exagerada a un estímulo doloroso normal (hipergesia), duración superior de la respuesta a un estímulo corto (dolor persistente), y una respuesta de dolor después de un estímulo normalmente no-nociceptivo, como tocar o frotar (alodinia) (Mato, 2011)”.

Generalmente, la mayoría de los estudios médicos en la fibromialgia han estado orientados a analizar si dichos pacientes padecen lesiones musculares, alteraciones en el propio sistema inmunológico, posibles trastornos psicológicos, problemas hormonales o alteraciones en los mecanismos que nos protegen del dolor, pero se ha demostrado que no hay una afección médica específica y determinante de dicha enfermedad (López & Mingote, 2008).

En cuanto a las limitaciones generales del estudio podríamos nombrar el tipo de muestra, ya que únicamente hay un varón entre los treinta participantes. Si cabe destacar que dicha enfermedad tiene una prevalencia mucho más elevada en mujeres que en hombres, de ahí que el porcentaje de

mujeres sean tan elevado. En cuanto a la edad de la muestra, creo que tiene un rango amplio por lo que puede ayudar a compensar que no solo las personas mayores de entre 55 y 60 años padecen fibromialgia.

Como propuesta de mejora para futuros estudios relacionados, estaría bien tener en cuenta la personalidad de los pacientes usando algún inventario o instrumento de medición de esta, como por ejemplo el PAI, ya que como hemos estado mencionando en el trabajo la fibromialgia se trata de una enfermedad que se relaciona de forma muy estrecha con la ansiedad y la depresión por lo que sería interesante, conocer también, en que medida dependiendo de la personalidad de cada uno de los pacientes, hay más o menos probabilidad de afrontar dicha enfermedad con más probabilidad de padecer algún trastorno del estado de ánimo como la depresión o la ansiedad.

CONCLUSIONES

En conclusión, los resultados que se obtienen de dicha investigación sugieren que los pacientes que fueron sometidos a estimulación eléctrica ya sea tDCS o tACS tendrán el umbral de dolor más bajo después de la estimulación en contraposición a lo que se esperaba, por lo tanto, la primera hipótesis no se cumple ya que se observa una disminución en el umbral, es decir, se vuelven más sensibles. En cambio, en el caso de la condición experimental SHAM, se esperaba que no cambiara y sin embargo se observa que el umbral de los pacientes que pasaron por dicha condición sí aumenta y los pacientes necesitan más peso para alcanzar su umbral de dolor.

Por otro lado, también podemos concluir que los resultados que hemos obtenido en relación con el VAS hacen que rechacemos la segunda hipótesis, ya que se esperaba que independientemente de la condición experimental a la que los pacientes fueran sometidos esta no variaría significativamente, sin embargo, vemos como en todas las condiciones el VAS aumenta después de la estimulación eléctrica (tDCS, tACS y SHAM). Es decir, los pacientes dicen sentir más dolor clínico una vez sometidos al tratamiento.

BIBLIOGRAFÍA

Páginas web:

<https://www.who.int>

Dolor agudo, crónico e intercurrente. (2019). Recuperado 25 de abril de 2020, de American Cancer Society website: <https://www.cancer.org/es/tratamiento/tratamientos-y-efectos-secundarios/efectos-secundarios-fisicos/dolor/otros-tipos.html>

Referencias bibliográficas:

- Adolphs, R., Damasio, H., Tranel, D., Cooper, G., & Damasio, A. R. (2000). A role for somatosensory cortices in the visual recognition of emotion as revealed by three-dimensional lesion mapping. *Journal of neuroscience*, 20(7), 2683-2690.
- Antal, A., Brepohl, N., Poreisz, C., Boros, K., Csifcsak, G., & Paulus, W. (2008). Transcranial direct current stimulation over somatosensory cortex decreases experimentally induced acute pain perception. *The Clinical journal of pain*, 24(1), 56-63.
- Antal, A., & Paulus, W. (2013). Transcranial alternating current stimulation (tACS). *Frontiers in human neuroscience*, 7, 317.
- Boggio PS, Zaghi S, Fregni F (2009). Modulation of emotions associated with images of human pain using anodal transcranial direct current stimulation (tDCS). *Neuropsychologia* 47(1):212–217.
- Bradley, L. A. (2009). Pathophysiology of fibromyalgia. *The American journal of medicine*, 122(12), S22-S30.
- Chakrabarty, S., & Zoorob, R. (2007). Fibromyalgia. *American family physician*, 76(2), 247-254.
- Collado, A. (2008). Fibromialgia: "Una enfermedad más visible". *Revista de la Sociedad Española del Dolor*, 15(8), 517-520.

- Deus-Yela, J., Soler, M. D., Pelayo-Vergara, R., & Vidal-Samsó, J. (2017). Estimulación transcranial por corriente directa en la fibromialgia: revisión sistemática. *Revista de Neurología*, 65(8), 353-360.
- Díaz RobreRobredo, L. A., & Sánchez, R. (2014). ¿Es la Fibromialgia un trastorno depresivo con síntomas somáticos o es un síndrome de sensibilización central con comorbilidad depresiva?. *Sanidad Militar*, 70(2), 76-87.
- Feurra, M., Paulus, W., Walsh, V., & Kanai, R. (2011). Frequency specific modulation of human somatosensory cortex. *Frontiers in psychology*, 2, 13.
- Fischer, A. A. (1986). Pressure threshold meter: its use for quantification of tender spots. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 67(11), 836-838.
- Goldenberg, D. L., Burckhardt, C., & Crofford, L. (2004). Management of fibromyalgia syndrome. *Jama*, 292(19), 2388-2395.
- López, M., & Mingote, J. C. (2008). Fibromialgia. *Clínica y Salud*, 19(3), 343-358.
- Lozano, A. H., Morales, M. A., Lorenzo, C. M., & Sánchez, A. C. (2006). Dolor y estrés en fisioterapia: algometría de presión. *Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología*, 9(1), 3-10.
- Mato, A. M. L. Síndrome de sensibilidad central. Investigaciones y opiniones. *Revista Argentina de Clínica Nueropsiquiátrica*, 17 (1), 57-63.
- Mountz, J. M., Bradley, L. A., Modell, J. G., Alexander, R. W., Triana-Alexander, M., Aaron, L. A., ... & Mountz, J. D. (1995). Fibromyalgia in women. *Arthritis & Rheumatism: Official Journal of the American College of Rheumatology*, 38(7), 926-938.
- Palm, U., Schiller, C., Fintescu, Z., Obermeier, M., Keeser, D., Reisinger, E., Pogarell, O., Nitsche, M.A., Möller, H.J., & Padberg, F. (2012). Transcranial direct current stimulation in

- treatment resistant depression: a randomized double-blind, placebo-controlled study. *Brain stimulation*, 5(3), 242-251.
- Revuelta, E., Segura, E., & Paulino, J. (2010). Depresión, ansiedad y fibromialgia. *Revista de la Sociedad Española del dolor*, 17(7), 326-332.
- Sampson, S. M., Rome, J. D., & Rummans, T. A. (2006). Slow-frequency rTMS reduces fibromyalgia pain. *Pain Medicine*, 7(2), 115-118.
- Tracey, I., & Mantyh, P. W. (2007). The cerebral signature for pain perception and its modulation. *Neuron*, 55(3), 377-391.
- Villanueva, V. L., Valía, J. C., Cerdá, G., Monsalve, V., Bayona, M. J., & Andrés, J. D. (2004). Fibromialgia: diagnóstico y tratamiento. El estado de la cuestión. *Revista de la Sociedad Española del Dolor*, 11(7), 50-63.
- Vonck, S., Swinnen, S. P., Wenderoth, N., & Alaerts, K. (2015). Effects of transcranial direct current stimulation on the recognition of bodily emotions from point-light displays. *Frontiers in human neuroscience*, 9, 438.

ANEXOS

Pruebas de normalidad de las tres condiciones experimentales:

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra^a

		dif. umbralpostpre	dif. VASpostpre
N		10	10
Parámetros normales ^{b,c}	Media	-,7120	,8500
	Desviación típica	1,02556	2,14800
Diferencias más extremas	Absoluta	,203	,165
	Positiva	,123	,165
	Negativa	-,203	-,142
Z de Kolmogorov-Smirnov		,643	,521
Sig. asintót. (bilateral)		,803	,949

- a. Estimulacion_experimentalador = directa
 b. La distribución de contraste es la Normal.
 c. Se han calculado a partir de los datos.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra^a

		dif. umbralpostpre	dif. VASpostpre
N		10	10
Parámetros normales ^{b,c}	Media	-,3940	,3000
	Desviación típica	,86879	2,13698
Diferencias más extremas	Absoluta	,119	,187
	Positiva	,119	,187
	Negativa	-,091	-,144
Z de Kolmogorov-Smirnov		,375	,592
Sig. asintót. (bilateral)		,999	,875

- a. Estimulacion_experimentalador = alterna
 b. La distribución de contraste es la Normal.
 c. Se han calculado a partir de los datos.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra^a

		dif. umbralpostpre	dif. VASpostpre
N		10	10
Parámetros normales ^{b,c}	Media	,2980	,6500
	Desviación típica	1,35469	1,84165
Diferencias más extremas	Absoluta	,194	,232
	Positiva	,194	,232
	Negativa	-,120	-,166
Z de Kolmogorov-Smirnov		,613	,735
Sig. asintót. (bilateral)		,847	,652

- a. Estimulacion_experimentalador = sham (placebo)
 b. La distribución de contraste es la Normal.
 c. Se han calculado a partir de los datos.

Prueba de homogeneidad de varianzas de los umbrales y el VAS:

Prueba de homogeneidad de varianzas

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
dif.umbralpostpre	1,459	2	27	,250
dif.VASpostpre	,576	2	27	,569

ANOVA de un factor con la diferencia de umbrales post/pre intergrupos e intragrupos y de la diferencias de VAS post/pre intergrupos e intragrupos:

ANOVA de un factor

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
dif.umbralpostpre	Inter-grupos	5,334	2	2,667	2,197	,131
	Intra-grupos	32,776	27	1,214		
	Total	38,109	29			
dif.VASpostpre	Inter-grupos	1,550	2	,775	,185	,832
	Intra-grupos	113,150	27	4,191		
	Total	114,700	29			

Estadísticos descriptivos en cuanto al umbral y VAS de las tres condiciones experimentales y su total:

Descriptivos

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo	
					Límite inferior	Límite superior			
dif.umbralpostpre	directa	10	-,7120	1,02556	,32431	-1,4456	,0216	-2,17	,49
	alterna	10	-,3940	,86879	,27474	-1,0155	,2275	-1,70	1,09
	sham (placebo)	10	,2980	1,35469	,42839	-,6711	1,2671	-1,42	2,78
	Total	30	-,2693	1,14635	,20929	-,6974	,1587	-2,17	2,78
dif.VASpostpre	directa	10	,8500	2,14800	,67926	-,6866	2,3866	-2,00	4,00
	alterna	10	,3000	2,13698	,67577	-1,2287	1,8287	-3,00	5,00
	sham (placebo)	10	,6500	1,84165	,58238	-,6674	1,9674	-2,00	5,00
	Total	30	,6000	1,98876	,36310	-,1426	1,3426	-3,00	5,00

Contrastes bajo homogeneidad a posteriori de la diferencia de umbral postpre en todas combinaciones posibles entre las condiciones experimentales:

Comparaciones múltiples

Variable dependiente		(I) Estimulacion_experimentalador	(J) Estimulacion_experimentalador	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
							Límite inferior	Límite superior
dif.umbralpostpre	HSD de Tukey	directa	alterna	-,31800	,49273	,797	-1,5397	,9037
			sham (placebo)	-1,01000	,49273	,120	-2,2317	,2117
		alterna	directa	,31800	,49273	,797	-,9037	1,5397
			sham (placebo)	-,69200	,49273	,353	-1,9137	,5297
		sham (placebo)	directa	1,01000	,49273	,120	-,2117	2,2317
			alterna	,69200	,49273	,353	-,5297	1,9137
	Bonferroni	directa	alterna	-,31800	,49273	1,000	-1,5757	,9397
			sham (placebo)	-1,01000	,49273	,151	-2,2677	,2477
		alterna	directa	,31800	,49273	1,000	-,9397	1,5757
			sham (placebo)	-,69200	,49273	,515	-1,9497	,5657
		sham (placebo)	directa	1,01000	,49273	,151	-,2477	2,2677
			alterna	,69200	,49273	,515	-,5657	1,9497
t de Dunnett (bilateral) ^a	directa	sham (placebo)	-1,01000	,49273	,090	-2,1597	,1397	
	alterna	sham (placebo)	-,69200	,49273	,288	-1,8417	,4577	
dif.VASpostpre	HSD de Tukey	directa	alterna	,55000	,91550	,821	-1,7199	2,8199
			sham (placebo)	,20000	,91550	,974	-2,0699	2,4699
		alterna	directa	-,55000	,91550	,821	-2,8199	1,7199
			sham (placebo)	-,35000	,91550	,923	-2,6199	1,9199
		sham (placebo)	directa	-,20000	,91550	,974	-2,4699	2,0699
			alterna	,35000	,91550	,923	-1,9199	2,6199
	Bonferroni	directa	alterna	,55000	,91550	1,000	-1,7868	2,8868
			sham (placebo)	,20000	,91550	1,000	-2,1368	2,5368
		alterna	directa	-,55000	,91550	1,000	-2,8868	1,7868
			sham (placebo)	-,35000	,91550	1,000	-2,6868	1,9868
		sham (placebo)	directa	-,20000	,91550	1,000	-2,5368	2,1368
			alterna	,35000	,91550	1,000	-1,9868	2,6868
t de Dunnett (bilateral) ^a	directa	sham (placebo)	,20000	,91550	,966	-1,9362	2,3362	
	alterna	sham (placebo)	-,35000	,91550	,900	-2,4862	1,7862	

a. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como control y lo comparan con todos los demás grupos.

Prueba T con los datos de tDCS:

Estadísticos de muestras relacionadas^a

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1 VAS_pre	5,300	10	1,0853	,3432
VAS_post	6,1500	10	1,73285	,54798
Par 2 umbralpre	2,9650	10	1,43087	,45248
umbralpost	2,2530	10	1,29869	,41068

a. Estimulacion_experimentalador = directa

Correlaciones de muestras relacionadas^a

	N	Correlación	Sig.
Par 1 VAS_pre y VAS_post	10	-,115	,751
Par 2 umbralpre y umbralpost	10	,722	,018

a. Estimulacion_experimentalador = directa

Prueba de muestras relacionadas^a

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 VAS_pre - VAS_post	-,85000	2,14800	,67926	-2,38658	,68658	-1,251	9	,242
Par 2 umbralpre - umbralpost	,71200	1,02556	,32431	-,02164	1,44564	2,195	9	,056

a. Estimulacion_experimntador = directa

Prueba T con los datos de tACS:

Estadísticos de muestras relacionadas^a

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1 VAS_pre	5,650	10	2,4387	,7712
VAS_post	5,9500	10	2,15316	,68089
Par 2 umbralpre	3,4127	10	2,01846	,63829
umbralpost	3,0187	10	2,00074	,63269

a. Estimulacion_experimntador = alterna

Correlaciones de muestras relacionadas^a

	N	Correlación	Sig.
Par 1 VAS_pre y VAS_post	10	,573	,083
Par 2 umbralpre y umbralpost	10	,907	,000

a. Estimulacion_experimntador = alterna

Prueba de muestras relacionadas^a

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 VAS_pre - VAS_post	-,30000	2,13698	,67577	-1,82870	1,22870	-,444	9	,668
Par 2 umbralpre - umbralpost	,39400	,86879	,27474	-,22750	1,01550	1,434	9	,185

a. Estimulacion_experimntador = alterna

Prueba T con los datos de SHAM:

Estadísticos de muestras relacionadas^a

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1 VAS_pre	5,550	10	2,0062	,6344
VAS_post	6,2000	10	2,81069	,88882
Par 2 umbralpre	2,2860	10	1,43679	,45435
umbralpost	2,5840	10	1,71337	,54182

a. Estimulacion_experimntador = sham (placebo)

Correlaciones de muestras relacionadas^a

	N	Correlación	Sig.
Par 1 VAS_pre y VAS_post	10	,757	,011
Par 2 umbralpre y umbralpost	10	,643	,045

a. Estimulacion_experimentador = sham (placebo)

Prueba de muestras relacionadas^a

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error tít. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 VAS_pre - VAS_post	-,65000	1,84165	,58238	-1,96744	,66744	-1,116	9	,293
Par 2 umbralpre - umbralpost	-,29800	1,35469	,42839	-1,26709	,67109	-,696	9	,504

a. Estimulacion_experimentador = sham (placebo)