

2016 - 2017



Universidad de La Laguna

EFECTOS DE LA ESTIMULACIÓN CON TDCS EN M1 SOBRE EL RECUERDO DE VERBOS DE ACCIÓN

TRABAJO DE FIN DE GRADO. UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA.

SARA CANDELARIA HERNÁNDEZ MARTÍN
SAMUEL MARTÍN VALE
Tutor académico: Manuel de Vega Rodríguez

Índice

RESUMEN.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
MÉTODO.....	11
Participantes.....	11
Material.....	12
Procedimiento de estimulación.....	12
Procedimiento.....	13
Diseño.....	18
RESULTADOS.....	19
DISCUSIÓN.....	22
REFERENCIAS.....	26

Resumen

El presente estudio experimental explora el recuerdo de oraciones en relación con verbos de acción o no acción y trata de aportar evidencia sobre las teorías corpóreas, con el objetivo de demostrar que, según la condición de estimulación aplicada en el área motora (anódica, catódica o falsa) se produce un efecto estimulante o inhibitorio sobre el recuerdo de verbos de acción. Se ha empleado una técnica de estimulación eléctrica no invasiva de la corteza cerebral que recibe el nombre de tDCS (transcranial Direct Current Stimulation) y un paradigma formado por bloques de oraciones contrabalanceados que contienen verbos de acción o de no acción aleatoriamente. La muestra ha estado formada por 45 participantes, distribuidos al azar en grupos de 15 por cada condición experimental. Los resultados obtenidos han demostrado que hay un efecto significativo en el tipo de estimulación empleada, así como diferencias significativas en la presentación de verbos de acción y no acción, provocando una mayor tasa de recuerdo en las oraciones que implican una acción.

Palabras clave: recuerdo, área motora, estimulación, verbos de acción, verbos de no acción.

Abstract

The present experimental study explores the memory of sentences including either action or non-action verbs, and attempting to provide evidence on body theories. With this aim, applied electrical stimulation over the motor area to excite (anodic stimulation) or inhibit it (cathodic stimulation) compared to a control condition (sham stimulation). We expected selective effects of the kind of stimulation only on the action verbs memory. It has employed a technique of non-

invasive electrical stimulation of the cerebral cortex called tDCS (transcranial Direct Current Stimulation) And a paradigm formed by blocks of counterbalanced sentences that contain action or non-action verbs in random order. The sample consisted of 45 participants, randomly distributed in groups of 15 subjects for each stimulation condition. The results obtained have shown that there is a significant effect on the type of stimulation used, as well as significant differences in the presentation of action and non-action verbs, causing a higher memory rate in the sentences involving an action.

Key words: memory, motor area, stimulation, action verbs, non-action verbs.

Introducción

Cada vez es más frecuente leer o escuchar que el significado y la conceptualización son procesos “corpóreos” o están “corporeizados”. Se ha postulado, por ejemplo, que la comprensión del lenguaje es un proceso de simulación mental de los objetos, sucesos o situaciones. De esta forma, al comprender una palabra o una oración se activarían procesos visuales, auditivos o emocionales para la representación de los referentes (De Vega, 2005).

Uno de los problemas tradicionales sobre la naturaleza del significado lingüístico es conocer cómo se conectan en nuestra mente las palabras y los estados del mundo real o de nuestras percepciones y acciones (Harnard, 1990).

Según las teorías experienciales, para comprender el significado del lenguaje es necesario que medien dispositivos no lingüísticos, como sistemas sensorio-motores que tienen una interacción directa con el ambiente. Las teorías corpóreas proponen que el significado lingüístico se fundamenta en estados

motores y perceptuales que se activan al mismo tiempo con el lenguaje y, además, simulan las experiencias perceptivas de nuestro entorno. Los símbolos se reemplazan por esquemas sensorio-motores o patrones de activación corporal (Gomila, 2008; De Vega, 2005; Zwaan y Kaschak, 2009). Por ello, se puede decir que “el conocimiento depende de estar en un mundo inseparable de nuestro cuerpo, nuestro lenguaje y nuestra historia social, en síntesis, de nuestra corporeidad” (Varela, Thompson y Rosch, 1997: 176).

Uno de los principales supuestos de las teorías corpóreas es la simulación interna de las acciones descritas por el lenguaje (Fischer y Zwaan, 2008). Cuando recuperamos un concepto también representamos la situación más relevante en que aparece dicho evento o entidad, de ahí se dice que el conocimiento está “situado” (Barsalou, 2008, 2009). Las evidencias desde la psicología cognitiva experimental establecen que un concepto está situado cuando las propiedades del evento son relevantes en una situación determinada, cuando hay información acerca del contexto en el que se incluye el concepto, cuando tenemos en cuenta las acciones potenciales asociadas a una meta y, finalmente, cuando estados internos de la persona, emociones, evaluaciones u otras operaciones cognitivas interactúan con la categoría inserta en la situación del momento (Barsalou, 2009).

Asimismo, estas teorías proponen, en líneas generales, que el mismo sistema neural que se emplea habitualmente para percibir y actuar sobre el mundo externo se usa también para comprender el lenguaje, por tanto, la base de la cognición está en su naturaleza corpórea o sensorio-motora.

Además, las teorías corpóreas plantean que el pensamiento y el lenguaje son causal y constitutivamente interdependientes con la percepción y la acción.

Así, se pueden distinguir dos tipos de cognición corpórea: en línea (on-line) y desplazada (off-line) (Robbins y Aydede, 2009; De Vega, 2008). En el caso del lenguaje, la corporeidad en línea implica la referencia lingüística a una información sensorio-motora presente en los estímulos inmediatos (De Vega, 2008). Por otro lado, la corporeidad desplazada supone una actividad mental o una referencia lingüística a entidades sensorio-motoras ausentes en la situación actual. De acuerdo con esto, la corporeidad se define operacionalmente porque la actividad neuronal necesaria para esa tarea aplazada comparte estructuras sensorio-motoras en el cerebro.

Esta investigación se basa, principalmente, en la corporeidad desplazada (off-line), ya que esta sólo implica al cuerpo indirectamente, porque mayormente la dependencia está sobre las áreas sensorio-motoras del cerebro cuando se procesa información específica del cuerpo, aunque no haya ningún input sensorial presente, es decir, pensar acerca de algo sin la presencia de un objeto.

Como cualquier otra actividad cognitiva, el significado se ejecuta en el cerebro. Sin embargo, la idea de corporeidad no implicaría una actividad cerebral cualquiera, sino que esta coincidiría parcialmente con las áreas perceptivas y somatotópicas del cerebro correspondientes a los referentes de las palabras y las oraciones. En otras palabras, la comprensión del lenguaje implicaría una re-activación de áreas corticales que gobiernan la percepción, la acción e, incluso, la emoción (De Vega, 2005).

Los estudios conductuales sobre la corporeidad del significado, desarrollados en la década de los 80 y 90 ya sugerían que, durante la comprensión del discurso, las personas construyen representaciones análogas

a la experiencia, incluyendo aspectos espaciales, emocionales, temporales o interpersonales de la situación.

Más específicamente, relacionado con este estudio, una investigación desarrollada por De Vega, Robertson, Glenberg, Kaschak y Rinck (2004) propone que la comprensión de oraciones con verbos de acción activa representaciones motoras. Los participantes, tanto españoles como norteamericanos, leían pequeños textos que incluían una oración que describía un personaje realizando dos acciones sucesiva o simultáneamente, mediante el uso de adverbios "después de" o "mientras", respectivamente. Por ejemplo: "el campesino *después de* cortar leña con el hacha, pintó la valla de blanco"; o bien, "el campesino *mientras* cortaba leña con el hacha, pintó la valla de blanco". Se registraba el tiempo de lectura de la cláusula común (pintó la valla de blanco), y se observó una lectura 288 milisegundos más lenta en la condición de simultaneidad que en la de sucesión. Esto sugiere que el lector tiene dificultades para simular mentalmente la ejecución de dos acciones simultáneas que implican la misma actividad muscular. Una explicación alternativa puramente lingüística podría ser que las oraciones con el adverbio "mientras" son más difíciles de comprender que las que tienen el adverbio "después de". Sin embargo, esto no es cierto, ya que cuando las dos acciones descritas en la oración implicaban patrones motores diferentes, la condición de simultaneidad ("el campesino *mientras* silbaba una melodía popular, pintó la valla de blanco") producía tiempos de lectura incluso algo más rápido que la condición de sucesión ("el campesino *después de* silbar una melodía popular, pintó la valla de blanco").

Por otro lado, los estudios neurológicos están aumentando el interés sobre la naturaleza del significado lingüístico. Los resultados obtenidos en

diversos estudios refuerzan la idea de que la comprensión implica una simulación mental de la experiencia. Estos investigadores han demostrado que la comprensión del lenguaje conlleva la activación de áreas cerebrales relacionadas con los patrones sensorio-motores asociados. Por ejemplo, en este caso, la comprensión del verbo "saltar" podría activar áreas específicas de la corteza motora.

En las investigaciones relacionadas con estos estudios, la desarrollada por Pulvermüller (2005) resume algunos resultados sobre el sustrato neuronal de los verbos de acción. En una de estas investigaciones, los participantes escuchaban verbos de acción, mientras se registraba su actividad cerebral mediante Imagen por Resonancia Magnética Funcional (IRMf). Los verbos utilizados se referían a movimientos de la boca (lamer, soplar, etc.), de las manos (coger, lanzar, etc.) o de las piernas (pisar, saltar, etc.). Los mismos individuos realizaban, en otra fase del experimento, movimientos reales de la boca, las manos o las piernas. Los resultados fueron muy claros: cuando se realizaban los movimientos físicamente se activaban las áreas somatotópicas específicas de la corteza motora que cabría esperar. Pero lo más notable es que, durante la escucha pasiva de los verbos de acción, se activaron parcialmente las mismas áreas que en la ejecución de las acciones. Se ha mencionado que la audición de las palabras era "pasiva", es decir, que los participantes no tenían que hacer ninguna tarea especial, ni siquiera prestar atención. Sin embargo, la conectividad neuronal entre palabras y acciones está tan firmemente establecida que aun así se producía la activación automática de las áreas somatotópicas.

Todas las investigaciones descritas anteriormente aportan evidencias empíricas que sustentan la teoría del significado corpóreo. El presente trabajo

de investigación tiene como objetivo añadir nuevas constataciones al respecto. Específicamente, se trata de un procedimiento de la rama metodológica de estudios neurológicos. Para llevar a cabo el estudio se utilizó una técnica no invasiva de estimulación de la corteza cerebral.

Se aplicó tDCS (*transcranial direct current stimulation*) sobre el área motora (C3), la cual se encarga de los procesos de planificación, control y ejecución de las funciones motoras voluntarias. El objetivo es verificar si dicha estimulación puede modificar el rendimiento en una tarea de comprensión de oraciones compuestas por verbos de acción.

La tDCS se define como una técnica en la que estimulación se produce mediante una corriente continua sostenida, con la excepción de la existencia de una rampa de subida (periodo de aceleración hasta llegar a la medida de estimulación deseada) y una rampa de bajada (periodo de descenso para finalizar el tiempo determinado de estimulación). Dicha estimulación se consigue gracias a la aplicación de un electrodo en una región cefálica y el otro electrodo en cualquier zona extra-cefálica, en este caso, cualquiera de los brazos. Se trata de una técnica no invasiva y requiere el empleo de una solución salina para tener una conductancia óptima y que sea posible la estimulación. Se denomina *conductancia eléctrica* a la facilidad ofrecida para el paso de la corriente eléctrica. Por el contrario, la *resistencia eléctrica* se trata de la oposición que provoca la dificultad para que pase la corriente eléctrica.

Los estudios realizados aplicando la tDCS no implican ningún tipo de riesgo para la salud. De hecho, la estimulación eléctrica se suele utilizar para la rehabilitación motora o para la mejora del aprendizaje en personas con dificultades cognitivas. El efecto de la estimulación se podría notar en la tarea

experimental que sea objeto de estudio en la investigación, pero es de duración limitada (aproximadamente una hora) y no se produce alteración de la actividad normal y cotidiana de la persona. Dada a la baja intensidad de la estimulación, en la bibliografía científica no se refiere ningún efecto adverso adscrito a esta técnica.

El paradigma ACE (*Action Compatibility Effect*) está inspirado en el concepto de resonancia motora. Si es cierto que la comprensión del lenguaje que describe una acción activa áreas motoras del cerebro, entonces habrá facilitación cuando realizamos un movimiento simultáneo en la misma dirección en la que se describe dicho movimiento. La realización simultánea de un desplazamiento manual hacia delante o hacia atrás mientras se comprende una oración producirá facilitación o interferencia dependiendo de si la dirección del movimiento es coincidente o no con la dirección de la transferencia.

En el estudio realizado por Dutrieux y Gyselinck (2016) se pretendía mostrar que la simulación motora participa en la representación conceptual de objetos manipulables en la memoria a largo plazo. En dos experimentos, se presentaron listas de objetos manipulables y no manipulables. Los participantes fueron tenían que memorizar los objetos mientras que adoptaban diversas posturas. En la condición de control, tenían que mantener sus manos en reposo delante de ellos. En la condición de interferencia, los participantes tenían que mantener sus manos cruzadas detrás de su espalda para tener menos libertad para actuar. Después de cada lista, los participantes tuvieron que realizar primero una tarea de distracción, y una prueba de recuerdo. Los resultados mostraron que la postura interferente produjo una disminución en el recuerdo de objetos manipulables, pero no de objetos no manipulables. Este efecto fue similar

cuando los ítems se presentaron como imágenes (Experimento 1) o como palabras (Experimento 2), excluyendo así un efecto puramente visual. Estos resultados proporcionan una fuerte evidencia de que el sistema motor juega un papel en el rastro de memoria del objeto.

La hipótesis de esta investigación se basa en la misma idea que subyace al paradigma ACE y, sobre todo, al estudio mencionado anteriormente de Dutrieux y Gyselinck (2016). Sin embargo, a diferencia de dichas investigaciones, pretende generar la facilitación o interferencia sobre la comprensión del lenguaje de acción mediante la estimulación o inhibición del córtex motor (M1). Por tanto, la hipótesis parte de la base de que los sujetos que reciben estimulación anódica (excitadora de la actividad neuronal) presentarán un mayor rendimiento en el recuerdo de oraciones con verbos de acción. Por el contrario, los sujetos estimulados bajo la condición catódica (inhibidora de la actividad neuronal) tendrán un rendimiento más bajo en el recuerdo de frases que contengan verbos de acción (Tabla 1). Los efectos de la estimulación, sin embargo, no se harán notar sobre los verbos de no acción, dado que la comprensión de estos no recaba procesos motores.

	ORACIONES EXPERIMENTALES
ACCIÓN	“Lanzar una piedra”
NO ACCIÓN	“Imaginar un mapa”
ACCIÓN	“Manipular un abrelatas”
NO ACCIÓN	“Percibir una campanilla”

Tabla 1. Ejemplos de oraciones empleadas en el experimento. Cada oración aparecía en varios segmentos secuencialmente, y la presentación de frases con verbos de acción / no acción fue aleatoria.

Método

Participantes

En este estudio han participado 45 sujetos, 16 hombres y 29 mujeres, con edades comprendidas entre los 18 y los 22 años, siendo todos estudiantes de Universidad con un similar nivel educativo y una media de 20 años de edad.

A los participantes que estuvieran cursando la asignatura de Lenguaje y Pensamiento, como incentivo, se les ofreció la posibilidad de sumar un 0.1 en dicha materia por su participación.

Material

Para la realización del presente experimento se ha contado con dos listas de frases, para llevar a cabo un contrabalanceo y que ésta variable no tuviera un efecto significativo. Cada una de estas listas estaban compuestas por frases que podían expresar verbos de acción, como por ejemplo, “pintar la silla”, “agitar las castañuelas”, “escribir un resumen”, “abrir un cuaderno”, “agitar un salero”, “tirar un dardo”; o verbos de no acción, tales como “percibir una campanilla”, “despreciar la llave”, “adorar un bolso”, “descubrir una bandeja”, “mirar una taza”, “olvidar un paraguas”, presentados aleatoriamente. Se utilizaron un total de 80 oraciones con verbos de acción y 74 con verbos de no acción, por lo que a cada sujeto se le presentaban 40 oraciones de las primeras y 37 de las segundas.

Las frases comentadas anteriormente se les presentaron a los sujetos mediante un Power-Point.

Procedimiento de estimulación

Se utilizó una técnica no invasiva de estimulación de la corteza cerebral llamada tDCS (estimulación transcraneal con corriente directa). Mediante esta técnica, se aplica una cantidad pequeña de corriente eléctrica de manera continua, en nuestro caso, 2 mA, situando el electrodo activo en el cráneo directamente sobre un área del cerebro seleccionada, específicamente, el área motora primaria M1. En la condición de estimulación anódica, dicho electrodo se situó sobre M1 con el fin de excitar dicha área, mientras que en la condición de estimulación catódica fue este electrodo el que se situó en M1, con el fin de inhibir dicha área. El electrodo de referencia se situó extra-cefálicamente, sobre el hombro derecho. Ambos electrodos, el activo y el de referencia, se conectan

a un estimulador proporcionado por el Neurocog, que recibe el nombre de *Neuroconn* (Figura 1) y que es aplicado para el objetivo de la experimentación científica. Este estimulador se programa para establecer el tiempo requerido según la situación experimental, los miliamperios y, además, informa si existen unos niveles de resistencia excesivamente altos, lo que provoca que no se pueda llevar a cabo la estimulación.



Figura 1. Imagen del estimulador tDCS Neuroconn empleado.

Procedimiento

En un primer momento, los sujetos tuvieron que cumplimentar un consentimiento informado para comprobar que era posible su participación en el experimento, debido al empleo de la tDCS. En dicho documento figuraba una breve explicación de esta, la naturaleza del estudio y su autorización para participar en el mismo según las normas y el protocolo del Centro de Neurociencia Cognitiva (Neurocog), aprobado por el Comité de Ética de la Universidad de La Laguna. Además, posterior a esto, se realizó una entrevista para comprobar que no sufrían ninguna enfermedad cerebral, que no tenían antecedentes de epilepsia, que no estaban tomando ningún medicamento y otras cuestiones que pudieran alterar los resultados del experimento. Luego, se

explicó a cada participante que la técnica no conlleva ningún riesgo para su salud y se comentaron las sensaciones que se podrían sentir durante la estimulación (hormigueo, picores) para su normalización.

A continuación, se tomaban las medidas de la cabeza del sujeto para localizar el área específica del cerebro con la que queremos trabajar. Este procedimiento se llevó a cabo siguiendo el método de posicionamiento *Sistema 10/20* (Figura 2).

En primer lugar, se mide la distancia entre Nasion e Inion en la parte superior de la cabeza y se marca la mitad de dicha medida (Cz). En segundo lugar, se le pide al sujeto que abra y cierre la boca, para así determinar las zonas pre-auriculares. Una vez encontradas, se mide la distancia entre ambas y, de igual manera, se vuelve a marcar la mitad de la medida obtenida. Hecho esto, se tendrá el centro de la cabeza de los sujetos y, tomando esto como referencia, se desplaza hacia la izquierda un 20% (C3). En este momento, se estará situado en el área motora, donde se ha de colocar el electrodo correspondiente.

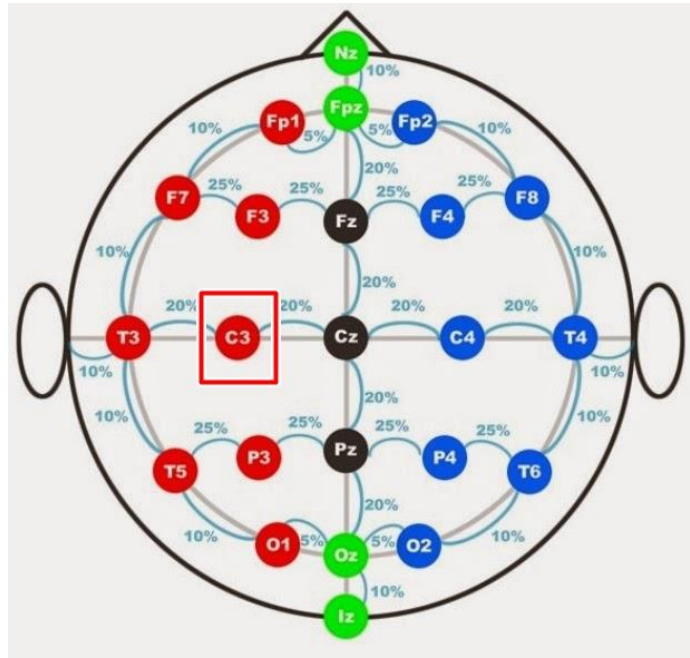


Figura 2. Puntos craneales y posición de los electrodos según el Sistema 10/20, necesarios para localizar la región de interés, C3, correspondiente al área motora primaria de la mano derecha.

Una vez localizada el área, se coloca la funda donde se introducen los electrodos, humedecida previamente con suero fisiológico, para aumentar la conductancia. A este electrodo se le conecta uno u otro cable según la condición experimental de estimulación a la que estemos sometiendo al sujeto: anódica o catódica. Si es la falsa, da igual qué cable se conecte, ya que no se precisa de ningún efecto significativo. El otro electrodo se coloca en una zona extra-cefálica, por ejemplo, en un brazo. Para sostenerlos se utilizan dos cintas que se ajustan a la medida de la cabeza y alrededor del brazo, y al mismo tiempo, harán que permanezcan inmóviles para que la conductancia sea aceptable en todo momento.

Por razones de seguridad, la estimulación se hace con una batería eléctrica sin que el estimulador esté conectado, en ningún momento, a la red eléctrica.

Al principio, el sujeto se somete a 2 minutos de estimulación. En realidad, esta estimulación no tiene ningún efecto porque durante ese tiempo no es capaz de producirse un impacto significativo en el área de la corteza cerebral. Sin embargo, se espera más tiempo (alrededor de 6 minutos) para que el participante crea que sí está siendo estimulado. Posterior a esto, se explica en qué va a consistir la tarea que tiene que llevar a cabo y se comienza la primera parte del experimento, la cual está compuesta por los cuatro primeros bloques en los que se dividió la lista 1 de palabras. Cada una de estas listas se dividió, a su vez, en ocho bloques: dos primeros bloques de entrenamiento, con cinco frases y sus respectivas tareas distractoras y pruebas de recuerdo; y otros seis bloques experimentales, con once frases cada uno y, también, las correspondientes tareas distractoras y pruebas de recuerdo (Figura 3 y Figura 4). La tarea se basa en la memorización del mayor número de frases posibles. Para dificultarla, se someten a las tareas distractoras previamente dichas, como por ejemplo: continuar una serie de números, de letras o identificar un estímulo específico dentro de un grupo mayor que contiene muchos otros. Una vez superada la distracción, se cumplimenta la fase de recuerdo, en la que aparecen los verbos que anteriormente tuvo que memorizar y el sujeto tiene que terminar las oraciones correspondientes.

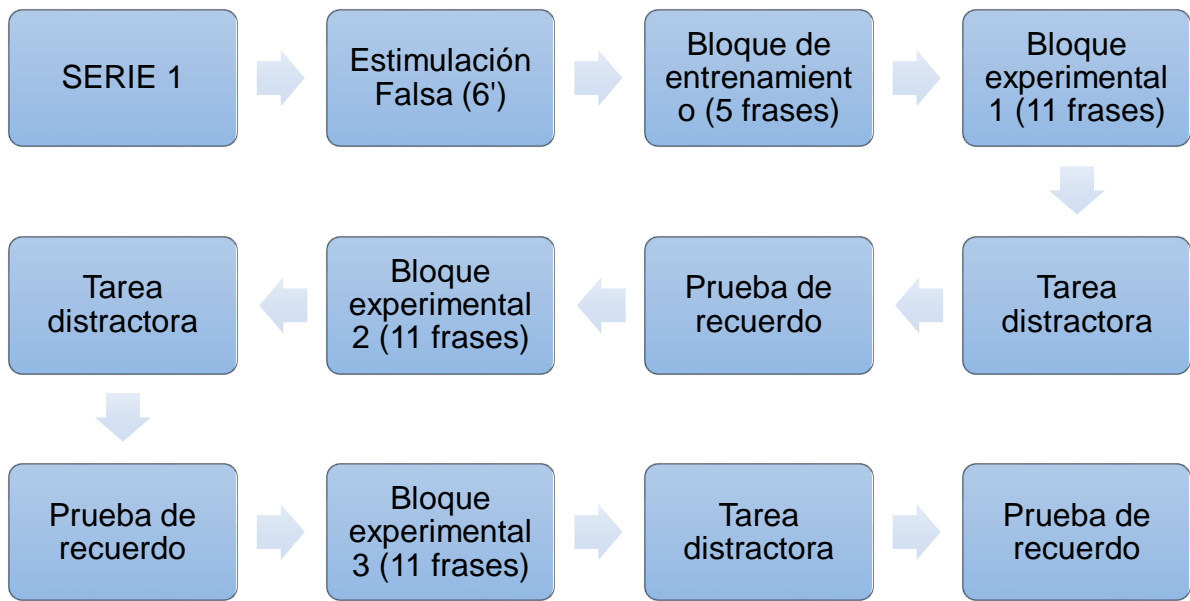


Figura 3. Procedimiento de aplicación de la serie 1.

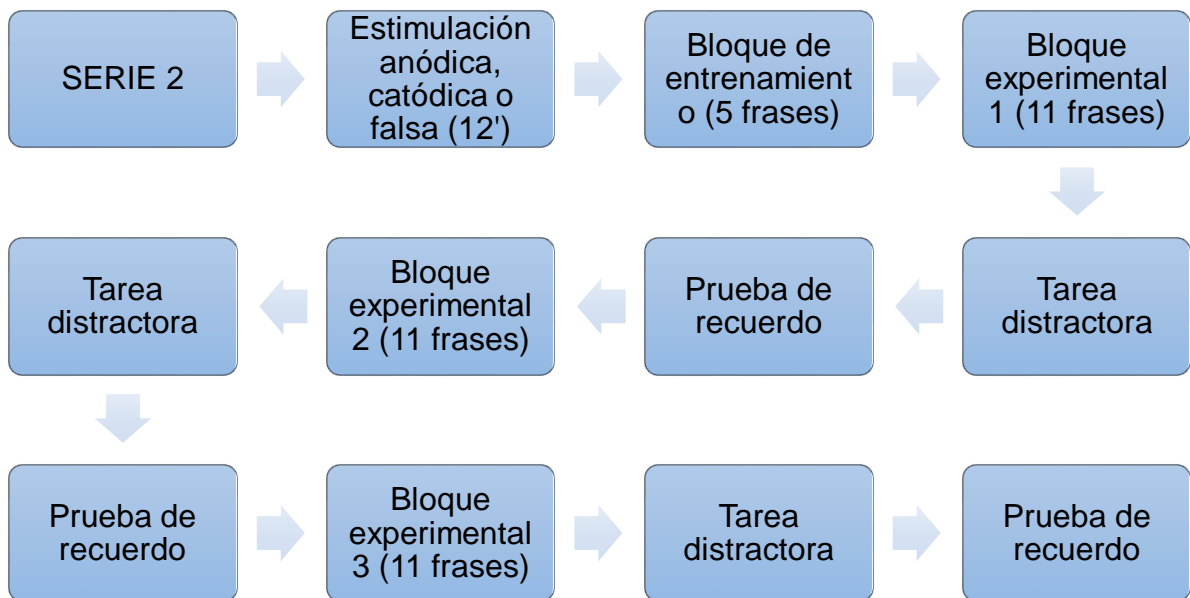


Figura 4. Procedimiento de aplicación de la serie 2.

Para la segunda parte, se somete al individuo a una estimulación de 12 minutos, donde ya surge el efecto que se busca, sea estimulante o inhibitorio. La tarea que se debe realizar después de esta fase sigue las mismas pautas explicadas previamente.

El objetivo final es cuantificar la cantidad de verbos de acción y de no acción que ha recordado adecuadamente para conocer el efecto que cada condición de estimulación ha provocado sobre ambos tipos de premisas.

Diseño

El experimento se basa en un diseño mixto con una variable inter-grupo (tres condiciones experimentales de estimulación: anódica, catódica y falsa) y dos variables intra-grupo (listas de palabras y verbos de acción / no acción). La variable dependiente es el número de aciertos y errores en el recuerdo de las oraciones.

Por ello, el análisis de datos se realizó mediante un ANOVA 3x2x2.

Todos los sujetos pasaban, en un primer momento, por una estimulación falsa y luego eran sometidos a una estimulación activa. Sin embargo, cuando eran expuestos a la condición falsa, nunca recibían suficiente efecto de estimulación y estos participantes formaban parte de un grupo control.

Así, el estudio cuenta con tres grupos experimentales formados por 15 sujetos cada uno.

Resultados

Para conocer los resultados del estudio, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) 3x2x2, como ya se ha explicado anteriormente, con tres condiciones experimentales de estimulación (anódica, catódica y falsa), dos listas de palabras (las cuales recibirán el nombre de *serie 1* y *serie 2*, respectivamente) y dos tipos de verbos (acción / no acción).

En cuanto a la primera fase del experimento (*serie 1*), donde se aplicaba estimulación falsa a cada sujeto pero se esperaba un tiempo determinado para afianzar la creencia de que estaba siendo estimulado, no se encontraron diferencias relevantes.

En primer lugar, en dicha *serie 1*, no hubo efectos principales del tipo de estimulación, $F(2, 44) = 1.605, p = .213$.

Por otro lado, tampoco se encontraron efectos significativos de acción / no acción, $F(1, 44) = 1.073, p = .306$. Por último, se puede afirmar que la interacción tampoco ha resultado significativa, $F(2, 44) = 0.056, p = .945$.

En la figura 5 se puede observar que no existen diferencias significativas dentro de esta serie debido a que las medias son similares:

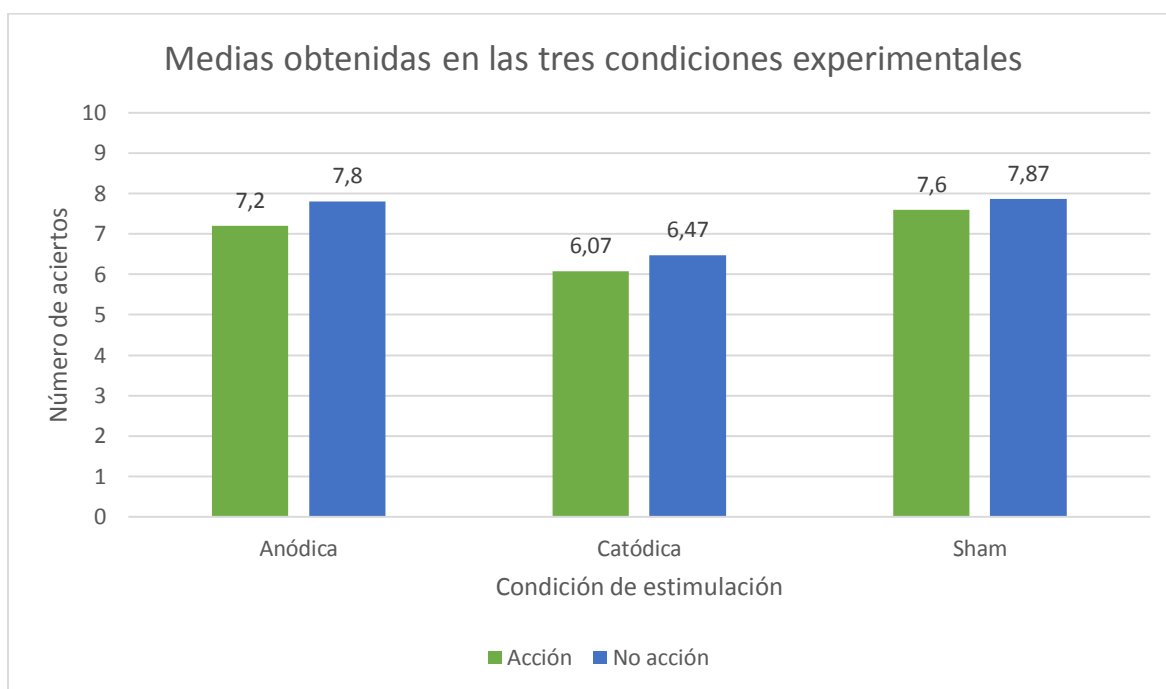


Figura 5. Media de aciertos correspondientes a la serie 1, donde se observan las tres condiciones de estimulación en función a los verbos de acción y de no acción.

Es decir, no hay efectos significativos de las oraciones, tanto para las que presentan verbos de acción como de no acción; no hay efectos significativos de la interacción ni de la condición experimental de estimulación. Estos resultados apoyan la hipótesis inicial del estudio, ya que en este momento del experimento todavía no ha habido estimulación real.

Por otro lado, en lo que se refiere a la segunda parte del experimento (serie 2), se ha encontrado un efecto principal muy significativo entre las oraciones formadas por verbos de acción y de no acción, $F(1, 44) = 109.944$, $p < .001$. Se recuerdan mucho más los verbos de acción que los de no acción como

resultado general de las tres condiciones experimentales trabajadas en el estudio.

En segundo lugar, existe una interacción marginalmente significativa entre estimulación y tipo de oración, $F(1, 44) = 2.680$, $p = .08$. Además, el efecto principal del tipo de estimulación ha resultado significativo, $F(2, 44) = 3.501$, $p < .05$.

Posteriormente, se han realizado las pruebas T de medidas independientes con el propósito de comparar las medias de cada grupo. Se utiliza esta prueba debido a que los sujetos han sido asignados aleatoriamente a tres grupos, por lo que se puede decir que cualquier diferencia en las respuestas es debida a la estimulación y no a otros factores.

El contraste anódico – catódico en verbos de acción produce un efecto marginalmente significativo, $t(28) = 1.722$, $p = .096$. Es decir, los verbos de acción se recuerdan mejor cuando el participante es sometido a la condición anódica que cuando se somete a la catódica, lo cual apoya la hipótesis.

El contraste anódico – catódico en verbos de no acción provoca un efecto altamente significativo, $t(28) = 2.733$, $p < .05$. En este caso, el resultado es inesperado ya que los sujetos recuerdan mejor los verbos de no acción después de someterse a la estimulación catódica, cuando no se esperaba ningún efecto.

En la figura 6, se verifican los resultados significativos que se han encontrado debido a que, a simple vista, las medias difieren entre sí:

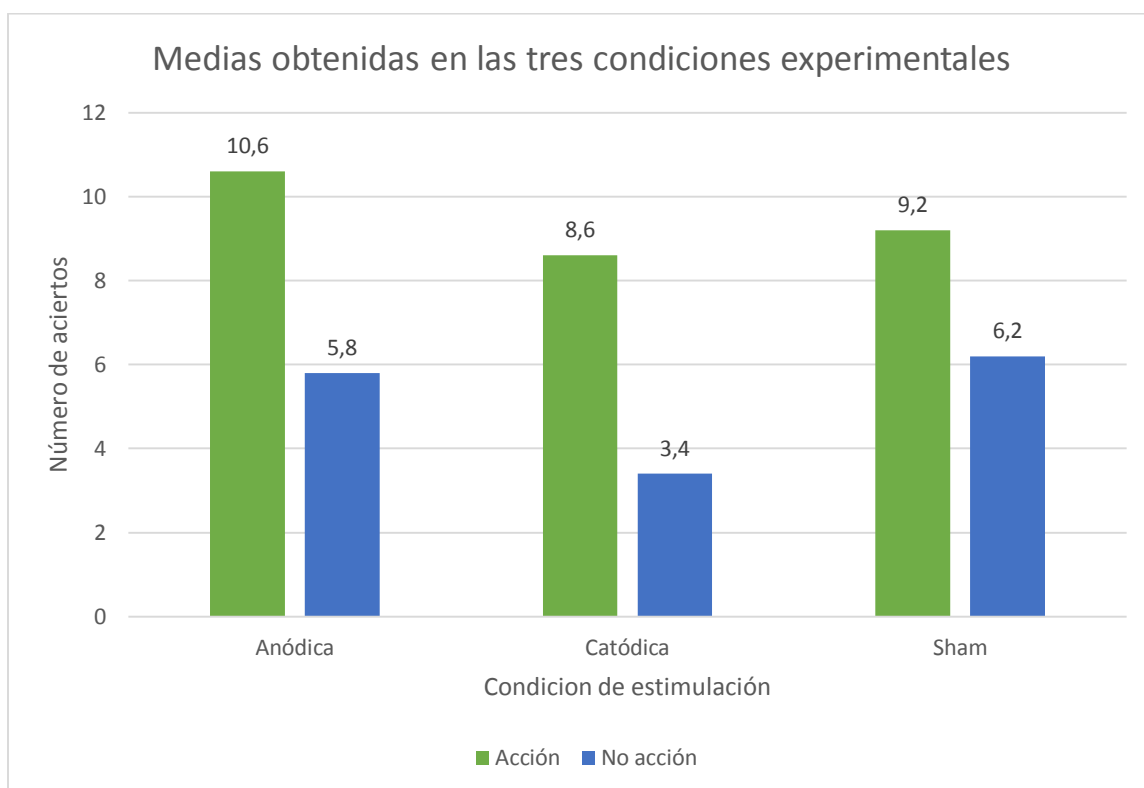


Figura 6. Medias de aciertos correspondientes a la serie 2, donde se observan las tres condiciones de estimulación en función a los verbos de acción y de no acción.

Discusión

En este estudio se han analizado el recuerdo de los sujetos en una serie de listas de oraciones que contenían verbos de acción o verbos de no acción, bajo diferentes condiciones de estimulación eléctrica transcraneal (anódica, catódica o falsa) sobre el área motora del hemisferio izquierdo (M1).

Tal y como se espera, en la primera parte del estudio, cuando todos los sujetos pasaban previamente por la condición de estimulación falsa, no se encuentran diferencias significativas. Esto ha demostrado que los tres grupos de

participantes no presentan diferentes niveles iniciales de comprensión lectora y/o recuerdo de las oraciones presentadas. Como se ha postulado, esto se debe a que la estimulación falsa ha sido tan breve (2 minutos de 6) que no ha podido producir ningún efecto.

Por otro lado, en la segunda fase del experimento, se ha comprobado que hay un efecto principal muy significativo entre las oraciones formadas por verbos de acción y de no acción. Esto, en principio, está de acuerdo con la hipótesis de partida, ya que se ha pretendido encontrar diferencias entre el recuerdo de los verbos de acción y los de no acción, como resultado de la estimulación cerebral. Sin embargo, se esperaba que la mejora del rendimiento en la estimulación anódica estuviera relacionada sólo con los verbos de acción. No obstante, se encontró también una diferencia significativa entre estimulación anódica y catódica para los verbos de acción, lo cual no se ajusta a las predicciones.

La interacción entre el tipo de estimulación aplicado y los verbos de acción y no acción presenta una tendencia a ser significativa. Esto quiere decir que, si se hubiese utilizado una mayor muestra, quizás se hubiese podido consolidar que el efecto del tipo de estimulación está modulado por el tipo de oración. De todos modos, la tendencia es clara: la estimulación anódica produce mejor recuerdo de las oraciones de acción que la estimulación catódica o falsa. Sin embargo, inesperadamente, los efectos de la estimulación anódica también favorecieron el recuerdo de las oraciones de no acción, incluso en mayor medida.

Este carácter no selectivo de la estimulación, se ve corroborado por el hecho de que el efecto principal del tipo de estimulación ha resultado significativo.

Tras realizar las pruebas T para estudiar los estadísticos descriptivos de ambos grupos se ha comprobado que, en el contraste anódico – catódico, el efecto conseguido ha provocado que se recuerden mejor los verbos de acción, tal y como se ha expuesto en el planteamiento inicial. Esto se da ya que este tipo de verbos se relacionan con el área motora, y este resultado se ha conseguido debido a la estimulación de la misma, provocando un mayor recuerdo de las oraciones que contienen verbos de acción.

Cuando se realiza el mismo contraste, es decir, se lleva a cabo una comparación de las medias en la condición anódica y catódica en relación a los verbos de no acción, se muestra el mismo resultado que en el acontecimiento anterior pero con un mayor nivel de significación. En este caso, la hipótesis principal de este estudio queda refutada por este resultado inesperado, ya que no se pretendía un mayor recuerdo de los verbos que no implicaran una acción, puesto que no se relaciona con el área motora.

Esto se puede explicar por el tiempo de estimulación aplicado y por los miliamperios empleados, en este caso, 2 mA, que podrían ser demasiado cortos para alcanzar los efectos esperados.

Según Batsikadse et. Al. (2013), cuando se utiliza una intensidad mayor a 1mA en la condición de estimulación catódica se puede producir un efecto revertido que provoca que actúe como una estimulación anódica. Es decir, se produce una excitabilidad de la corteza motora y esto conlleva un mayor recuerdo.

No obstante, se ha de destacar que, quitando el grupo catódico, el patrón de resultados es mejor y la interacción mejora ($p < .066$)

Como conclusión final, se podría decir que el estudio realizado ha demostrado una influencia de la corteza motora en el recuerdo de las oraciones, ya sean con verbos de acción o de no acción.

Referencias

- Batsikadze, G., Moliadze, V., Paulus, W., Kuo, M. y Nitsche, M. (2013) Partially non-linear stimulation intensity-dependent effects of direct current stimulation on motor cortex excitability in humans. *The Journal of Physiology*,
- Barsalou, L. W. 2008. "Grounding symbolic operations in the brain's modal systems". En G. R. Semin y E. R. Smith. *Embodied grounding*. New York: Cambridge University Press, pp. 9-42.
- Barsalou, L. W. 2009. "Situating concepts". En P. Robbins y M. Aydede (Eds.). *The Cambridge handbook of situated cognition*. New York: Cambridge University Press, pp. 236-263.
- De Vega, M. 2005. "Lenguaje, corporeidad y cerebro", en *Revista Signos* 38 (58), pp. 157-176.
- De Vega, M. 2008. "Levels of embodied meaning from pointing to counterfactuals". En M. De Vega, A. Glenberg y A. Graesser (Eds.). *Symbols and Embodiment. Debates on meaning and cognition*. New York: Oxford University Press, pp. 285-308.
- De Vega, M., Robertson, D., Glenberg, A., Kaschak, M. & Rinck, M. (2004). On doing two things at once: Temporal constraints on actions in language comprehension. *Memory and Cognition*, 32, 1033–1043.

- De Vega, M. y Urrutia, M. (2012). Lenguaje y acción. Una revisión actual a las teorías corpóreas. *RLA, Revista de Lingüística Teórica y Aplicada*, 50 (1), I Sem. 2012, pp. 39-67.
- Dutriaux L, Gyselinck V (2016) Learning Is Better with the Hands Free: The Role of Posture in the Memory of Manipulable Objects. *PLoS ONE*.
- Fischer, M. y Zwaan, R. 2008. "Embodied language: A review of the role of motor system in language comprehension", en *The Quarterly Journal of Experimental Psychology* 61 (6), pp. 825-850.
- Gallagher, S. 2009. "Philosophical antecedents of situated cognition". En P. Robbins y M. Aydede (Eds.). *The Cambridge handbook of situated cognition*. New York: Cambridge University Press, pp. 35-51.
- Gomila, M. 2008. "Mending or abandoning cognitivism?". En M. De Vega, A. M. Glenberg y A. Graesser. *Symbols and embodiment. Debates on meaning and cognition*. New York: Oxford University Press, pp. 357-374.
- Harnard, S. 1990. "The symbol grounding problem", en *Physica D*. 42, pp. 335-346.
- Heidegger, M. 1951. *El ser y el tiempo*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- Robbins, P. y Aydede, M. 2009. "A short primer on situated cognition". En P. Robbins y M. Aydede (Eds.). *The Cambridge Handbook of Situated Cognition*. New York, Cambridge University Press, pp. 3-10.

Pulvermüller, F. (2005). Brain mechanisms linking language and action. *Nature*.
(En prensa).

Varela, F., Thompson, E. y Rosch, E. 1997. *De cuerpo presente. Las ciencias cognitivas y la experiencia humana*. Barcelona: Editorial Gedisa.

Zwaan, R. A. y Kaschak, M. 2009. "Language in the brain, body, and world". En P. Robbins y M. Aydede (Eds.). *The Cambridge handbook of situated cognition*. New York: Cambridge University Press, pp. 368-381.