

EFECTOS DE LA ESTIMULACIÓN CON
TDCS EN PRE-SMA SOBRE LA
COMPRENSIÓN Y RECUERDO DE
NEGACIONES

Alumno: Pablo José Medina Segura

Tutor: Manuel de Vega

Trabajo de Fin de Grado de Psicología.

Universidad de La Laguna (ULL)

Curso académico 2016/2017

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| <u>Resumen</u> | 3 |
| <u>Abstract</u> | 3 |
| <u>Introducción</u> | 4 |
| Representación del significado..... | 4 |
| Oraciones negativas..... | 10 |
| Estimulación directa transcraneal (tDCS)..... | 11 |
| Área premotora suplementaria (pre-SMA)..... | 14 |
| <u>Hipótesis</u> | 16 |
| <u>Método</u> | 16 |
| Participantes..... | 16 |
| Materiales..... | 17 |
| Diseño..... | 21 |
| Procedimiento..... | 23 |
| <u>Análisis</u> | 25 |
| <u>Discusión y conclusiones</u> | 27 |
| <u>Referencias</u> | 29 |

Resumen

El presente texto estudio experimental trata de explorar la comprensión de negaciones a través de la estimulación del área premotora suplementaria (pre-SMA), intentando aportar evidencia sobre las teorías del significado corpóreo. Para ello se ha utilizado una técnica de estimulación eléctrica no invasiva de la corteza cerebral, el tDCS (transcranial Direct Current Stimulation) y una tarea de recuerdo de oraciones.

Para la correcta realización del experimento se han pasado las pruebas a 33 personas (26 mujeres y 7 hombres) con un rango de edad de entre 18 y 25 años.

Los resultados que se obtuvieron indicaron que no existían diferencias entre el tipo de estimulación o el tipo de oración presentadas, excepto en el primer bloque de tareas, en el que sí se pudieron observar diferencias en el factor intergrupo “tipo de estimulación”.

Abstract

This experimental study tries to explore the denial comprehension through the stimulation of pre-SMA. This study tries to support the effectiveness of the embodiment theory of meaning. For this purpose, tDCS (transcranial Direct Current Stimulation) technique was used, which is a non invasive technique stimulation of the cerebral cortex. In addition, an experimental task of phrase remembering was also used.

For the proper realization of the experiment, a task was given to 33 participants (26 female and 7 male) with ages in a rank between 18 and 25 years.

Results show no differences between stimulation type or phrase type, except in the first group of tasks, where differences appears in intergroup factor “stimulation type”.

Introducción

Representación del significado

Las personas accedemos fácilmente al significado de las palabras, a pesar de la gran cantidad de información que tenemos disponible en nuestro sistema conceptual, pero es preciso preguntarse: ¿cómo nos representamos ese significado?

Es obvio que la comprensión del lenguaje va más allá del reconocimiento de palabras aisladas, ya que en contextos naturales las palabras se presentan casi siempre agrupadas en oraciones. Generalmente, cuando hablamos no pronunciamos palabras aisladas como “perro” o “sofá”, sino que expresamos ideas que requieren la combinación de varias palabras en oraciones como “el perro se subió al sofá” o “no me gusta que el perro se suba al sofá”. Desde el punto de vista del lector, la interpretación de una oración conlleva procesos específicos que no ocurren durante el reconocimiento de palabras aisladas.

El significado corpóreo: más allá de las palabras.

Hay algunos aspectos relacionados con el significado en el nivel de las oraciones:

- El significado es referencial: no solo representamos las palabras y oraciones que leemos, sino que también elaboramos un modelo de la situación al que estas se refieren.
- En algunos casos, las oraciones se refieren a situaciones concretas, como experiencias visuales (“el perro está encima del sofá”), auditivas (“Pedro escuchó ladrar a su perro”), olfativas (“Pedro olió el olor de la comida”) o emocionales (“Pedro vio como atropellaban a su perro”).

- Algunas investigaciones sugieren que la comprensión de estos tipos de oraciones moviliza representaciones corpóreas, es decir, que incluyen aspectos visuales, motores, etc., de la situación. Por ejemplo, en nuestro estudio un estímulo que aparece es “sí oír un interruptor”. Según esta teoría, la persona, al leer la oración, se imagina a una persona oyendo cómo un interruptor hace click cuando alguien lo manipula.
- Como consecuencia de estas investigaciones, las teorías corpóreas consideran que la comprensión de oraciones implica simulaciones sensoriomotoras de los eventos, y estas simulaciones constituyen un aspecto fundamental del sentido lingüístico. A continuación, se darán unas breves pinceladas de los estudios más relevantes en este campo.

La comprensión de oraciones que describen objetos activa representaciones visuales. Estos estudios indican que, en la comprensión de oraciones, los individuos activan imágenes visuales que incluyen la orientación espacial, la posición y la forma de los objetos. Así, se les pedía a los participantes que indicaran rápidamente si un dibujo (que representaba un objeto) se había mencionado en una oración que se le había presentado con anterioridad.

La comprensión de oraciones referidas a acciones activa representaciones motoras. Un modo de comprobar si el lenguaje de acción implica procesos motores es utilizar paradigmas de doble tarea, en los cuales los participantes deben comprender oraciones referidas a acciones, al mismo tiempo que realizan ellos mismos una acción motora similar (compatible) o diferente (incompatible) con la mencionada en la oración. Este paradigma recibe el nombre de compatibilidad oración-acción (COA), y fue ideado por Glenberg y Kaschak (2002).

La comprensión de oraciones activa expresiones faciales. El lenguaje humano puede describir emociones, y lo que es más interesante aún, puede provocarlas. Por ejemplo, una expresión de halago puede provocar emociones positivas como orgullo o alegría en una persona, pero a la vez un insulto puede provocar otro tipo de emociones como tristeza o ira. Así, algunos investigadores (Havas, Glenberg y Rinck, 2007) han tratado de valorar si la comprensión de oraciones activa procesos emocionales, fijándose en una de sus manifestaciones fisiológicas: las expresiones faciales.

Neuronas espejo (SNE). Uno de los descubrimientos más espectaculares de las neurociencias en las últimas décadas es el de las neuronas espejo, llevado a cabo por un grupo de investigadores de la universidad italiana de Parma, encabezado por Giacomo Rizzolatti. Este investigador implantó microelectrodos en neuronas específicas de la corteza premotora en el cerebro de macacos. Como era de esperar, se registró actividad en algunas de estas neuronas cuando el animal realizaba un movimiento. Lo que fue una verdadera sorpresa fue comprobar que esas mismas neuronas se activaban cuando el animal observaba un movimiento análogo del investigador o de otro primate. Así, Rizzolatti y Arbib (1998) postulan que el propio lenguaje humano es una extensión del SNE que amplió sus funciones desde la observación e interpretación de las acciones a las formas sofisticadas de comunicación humana. Lo que sí parece estar más claro es que parte del SNE interviene tanto en la comprensión de acciones observadas como en la comprensión del lenguaje de acción.

Niveles de representación

Durante la comprensión del discurso el lector genera al menos tres niveles de representación. La *forma superficial*, que es una representación exacta de las palabras,

sintagmas y estructuras sintácticas del texto. El *texto base*, que retiene los conceptos y las relaciones semánticas, con independencia de las palabras. Finalmente, el *modelo de situación*, que representa la situación descrita y es totalmente independiente de la estructura del texto.

Formato de la representación

Hay bastante consenso sobre la existencia de los tres niveles de representación del discurso que se acaban de mencionar. Sin embargo, los investigadores están divididos en cuanto al formato en que se representa el significado. Mientras que unos apuestan por representaciones simbólicas como el formato universal del significado, otros consideran que las representaciones, especialmente en el nivel de modelos de situación, son corpóreas o sensoriomotoras (algo de lo que ya hemos hablado anteriormente). Veamos brevemente estos planteamientos, aunque nos pararemos con detalle en las simulaciones corpóreas, pues son las que están más relacionadas con nuestro estudio.

Proposiciones. Una idea dominante entre los simbolistas es que toda la información del discurso se representa en forma de proposiciones. Cada vez que comprendemos una oración, lo que hacemos es traducirla al lenguaje mental de las proposiciones.

Simulaciones corpóreas. La idea contraria es la de las teorías corpóreas del significado. Antes se han dado unas breves pinceladas de las ideas principales, aunque ahora se explicarán de una forma más extendida. Proponen que el lenguaje se encuentra anclado en el mundo. Los mismos mecanismos perceptivos, motores y emocionales del cerebro empleados en la construcción de la experiencia real participan en el

procesamiento lingüístico. Según los teóricos corpóreos, el significado consiste en la simulación mental (o neuronal) de los objetos, eventos y situaciones a los que se refieren las palabras.

Estas teorías no están tan bien articuladas como las que se basan en proposiciones, pero tienen un considerable apoyo empírico basado en experimentos conductuales y neurológicos. Como ocurre en muchas otras especies animales, el cerebro humano incluye extensas redes neurales para procesar en línea información biológicamente relevante: percibiendo e integrando estímulos en varias modalidades, planificando y ejecutando acciones motoras o procesando el valor emocional o afectivo de los estímulos. Parece razonable que el lenguaje humano reutilice las redes sensoriomotoras del cerebro para nuevas funciones como representar el significado. Esto tendría numerosas ventajas funcionales, ya que gran parte de la comunicación humana se refiere a objetos, acciones y eventos sensoriomotores, de modo que el significado corpóreo permitiría establecer la referencia lingüística de forma más eficaz que el uso de proposiciones abstractas y amodales.

A continuación, presentamos una tabla con las fortalezas y debilidades del enfoque corpóreo:

| | Fortalezas | Debilidades |
|------------------------|--|--|
| Simulaciones corpóreas | Están biológicamente motivadas: los mecanismos cerebrales sensoriomotores se reutilizarían para procesar | No está claro que las activaciones sensoriomotoras en el cerebro sean funcionales. Podrían ser meros |

| | | |
|--|---|--|
| | <p>el significado, sin necesidad de un módulo semántico nuevo.</p> | <p>epifenómenos, independientes del verdadero significado.</p> |
| | <p>Tienen un fuerte apoyo empírico, basado en experimentos conductuales y neurológicos</p> | <p>Los procesos corpóreos no se han formalizado en una teoría computacional detallada. El planteamiento es demasiado empírico.</p> |
| | <p>Existen modelos neurológicos bastante detallados sobre la conectividad funcional entre áreas lingüísticas y áreas sensoriomotoras que apoyan la corporeidad.</p> | <p>El lenguaje es, en gran medida, abstracto. El significado de palabras como “idea”, “proceso” o “nunca” no tienen nada de sensoriomotor.</p> |
| | <p>Permiten una conexión directa entre el significado lingüístico y el mundo real.</p> | |

Oraciones negativas

Las oraciones negativas han sido ampliamente estudiadas por los lógicos y los psicólogos del razonamiento, dado que tienen la propiedad de alterar los valores de verdad de un enunciado. Por ejemplo, la oración “los perros son mamíferos” es verdadera, mientras que la negación “los perros no son mamíferos” es falsa. Es decir, una oración negativa no solo altera los valores de verdad, sino algunas de sus características pragmáticas y cognitivas.

Una investigación pionera sobre la comprensión en línea de las negaciones fue desarrollada por Macdonald y Just (1989). Este estudio demostró con mucha nitidez que la negación es un reductor de activación. En opinión de los autores, esto ocurre porque la negación cambia el foco del discurso, desviándolo del concepto negado. Es decir, la negación es un operador simbólico que se aplica sobre la representación proposicional de la oración, ejerciendo un efecto de reducción de la activación.

Sin embargo, otra posible explicación de este resultado podría ser que la negación afectara al *modelo de situación*, que hemos explicado anteriormente. Es decir, el lector se representa la situación descrita con un objeto presente (el afirmado) y otro ausente (el negado) y, en consecuencia, este último resulta menos accesible en la tarea de verificación de la palabra de prueba porque simplemente “no está” en la situación. En un estudio desarrollado por Kaup y Zwaan (2003) se demostró que existía un doble proceso en la comprensión de negaciones: en una primera etapa predominaba el mecanismo gramatical de reducción de activación propio de la negación (lo que defendían Macdonald y Just), pero más tarde la activación dependería del estatus, presente o ausente, del objeto en el modelo de situación.

Otros estudios neurocientíficos impulsaron recientemente el estudio de las negaciones, tratando de desvelar cómo modulan los procesos cerebrales en contraste con los enunciados afirmativos. Por ejemplo, Tettamanti et al. (2008) desarrollaron un estudio con imágenes de resonancia magnética funcional (IRMf) en el que se registraban los cambios hemodinámicos del cerebro durante la comprensión de oraciones. Los resultados mostraron actividad en la corteza motora y premotora (áreas frontoparietales) durante la comprensión de oraciones de acción afirmativas, en comparación con las oraciones abstractas afirmativas. Sin embargo, cuando se analizaron las oraciones de acción negativas, se constató una reducción de actividad en esas mismas áreas motoras, indicando que la negación bloquea las representaciones motoras asociadas al lenguaje de acción.

A su vez, la teoría corpórea, defiende que las personas comprendemos una oración a través de representaciones icónicas-analógicas. En el caso de la negación implicaría la representación de la alternativa icónica. Por ejemplo, la oración “una figura no es roja” implicaría la representación de una alternativa icónica (“una figura verde”). De esta forma, se propone que es necesaria la representación alternativa para comprender la negación en cualquier contexto (Orenes, 2014). Por otra parte, de Vega et al. (2016) proponen que el procesamiento de oraciones negativas implica la activación del sistema de inhibición y control de la acción, que incluye entre otras el área pre suplementaria motora (pre-SMA) y el giro frontal inferior derecho (rIFG).

Estimulación de corriente directa transcraneal (tDCS)

Para llevar a cabo el presente estudio se ha utilizado tDCS (transcranial direct current stimulation), una técnica no invasiva de estimulación de la corteza cerebral. En

poblaciones normales, tDCS se usa para comprobar las relaciones existentes entre las regiones del cerebro y las funciones que subyacen a esas áreas, como el lenguaje, la memoria de trabajo o el control motor. En el ámbito clínico tiene diferentes utilidades: como tratamiento para la recuperación de lesionados cerebrales, como técnica útil para cambiar la excitabilidad cortical en pacientes psiquiátricos, etc.

La técnica tDCS se usó por primera vez en animales, demostrándose que con la estimulación anódica las membranas celulares se despolarizaban (incrementando la tasa de respuesta), mientras que la catódica resultaba en un efecto contrario, disminuyendo la tasa de respuesta (Bindman et al., 1964; Creutzfeldt et al., 1962; Nitsche et al., 2009; Purpura and McMurtry, 1965; Scholfield, 1990).

La corriente directa ha sido de 2 mA, y ha sido inducida mediante dos electrodos (cefálico y extracefálico), ayudada por la labor de una solución salina que favorece la transmisión de la señal a través de aquellos. Esta solución es necesaria para prevenir reacciones químicas cuando los electrodos están en contacto con la piel (Nitsche, Liebetanz, Antal, Lang, Tergau y Paulus, 2003).

Esta técnica, como hemos dicho, se vale de una corriente inducida a través de dos electrodos, conectados al dispositivo encargado de generarla. El electrodo anódico generalmente suele ser de color rojo y su misión es activar la zona sobre la que esté situado. Lo consigue a través de la despolarización de las membranas del área estimulada. Tiene carga positiva, conformando el polo positivo del circuito eléctrico generado por el dispositivo. Por otro lado, el electrodo catódico suele ser de color azul o negro y su misión es inhibir la zona sobre la que se encuentre el electrodo. Este, a su

vez, consigue dicho efecto por la hiperpolarización de la membrana de las neuronas de la zona objetivo. Tiene carga negativa y conforma el polo negativo del circuito.

El mecanismo de acción de la técnica está basado en la modificación del potencial transmembranoso, que conduce a un cambio en la excitabilidad neuronal, modulando de esta forma el potencial de acción.

En la mayoría de las investigaciones con tDCS, el ánodo y el cátodo se sitúan en diferentes zonas del pericranium usando el sistema internacional 10/20, dependiendo de la zona cerebral a estimular. Sin embargo, como en el caso de nuestro estudio, un electrodo puede ser colocado en una localización extracefálica, lo que podría resolver no solo la ambigüedad de la interpretación de los efectos de tDCS, sino incrementar la distancia entre los electrodos, lo que repercute directamente en la mejoría del flujo de la corriente a través del cerebro (Miranda, Lomarev & Hallet, 2006). Es muy importante la colocación del electrodo cefálico, ya que se relaciona directamente con la efectividad de la estimulación en el área objetivo. Por otro lado, el electrodo extracefálico se colocó en la zona del hombro, donde se sabe con exactitud que no distorsionaría los resultados del estudio.

Los efectos de tDCS no están presentes solo durante la estimulación, sino que tiene un efecto retardado de hasta 90 minutos en la corteza motora (Nitsche & Paulus, 2001). Esto obviamente depende de muchos parámetros: de la duración de la estimulación, de la intensidad de la corriente, de los procesos cognitivos implicados en los niveles subyacentes de los mecanismos neuroquímicos corticales (Price, McAdams, & Hamilton, 2015).



Figura 1: Imagen del dispositivo de tDCS

Área premotora suplementaria (pre-SMA)

Un área prefrontal que ha sido particularmente asociada al control inhibitorio es el área premotora suplementaria (pre-SMA). Los resultados de un estudio desarrollado por Hsu et al. (2011) mostraron que la estimulación anódica tDCS mejoró la eficiencia del control inhibitorio. Asimismo, la estimulación catódica mostró una tendencia al deterioro en el control inhibitorio.

El área M1 recibe inputs del área pre-SMA, que está implicada también en la iniciación de acciones propias autoiniciadas (Deiber et al., 1999; Jenkins et al., 2000) y mediando la inhibición motora que se requiere para la relajación voluntaria de los músculos (Toma et al., 1999). Estudios de neuroimagen han apoyado estos resultados, pues se observa una activación mayor en pre-SMA en acciones autoiniciadas que en acciones desencadenadas externamente. Así pues, los estímulos presentados en nuestro estudio (“sí encenderás la radio”, “no escribirás un resumen”) se corresponden a acciones que describen actos acometidos en primera persona.

Un funcionamiento normal de pre-SMA debería suprimir las respuestas automáticas a la estimulación proveniente del ambiente (control inhibitorio), siendo los pacientes que tienen lesionada esta área muy susceptibles a responder impulsivamente ante dichos estímulos. Por ejemplo, Ball et al. (1999) encontró que pre-SMA disminuye su actividad en respuesta a la activación de la corteza motora primaria antes de los movimientos voluntarios, lo que pone de manifiesto su papel en el control inhibitorio, como se ha venido comentando.

En otros estudios, Chen et al. (2009) usó TMS para probar el rol funcional de pre-SMA en el paradigma de la señal de stop. El error se incrementaba cuando el TMS era aplicado sobre pre-SMA, lo que sugería que tenía un papel directo y causal en la respuesta inhibitoria y en la selección de la respuesta. De esta forma, la interferencia en la actividad normal de pre-SMA podía provocar cambios en la tasa de control inhibitorio.

Otras investigaciones donde se demostró la eficacia de tDCS las llevaron a cabo Nitsche y Paulus (2001), donde encontraron resultados consistentes de que elevados potenciales evocados se elicitaban después de una estimulación anódica, frente a la estimulación catódica. Ello indicaba que la excitabilidad neural en la corteza motora primaria podía ser modificada mediante dicha técnica.

De esta forma, queda claro que la elección del área premotora suplementaria como zona objetivo para nuestro estudio está apoyada empíricamente.

Sin embargo, pre-SMA no es la única región que está implicada en el proceso inhibitorio. Otras regiones cerebrales incluyendo las zonas oculares frontales (FEF) (Hanes and Schall, 1996; Curtis et al., 2005; Muggleton et al., 2010), zonas

complementarias oculares (SEF) (Stuphorn et al., 2000; Stuphorn and Schall, 2006; Isoda and Hikosaka, 2007; Chen et al., 2009), corteza cingulada anterior (Ito et al., 2003; Chevrier et al., 2007) y el giro frontal inferior (Aron et al., 2003; Leung and Cai, 2007) también han demostrado que están implicadas en el proceso cognitivo para la tasa de la señal de stop.

El área pre-SMA corresponde aproximadamente con el punto Fz en el montaje 10/20. La precisión de esta localización se debe en gran medida al estudio realizado en Brainsight TMS, Rogue Research, Montréal, Canada, donde se confirmó con exactitud esta zona, observando imágenes de resonancia magnética (MRI) en 6 sujetos.

Por último, hay que comentar que la técnica tDCS estimula un área relativamente extensa (1600 mm²), mientras que con TMS el área cubierta es de 25 mm² (Priori et al., 2009). Por ello, cabe la posibilidad de que utilizando esta técnica se estimule también otras zonas colindantes a la región objetivo.

Hipótesis

La hipótesis del estudio es que la estimulación de la zona pre-SMA provocaría un mayor recuerdo de los bloques 4, 5 y 6 en los sujetos que recibieron estimulación anódica. Además, también se pretendía observar que no había diferencias entre los sujetos en los primeros tres bloques, ya que todos recibían estimulación falsa.

Método

Participantes

En este estudio han participado 33 estudiantes, 26 chicas y 7 chicos, con edades comprendidas entre los 18 y los 25 años. Para su selección, se aplicó un protocolo de

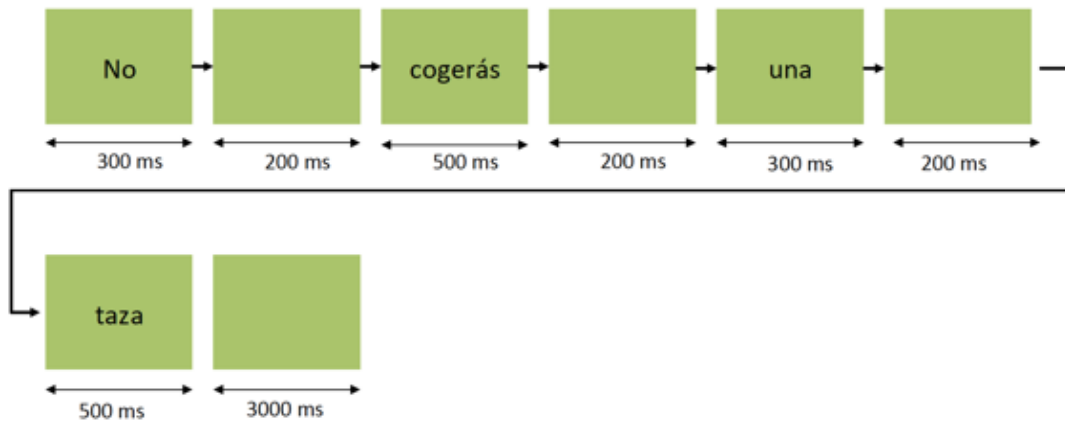
seguridad en el que tenían que contestar a varias preguntas, fundamentalmente sobre aspectos de su salud, como si habían tenido epilepsia, migraña o alguna herida/cirugía cerebral. Así, se comprobó que todos ellos gozaban de buena salud neurológica y que no estaban bajo efectos de ningún medicamento en el momento del pase de pruebas.

Además, todos los participantes leyeron y firmaron el consentimiento informado sobre el estudio y fueron informados de los pasos que se iban a seguir durante el experimento. Cabe resaltar que se prestó como incentivo a los participantes una cuantía de 0,1 puntos en el TIPE sobre la nota final de Lenguaje y Pensamiento.

Materiales

En el presente experimento hemos contado con dos tipos de oraciones experimentales, un grupo de oraciones formuladas en positivo y otro grupo de oraciones formuladas en negativo. Todas ellas estaban escritas en segunda persona para implicar al participante en el contexto narrativo. A su vez, algunas oraciones eran de contenido coherente y otras de contenido incoherente, no siendo esto relevante para el fin de la investigación.

El número total de ítems a recordar fue de 66, divididos en seis bloques, además de 10 oraciones como tarea de prácticas. Cada oración iba apareciendo en la pantalla palabra por palabra, con un tiempo establecido. La secuencia temporal era la siguiente:



Se establecieron dos listas de contrabalanceo, conteniendo los mismos estímulos, pero cambiando el adverbio de negación por uno de afirmación y viceversa.

A continuación se presentan dichas listas:

CONTRABALANCEO 1

Bloque 1

| |
|----------------------------|
| Sí escribirás un resumen |
| No admirarás una pulsera |
| Sí apreciarás un libro |
| No vigilarás una cacerola |
| Sí desearás una aceitera |
| No distinguirás un fósforo |
| Sí abrirás un paraguas |
| No agitarás la castañuela |
| Sí apretarás un nudo |
| No cogerás un monedero |
| Sí colocarás un compás |

Bloque 2

| |
|---------------------------|
| No entenderás un problema |
| Sí adorarás un bolso |
| No conocerás una cartera |
| Sí descubrirás un fusil |
| No despreciarás la llave |
| Sí divisarás un biberón |
| No agarrarás la almohada |
| Sí apagarás la aspiradora |
| No tirarás un dardo |
| Sí colgarás un bastón |
| No darás un billete |

Bloque 3

| |
|---------------------------|
| Sí escucharás un discurso |
| No verás un sobre |
| Sí gustarás un plato |
| No mirarás una taza |
| Sí observarás un borrador |
| No olvidarás un cuaderno |
| Sí depositarás un mando |
| No encenderás la radio |
| Sí guardarás una flauta |
| No limpiarás un tarro |
| Sí manejarás un peine |

Bloque 4

| |
|-----------------------------|
| No lanzarás una piedra |
| Sí extraviarás un alfiler |
| No imaginarás un mapa |
| Sí necesitarás un tenedor |
| No oír un interruptor |
| Sí pedirás un salero |
| No empujarás un carrito |
| Sí enjuagarás una cuchara |
| No levantarás una bandeja |
| Sí llenarás una botella |
| No manipularás un abrelatas |

Bloque 5

| |
|---------------------------|
| Sí cantarás un villancico |
| No perderás un trapo |
| Sí querrás un zapato |
| No reclamarás un cuchillo |
| Sí recordarás un sillón |
| No tendrás una afeitadora |
| Sí utilizarás un hacha |
| No recogerás una goma |
| Sí retirarás un móvil |
| No vaciarás un balde |
| Sí tatarás un pastel |

Bloque 6

| |
|------------------------------|
| No pintarás una silla |
| Sí percibirás una campanilla |
| No preferirás un cascanueces |
| Sí rechazarás una chincheta |
| No reconocerás el martillo |
| Sí solicitarás un taladro |
| No moverás un bolígrafo |
| Sí ponerse un anillo |
| No registrarás un armario |
| Sí sacarás un cinturón |
| No sujetarás un clavo |

CONTRABALANCEO 2

Bloque 1

| |
|----------------------------|
| No escribirás un resumen |
| Sí admirarás una pulsera |
| No apreciarás un libro |
| Sí vigilarás una cacerola |
| No desearás una aceitera |
| Sí distinguirás un fósforo |
| No abrirás un paraguas |
| Sí agitarás la castañuela |
| No apretarás un nudo |
| Sí cogerás un monedero |
| No colocarás un compás |

Bloque 2

| |
|---------------------------|
| Sí entenderás un problema |
| No adorarás un bolso |
| Sí conocerás una cartera |
| No descubrirás un fusil |
| Sí despreciarás la llave |
| No divisarás un biberón |
| Sí agarrarás la almohada |
| No apagarás la aspiradora |
| Sí tirarás un dardo |
| No colgarás un bastón |
| Sí darás un billete |

Bloque 3

| |
|---------------------------|
| No escucharás un discurso |
| Sí verás un sobre |
| No gustarás un plato |
| Sí mirarás una taza |
| No observarás un borrador |
| Sí olvidarás un cuaderno |
| No depositarás un mando |
| Sí encenderás la radio |
| No guardarás una flauta |
| Sí limpiarás un tarro |
| No manejarás un peine |

Bloque 4

| |
|-----------------------------|
| Sí lanzarás una piedra |
| No extraviarás un alfiler |
| Sí imaginarás un mapa |
| No necesitarás un tenedor |
| Sí oír un interruptor |
| No pedirás un salero |
| Sí empujarás un carrito |
| No enjuagarás una cuchara |
| Sí levantarás una bandeja |
| No llenarás una botella |
| Sí manipularás un abrelatas |

Bloque 5

| |
|---------------------------|
| No cantarás un villancico |
| Sí perderás un trapo |
| No querrás un zapato |
| Sí reclamarás un cuchillo |
| No recordarás un sillón |
| Sí tendrás una afeitadora |
| No utilizarás un hacha |
| Sí recogerás una goma |
| No retirarás un móvil |
| Sí vaciarás un balde |
| No tatarás un pastel |

Bloque 6

| |
|------------------------------|
| Sí pintarás una silla |
| No percibirás una campanilla |
| Sí preferirás un cascanueces |
| No rechazarás una chincheta |
| Sí reconocerás el martillo |
| No solicitarás un taladro |
| Sí moverás un bolígrafo |
| No ponerse un anillo |
| Sí registrarás un armario |
| No sacarás un cinturón |
| Sí sujetarás un clavo |

Diseño

Es un diseño experimental 3x2x2 con tres factores: Tipo de estimulación (anódica, catódica o sham), bloque de tareas (1 o 2) y tipo de oración (positiva o negativa).

El tipo de estimulación es una variable intergrupo, mientras que el tipo de oración y los bloques de tareas son una variable intragrupo. La variable dependiente era el rendimiento de los participantes en la tarea de recuerdo.

La secuencia de tareas que recibían los 3 grupos de sujetos era la siguiente (véase Figura 2):

| | SERIE 1 | SERIE 2 |
|--------------------|--|--|
| GRUPO 1 (ANÓDICA) | Sham 6 minutos (2 minutos estimulación real + 4 minutos falsa). Bloque 1, tarea distractiva, recuerdo. Bloque 2, tarea distractiva, recuerdo. Bloque 3 tarea distrectiva, recuerdo. | Estimulación anódica durante 12 minutos. Bloque 4, tarea distractiva, recuerdo. Bloque 5, tarea distractiva, recuerdo. Bloque 6, tarea distractiva, recuerdo. |
| GRUPO 2 (CATÓDICA) | Sham 6 minutos (2 minutos estimulación real + 4 minutos falsa). Bloque 1, tarea distractiva, | Estimulación catódica durante 12 minutos. Bloque 4, tarea distractiva, recuerdo. |

| | | |
|---------------|---|--|
| | <p>recuerdo.</p> <p>Bloque 2, tarea distractiva, recuerdo.</p> <p>Bloque 3 tarea distractiva, recuerdo.</p> | <p>Bloque 5, tarea distractiva, recuerdo.</p> <p>Bloque 6, tarea distractiva, recuerdo.</p> |
| GRUPO3 (SHAM) | <p>Sham 6 minutos (2 minutos estimulación real + 4 minutos falsa).</p> <p>Bloque 1, tarea distractiva, recuerdo.</p> <p>Bloque 2, tarea distractiva, recuerdo.</p> <p>Bloque 3 tarea distractiva, recuerdo.</p> | <p>Sham 12 minutos (2 minutos estimulación real + 10 minutos falsa).</p> <p>Bloque 4, tarea distractiva, recuerdo.</p> <p>Bloque 5, tarea distractiva, recuerdo.</p> <p>Bloque 6, tarea distractiva, recuerdo.</p> |

Figura 2: Secuencia de tareas de los participantes

Hay que comentar que, en un primer momento, todos los participantes recibieron estimulación falsa o sham, y posteriormente, la segunda estimulación sería la que dictaminaría el grupo experimental en el que serían encuadrados. Los participantes fueron asignados aleatoriamente a los 3 grupos experimentales. Después de realizar la tarea perteneciente a los tres primeros bloques, se efectuaría la segunda estimulación. Un grupo recibiría estimulación anódica, otro grupo estimulación catódica y el último grupo recibiría estimulación falsa de nuevo, como se puede apreciar en la figura anterior.

Procedimiento

A la hora del experimento, se recibía al participante, se le pedía que se leyera el consentimiento informado y, posteriormente, se pasaba el protocolo de seguridad, después de lo cual se aseguraba a la persona que sus datos iban a ser totalmente confidenciales y que los fines serían meramente investigadores.

Después de verificar que era un sujeto apto para poder aplicar la técnica tDCS, al participante se le proporcionaba una serie de instrucciones generales sobre la tarea. Se le explicaba las reacciones normales a la técnica (cosquilleo, picores) y se le decía que se irían reduciendo a lo largo de la estimulación. En el caso de que esto no fuera así, se aclaraba que podía abandonar el estudio en cualquier momento y que ello no iba a influir en los resultados ni la relación profesional con el investigador.

Después de eso, con una cinta métrica se tomaban las medidas para localizar el punto exacto donde se iba a aplicar estimulación. En mi caso, el área era pre-SMA, correspondiente a la posición Fz en el montaje 10/20.

La secuencia era la siguiente:

- En primer lugar, había que medir la distancia entre Nasion e Inion pasando por la parte superior de la cabeza. Cuando se localizara la mitad de esa distancia, se marcaba con un punto visible para tomarlo como referencia en el siguiente paso.
- En segundo lugar, teniendo ese punto medio como referencia, se pedía al sujeto que abriese y cerrase la boca para localizar su zona prearicular. Luego se medía desde dicha zona en la parte izquierda hasta la parte derecha pasando por el punto de referencia que había obtenido en el paso anterior (Cz en el montaje

10/20). Una vez hecho esto, teníamos localizado el punto medio en la intersección.

- Por último, se calculaba el 20% de la distancia entre Nasion e Inion y, hacia delante, se hacía una marca, correspondiendo dicha marca con Fz en el montaje 10/20, aproximadamente.

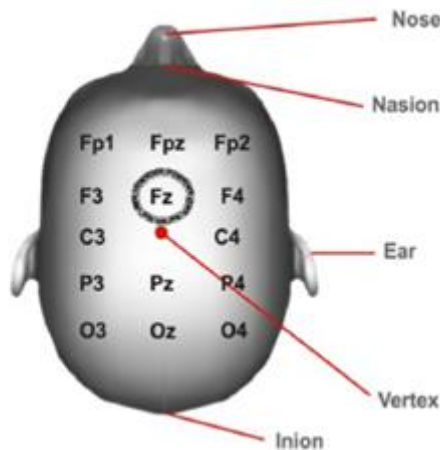


Figura 3: Sistema 10/20 y puntos craneales. Se indica Fz como punto de estimulación para pre-SMA.

Una vez localizado, se colocaban las cintas de forma correcta para que la sujeción de los electrodos fuera óptima. A continuación, se aplicaba un periodo de estimulación falsa o sham, en el que el paciente recibía estimulación en la zona de interés durante 2 minutos, a pesar de que el tiempo que pasaba dentro del cubículo era de 6 minutos.

Después de esa primera estimulación, se efectuaba la primera serie. El material de la serie 1 constaba de 3 bloques, compuestos cada uno de ellos de 11 oraciones, seguido de una tarea distractora que duraba 1 minuto y, finalmente, la tarea de recuerdo. Esta consistía en lo siguiente: el participante veía en la pantalla la secuencia de las tres

primeras palabras de cada oración, seguido del símbolo de la interrogación (“?”). En el momento en el que este saliese, debía contestar en voz alta la palabra correspondiente a la frase que allí aparecía. Así, al terminar la secuencia de los 3 bloques, se hacía un ligero descanso y se iniciaba la serie 2. En este caso se aplicaba estimulación activa en dos de los grupos y sham en el tercero. La estimulación duraba 12 minutos dentro del cubículo, sea cual fuere su condición experimental (anódica, catódica o sham). Tras la estimulación se desarrollaban 3 nuevos bloques de oraciones con sus correspondientes tareas distractoras y de recuerdo. Finalmente, se le retirarían los electrodos a los participantes y las cintas y se le agradecería su participación.

Análisis

En la serie 1, tras la estimulación sham compartida por todos los sujetos, se esperaba que no hubiera diferencias entre los grupos ni entre el tipo de oraciones. De esta manera, se observó que no hay diferencias entre el tipo de oraciones ($F(1,30) = 0.0640, p > .05$), aunque sí hay un efecto principal inesperado del tipo de estimulación ($F(2, 30) = 6,3, p < .01$). Por ello, se efectuó un análisis poshoc entre los grupos para intentar comprender este resultado. No existían diferencias entre anódica-sham ($t(19) = 1,05, p > .05$) ni entre catódica-sham ($t(17) = -2,26, p > .05$), pero sí las existían entre anódica-catódica ($t(20) = 3,98, p < .01$). Sin embargo, hay que decir que la p de hochberg correspondiente a la comparación entre catódica-sham (0.07) indica que es marginalmente significativo.

A su vez, en la serie 2, no hay diferencias entre el tipo de estimulación ($F(2,30) = 1,2, p > .05$), ni hay diferencias entre el tipo de oración ($F(1,30) = 0.815, p > .05$),

tampoco resultando significativa la interacción entre el “tipo de estimulación” y “tipo de oración” ($F(2,30) = 0.1497, p > .05$).

También se efectuó un análisis poshoc entre los grupos, dado que se esperaba que existiera un efecto de la estimulación. Las comparaciones par a par en la serie dos apoyaban el resultado de la interacción, es decir, no resultaba significativa ni la comparación entre anódico-catódico ($t(20) = 1,36, p > 0.05$), catódico-sham ($t(20) = -1,32, p > .05$) ni anódico-sham ($t(20) = 0,05, p > .05$).

Las figuras 4 y 5 muestran la tasa de respuesta de las dos series distribuidas por condición experimental (1 = Condición anódica, 2 = Condición catódica, 3 = Condición sham).

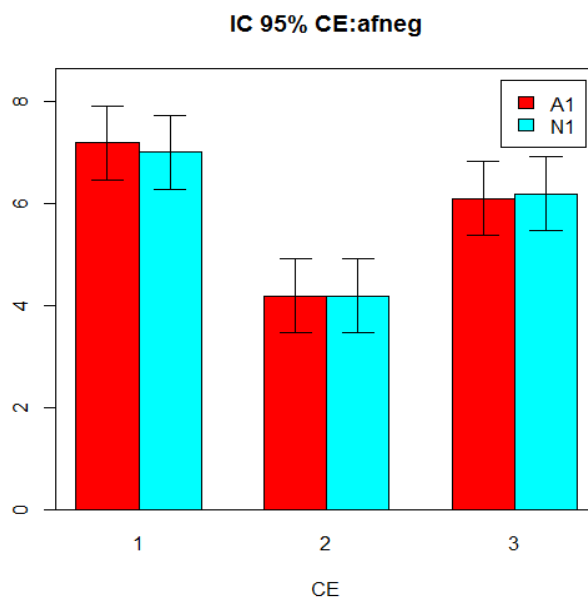


Figura 4: Tasa de aciertos en la serie 1 (estimulación sham para todos los grupos). (A1 = Oraciones afirmativas; N1= Oraciones negativas)

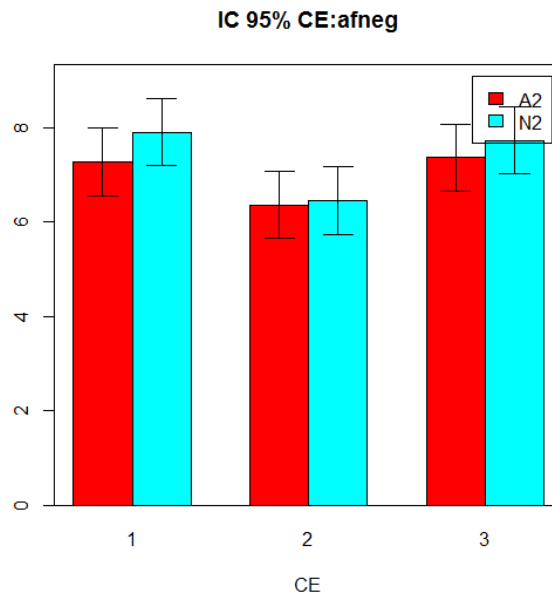


Figura : Tasa de aciertos en la serie 2 (A2 = Oraciones afirmativas; N2= Oraciones negativas)

Discusión y conclusiones

Los resultados obtenidos rechazan las hipótesis propuestas para este trabajo. Una hipótesis propuesta para este trabajo es que no habría diferencias entre los grupos en la primera serie, ya que todos los participantes recibían el mismo tipo de estimulación. De esta forma, se puede observar en el apartado anterior que la hipótesis no se cumple, ya que sí hay diferencias significativas entre los grupos. Es decir, el efecto que se observa en los resultados no puede ser un efecto del tipo de estimulación (recordemos que todos los participantes recibieron estimulación sham), sino que se debe a diferencias aleatorias entre los grupos. Por ejemplo, haciendo un análisis más exhaustivo se puede apreciar (véase Figura 3) en los análisis par a par de la serie 1 que el grupo catódico presenta un rendimiento especialmente bajo, lo que se podría explicar por problemas en la recogida de datos de ese grupo.

Por otro lado, la otra hipótesis propuesta era que tendrían que haber diferencias entre los grupos a la hora de comparar el rendimiento en la serie 2. Los resultados obtenidos contradicen esta hipótesis, pues no se observaron diferencias entre el tipo de estimulación, lo que significa que no existe ese efecto principal que se estaba buscando con la realización de este experimento. Aquí, en el caso de haber obtenido resultados significativos, sí se podría haber hablado de un efecto del tipo de estimulación, ya que todos los participantes estaban distribuidos en las tres condiciones experimentales, y por ende, en tres tipos de estimulación diferentes.

También se puede comentar que no se encontraron diferencias en cuanto al rendimiento entre las oraciones positivas y negativas, dejando claro que los participantes han tenido un rendimiento similar en el factor intragrupo tipo de oración.

En resumen, los resultados reflejan que no existe un efecto de la variable intergrupo “tipo de estimulación” en la serie 2, a la vez que sí existen diferencias (aleatorias debido a la muestra) en la serie 1, justo al revés de cómo debería haber salido. Además, no se hallaron diferencias entre la variable intragrupo tipo de oración en ninguna de las series. Esto indica que, en la serie 1, los resultados no fueron los esperados y la ausencia de diferencias en la serie 2 sugiere que no existieron diferencias en el rendimiento de los participantes, independientemente de cual fuese su condición experimental, lo que demuestra que los resultados tampoco fueron los esperados.

Los resultados que deberían haber salido en el análisis se corresponden a la no existencia de diferencias en el primer bloque de tareas, junto con la existencia de diferencias entre las condiciones experimentales y el tipo de oración en el segundo bloque.

Como explicación a estos resultados, se podría comentar que el paradigma utilizado ha funcionado muy bien con oraciones positivas. Sin embargo, en el presente estudio se han introducido oraciones negativas, lo que puede distorsionar la efectividad de dicho modelo. Además, se puede añadir que las tareas distractoras no jugaban un papel a favor del buen rendimiento en la tarea, ya que los propios participantes se quejaban de que algunas tareas eran muy difíciles y que interferían en exceso con la tarea. Esto, unido a las diferencias aleatorias entre los grupos, junto con el bajo número de participantes, pueden haber sido los causantes de los resultados del experimento.

Como solución a estos problemas, sería interesante realizar de nuevo este estudio, pero planteándolo de una manera diferente. Habría que diseñar un material que permitiera a los participantes acertar un porcentaje más elevado de oraciones, alrededor del 60-70%. Junto a eso, también se podría reducir el tiempo de la tarea distractora, además de su dificultad. Por último, sería recomendable utilizar una muestra más grande que únicamente 33 participantes. Así, quizás los resultados sí podrían ir acorde a las hipótesis planteadas inicialmente en este experimento.

Referencias

- Aron, A. R., Fletcher, P. C., Bullmore, E. T., Sahakian, B. J., & Robbins, T. W. (2003). Stop-signal inhibition disrupted by damage to right inferior frontal gyrus in humans. *Nature neuroscience*, 6(2), 115-116.
- Ball, T., Schreiber, A., Feige, B., Wagner, M., Lücking, C. H., & Kristeva-Feige, R. (1999). The role of higher-order motor areas in voluntary movement as revealed by high-resolution EEG and fMRI. *Neuroimage*, 10(6), 682-694.

- Bindman, L. J., Lippold, O. C. J., & Redfearn, J. W. T. (1964). The action of brief polarizing currents on the cerebral cortex of the rat (1) during current flow and (2) in the production of long-lasting after-effects. *The Journal of physiology*, 172(3), 369.
- Chen, C. Y., Muggleton, N. G., Tzeng, O. J., Hung, D. L., & Juan, C. H. (2009). Control of prepotent responses by the superior medial frontal cortex. *Neuroimage*, 44(2), 537-545.
- Chevrier, A. D., Noseworthy, M. D., & Schachar, R. (2007). Dissociation of response inhibition and performance monitoring in the stop signal task using event-related fMRI. *Human brain mapping*, 28(12), 1347-1358.
- Creutzfeldt, O. D., Fromm, G. H., & Kapp, H. (1962). Influence of transcortical dc currents on cortical neuronal activity. *Experimental neurology*, 5(6), 436-452.
- Cuetos, F., González, J., & De Vega, M. (2015). *Psicología del lenguaje*. Madrid: Ed. Médica-Panamericana.
- Curtis, C. E., Cole, M. W., Rao, V. Y., & D'esposito, M. (2005). Canceling planned action: an fMRI study of countermanding saccades. *Cerebral Cortex*, 15(9), 1281-1289.
- Deiber, M. P., Honda, M., Ibañez, V., Sadato, N., & Hallett, M. (1999). Mesial motor areas in self-initiated versus externally triggered movements examined with fMRI: effect of movement type and rate. *Journal of neurophysiology*, 81(6), 3065-3077.

- de Vega, M., Morera, Y., León, I., Beltrán, D., Casado, P., & Martín-Loeches, M. (2016). Sentential Negation Might Share Neurophysiological Mechanisms with Action Inhibition. Evidence from Frontal Theta Rhythm. *Journal of Neuroscience*, 36(22), 6002-6010.
- Glenberg, A. M., & Kaschak, M. P. (2002). Grounding language in action. *Psychonomic bulletin & review*, 9(3), 558-565.
- Hanes, D. P., & Schall, J. D. (1996). Neural control of voluntary movement initiation. *Science*, 274(5286), 427.
- Havas, D. A., Glenberg, A. M., & Rinck, M. (2007). Emotion simulation during language comprehension. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(3), 436-441.
- Isoda, M., & Hikosaka, O. (2007). Switching from automatic to controlled action by monkey medial frontal cortex. *Nature neuroscience*, 10(2), 240-248.
- Ito, S., Stuphorn, V., Brown, J. W., & Schall, J. D. (2003). Performance monitoring by the anterior cingulate cortex during saccade countermanding. *Science*, 302(5642), 120-122.
- Jenkins, I. H., Jahanshahi, M., Jueptner, M., Passingham, R. E., & Brooks, D. J. (2000). Self-initiated versus externally triggered movements. *Brain*, 123(6), 1216-1228.
- Kaup, B., & Zwaan, R. A. (2003). Effects of negation and situational presence on the accessibility of text information. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29(3), 439.

- MacDonald, M. C., & Just, M. A. (1989). Changes in activation levels with negation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15(4), 633.
- Miranda, P. C., Lomarev, M., & Hallett, M. (2006). Modeling the current distribution during transcranial direct current stimulation. *Clinical neurophysiology*, 117(7), 1623-1629.
- Muggleton, N. G., Chen, C. Y., Tzeng, O. J., Hung, D. L., & Juan, C. H. (2010). Inhibitory control and the frontal eye fields. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(12), 2804-2812.
- Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2001). Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans. *Neurology*, 57(10), 1899-1901.
- Nitsche, M. A., Liebetanz, D., Antal, A., Lang, N., Tergau, F., & Paulus, W. (2003). Modulation of cortical excitability by weak direct current stimulation—technical, safety and functional aspects. *Supplements to Clinical Neurophysiology*, 56, 255–276.
- Nitsche, M. A., Boggio, P. S., Fregni, F., & Pascual-Leone, A. (2009). Treatment of depression with transcranial direct current stimulation (tDCS): a review. *Experimental neurology*, 219(1), 14-19.
- Orenes, I., Beltrán, D., & Santamaría, C. (2014). How negation is understood: Evidence from the visual world paradigm. *Journal of memory and language*, 74, 36-45.

- Price, A. R., McAdams, H., Grossman, M., & Hamilton, R. H. (2015). A Meta-analysis of Transcranial Direct Current Stimulation Studies Examining the Reliability of Effects on Language Measures. *Brain stimulation*, 8, 1093-1100.
- Priori, A., Hallett, M., & Rothwell, J. C. (2009). Repetitive transcranial magnetic stimulation or transcranial direct current stimulation?. *Brain stimulation*, 2(4), 241-245.
- Purpura, D. P., & McMurtry, J. G. (1965). Intracellular activities and evoked potential changes during polarization of motor cortex. *Journal of neurophysiology*, 28(1), 166-185.
- Rizzolatti, G., & Arbib, M. A. (1998). Language within our grasp. *Trends in neurosciences*, 21(5), 188-194.
- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annu. Rev. Neurosci.*, 27, 169-192.
- Scholfield, C. N. (1990). Properties of K-currents in unmyelinated presynaptic axons of brain revealed by extracellular polarisation. *Brain research*, 507(1), 121-128.
- Stuphorn, V., Taylor, T. L., & Schall, J. D. (2000). Performance monitoring by the supplementary eye field. *Nature*, 408(6814), 857-860.
- Stuphorn, V., & Schall, J. D. (2006). Executive control of countermanding saccades by the supplementary eye field. *Nature neuroscience*, 9(7), 925-931.
- Tettamanti, M., Manenti, R., Della Rosa, P. A., Falini, A., Perani, D., Cappa, S. F., & Moro, A. (2008). Negation in the brain: Modulating action representations. *Neuroimage*, 43(2), 358-367.

Toma, K., Honda, M., Hanakawa, T., Okada, T., Fukuyama, H., Ikeda, A., ... & Shibasaki, H. (1999). Activities of the primary and supplementary motor areas increase in preparation and execution of voluntary muscle relaxation: an event-related fMRI study. *Journal of Neuroscience*, 19(9), 3527-3534.