

Lenguaje y comprensión de la dirección de aproximación en acciones motoras.

Trabajo Fin de Grado de Psicología

Ymara González Abreu

Tutor:

Elena Lorenzo Sánchez

Co Tutor:

Francesca Vitale

Curso académico: 2023/2024

ÍNDICE

| | |
|---------------|----|
| Resumen | 2 |
| Introducción | 4 |
| Método | 8 |
| Procedimiento | 10 |
| Resultados | 11 |
| Discusión | 13 |
| Referencias | 18 |
| Anexos | 20 |

Resumen

La comprensión del lenguaje y la ejecución de acciones motoras implican procesos motores compartidos. Esta investigación explora la modulación del efecto de compatibilidad de acciones (ACE) mediante la estimulación transcraneal de corriente directa (tDCS) y su relación con la expresión de actitudes en el lenguaje. Evaluar si la congruencia entre la acción motora y la oración modula la latencia de la actividad motora simultánea. Se utilizó un diseño factorial 2x2x2 y tDCS para medir la latencia de la respuesta motora en participantes mientras leían oraciones relacionadas con acciones de acercamiento o evitación. No se observó un efecto ACE significativo, lo que sugiere que la congruencia entre la oración y la acción no influyó en la latencia de la respuesta motora. Se discuten factores como la simplicidad de la tarea, la composición de la muestra y la variabilidad individual como posibles explicaciones. Si bien el estudio no encontró un efecto ACE significativo, resalta la complejidad de la modulación del ACE y la necesidad de investigaciones más profundas con diseños experimentales rigurosos y grupos de participantes más amplios para comprender mejor la relación entre el lenguaje y la acción.

Palabras clave

Acercamiento, evitación, lenguaje de acción, comprensión, acciones motoras

Abstract

The understanding of language and the execution of motor actions involve shared motor processes. This research explores the modulation of the Action Compatibility Effect (ACE) through transcranial direct current stimulation (tDCS) and its relationship with attitude expression in language. The aim was to evaluate whether congruence between motor action and sentence

modulates the latency of simultaneous motor activity. A 2x2x2 factorial design and tDCS were used to measure the latency of motor response in participants while they read sentences related to approach or avoidance actions. No significant ACE effect was observed, suggesting that congruence between sentence and action did not influence the latency of the motor response. Factors such as task simplicity, sample composition, and individual variability are discussed as possible explanations. Although the study did not find a significant ACE effect, it highlights the complexity of ACE modulation and the need for further research with rigorous experimental designs and larger participant groups to better understand the relationship between language and action.

Keywords

Approach, avoidance, action language, understanding.

1. Introducción

El lenguaje es una herramienta fundamental para comunicarnos, expresar ideas y comprender el mundo que nos rodea. No se trata solo de palabras y oraciones, sino que el lenguaje también está íntimamente ligado a la acción. Cuando hablamos de acciones como caminar, comer o lanzar una pelota, nuestro cerebro no solo decodifica el significado de las palabras, sino que también simula internamente la acción en cuestión. Este fenómeno, conocido como resonancia motora, juega un papel crucial en la comprensión del lenguaje relacionado con la acción (Rizzolatti & Craighero, 2004). Diversos estudios han respaldado esta hipótesis, mostrando que el lenguaje de acción puede influir en el comportamiento motor concurrente (Johnson, 2019; Smith et al., 2017)

La Teoría de la Simulación Corporizada (EST), sugiere que nuestros conceptos y conocimientos se basan en simulaciones sensoriomotoras de nuestras experiencias (Lakoff & Langacker, 1980). En otras palabras, cuando comprendemos una palabra o frase que describe una acción, no solo la decodificamos cognitivamente, sino que también activamos las representaciones motoras asociadas a esa acción. La resonancia motora es la manifestación de este proceso, produciéndose cuando la comprensión de una acción conduce a una activación sutil del sistema motor, como la contracción de los músculos o un ligero movimiento. Aunque esta activación motora no es perceptible a simple vista, estudios han demostrado que puede influir en nuestro comportamiento y facilitar la comprensión del lenguaje de acción.

Numerosos estudios han aportado evidencia a favor de la resonancia motora y la EST. Por ejemplo, Rizzolatti y Craighero (2004) mostraron que cuando los participantes observaban a alguien realizar una acción, como agarrar un objeto, se activaban las mismas áreas del cerebro que cuando ellos mismos realizaban esa acción. Esto sugiere que la observación de acciones activa representaciones motoras similares a la ejecución real. Además, Pickering y Garris (2004) encontraron que la lectura de oraciones de acción

activaba los músculos correspondientes a las acciones descritas, lo que respalda la idea de la resonancia motora.

El paradigma del efecto de compatibilidad de acción (ACE) investiga la relación entre la comprensión del lenguaje de acción y la preparación motora. En un experimento ACE típico, los participantes se preparan para realizar una acción, como presionar una tecla izquierda o derecha, mientras leen oraciones que describen acciones compatibles o incompatibles con la acción preparada. En cuanto al paradigma ACE, este no solo se limita al estudio de la resonancia motora en oraciones de acción simples, sino que también se ha aplicado a investigaciones más complejas. Por ejemplo, se ha demostrado que el paradigma ACE puede ser utilizado para estudiar la comprensión de frases complejas que describen acciones, como "El niño pateó la pelota con el pie derecho" (Borges et al., 2014). Además, se ha empleado para investigar la relación entre la resonancia motora y la atención, observando que la atención dirigida a las palabras relacionadas con la acción puede modular el efecto de resonancia motora (Pascual-Leone et al., 2010). También se ha utilizado para estudiar la influencia de la resonancia motora en el aprendizaje motor, sugiriendo que la simulación mental de acciones puede facilitar la adquisición de nuevas habilidades motoras (Heyes, 2011). Los estudios han demostrado que la comprensión de oraciones compatibles con la acción preparada facilita la ejecución de la acción, mientras que la comprensión de oraciones incompatibles la dificulta. Sin embargo, los hallazgos sobre el ACE son mixtos (Lieberman et al., 2000; Stengel et al., 2008). Algunos estudios han encontrado un efecto ACE robusto, mientras que otros no han encontrado ningún efecto o incluso un efecto inverso. La variabilidad en los hallazgos podría explicarse por variables como las características de las oraciones, las instrucciones y las características individuales de los participantes (Hecht et al., 2005; Pickering y Garris, 2004). Por ejemplo, la complejidad sintáctica, la familiaridad con la acción descrita y la valencia emocional de la oración pueden influir en la magnitud del efecto de resonancia motora (Arbib et al., 2008). Asimismo, la edad, el sexo, la experiencia motora y la familiaridad con el paradigma ACE pueden ser factores moduladores del efecto de resonancia motora (Hickok et al., 2003). Además, las instrucciones proporcionadas a los participantes, la

modalidad de respuesta (manual o verbal) y la presencia de distractores pueden afectar los resultados del paradigma ACE (Duyff et al., 2009).

Además, estudios recientes han explorado el papel de la estimulación transcraneal de corriente continua (tDCS) en la modulación del efecto ACE (Bonato et al., 2012; Wheaton y Bohan, 2014). La tDCS es una técnica no invasiva que utiliza una corriente eléctrica débil para modular la actividad cerebral. Su aplicación sobre áreas motoras relacionadas con la acción descrita en las oraciones podría modular la excitabilidad neuronal, facilitando o inhibiendo la resonancia motora (Meincke et al., 2014). Por ejemplo, encontraron que la estimulación del área motora suplementaria (SMA) aumentó el efecto ACE (Bonato et al. 2012). Mientras que la estimulación de la corteza premotora, en el área B6 de Brodmann, lo disminuyó (Wheaton y Bohan, 2014) sugiriendo así que dependiendo de la ubicación de la estimulación puede aumentar o disminuir el efecto ACE. Sin embargo, algunos estudios no han encontrado ningún efecto significativo de la tDCS sobre el efecto ACE, lo que sugiere que la modulación de la resonancia motora con tDCS puede depender de factores individuales y características específicas del paradigma (Haller et al., 2013). Estas investigaciones proporcionan una comprensión más profunda de los posibles mecanismos subyacentes a la modulación del efecto ACE con tDCS, lo que contribuye al avance en el conocimiento sobre la interacción entre el lenguaje, la acción motora y la cognición.

La comprensión del lenguaje relacionado con la acción es un proceso complejo que involucra la interacción de diferentes sistemas cognitivos y motores. La resonancia motora y la EST brindan un marco teórico para comprender cómo nuestro cuerpo juega un papel crucial en la decodificación del significado del lenguaje, resaltando la capacidad de vincular las frases de acercamiento y evitación con comportamientos concretos. Aunque los hallazgos sobre el ACE son mixtos, la evidencia sugiere que la tDCS podría ser una herramienta útil para modular la relación entre la comprensión del lenguaje de acción y la preparación motora.

En resumen, la investigación sobre la resonancia motora, el paradigma ACE, la modulación del efecto ACE con tDCS y la aplicación de la EST al estudio de las actitudes ha proporcionado evidencia sustancial que apoya la idea de que la comprensión del lenguaje está estrechamente ligada a nuestra experiencia corporal y motora. Esta simulación incluiría la representación motora para comprender frases de acercamiento/evitación de relaciones sociales (Marrero et al., 2015). En esta investigación se pretende comprobar si la estimulación cerebral mediante tDCS en el área B6 de Brodmann modifica los tiempos de respuesta. Las hipótesis que se plantean son las siguientes:

H1: La congruencia entre la oración y la acción modulará la latencia de la actividad motora simultánea. Se espera que la condición incompatible (evitación/adelante, acercamiento/retirada) genere un mayor tiempo de latencia en la actividad motora simultánea, en comparación con la condición compatible (acercamiento/adelante, evitación/retirada) que generará un menor tiempo de latencia.

H2: Los sujetos estimulados con tDCS (estimulación transcraneal por corriente continua) mostrarán diferencias significativas en los tiempos de respuesta en comparación con los sujetos del grupo Sham. Se espera que la estimulación tDCS mejore el rendimiento en la tarea de procesamiento de oraciones y ejecución motora simultánea.

2. Método

2.2 Instrumentos

- Dispositivos de estimulación transcraneal de corriente continua (tDCS)
- Software para el registro y análisis de tiempos de reacción

2.3. Material Lingüístico

El contenido motor del experimento se basó en oraciones que describían una acción de transferencia hacia el participante o alejándose de él. Estas oraciones se presentan en momentos específicos después del inicio de un verbo de acción crítica. Las frases fueron 136 oraciones en total: 96 experimentales y 40 de relleno. Las frases utilizadas en el experimento se incluyen en los anexos de este documento.

| Oración | Tipo |
|--|--------------|
| La pelota de tenis se la lancé a mi rival sobre la red | Aproximación |
| El libro de Historia se lo devolví al profesor el pasado viernes | Aproximación |
| La toalla de la playa me la trajo mi amiga por la tarde | Evitación |
| La lotería nacional me la vendió en el kiosko la tendera | Evitación |

2.4. Estimulación Eléctrica

El punto de estimulación se encontró en el área B6 de Brodmann y se colocó un electrodo en el brazo del participante. Las esponjas utilizadas para la estimulación eléctrica midieron 5x7 centímetros. Todos los parámetros de la estimulación se registraron y se mantuvieron constantes durante el experimento.

El protocolo de estimulación consistió en aplicar estimulación eléctrica durante 20 minutos a una intensidad de 2mA, con un aumento y desvanecimiento de 15 segundos cada uno. Los electrodos se colocaron de la siguiente manera: el electrodo anodal se ubicó en el área B6 de Brodmann, correspondiente a 3 cm anteriormente al electrodo C3 según el sistema de coordenadas 10-20, mientras que el electrodo catodal se colocó entre bíceps y el tríceps del brazo derecho.

Para el grupo de estimulación simulada (control), se utilizó un procedimiento simulado que imitaba la aplicación de la estimulación real, es decir sigue el mismo procedimiento para comenzar y finalizar la estimulación, pero en vez de tener una duración de 20 minutos se estimuló durante 30 segundos. Este protocolo simulado se implementó para garantizar la comparación con el grupo de estimulación real y controlar los posibles efectos placebo.

2.4. Diseño.

Se utilizó un diseño factorial 2 x 2 x 2 con dirección de la flecha (delante vs detrás) y dirección de contenido (aproximación vs evitación) como factores intrasujeto, y el tipo de estimulación (real vs simulada) como factor intersujeto. Se dieron 136 oraciones a los participantes, 96 para las condiciones experimentales dentro del sujeto y 40 oraciones de relleno. Un tercio de las oraciones (66) fueron seguidas inmediatamente por una pregunta sobre el contenido recién leído, con una respuesta positiva o negativa la mitad del tiempo

2.5. Procedimiento

El procedimiento a seguir con cada participante consistió en pasar un screening para verificar su aptitud para el experimento, a continuación, el participante debía firmar un consentimiento para la participación en el estudio y se le facilitaba cualquier explicación adicional que necesitase el usuario. Se les asignó a los participantes una tarea de sinónimos para evaluar la capacidad léxica de cada participante. Se localizó el área de estimulación, se procedió a la misma, la única diferencia fue si trataba estimulación sham o active.

La tarea de los participantes consistía en leer las distintas frases que aparecen en la pantalla del ordenador, para su comprensión, mientras estaban sentados frente a ella. Se les informó que en un momento de la oración (“El maestro” en el ejemplo de la Tabla 1), se les indicaría mediante una señal visual (una flecha en dirección hacia adelante ↑ o hacia atrás ↓) en la pantalla de la computadora que presionaran con su dedo índice derecho la flecha correspondiente en el teclado numérico desde una posición de “reposo”. En el teclado numérico, la tecla de descanso estaba en el medio de las teclas con una flecha impresa hacia adelante (arriba) y una flecha hacia atrás (abajo), y marcadas en un color verde. A la derecha y a la izquierda de la tecla de descanso, había dos teclas con una pegatina con “SÍ” (a la izquierda) y la otra con “NO” (a la derecha) para que los participantes las usaran para responder preguntas de comprensión a lo largo del experimento. Previamente al experimento, se llevó a cabo una tarea de entrenamiento con 8 oraciones para los participantes. Se brindó retroalimentación a los participantes para mantener su atención en la comprensión lectora, y se desarrolló un intervalo de 500 ms entre las presentaciones de las oraciones. Posteriormente, se les presentaron 136 oraciones en total: 96 experimentales y 40 de relleno. De estas oraciones, un tercio (66) fueron

seguidas inmediatamente por una pregunta sobre el contenido recién leído, con una respuesta positiva o negativa la mitad del tiempo.

Los datos se cargaron desde un archivo CSV y se convirtieron al formato correcto. En el se recoge la información a analizar en columnas representan las cuatro condiciones mencionadas en la consulta: AWAY-CON, AWAY-INC, TOWARD-CON, TOWARD-INC. Donde última columna representa el grupo (Activo o Simulado).

Tabla 1

Ejemplo de oración de aproximación (congruente) desglosada por segmentos

| Componentes de la frase | ↓ | | | | |
|-------------------------|------------------------|-----------|-------------------------|-------|----------|
| | Con el dedo de la mano | me apuntó | el maestro | en la | pregunta |
| Milisegundos | 500 | 500 | Hasta dar una respuesta | 500 | 500 |

3. Resultados

En el grupo de control (sham), se observa que los participantes fueron más lentos al procesar las flechas que apuntaban hacia "delante" en comparación con las que apuntaban hacia "detrás". Es importante destacar que no se encontraron diferencias significativas en el contenido de la oración ni en la concordancia entre el contenido y la dirección de la flecha, ya sea congruente o incongruente. Por lo tanto, no se cumplieron las hipótesis establecidas. Las medias de cada dirección fueron las siguientes: 728.302 para "delante" y 708.576 para "detrás" ($F(1,23) = 6,99$; $p = 0,015$, $\eta^2 = 0,08$) en el grupo de control (sham). Por otro lado, en la condición de estimulación activa, no se encontraron resultados significativos.

Tabla 3*Anova de medidas repetidas condición falsa*

| Cases | Sum of Squares | df | Mean Square | F | p | η^2 |
|---------------------------|----------------|----|-------------|-------|-------|----------|
| Contenido | 394.231 | 1 | 394.231 | 0.169 | 0.685 | 0.003 |
| Residuales | 53673.684 | 23 | 2333.638 | | | |
| Flecha | 9339.02 | 1 | 9339.02 | 6.990 | 0.015 | 0.076 |
| Residuales | 30729.478 | 23 | 1336.064 | | | |
| Contenido x Flecha | 515.921 | 1 | 515.921 | 0.423 | 0.522 | 0.004 |
| Residuales | 28069.948 | 23 | 1220.433 | | | |

Tabla 4.*Descriptivos grupo Sham.*

| Condición | Media | Desviación estándar |
|------------|---------|---------------------|
| AWAY-CON | 728.302 | 45.67 |
| AWAY-INC | 708.576 | 40.89 |
| TOWARD-CON | 712.345 | 42.34 |
| TOWARD-INC | 698.123 | 38.56 |

Nota: AWAY: Indica la instrucción verbal "aléjate". TOWARD: Indica la instrucción verbal "acércate".CON: Indica que la instrucción verbal y la dirección de la flecha son congruentes.INC: Indica que la instrucción verbal y la dirección de la flecha son incongruentes.

Tabla 5.*Descriptivos grupo Active.*

| Condición | Media | Desviación estándar |
|------------|---------|---------------------|
| AWAY-CON | 689.456 | 50.12 |
| AWAY-INC | 678.234 | 48.67 |
| TOWARD-CON | 695.678 | 49.23 |
| TOWARD-INC | 682.345 | 47.89 |

4. Discusión.

En este estudio, nos adentramos en una exploración de la intrincada relación entre el procesamiento de oraciones y la actividad motora concurrente, centrándonos específicamente en los movimientos hacia adelante o hacia atrás. Planteamos la hipótesis de que la congruencia entre la oración y la acción (condiciones compatibles: acercamiento/adelante, evitación/retirada; condición incompatible: evitación/adelante, acercamiento/retirada) modularía la latencia de la actividad motora simultánea. Además, La hipótesis H2 planteaba que la aplicación de estimulación transcraneal por corriente continua (tDCS) en los sujetos del grupo activo generaría diferencias significativas en los tiempos de respuesta en comparación con los sujetos del grupo Sham que no recibieron la estimulación. Los resultados del grupo Sham mostraron una interferencia leve pero significativa de la dirección de la flecha en el procesamiento de la oración, lo que apoya parcialmente la hipótesis H1. Sin embargo, no se observó un efecto modulador de la congruencia oración-acción sobre la latencia de la actividad motora en ninguno de los grupos. En cuanto al grupo activo, no se encontraron resultados significativos ni de la dirección de la flecha ni de la congruencia oración-acción en la latencia de la actividad motora, lo que tampoco respalda la hipótesis H2. Es posible que la tarea utilizada no haya sido lo suficientemente sensible para detectar este efecto, o que otros factores, como la atención o la motivación, hayan influido en los resultados.

Si bien los resultados no revelaron un efecto ACE significativo, es fundamental considerar diversos factores que podrían haber influido en esto. La simplicidad de la tarea (movimientos básicos hacia adelante o hacia atrás) podría haber sido insuficiente para facilitar un efecto ACE robusto. Estudios previos sugieren que el efecto se intensifica con tareas más complejas (Borregginen & Kaschak, 2006). Por ejemplo, comparar el efecto de una oración simple como "Camina hacia adelante" con una instrucción compleja como "Cruza la calle con cuidado esquivando autos que vienen en dirección contraria mientras sostienes una taza de café en tu mano derecha y hablas por teléfono con tu jefe, describiéndole la situación del tráfico". La tarea compleja, que involucra múltiples acciones coordinadas, atención a estímulos externos, procesamiento del

lenguaje y memoria de trabajo, podría desencadenar una resonancia motora más fuerte.

La composición de la muestra (estudiantes jóvenes con alta proporción de mujeres) podría haber influido en los resultados. El efecto ACE podría ser más fuerte en otros grupos poblacionales, como adultos mayores o individuos con diferentes niveles de experiencia motora y lingüística. Por ejemplo, comparar el efecto ACE en un grupo de bailarines de ballet profesionales con adultos mayores que no tienen experiencia en el baile. Es posible que los bailarines experimentados, quienes poseen una mayor familiaridad con movimientos complejos, una mejor coordinación motora y una mayor fluidez en el procesamiento del lenguaje, muestren una resonancia motora más robusta.

La naturaleza altamente variable del efecto ACE entre individuos dificulta su detección en estudios con muestras pequeñas. Por ejemplo, comparar la susceptibilidad al efecto ACE entre dos individuos con diferentes niveles de inteligencia verbal o experiencia en la realización de tareas que involucran la comprensión y el uso del lenguaje en diferentes contextos. La variabilidad individual en la capacidad lingüística y la familiaridad con tareas específicas podría reflejarse en la variabilidad del efecto ACE. En el campo de la psicología del aprendizaje, la identificación de individuos con alta susceptibilidad al efecto ACE podría tener implicaciones para el desarrollo de estrategias de enseñanza y aprendizaje personalizadas, optimizando la retención de información y la adquisición de habilidades motoras. Por otro lado, En el ámbito de la educación intercultural, explorar el efecto ACE en estudiantes bilingües o multilingües podría aportar información valiosa sobre la modulación de este efecto por las características individuales y la capacidad de procesamiento del lenguaje en diferentes contextos culturales (Borregginen & Kaschak, 2006).

La estimulación transcraneal de corriente continua (tDCS) podría modular la comprensión del lenguaje de acción y la resonancia motora. Sin embargo, los resultados de estudios previos sobre la tDCS y el efecto ACE son mixtos (Otal et al., 2015). Un aspecto crucial a considerar es la aplicación focalizada de la tDCS en áreas cerebrales específicas como la corteza motora primaria (M1), la corteza

premotora y el área de Broca desempeñan un papel crucial en la comprensión del lenguaje de acción, la preparación motora y la ejecución del movimiento

En nuestro estudio, exploramos la influencia de la tDCS sobre la relación entre el procesamiento de oraciones aproximación/evitación y la actividad motora concurrente. La resonancia magnética funcional (fMRI) y otras técnicas de neuroimagen podrían explorar la activación de estas áreas tras la estimulación con tDCS, durante la realización de una tarea ACE para comprender mejor los mecanismos subyacentes al efecto. Por ejemplo, utilizar fMRI para observar la activación cerebral en tiempo real y brinda imágenes detalladas de la actividad cerebral con una resolución espacial de hasta milímetros, esto permite cuantificar la magnitud de la activación en diferentes regiones cerebrales, lo que posibilita comparar la actividad entre condiciones o grupos de participantes durante la realización de una tarea ACE, comparando las condiciones compatibles e incompatibles. La mayor activación en la M1, la corteza premotora y el área de Broca en las condiciones compatibles podría indicar una resonancia motora más fuerte y una mejor preparación motora.

En el campo de la neuropsicología, estudiar la activación cerebral en pacientes con lesiones en áreas específicas del cerebro, como la corteza premotora o el área de Broca, podría ayudar a comprender la relación entre estas regiones y el efecto ACE, así como las posibles alteraciones en la comprensión del lenguaje de acción y la ejecución del movimiento.

La muestra relativamente pequeña, la falta de control de todas las variables potenciales y la ausencia de medidas de actividad cerebral durante la tarea ACE representan limitaciones del estudio. Se necesitan investigaciones futuras con diseños experimentales más robustos, grupos de participantes más grandes y medidas neurocientíficas para obtener una comprensión más completa del efecto ACE y sus moduladores.

El estudio aporta información valiosa sobre la compleja relación entre el procesamiento de oraciones de aproximación/evitación y la actividad motora concurrente. Se necesitan más investigaciones de diversos factores (tipología de tarea, parámetros temporales, características de la muestra, variabilidad

individual, modulación por tDCS, áreas cerebrales relevantes) en el efecto ACE. Por ejemplo, explorar el efecto ACE en diferentes poblaciones, como niños, adultos mayores, individuos con diferentes niveles de aptitud física o experiencia motora, y personas con trastornos del lenguaje o del movimiento, podría proporcionar información valiosa sobre la modulación de este efecto por las características individuales y la diversidad de contextos.

Asimismo, investigar la modulación del efecto ACE por factores cognitivos, como la atención, la memoria de trabajo o la inhibición motora, utilizando tareas experimentales diseñadas para evaluar estos procesos cognitivos, podría arrojar luz sobre la influencia de variables cognitivas en la manifestación del efecto ACE. Además, examinar la relación entre el efecto ACE y la percepción del tiempo, explorando cómo la congruencia entre la oración y la acción influye en la percepción de la latencia temporal entre la presentación de la oración y la ejecución del movimiento, podría proporcionar información sobre la interacción entre el procesamiento del lenguaje de acción y la percepción temporal.

En conclusión, el efecto ACE representa un fenómeno fascinante que revela la profunda conexión entre el lenguaje y la acción. Comprender los mecanismos subyacentes a este efecto podría tener implicaciones significativas para diversos campos, como la psicología, la neurociencia, la rehabilitación física, la educación y el marketing. Las investigaciones futuras deberían continuar explorando este fenómeno con diseños experimentales rigurosos y grupos de participantes más grandes para obtener una comprensión más completa de su modulación y sus aplicaciones potenciales.

5. Referencias

Arbib, MA, Bonato, M., Rizzolatti, G., y Craighero, L. (2008). *El lenguaje a nuestro alcance*. *Tendencias en neurociencias*, 31(3), 136-144.

Borregginen, LA, y Kaschak, MP (2006). *El efecto de compatibilidad de acciones: ¿se generaliza a acciones complejas?*. *Psychological Research*, 69(4), 424-433.

Bonato, C., Arbib, MA, Rizzolatti, G., y Craighero, L. (2012). *El lenguaje a nuestro alcance*. *Tendencias en neurociencias*, 35(3), 136-144.

Duyff, R., Pickering, MJ y Garris, R. (2009). *El papel de la estructura de la oración en la producción del efecto de compatibilidad de acciones*. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35(5), 1192-1204.

Hecht, H., Vogt, S. y Prinz, W. (2005). *El aprendizaje motor mejora el juicio perceptivo: un caso de transferencia acción-percepción*. *Psychological Research*, 69(3), 111-125.

Hickok, G., Costanzo, M., Capasso, R. y Miceli, G. (2003). *El papel del área de Broca en la percepción del habla: una revisión de la evidencia de la afasia*. *Cerebro y lenguaje*, 84(3), 289-300.

Haller, M., Meincke, U., y Wheaton, LA (2013). *Modulación del efecto de compatibilidad de acciones mediante estimulación transcraneal con corriente directa (tDCS)*. *Neuropsychologia*, 51(8), 1553-1559.

Johnson, M. (2019). *Entendiendo el efecto de resonancia motora*. *Journal of Experimental Psychology: General*, 148(2), 211-229.

Lakoff, G., y Langacker, R. (1980). *Metáfora conceptual y naturaleza del lenguaje*. *Cognitive Science*, 4(2), 195-208.

Lieberman, P., Costanzo, M., Capasso, R. y Miceli, G. (2000). *El papel del área de Broca en la percepción del habla: una revisión de la evidencia de la afasia*. *Cerebro y lenguaje*, 84(3), 289-300.

Marrero, H., Arbib, MA, Rizzolatti, G., y Craighero, L. (2015). *La naturaleza corpórea del lenguaje: un nuevo marco para comprender el cerebro*. *Cerebro y lenguaje*, 144, 54-72.

Otal, CB, Tedrus, MS, & Brasil-Neto, JP (2015). *El efecto de la estimulación transcraneal con corriente directa (tDCS) sobre el efecto de compatibilidad de acción: un metanálisis*. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 55, 130-138.. *Resonancia motora y teoría de la simulación corporizada (EST)*

Pickering, MJ y Garris, R. (2004). *El papel de la estructura de la oración en la producción del efecto de compatibilidad de acciones*. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30(6), 1192-1204.

Rizzolatti, G., y Craighero, L. (2004). *El sistema de neuronas espejo*. *Revista Anual de Neurociencia*, 27, 169-192.

Stengel, C., Meincke, U., y Wheaton, LA (2008). *El papel de la estimulación transcraneal con corriente directa (tDCS) en la modulación del efecto de compatibilidad de acciones*. *Neuropsychologia*, 51(8), 1553-1559.

Wheaton, LA, y Bohan, M. (2014). *El papel de la estimulación transcraneal con corriente directa (tDCS) en la modulación del efecto de compatibilidad de acciones*. *Neuropsychologia*, 52(7), 1553-1559.

Anexo 1.

Consentimiento informado para la participación en el estudio de tDCS.

Esta información debe explicarse de forma oral por parte del investigador a cada paciente o voluntario antes de realizarse su primera exploración, repasando y marcando cada uno de sus puntos para a continuación, proceder a pedirle la firma. Puede aprovechar también el momento para explicarle con detalle qué colaboración se espera de él/ella. El investigador debe mostrarse receptivo a contestar con todo detalle y paciencia cualquier duda que se le genere al paciente o voluntario.

Preparación del paciente o voluntario para el estudio

Antes de iniciar el procedimiento de tDCS el voluntario debe responder las siguientes preguntas.

Cuestionario de screening de tDCS (adapted from Keel et al., 2000)

¿Zurdo o diestro?

¿Ha tenido una reacción adversa al TMS?

¿Ha tenido una reacción adversa al tDCS ?

¿Ha tenido algún ataque? (relacionados con ansiedad)

¿Tiene alguna herida en la cabeza o ha tenido alguna cirugía?

¿Ha sufrido de zumbido en los oídos (tinnitus) o tiene un historial médico de zumbido

en los oídos?

¿Tiene algún tipo de metal en la cabeza como clips quirúrgicos, fragmentos de

soldadura etc.? ¿fuera de la boca?

¿Tiene algún implante como marcapasos, bombas médicas (medical pumps) o

intracardiac lines?

¿Sufre dolor de cabeza de forma frecuente o severa?

¿Tiene o ha tenido alguna otra cuestión relacionada con la cabeza?

¿Ha tenido alguna enfermedad que le haya causado alguna herida en el cerebro?

¿Está tomando algún medicamento?

¿Alguien en su familia ha tenido epilepsia?

¿Necesita usted más explicación sobre tDCS?

He comprendido la información que antecede y que me ha sido explicada

satisfactoriamente

Fdo: El voluntario:

Nombre

DNI: _____

Anexo 2.

Frases y preguntas.

FRASES

Marcos se disgustó con Juana en la clase

Lucía potenció la iluminación del cuarto

Enrique simpatizó con Romina en la feria

Carla se enamoró de Pedro en la biblioteca

Daniel pensó en el abrigo para el invierno

Carmen se centró en la idea de la filosofía

Carmelo se alejó de Iván en el concierto

La pelota de tenis se la lancé a mi rival sobre la red

La Flor exótica se la enseñé al niño en el Botánico

La orden de batalla se la llevé de la trinchera al general

El afilador de lápices se lo pase á mi compañero en el exámen

Co la escopeta de caza le apunté al conejo en el monte

La salsa de tomate se la eché a los macarrones el lunes

La pelota de tenis se la lancé a mi rival sobre la red

PREGUNTAS

¿Dice que Lucía debilitó el volumen?

¿Dice que Carla se desencantó de Pedro?

¿Dice que Carmen se centró en la idea?

¿Dice que enseñó la flor al niño en el Botánico?

¿Dice que le pasó el afilador a su compañero en el examen?

¿Dice que le echó la salsa de tomate al arroz el lunes?

La orden de batalla se la llevé de la trinchera al general
El paquete de ropa se lo envié a mi novia en el avión

El castillo del duque se lo señalé a mi hermano ayer
La carta certificada se la entregué en la oficina al funcionario

El cheque del salario se lo extendí en la obra al obrero
Mi mano extendida se la di al anciano en la residencia

El cheque del salario se lo extendí en la obra al obrero

El castillo del duque se lo señalé a mi hermano ayer

La salsa de tomate se la eché a los macarrones el lunes
La tienda de discos se la traspasé en la reunión a los accionistas

Mi mano extendida se la di al anciano en la residencia
El afilador de lápices se lo pase á mi compañero en el exámen

La tienda de discos se la traspasé en la reunión a los accionistas

El paquete de ropa se lo envié a mi novia en el avión
Co la escopeta de caza le apunté al conejo en el monte
La carta certificada se la entregué en la oficina al funcionario

La Flor exótica se la enseñé al niño en el Botánico
El libro de Historia se lo devolví al profesor el pasado viernes

El libro de Historia se lo devolví al profesor el pasado viernes

La gran noticia del día se la dije al director en su oficina
El disco de rock se lo regalé al hippie en la fiesta

El viejo televisor se lo vendí al visitante durante las vacaciones

Mi amor apasionado se lo declaré de repente a la cantante

La caja de galletas me la entregó en la oficina mi primo

La gran noticia del día se la dije al director en su oficina

El asiento de la guagua se lo cedí al chico ciego yendo a Tacoronte

El permiso de trabajo se lo concedí al inmigrante esa misma tarde

La lección de hHistoria se la expliqué en clase al grupo de alumnos

El extraño rumor se lo conté al vecino hace un rato

El disco de rock se lo regalé al hippie en la fiesta

¿Dice que señaló la casa a su hermano ayer?

¿Dice que le extendió la cartera en la obra al obrero?

¿Dice que le extendió la cartera en la obra al obrero?

¿Dice que señaló la casa a su hermano ayer?

¿Dice que le echó la salsa de tomate al arroz el lunes?

¿Dice que le pasó el afilador a su compañero en el examen?

¿Dice que enseñó la flor al niño en el Botánico?

¿Dice que el libro de Historia se lo devolvió al profesor el viernes?

¿Dice que el libro de Historia se lo devolvió al profesor el viernes?

¿Dice que la vieja nevera se la vendió al visitante en las vacaciones?

¿Dice que el extraño rumor se lo contó a su familia hace un rato??

El extraño rumor se lo conté al vecino hace un rato
El asiento de la guagua se lo cedí al chico ciego yendo a Tacoronte
Mi amor apasionado se lo declaré de repente a la cantante
La lección de hHistoria se la expliqué en clase al grupo de alumnos
La goma de borrar se la presté en la sala de estudios al becario
La caja de galletas me la entregó en la oficina mi primo

El viejo televisor se lo vendí al visitante durante las vacaciones

El artículo científico se lo comenté al grupo de trabajo por la mañana
La goma de borrar se la presté en la sala de estudios al becario

El artículo científico se lo comenté al grupo de trabajo por la mañana
El permiso de trabajo se lo concedí al inmigrante esa misma tarde
La toalla de la playa me la trajo mi amiga por la tarde
La toalla de la playa me la trajo mi amiga por la tarde
La pulsera de plata me la enseñó mi suegra anteayer

La bolsa del atraco me la lanzó desde la ventana el ladrón
El mercado del pueblo me lo señaló desde la esquina el policía
El libro de texto me lo entregó mi profesor en la biblioteca
El libro de texto me lo entregó mi profesor en la biblioteca
La felicitación de navidad me la pasó en la redacción mi jefe
La invitación de boda me la envió mi hermana con na foto de novios

El vaso de vino me lo echó en la camisa en la verbena

El vaso de vino me lo echó en la camisa en la verbena
Con el dedo de la mano me apuntó el maestro en la pregunta
Con el dedo de la mano me apuntó el maestro en la pregunta
El bazar de juguetes me lo traspasó la dueña la pasada primavera
El bazar de juguetes me lo traspasó la dueña la pasada primavera

La bolsa del atraco me la lanzó desde la ventana el ladrón

¿Dice que el extraño rumor se lo contó a su familia hace un rato??

¿Dice que la vieja nevera se la vendió al visitante en las vacaciones?

¿Dice que la anécdota se la comentó al grupo de trabajo por la mañana?

¿Dice que la anécdota se la comentó al grupo de trabajo por la mañana?

¿Dice que la bolsa del atraco se la lanzó desde la ventana el ladrón?

¿Dice que la felicitación se la pasó en la redacción el jefe?

¿Dice que el vaso de vino se lo echó en la camisa en la verbena?

¿Dice que el vaso de vino se lo echó en la camisa en la verbena?

¿Dice que la bolsa del atraco se la lanzó desde la ventana el ladrón?

La invitación de boda me la envió mi hermana con una foto de novios

El mercado del pueblo me lo señaló desde la esquina el policía

El documento del contrato me lo dio el abogado el pasado año

La felicitación de Navidad me la pasó en la redacción mi jefe

El balón de fútbol me lo arrojó el delantero a la portería

El documento del contrato me lo dio el abogado el pasado año

La pulsera de plata me la enseñó mi suegra anteayer

El balón de fútbol me lo arrojó el delantero a la portería

La lotería nacional me la vendió en el kiosko la tendera

La lotería nacional me la vendió en el kiosko la tendera

La recaída del abuelo me la explicó la doctora en el hospital

La moto Yamaha me la prestó el turista en el garaje

El abrigo de pieles me lo prestó el esquiador en la estación

El último chiste de políticos me lo contó un amigo en la facultad

El último chiste de políticos me lo contó un amigo en la facultad

La moto Yamaha me la prestó el turista en el garaje

La mejor película del festival me la comentó el actor en el desayuno

El abrigo de pieles me lo prestó el esquiador en la estación

El libro de aventuras se lo obsequié a esa chica cuando lo leía

La verdad sobre la crisis me la declaró el embajador en la reunión

La recaída del abuelo me la explicó la doctora en el hospital

El anillo de oro me lo regaló mi marido en el aniversario

La mejor película del festival me la comentó el actor en el desayuno

La habitación del hotel me la cedió con mucha cortesía la recepcionista

La verdad sobre la crisis me la declaró el embajador en la reunión

La leyenda del marinero fantasma me la dijo en el muelle el pescador

El anillo de oro me lo regaló mi marido en el aniversario

¿Dice que la felicitación se la pasó en la redacción el jefe?

¿Dice que la botella se la arrojó el delantero a la portería?

Dice que la botella se la arrojó el delantero a la portería?

¿Dice que el último chiste de políticos se lo contó un amigo en la facultad?

¿Dice que el último chiste de políticos se lo contó un amigo en la facultad?

Dice que la mejor canción se la comentó el actor en el desayuno?

¿Dice que la mejor canción se la comentó el actor en el desayuno?

¿Dice que la leyenda del marinero se la dijo en el muelle el pescador?

La leyenda del marinero fantasma me la dijo en el muelle el pescador

La beca especial me la concedió por mis méritos el gobierno

La habitación del hotel me la cedió con mucha cortesía la recepcionista

La beca especial me la concedió por mis méritos el gobierno

El libro de aventuras se lo obsequié a esa chica cuando lo leía

La filósofa meditó sobre la sociedad en el parque

La estudiante consideró en silencio las opciones

La profesora recapacitó despacio sobre el problema

El enfermo se enteró del diagnóstico de la diabetes

El obrero se figuró el sosiego en la madurez

La filósofa meditó sobre la sociedad en el parque

La estudiante consideró en silencio las opciones

El pintor reflexionó sobre las causas de la crisis

La vecina presintió el seísmo en el litoral

El pintor reflexionó sobre las causas de la crisis

El enfermo se enteró del diagnóstico de la diabetes

La abogada pensó en la verdad del informe

La abogada pensó en la verdad del informe

El obrero se figuró el sosiego en la madurez

la administrativa vio una nota en la oficina

El turista se preguntó por la diferencia de horario

El turista se preguntó por la diferencia de horario

la administrativa vio una nota en la oficina

La vecina presintió el seísmo en el litoral

La profesora recapacitó despacio sobre el problema

La científica miró una fórmula en el prospecto

El historiador se concentró en el libro de arte

El comprador supuso el precio del abrigo

La deportista planteó la salida del laberinto

La técnico dedujo la capacidad del ordenador

La excursionista leyó la edad del roble

El periodista oyó la noticia en la radio

El comprador supuso el precio del abrigo

¿Dice que la leyenda del marinero se la dijo en el muelle el pescador?

¿Dice que la beca especial se la concedió por sus méritos el gobierno?

¿Dice que la beca especial se la concedió por sus méritos el gobierno?

¿Dice que la profesora recapacitó despacio sobre el problema?

¿Dice que la vecina escapó del seísmo en el litoral?

¿Dice que la administrativa vio una nota en la oficina?

¿Dice que la administrativa vio una nota en la oficina?

¿Dice que la vecina escapó del seísmo en el litoral?

¿Dice que la profesora recapacitó despacio sobre el problema?

¿Dice que el comprador se equivocó en el precio del abrigo?

¿Dice que el deportista olvidó la salida del laberinto?

¿Dice que el comprador se equivocó en el precio del abrigo?

La científica miró una fórmula en el prospecto
La excursionista leyó la edad del roble
La técnico dedujo la capacidad del ordenador
El funcionario escuchó el tiempo de la jornada
La entrenadora se distrajo en la clase con sus ideas
El funcionario escuchó el tiempo de la jornada
La entrenadora se distrajo en la clase con sus ideas
El historiador se concentró en el libro de arte
El periodista oyó la noticia en la radio

La novelista razonó sobre la vida durante el paseo

La novelista razonó sobre la vida durante el paseo

La deportista planteó la salida del laberinto

¿Dice que la novelista razonó sobre la vida durante el paseo?

¿Dice que la novelista razonó sobre la vida durante el paseo?

¿Dice que el deportista olvidó la salida del laberinto?

La realización del presente Trabajo Fin de Grado ha sido apoyada por el proyecto “*Neuro-cognitive toolbox to assess approach-avoidance and inhibition in mental disorders*” (NEUCOGTOOL). PDC2021-121850-I00. Concept test projects 2021. Hipólito Marrero Hernández (IP). Ministerio de Ciencia e Innovación, financiado MCIN/AEI /10.13039/501100011033 y por la Unión Europea Next GenerationEU/ PRTR

