

MÁSTER EN BIOMEDICINA 2023-2024

ESTUDIANTE: ANDREA PAOLA LEÓN URIBE

TUTOR: HIPÓLITO MARRERO

COTUTORA: FRANCESCA VITALE

V.Bº HIPÓLITO MARRERO

V.Bº FRANCESCA VITALE

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246 Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

A.-ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate whether the cortico-cortical paired associative (cc-PAS) stimulation technique, between the primary motor cortex (M1) and the anterior temporal lobe (ATL), can improve semantic comprehension specific to action language.

To test this hypothesis, participants performed a language comprehension task in which they had to choose, between two alternatives, the most coherent word to complete a given sentence. The sentence structure was: Definite article + subject + verb (action or attentional) + word choice, one of which was 100% coherent and the other 70% coherent. An answer was considered correct if the word chosen was 100% coherent.

In the first session without stimulation, the experimental group showed 71% correct responses for both action and attentional verbs, while the control group had 73% and 72%, respectively. In the second session, after applying cc-PAS in the experimental group, accuracy increased to 75% for action verbs and 74% for attentional verbs; the control group showed 77% and 73%, respectively. Thirty minutes later, without stimulation, the experimental group reached 76% and 77%, while the control group registered 74% and 76%.

Statistical analysis revealed significant improvements in both groups after the intervention, but no significant differences between the experimental and control groups. These results suggest that there was a learning effect that may have masked any positive effect of cc-PAS stimulation. Therefore, future research should consider using different lists of sentences of equal complexity for each session to determine the specific effectiveness of cc-PAS in improving the semantic comprehension of action language.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246 Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

B.-RESUMEN

El objetivo de este estudio era evaluar si la técnica de estimulación cc-PAS, que potencia la conexión entre la corteza motora primaria (M1) y el área temporal anterior (ATL) puede mejorar la comprensión semántica específica para el lenguaje de acción.

Para probar esta hipótesis, los participantes realizaron una tarea de comprensión de lenguaje en la que debían elegir, entre dos alternativas, la palabra más coherente para completar las frases incompletas dadas. La estructura de las frases era: Artículo definido + sujeto + verbo de acción o verbo atencional + palabra a elegir, una de las cuales era 100% coherente y la otra 70% coherente. Se consideraba una respuesta como acertada si se había elegido la palabra 100% coherente. En la primera sesión sin estimulación, el grupo experimental mostró un 71% de respuestas correctas tanto para verbos de acción como atencionales, mientras que el grupo control tuvo un 73% y 72%, respectivamente. En la segunda sesión, tras aplicar cc-PAS en el grupo experimental, los aciertos aumentaron a 75% para verbos de acción y 74% para verbos atencionales; el grupo control mostró un incremento hasta el 77% y 73%, respectivamente. Treinta minutos después, sin estimulación, el grupo experimental alcanzó 76% y 77%, mientras que el grupo control registró 74% y 76%.

El análisis estadístico reveló mejoras significativas en ambos grupos tras la intervención, independientemente de que la estimulación fuese real o sham. Estos resultados sugieren que hubo un efecto aprendizaje que podría haber enmascarado cualquier efecto positivo de la estimulación con cc-PAS. Por lo tanto, futuras investigaciones deben considerar el uso de diferentes listas de frases de igual complejidad para cada uno de los momentos, de forma que se pueda determinar la efectividad específica de cc-PAS en la mejora de la comprensión semántica del lenguaje de acción.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246

Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

B.-INTRODUCCIÓN

El lenguaje es un sistema de comunicación complejo y multifacético que permite a los seres humanos expresar pensamientos, emociones, deseos e información. Se manifiesta principalmente a través de palabras habladas y escritas, aunque también incluye signos, gestos y otras formas de comunicación no verbal.

La comprensión del lenguaje ha sido objeto de estudio durante décadas, y dentro de este campo, la distinción entre lenguaje de acción y lenguaje abstracto ha recibido particular atención. El lenguaje de acción se refiere a expresiones verbales que describen movimientos físicos y actividades concretas, como "correr" o "saltar", mientras que el lenguaje abstracto involucra conceptos intangibles y no directamente observables, como "libertad" o "amor". (Kiefer & Pulvermüller, 2012).

La investigación temprana sobre el procesamiento del lenguaje se centró en áreas tradicionales del cerebro, como el área de Broca y el área de Wernicke, conocidas por su papel en la producción y comprensión del lenguaje, respectivamente (Geschwind, 1970). Sin embargo, avances en neurociencia cognitiva han ampliado esta perspectiva y se han propuesto varias teorías para explicar cómo se procesa el lenguaje en el cerebro. Dos de las teorías más destacadas son los sistemas multimodales y los sistemas corporizados. Según los sistemas multimodales, el procesamiento del lenguaje se realiza mediante una red distribuida de áreas cerebrales como el lóbulo temporal anterior (ATL) y la circunvolución angular (AG) quienes juegan roles cruciales en la integración semántica y el procesamiento del lenguaje abstracto y complejo (Lambon Ralph, 2014; Lambon Ralph et al., 2017). Los Sistemas Unimodales: visual, auditivo, táctil, olfativo y motor se activan diferencialmente según las experiencias evocadas por los estímulos lingüísticos. Por ejemplo, leer la palabra "rosa" puede activar áreas visuales asociadas con la imagen de la flor y áreas olfativas relacionadas con su aroma. Estas áreas se comunican e integran información multimodal para comprender y producir lenguaje, facilitando una experiencia lingüística rica y compleja (Pulvermüller, 2013). La teoría de los sistemas corporizados sostiene que el procesamiento del lenguaje está intrínsecamente ligado a nuestras experiencias corporales y acciones motoras. Según esta teoría, comprender el lenguaje implica simular mentalmente las experiencias sensoriales y motoras asociadas con

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246

Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

las palabras y frases, involucrando la activación de las mismas áreas cerebrales utilizadas para las experiencias sensoriales y motoras. (Barsalou, 2008; de Vega et al., 2008; Fischer & Zwaan, 2008; García & Ibáñez, 2016). Hay distintas posiciones en la literatura respecto del rol de estos sistemas. Algunos autores postulan un rol epifenoménico y post-conceptual de los sistemas corporizados (Mahon & Caramazza, 2008, Mahon, & Hickok, 2016, Weiskopf, 2010), mientras que la postura de la cognición corporizada lo describe como efectos seminales (Pulvermüller, 2013). Lo importante más allá de los debates es que incluso estas corrientes enfrentadas coinciden en la presencia de efectos corporizados en la comprensión del lenguaje. El lenguaje como función filogenéticamente nueva parece reutilizar de forma oportunista antiguas redes neuronales desarrolladas inicialmente para otras funciones. Por ejemplo, los estudios de neuroimagen han revelado que las palabras relacionadas con acciones inducen activaciones en las cortezas motora y premotora, mientras que las palabras que se refieren a movimientos - posición activan redes especializadas en el córtex visual (Barsalou, 2008; Pulvermüller, 2005). Sin embargo, también hay centros multimodales en el cerebro, sobre todo en el lóbulo temporal anterior (ATL), que se activan con todo tipo de palabras que denoten entidades concretas o abstractas. La conceptualización afecta tanto a redes específicas de una modalidad como a centros semánticos de propósito general.

La corteza motora, tradicionalmente asociada con el control y la ejecución de movimientos, también participa en la comprensión del lenguaje de acción. Estudios de neuroimagen han demostrado que escuchar o leer palabras relacionadas con acciones específicas activa las áreas motoras del cerebro que corresponderían a esos movimientos (Niedenthal, 2007; Wilson, 2002). Esta activación sugiere un mecanismo de simulación motora, donde la comprensión del lenguaje de acción involucra una representación mental de la actividad física descrita. (Gallese, V., & Lakoff, G. 2005)

La corteza temporal anterior (ATL) por otro lado, se considera un nodo central en la red semántica del cerebro, integrando información de diferentes modalidades sensoriales y contextos para formar conceptos.

Actualmente, la investigación sobre el papel de M1 y ATL en la comprensión del lenguaje sigue avanzando. La estimulación magnética transcraneal (EMT), permite observar las dinámicas cerebrales en tiempo real y con alta resolución espacial (Pascual-Leone, 2000).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246

Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

Estos estudios continúan refinando nuestra comprensión de cómo diferentes tipos de lenguaje son procesados en el cerebro y cómo estas funciones están distribuidas y organizadas.

La potenciación de la conectividad entre áreas cerebrales mediante tecnología es un campo de investigación emergente con aplicaciones prometedoras en la rehabilitación neurológica y la mejora cognitiva. Varias tecnologías, incluyendo la EMT, han sido empleadas para fortalecer las conexiones entre regiones específicas del cerebro.

Estas conexiones pueden reforzarse transitoriamente mediante un novedoso protocolo de EMT, basado en el principio Hebbiano, llamado estimulación asociativa pareada córtico-cortical (cc-PAS) (Rizzo et al, 2009). Esta estimulación no invasiva implica una activación repetitiva de sitios corticales interconectados a intervalos específicos entre estímulos, que se basan en el tiempo de la comunicación fisiológica entre los sitios corticales interconectados, con el fin de imitar los patrones de estimulación neuronal que inducen la plasticidad dependiente de la sincronización de los picos (STDP), una forma de plasticidad sináptica que cumple el principio Hebbiano de que las sinapsis se potencian si la neurona presináptica se dispara inmediatamente antes que la neurona postsináptica de forma coherente y repetida (Suppa et al., 2017; Stefan et al., 2000).

El cc-PAS ha demostrado ser capaz de modificar las respuestas neurofisiológicas (Koch et al., 2018) y, recientemente, ha abierto la posibilidad de probar sus consecuencias conductuales (Koch et al., 2018; Suppa et al., 2017).

La investigación actual demuestra que las tecnologías como la TMS pueden efectivamente potenciar la conectividad entre áreas específicas del cerebro, mejorando así diversas funciones cognitivas y motoras. Estos avances tienen implicaciones significativas para el desarrollo de nuevas intervenciones terapéuticas en la rehabilitación neurológica y la optimización del rendimiento cognitivo.

En estudios anteriores la neuroestimulación fue dirigida a aumentar las retroproyecciones de V5/MT+ a V1/V2 y se mejoró la sensibilidad motora sin afectar a la metacognición, mientras que el refuerzo de las retroproyecciones IPS/LIP a V1/V2 aumentó la eficacia metacognitiva sin afectar a la sensibilidad motora. Esta doble disociación provee evidencia causal del papel

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246

Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

de distintas áreas (redes neuronales) del cerebro en la sensibilidad perceptiva y la capacidad metacognitiva en humanos. (Chiappini et al., 2018)

C.-HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Nuestro objetivo principal es evaluar si la corteza motora (M1) tiene un rol prioritario durante la comprensión del lenguaje de acción sobre el rol del lóbulo temporal (ATL)

Nuestro segundo objetivo es evaluar si podemos intervenir positivamente potenciando la conexión entre M1 y ATL para mejorar la comprensión semántica específica para el lenguaje de acción.

Esperamos que aquellos participantes que reciban la estimulación real mediante cc-PAS mostrarán mejores resultados en la tarea reflejados en un mayor número de respuestas correctas, en particular por las frases de acción, en las cuales eligieron las palabras más coherentes para completar las frases que aquellos participantes que han recibido una estimulación simulada (sham).

Este estudio intenta un avance cualitativo en la neuro semántica, más allá del estado del arte. En lugar de técnicas correlacionales como fMRI, MEG o EEG, la propuesta aplica una innovadora estimulación no invasiva para comprobar la implicación causal de algunas redes neuronales críticas en la comprensión del lenguaje, e introducir cambios sutiles en su conectividad mediante la estimulación cortico-cortical. Se trata de un planteamiento totalmente nuevo en el campo de la neuro semántica y la comprensión del lenguaje que, más allá del interés teórico, podría aportar conocimientos para aplicar protocolos de estimulación para pacientes con daños cerebrales, especialmente los que presentan déficits semánticos

Esperamos demostrar que M1 está crucialmente implicada en el lenguaje de acción y la comprensión semántica, y que modificando la conectividad efectiva en las redes semánticas

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246 Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

con dirección M1 → ATL se produzca una efectiva mejoría en la tarea de comprensión lingüística.

D.-MATERIALES Y MÉTODOS

1. Creación, adaptación y validación del material lingüístico

Para poder llevar a cabo este estudio fue necesario crear, adaptar y validar el material lingüístico que se utilizó como tarea.

Se creó una lista de 100 frases en las que todas incluían un artículo definido seguido de un sujeto que estaba envuelto en un contexto social o profesional Ej: La abuela, el albañil, la abogada, el médico, la novia. La mitad de estas frases contenían un verbo de acción por ejemplo: enciende, levanta, empuja, mueve y la otra mitad tenían verbos atencionales por ejemplo: aprecia, conoce, contempla. Para terminar estas frases se plantearon dos opciones que se diferenciaban en su grado de coherencia en un 30%. Una de estas palabras era 100% coherente según el contexto del sujeto y el verbo y la otra palabra era solo un 70% coherente con el sujeto y el verbo. La respuesta se consideraba acertada si se elegía la palabra 100% coherente.

Para comprobar este grado de coherencia se creó un formulario de Google en el que se solicitó a 30 personas evaluar de 1 a 7 el grado de coherencia de cada palabra para finalizar cada una de las 100 frases utilizadas de esta forma:

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246 Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

Validar la coherencia

✕ ⋮

B *I* U ↺ ✕

¡Gracias por participar!

Te pido que valores la coherencia de las frases que vas a leer a continuación.

Antes de empezar, por favor indica tu edad y nacionalidad.

Te pido que valores la coherencia de las frases que lees a continuación.
Comenzando desde el sujeto y el verbo, luego te presentaré dos posibles alternativas de complemento directo.
Te pido que evalúes en una escala del **1 (poco adecuadas)** al **7 (perfectamente adecuadas)** cuánto adecuadas son estas alternativas para completar la frase."

⋮

El cómico guarda el *

	1	2	3	4	5	6	7
bigote	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
disfraz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Si alguna de las palabras no lograba alcanzar el 100% de coherencia con la frase o la diferencia en % de coherencia era diferente del 30% se buscaban nuevas palabras y se volvía a realizar la validación con otras 30 personas pero solamente de las frases y palabras que no alcanzaron los porcentajes de coherencia deseados.

Una vez adaptado y validado el material se solicita a 20 personas que realicen la tarea con un ordenador portátil y en las condiciones más similares posibles de las del laboratorio utilizando el software PsychoPy de esta forma:

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

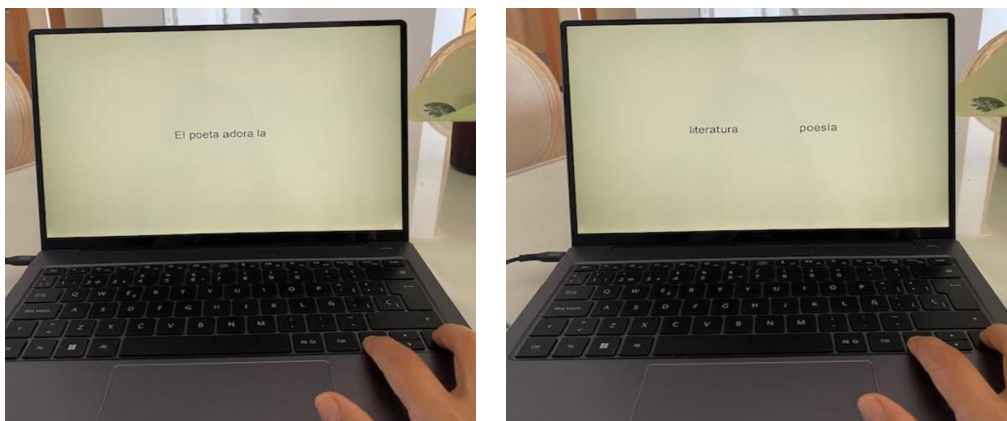
Identificador del documento: 6588246 Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04



Se solicita a cada participante que utilice siempre su mano derecha para realizar la elección y que mantenga la mano en la misma posición durante toda la tarea. Si la palabra elegida está a la izquierda de la pantalla debe presionar la flecha de la izquierda con el dedo índice tal como aparece en la imagen. Si por el contrario, la palabra elegida está a la derecha debe presionar la flecha de la derecha con el dedo anular. Se realiza una distribución aleatoria de las palabras de manera que la respuesta correcta aparecerá algunas veces a la derecha y otras a la izquierda para evitar que el resultado se vea influenciado por la preferencia general de elegir con el dedo índice.

Se evalúan los resultados obtenidos para asegurar que el material es adecuado.

Si después de este experimento hay palabras con las que no se obtienen los % de coherencia deseados se modifican y se vuelve a realizar esta tarea solo para las frases modificadas.

Todo el material lingüístico construido y validado era comparable también por las variables léxicas

A todos los participantes de esta tarea se les realizó un cuestionario PMA paralelo de riqueza de léxico (Anexo 3) para comprobar que sus posibles errores en la elección de la palabra más coherente no se debían a un manejo de vocabulario limitado. El cuestionario consistió en 50 palabras a las que el participante debía buscar un sinónimo de entre 4 opciones dadas Ej:

1. Esplendido A) Expansivo B) Alegre C) Rígido D) Magnífico

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246 Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

2. Análisis Léxico

Las variables léxicas de frecuencia y longitud de las palabras coherentes e incoherentes fueron comparables, sugiriendo que no hubo sesgo en la selección de palabras:

- **Frecuencia:** Coherentes 1.05 ± 0.67 ; Incoherentes 1.02 ± 0.61 ($t_{96} = 0,42$; $p = 0.67$)
- **Longitud:** Coherentes 7.92 ± 2.46 ; Incoherentes 7.99 ± 2.11 ($t_{96} = - 0,23$; $p = 0.81$)

3. Sesión experimental

Una vez llega el participante se le entregan 3 documentos a cumplimentar

1. Consentimiento informado de participación en el estudio (Anexo 1)
2. Cuestionario de riqueza de vocabulario (Anexo2)
3. Cuestionario de mano dominante (Anexo 3)

3.1. Colocación de las bobinas para la Estimulación Magnética Transcraneal (TMS) en los puntos M1 y ATL para el grupo experimental

Paso 1:

El neuronavegador se utiliza para localizar el hotspot ATL, que corresponde a las coordenadas $x = -53$, $y = 4$, $z = -32$, encontradas gracias a estudios previos de EMT (Fig 1ª y 1B) (Pobric et al., 2010) El ATL se identifica como un punto aproximadamente a 10 mm posterior a la punta del polo temporal a lo largo de la circunvolución temporal media en el hemisferio izquierdo.

El equipo utilizado es el (BrainSight frameless stereotaxic system; Rogue Research, Canada) .

Fig.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246 Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04



Fig. 1A. Localización ATL

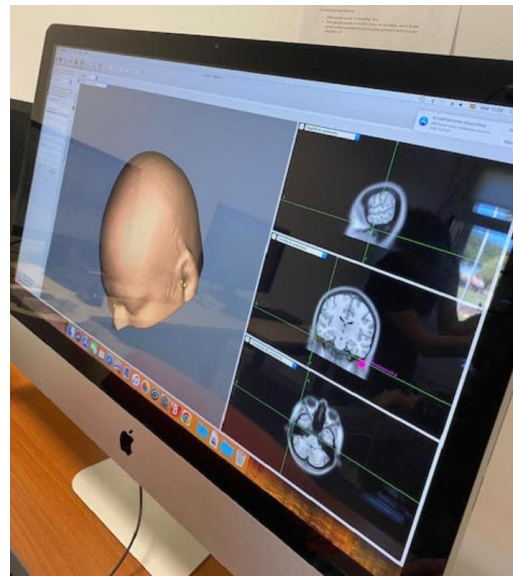


Fig 2. Neuronavegador



Fig 1B. Localización AT

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246

Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

3.2. Para encontrar M1 se utiliza el método del Potencial Evocado Motor (MEP)



Fig 3. Colocación de los electrodos en mano y muñeca derecha

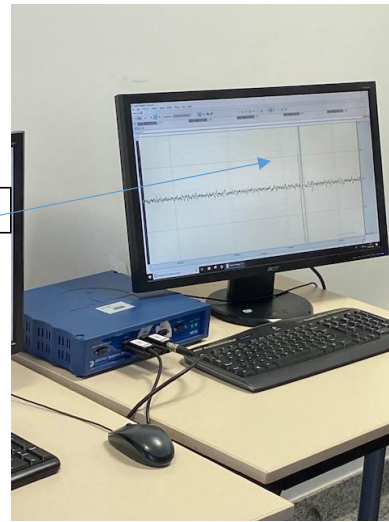


Fig.4 Electromiógrafo



Fig.5 Equipo de TMS

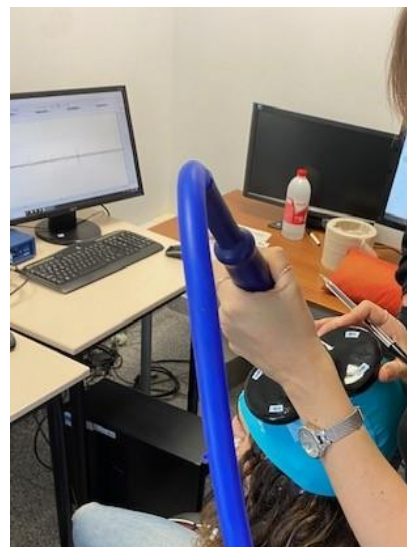


Fig.6 Colocación de la bovina

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246

Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

Para localizar el hotspot de M1 se configura el montaje de los electrodos, la detección de la posición óptima del cuero cabelludo y la medición del umbral motor en reposo (rMT). Los MEP inducidos por la EMT del M1 izquierdo se registraron en el primer músculo interóseo dorsal (FDI) izquierdo utilizando un electromiógrafo Biopac MP-35 (Biopac, EE.UU.) (Fig.4).

Las señales EMG se filtraron con paso de banda (30-500 Hz), muestreadas a 5 kHz, digitalizadas y almacenadas en un ordenador para su análisis fuera de línea.

Se colocaron pares de electrodos de superficie de cloruro de plata en un montaje vientre-tendón con electrodos de masa en la muñeca (Fig 3). Se colocó una bobina en forma de ocho conectada a un estimulador Magstim Bistim2 (Magstim, Whitland, Dyfed, Reino Unido) sobre el objetivo M1 (Fig 5). La intersección de la bobina se colocó tangencialmente al cuero cabelludo con el mango apuntando hacia atrás y lateralmente a un ángulo de 45° de la línea media (Fig 6). De este modo, la corriente inducida en el tejido neural se dirigió aproximadamente perpendicular a la línea del surco central, óptima para la activación trans-sináptica de las vías corticoespinales. Utilizando una intensidad de estímulo ligeramente por encima del umbral, la bobina se movió sobre el hemisferio diano para determinar la posición óptima desde la que se obtenían las máximas amplitudes MEP en el músculo FDI controlateral. A continuación, se marcó con un bolígrafo la posición óptima de la bobina en el gorro que se había colocado previamente en la cabeza del participante para garantizar la colocación correcta de la bobina durante todo el experimento. La rMT se definió como la intensidad mínima de salida del estimulador que producía MEPs con una amplitud de al menos 50 mV con un 50% de probabilidad (utilizando unos 10 pulsos) (Rossini et al., 1994). La ausencia de contracción voluntaria se verificó visualmente durante todo el experimento. Cuando se detectaba tensión muscular, se interrumpía brevemente el experimento y se invitaba al sujeto a relajarse.

La cc-PAS real o activa se aplicó con una frecuencia de 0.1 Hz en la región diana, durante 15 minutos (90 pares de pulsos) al 110% del nivel umbral motor (Borgomaneri e al., 2023; Chiappini et al. 2018, Di Luzio et al., 2022). La cc-PAS simulada se aplicará con el mismo

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246

Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

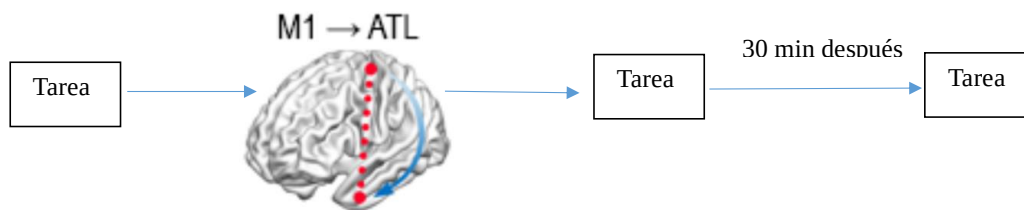
Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

protocolo de la estimulación real, con la diferencia que las bobinas serán situadas perpendicularmente al cuero cabelludo.

Procedimiento de estimulación para el grupo experimental



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246 Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

Procedimiento para el grupo control (sham)



Diseño del estudio: Experimental 20p. Utilizamos la técnica ccPAS (cortico-cortical paired associative stimulation) para estudiar la dinámica de conexión entre M1 y ATL durante la comprensión del lenguaje.

Duración de la intervención: 1,5 horas

Selección de los participantes

Criterios de inclusión: jóvenes y sanos, 18-30 años, diestros, idioma castellano.

Criterios de exclusión: Enfermedad neurológica, historia familiar de epilepsia, consumo de medicamentos neuromoduladores.

Asignación de grupos: 10 p. G. experimental recibirán estimulación v/s 10 p. G. control simulación

Método estadístico: ANOVA comparación entre la media de cada condición.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246

Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

Variable: Tipo de estimulación, (real o sham); Tiempo (PRE-estimulación; POST-estimulación; POST30-estimulación); Tipo de Verbo (Acción y Atención)

Técnica utilizada: cc-PAS estimulación pareada excitatoria entre dos áreas.

Parámetros: Duración de la estimulación de 15 minutos (90 pares de pulsos) con intensidad al 110% del umbral motor en reposo. El intervalo interpulsos M1→ATL es 235 ms.

Tarea

Utilizando el Software PsychoPy se van presentando a los participantes las 100 frases de la lista una a una y se le pide que elija entre dos palabras dadas cuál de ellas resulta más coherente para finalizar la frase teniendo en cuenta el contexto del sujeto que se presenta en la frase. Ej: La escritora deposita el a) manuscrito b) formulario

Se recogerá su elección para los análisis estadísticos.

Los experimentos implican la misma tarea con la misma lista, procedimientos y participantes de la misma población.

Los participantes, jóvenes y sanos, realizarán 3 sesiones en el mismo día:

Paso 1: Complimentación del cuestionario para determinar si el participante es diestro, ambidiestro o surdo. Se eligen únicamente participantes diestros.

Paso 2: Realización de la tarea- Momento 1

Paso 3: Localización de M1 y ATL utilizando software de neuronavegación.

Paso 4: Estimulación real para los participantes del grupo 1 o simulación de estimulación para los participantes del grupo 2.

Paso 5: Tarea inmediatamente después de la estimulación. Momento 2

Paso 6: Realización de la tarea 30 minutos después de haber realizado la estimulación real o simulada según el grupo. Momento 3.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246

Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

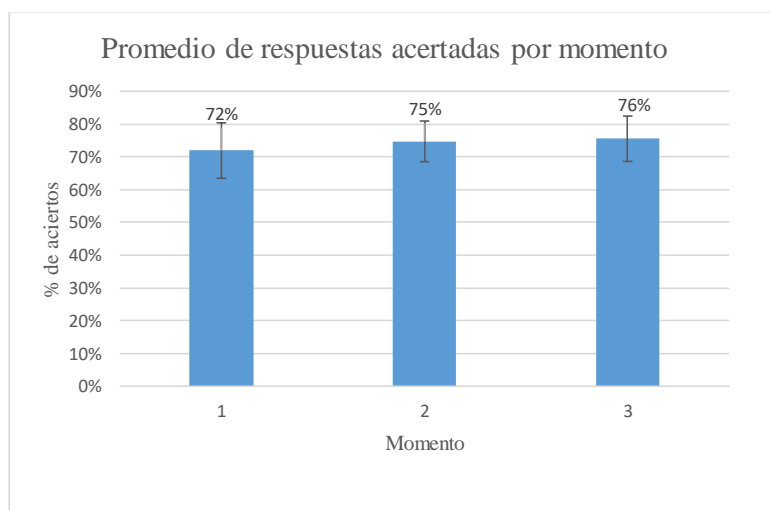
04/07/2024 17:46:04

E.-RESULTADOS

Se hizo un ANOVA de medidas repetidas con tres factores: el grupo (experimental vs. control) como factores inter-sujetos; tipo de verbo (acción vs. atencional) y momento (pre cc-PAS, post cc-PAS vs. Post30 cc-PAS) como factores intra-sujetos.

La ANOVA evidenció un efecto principal del momento ($F_{2,36}=4.52$, $p=0.02$; $\eta^2=0.20$), debido a que los participantes, en comparación con el momento pre estimulación ($72\% \pm 8\%$), mejoraban significativamente su desempeño en el momento post ($75\% \pm 6\%$; $p = 0.03$) y post30 ($76\% \pm 7\%$; $p < 0.01$). Por otro lado, los resultados entre el momento 2 y el momento 3 eran comparables ($p = 0.53$).

La ANOVA no evidenció otros efectos significativos (todas las $F < 1.21$ y todos los $p > 0.31$).



Momento 1 vs Momento 2 $p=0.03$

Momento 1 vs Momento 3 $p<0.01$

Momento 2 vs Momento 3 $p=0.53$

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246

Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

	PRE		POST		POST 30	
	ACCION	ATTENCION	ACCION	ATTENCION	ACCION	ATTENCION
REAL	71%	71%	75%	74%	76%	77%
SHAM	73%	72%	77%	73%	74%	76%

La tarea realizada antes de la estimulación arrojó un % idéntico de respuestas acertadas en el grupo experimental y los resultados fueron ligeramente superiores en el grupo control, lo que indica un nivel de desempeño superior al azar (50%). Esto sugiere que los participantes tenían una comprensión suficiente del contexto lingüístico para hacer elecciones coherentes. Esto demuestra también que la elección y validación del material era adecuada.

F.-DISCUSIÓN

¿Por qué en la sesión 1 (sin estimulación) no encontramos diferencias significativas en los aciertos entre las frases con verbos de acción y las frases con verbos atencionales?

El promedio idéntico (71%) en el grupo experimental y las pocas diferencias en el grupo control indican que los participantes eran capaces de procesar ambos tipos de verbos sin diferencias por la naturaleza del verbo.

Esto puede tener las siguientes explicaciones:

- Según teoría de la codificación distribuida se dice que las palabras y conceptos se representan en redes distribuidas a través de diversas regiones del cerebro. Tanto los verbos de acción como los verbos atencionales pueden compartir nodos comunes en estas redes semánticas, lo que facilita su procesamiento (Patterson, Nestor, & Rogers, 2007).

¿Por qué se produjo una mejora significativa en los aciertos en la sesión 2 tanto para el grupo experimental que estaba recibiendo estimulación cc-pas real como para el grupo de control que estaba recibiendo la estimulación simulada?

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246 Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

La mejora observada en ambos grupos puede ser por un efecto de aprendizaje. Como los participantes realizaron la misma tarea en ambas sesiones y utilizaron la misma lista, es posible que ya se hubiesen memorizado la tarea y entonces la segunda vez hayan tenido más aciertos.

El análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo control, ni en la primera ni en la segunda sesión. Esto indica que de esta forma no se pueda demostrar que la cc-PAS tenga un efecto positivo en el desempeño en comparación con el grupo control y que tengamos que cambiar las listas de frases de la tarea entre la primera y la segunda sesión para poder librarnos del efecto aprendizaje y comprobar si esta mejora es por la estimulación cc-PAS, descartando todo lo demás. Sin embargo, aquí también incluiríamos una variable que sería la diferencia de complejidad entre listas, lo cual debemos tener muy controlado para evitar interferencias.

¿Por qué en el momento 3, cuando habían pasado 30 minutos después de la estimulación, el grupo experimental siguió mejorando sus resultados en la tarea para los dos tipos de verbo mientras que el grupo control empeoró sus resultados en las frases con verbos de acción pero mejoró en los verbos atencionales?

El aumento en el promedio de aciertos en la tercera sesión (76% para verbos de acción y 77% para verbos atencionales en el grupo experimental) sugiere una posible retención o consolidación del efecto aprendizaje, dado que los participantes realizaron la misma tarea con la misma lista de frases en los tres momentos.

El análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo control en las tres sesiones. Esto sugiere que, aunque hubo una mejora general en el desempeño, esta mejora no puede atribuirse a la intervención cc-PAS sino más bien a un efecto aprendizaje por la repetición de una misma tarea con un contenido idéntico en los tres momentos.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246 Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

La ANOVA mostró un efecto principal significativo del momento de evaluación, indicando una mejora en el desempeño de los participantes tras la aplicación de la técnica cc-pas real:

- **Momento 1 Pre-Estimulación:** $72\% \pm 8\%$
- **Momento 2 (post-cc-pas):** $75\% \pm 6\%$ ($p = 0.03$)
- **Momento 3 (post-cc-pas):** $76\% \pm 7\%$ ($p = 0.53$)

Sin embargo, los resultados entre la sesión 2 y la sesión 3 no fueron significativamente diferentes ($p = 0.53$), lo que sugiere que la mejora se estabilizó después de la primera intervención.

Grupo Control

En el grupo control, donde se aplicó una cc-pas simulada, se observaron mejoras similares en el desempeño:

- **Sesión Pre-Estimulación:** Resultados similares a los del grupo experimental.
- **Sesión 2:** Mejora comparable a la observada en el grupo experimental.
- **Sesión 3:** Mejora comparable a la observada en el grupo experimental.

Dado que se utilizó la misma lista de frases en las tres sesiones, es probable que los participantes hayan mejorado su desempeño debido a la familiarización con las tareas, más que a la intervención cc-pas real. Este efecto de aprendizaje se refleja en la mejora similar observada en ambos grupos.

La falta de otros efectos significativos en la ANOVA (todas las $F < 1.21$, todos los $p > 0.31$) sugiere que factores adicionales como la interacción entre sesiones y otros posibles moderadores no contribuyeron significativamente a las variaciones en el desempeño.

En resumen, si comparamos los resultados observados en las tres sesiones podemos decir que tal como se ha llevado a cabo el diseño del experimento no hemos podido determinar la efectividad de la técnica cc-PAS para mejorar la conexión entre la corteza motora primaria (M1) y el área temporal anterior (ATL), debido a la realización de una misma tarea con la

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246 Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

misma lista de frases lo que nos hace imposible saber si las mejoras en el desempeño se debieron a un efecto del cc-PAS o debido a un efecto aprendizaje.

G.-CONCLUSIONES

Los resultados indican que la selección del material lingüístico fue adecuada ya que los participantes pudieron procesar eficazmente y en la misma medida tanto verbos de acción como atencionales, apoyando la idea de que el cerebro tiene mecanismos robustos y adaptables para manejar diferentes aspectos del lenguaje.

La similitud de la mejora en el desempeño tanto en el grupo experimental como en el grupo control sugiere un efecto de aprendizaje debido a que la repetición de la tarea es un factor significativo. Por lo tanto, aunque la técnica cc-PAS puede tener un potencial en fortalecer conexiones neurocognitivas, es esencial diseñar estudios futuros que controlen mejor los efectos de aprendizaje para determinar su eficacia real.

Sugerencias para mejorar el estudio

Aumentar el Tamaño de la Muestra: Un mayor número de participantes podría proporcionar datos más robustos y permitir un análisis estadístico más detallado. En un estudio sobre investigaciones en neurociencia (Button et al., 2013) se demuestra que una muestra pequeña genera una baja potencia estadística, lo que reduce la posibilidad de detectar un efecto verdadero.

Variar el contenido de la tarea para eludir el efecto aprendizaje: El uso de diferentes listas de frases, con el mismo nivel de complejidad, para cada momento, podría evitar el efecto aprendizaje, y facilitaría poder evaluar las mejoras atribuibles exclusivamente a la cc-PAS.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246 Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

H.-ANEXOS

ANEXO 1. Consentimiento Informado de participación en el estudio



CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO DE TMS:

Título del Proyecto: *Modulating plasticity of neural pathways between sensory-motor and semantic hubs to explore their functional role in conceptual meaning.*

INTRODUCCIÓN

Antes de participar en este estudio tiene el derecho de obtener toda la información relativa a los procedimientos que se utilizarán en el mismo. En estas páginas se le proporciona toda la información que deberá leer detenidamente antes de que se decida a participar en dicho estudio. No dude en preguntar al investigador si tiene alguna duda o necesita alguna aclaración bien sea antes, durante o después de leer este documento.

FINALIDAD

En este proyecto se pretende investigar los procesos de comprensión del lenguaje en personas sanas.

PROTOCOLO TMS

La sesión de TMS se basará en protocolos estándar descritos en otros estudios sobre estimulación motora y consiste en la estimulación de pulso único - el procedimiento más inocuo- mientras se realiza la tarea. Se estimulará una región determinada en su corteza cerebral, localizada gracias a una plantilla de una imagen de cerebro promedio. Durante el periodo de estimulación deberá permanecer relajado/a siguiendo las instrucciones del experimentador.

RIESGOS

Los estudios que se llevarán a cabo no implican un riesgo para su salud. De hecho, la estimulación magnética se utiliza a veces para rehabilitación motora o para la mejora del aprendizaje. Asimismo, el TMS se utiliza actualmente de forma rutinaria en estudios de neurociencia cognitiva, dado que la estimulación magnética de pulso único es de muy breve duración y no tiene post efectos apreciables.

CONFIDENCIALIDAD

Su identidad como participante en este estudio se mantendrá de forma confidencial, no se revelará bajo ninguna circunstancia y tampoco aparecerá su nombre en ningún informe o publicación derivada de este estudio.

DERECHO A RETIRARSE DEL ESTUDIO

Su participación en el estudio es voluntaria. Tiene derecho a retirarse del estudio en cualquier momento, y su decisión no afectará, bajo ningún concepto, a su relación profesional con los investigadores o profesores.

PREGUNTAS

En cualquier momento, podrá solicitar información adicional al Dr. Manuel de Vega (teléfono 922 317511 ó 922 317971) sobre cualquier duda o aclaración que necesite.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, D./Dña. _____

- He leído (o se me ha leído) la hoja de información que se me ha entregado.
- He podido hacer preguntas sobre las características del estudio.
- He recibido suficiente información sobre el estudio.
- Comprendo que mi participación es voluntaria.
- Comprendo que puedo retirarme del estudio e cualquier momento.
- Presto libremente mi conformidad

Fecha

Firma del paciente o participante

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246

Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

Anexo 2.

Cuestionario de riqueza de vocabulario

CUESTIONARIO PMA

1 HÚMEDO	A) Corto	B) Humano	C) Mojado	D) Moderado
2 RÁPIDO	A) Mayor	B) Ligero	C) Estrecho	D) Vigoroso
3 DIARIO	A) Variable	B) Cotidiano	C) Indiferente	D) Insostenible
4 ESPLÉNDIDO	A) Expansivo	B) Alegre	C) Rígido	D) Magnífico
5 HABITUAL	A) Nocturno	B) Circular	C) Principal	D) Usual
6 FLUIDO	A) Lívido	B) Muerto	C) Líquido	D) Hablador
7 HOLGAZÁN	A) Gandul	B) Travieso	C) Inculto	D) Útil
8 DESAMPARADO	A) Ocre	B) Absurdo	C) Trastornado	D) Abandonado
9 RARO	A) Santo	B) Tosco	C) Escaso	D) Débil
10 CONTENTO	A) Fastidioso	B) Continuo	C) Difamatorio	D) Satisfecho
11 ENOJADO	A) Risueño	B) Pobre	C) Enfadado	D) Doméstico
12 BENEFICIOSO	A) Artificial	B) Domesticable	C) Útil	D) Picante
13 MOHOSO	A) Tónico	B) Herrumbroso	C) Informe	D) Mudo
14 TOSCO	A) Áspero	B) Diminuto	C) Cinestésico	D) Fangoso
15 TERAPÉUTICO	A) Diagramático	B) Amorfo	C) Curativo	D) Gramatical
16 SOBRIO	A) Sucio	B) Sombrio	C) Parco	D) Apropiado
17 FESTIVO	A) Delicioso	B) Divertido	C) Potente	D) Forastero
18 AUGUSTO	A) Majestuoso	B) Delgado	C) Digestible	D) Valido
19 DIFAMANTE	A) Deshonroso	B) Forense	C) Hortícola	D) Impresionante
20 EDUCADO	A) Rico	B) Ciudadano	C) Cortes	D) Ignorante
21 ORIGINAL	A) Oral	B) Abandonado	C) Primero	D) Fidedigno
22 NOVEL	A) Costoso	B) Nuevo	C) Hosco	D) Radical
23 FAMOSO	A) Célebre	B) Leal	C) Renovado	D) Ágil
24 SISTEMÁTICO	A) Tembloroso	B) Ordenado	C) Jubiloso	D) Ambicioso
25 FATIGADO	A) Dócil	B) Grave	C) Cansado	D) Fanático
26 RESPLANDECIENTE	A) Fonético	B) Acerbo	C) Brillante	D) Intrépido

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246 Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

27 GENEROSO	A) Olvidadizo	B) Ardiente	C) Liberal	D) Provocativo
28 REGIO	A) Blando	B) Facial	C) Reciente	D) Real
29 FLEXIBLE	A) Lastimoso	B) Formal	C) Plegable	D) Pacífico
30 SAGAZ	A) Exótico	B) Aparente	C) Astuto	D) Dócil
31 IRRREFLEXIVO	A) Paciente	B) Preferible	C) Paralelo	D) Atolondrado
32 DEFICIENTE	A) Constante	B) Triste	C) Falto	D) Peculiar
33 VIGILANTE	A) Alerta	B) Indulgente	C) Valeroso	D) Naciente
34 MÍNIMO	A) Húmedo	B) Restringido	C) Tranquilo	D) Ínfimo
35 GALANTE	A) Caballeroso	B) Auténtico	C) Aleroso	D) Probable
36 ALOCADO	A) Femenino	B) Casual	C) Aturdido	D) Cómico
37 DISCRETO	A) Caustico	B) Fragante	C) Honorable	D) Prudente
38 PREDESTINADO	A) Simplificado	B) Fatal	C) Directivo	D) Afortunado
39 ETERNO	A) Importante	B) Benigno	C) Inestimable	D) Perpetuo
40 PRÓDIGO	A) Compuesto	B) Licencioso	C) Digno	D) Despilfarrador
41 DEFECTUOSO	A) Oculto	B) Mítico	C) Imperfecto	D) Externo
42 VAGO	A) Invalído	B) Oscuro	C) Indecente	D) Vermiforme
43 ESENCIAL	A) Clásico	B) Indispensable	C) Deplorable	D) Veraz
44 IMPULSIVO	A) Impetuoso	B) Petrificado	C) Inmaduro	D) Compulsivo
45 APOCADO	A) Ficticio	B) Tímido	C) Valioso	D) Alfabético
46 ERRÓNEO	A) Solemne	B) Falso	C) Irónico	D) Trágico
47 BENÉVOLO	A) Amable	B) Perfecto	C) Adecuado	D) Modesto
48 LETAL	A) Adusto	B) Mortal	C) Lácteo	D) Abigarrado
49 LACERADO	A) Disgustado	B) Herido	C) Orlando	D) Agobiado
50 INSOLENTÉ	A) Estudioso	B) Envidioso	C) Altanero	D) Accidental

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246 Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

Anexo 3. Cuestionario de mano dominante

EDINBURGH HANDEDNESS INVENTORY

Instrucciones

Indique sus preferencias en el uso de las manos en las siguientes actividades poniendo + en la columna apropiada. Cuando la preferencia sea tan fuerte que usted nunca intentaría usar la otra mano, salvo que se viera absolutamente forzado a hacerlo, ponga ++. Si en algún caso usted le es realmente indiferente, ponga + en ambas columnas.

Algunas actividades requieren el uso de ambas manos. En estos casos, la parte de la tarea o el objeto a lo cual nos referimos se indica entre paréntesis.

	IZQUIERDA	DERECHA
1. Escritura		
2. Dibujo		
3. Tirar una pelota		
4. Tijeras		
5. Cepillo de dientes		
6. Cuchillo (sin usar tenedor)		
7. Cuchara		
8. Escoba (mano que se coloca en la parte superior)		
9. Encender un fósforo (mano que sujeta el fósforo)		
10. Abrir una caja (levanta la tapa)		
I. ¿Con qué pie prefiere dar patadas?		
II. ¿Qué ojo usa cuando utiliza un sólo ojo?		

Por favor, intente responder todas las cuestiones, y sólo deje en blanco las casillas si no tiene ninguna experiencia en absoluta sobre el objeto o la tarea que se le pregunta.

Nombre y apellidos:

Edad:

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246 Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

I.-PROYECTOS QUE HAN APOYADO EL ESTUDIO

La realización del presente Trabajo Fin de Máster 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 Generation EU/ PRTR.



También ha sido apoyado por la beca posdoctoral Margarita Salas concedida a Francesca Vitale (ULL-MS-P1, concedida por la Universidad de La Laguna y el Ministerio de Universidades, Gobierno de España)

J.-BIBLIOGRAFÍA

Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 617-645.

Borgomaneri, S., Zanon, M., Di Luzio, P., Cataneo, A., Arcara, G., Romei, V., Tamietto, M. & Avenanti, A. (2023) Increasing associative plasticity in temporo-occipital back-projections improves visual perception of emotions. *Nature Communications* 14:5720

Buccino, G., & Vitale, F. (2020). "Enhancing Brain Connectivity: The Role of TMS in Cognitive and Motor Rehabilitation." *Frontiers in Neuroscience*.

Button, K. S., Ioannidis, J. P. A., Mokrysz, C., Nosek, B. A., Flint, J., Robinson, E. S. J., & Munafò, M. R. (2013). Power failure: why small sample size undermines the reliability of neuroscience. *Nature Reviews Neuroscience*, 14(5), 365-376. doi:10.1038/nrn3475

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246 Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

Chiappini, E., Silvanto, J., Hibbard, P., Avenant, A. and Romei V. (2018) Strengthening functionally specific neural pathways with transcranial brain stimulation. *Current Biology* 28, R719–R736,

de Vega, M., Glenberg, A., Graesser, A., (2008). Symbols and embodiment: debates on meaning and cognition. *Oxford: Oxford University Press.*

Di Luzio, P., Tarasi, L., Silvanto, J., Avenanti, A., Romei, V. (2022) Human perceptual and metacognitive decision-making rely on distinct brain networks. *PLoS Biol* 20(8): e3001750.

Fischer, M., & Zwaan, R. (2008). Embodied language: A review of the role of the motor system in language comprehension. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61:6, 825-850.

Gallese, V., & Lakoff, G. (2005). The brain's concepts: The role of the sensory-motor system in conceptual knowledge. *Cognitive Neuropsychology*, 22(3-4), 455-479.

García, A., & Ibañez, A. (2016). A touch with words: Dynamic synergies between manual actions and Language. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 68 59–95

Geschwind, N. (1970). The organization of language and the brain. *Science*, 170(3961), 940-944

Kiefer, M., & Pulvermüller, F. (2012). Conceptual representations in mind and brain: Theoretical developments, current evidence and future directions. *Cortex*, 48(7), 805-825.

Koch, B., Pellicciari, M. C., Casula, E. P., Mancini, M., Esposito, R., Ponzio, V., Caltagirone, C., & Bozzali, M. (2018). Transcranial magnetic stimulation of the precuneus enhances memory and neural activity in prodromal Alzheimer's disease. *NeuroImage*, 169, 302-311

Lambon, MA., Jefferies, E., Patterson K and Rogers T. (2017) The neural and computational bases of semantic cognition. *Nature* 18 42-55

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246 Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

Lambon, MA. (2014) Neurocognitive insights on conceptual knowledge and its breakdown. *Phil. Trans. R. Soc. B* 369: 20120392.

Mahon, B. Z., & Caramazza, A. (2008). A critical look at the embodied cognition hypothesis and a new proposal for grounding conceptual content. *Journal of Physiology-Paris*, 102(1-3), 59-70.

Mahon, B. Z., & Hickok, G. (2016). Arguments about the nature of concepts: Symbols, embodiment, and beyond. *Psychonomic Bulletin & Review*, 23(4), 941-958.

Niedenthal, P. M. (2007). Embodying emotion. *Science*, 316(5827), 1002-1005.

Pascual-Leone, A., Walsh, V., & Rothwell, J. (2000). Transcranial magnetic stimulation in cognitive neuroscience – virtual lesion, chronometry, and functional connectivity. *Current Opinion in Neurobiology*, 10(2), 232-237.

Pobric, G., Jefferies, E., & Ralph, M. A. L. (2010) Amodal semantic representations depend on both anterior temporal lobes: evidence from repetitive transcranial magnetic stimulation. *Neuropsychologia*

Pobric, G, Matthew A. Ralph, M and Jefferies, E. (2009) The role of the anterior temporal lobes in the comprehension of concrete and abstract words: rTMS evidence, *Cerebral Cortex*, Volume 45

Pulvermüller, F. (2005). Brain mechanisms linking language and action. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(7), 576-582

Pulvermüller, F. (2013). How neurons make meaning: Brain mechanisms for embodied and abstract-symbolic semantics. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(9), 458-470.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246 Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

V. Rizzo, H.S. Siebner, F. Morgante, C. Mastroeni, P. Girlanda, A. Quartarone, (2009)

Paired Associative Stimulation of Left and Right Human Motor Cortex Shapes Interhemispheric Motor Inhibition based on a Hebbian Mechanism, *Cerebral Cortex*, Volume 19, Issue 4, Pages 907–915,

Stefan, K., Kunesch, E., Cohen, L. G., Benecke, R., & Classen, J. (2000). Induction of plasticity in the human motor cortex by paired associative stimulation. *Brain*, 123(3), 572-584.

Suppa, A., Quartarone, A., Siebner, H. R., Chen, R., Di Lazzaro, V., Del Santoro, G., ... & Rothwell, J. C. (2017). The associative brain at work: Evidence from paired associative stimulation studies in humans. *Clinical Neurophysiology*, 128(11), 2140-2164.

Vitale, F., & Zito, G. (2022). "Non-Invasive Brain Stimulation and its Impact on Motor and Cognitive Functions: A Review." *Journal of Neuropsychology*.

Vitale, F., Gabriele, V., Martino, G., & Ghilardi, M. F. (2016). Targeted Stimulation of an Orbitofrontal Network Disrupts Decisions Based on Inferred, Not Experienced Outcomes. *Journal of Neuroscience*, 36(8), 2349-2356

Weiskopf, D. A. (2010). Embodied cognition and linguistic comprehension. *Studia Philosophica Estonica*, 3(1), 82-103

Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 625-636

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246 Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6588246 Código de verificación: B8LgbxPW

Firmado por: Hipólito Marrero Hernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 04/07/2024 17:44:36

Francesca Vitale
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

04/07/2024 17:46:04