



Universidad de Valladolid

**ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA  
TRANSCRANEAL Y ESTIMULACIÓN  
TRANSCRANEAL DE CORRIENTE  
DIRECTA.  
DOS TÉCNICAS NOVEDOSAS EN LA  
INTERVENCIÓN DEL LENGUAJE.**

Trabajo Fin de Grado

FACULTAD DE MEDICINA

GRADO EN LOGOPEDIA. CURSO 2016 - 2017



Autor: **ÁNGELA MAROTO SÁNCHEZ**

Tutor: **TERESA CORTÉS SAN RUFINO**

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	3
<b>ABSTRACT</b> .....	4
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	5-9
1.1. Estimulación Magnética Transcraneal (EMT).	
1.2. Estimulación Transcraneal de Corriente Directa (ETCD).	
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	10
<b>3. METODOLOGÍA</b> .....	11-12
3.1. Diseño de la investigación.	
3.2. Obtención de los datos.	
<b>4. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN</b> .....	13-30
4.1. Resultados.	
4.2. Interpretación y discusión.	
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	31
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	32-36
<b>7. AGRADECIMIENTOS</b> .....	37
<b>ANEXOS</b> .....	38-44



**RESUMEN:**

La Estimulación Magnética Transcraneal (EMT) y la Estimulación Transcraneal de Corriente Directa (ETCD) son dos novedosas técnicas cerebrales no invasivas que se encuentran actualmente en plena investigación, ya que tras su aplicación en patologías como la afasia, la disfagia, la enfermedad de Alzheimer, la enfermedad de Parkinson, el Trastorno del Espectro del Autismo (TEA) y el Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH), en las que se centrará este trabajo, se observan buenos resultados.

La aplicación de estas técnicas consiste en la administración de corriente eléctrica que, en el caso de la EMT, se realiza a través de una bobina, y en la ETCD se utilizan electrodos. Ambas estimulan las áreas del cerebro que se encuentran alteradas en cada una de estas patologías, ya sea excitándolas, aplicando altas frecuencias/intensidades, o inhibiéndolas, administrando bajas frecuencias/intensidades, durante unos días. Tras la estimulación, algunos estudios han comprobado que los síntomas relacionados con el lenguaje que previamente presentaban los sujetos con dichas alteraciones, mejoran en la mayoría de los casos. Además, para que estos resultados se potencien y mantengan a lo largo del tiempo, es necesaria la intervención del logopeda, puesto que con este tratamiento no es suficiente.

**Palabras clave:** Estimulación Magnética Transcraneal (EMT), Estimulación Transcraneal de Corriente Directa (ETCD), Afasia, Disfagia, Alzheimer, Parkinson, Trastorno del Espectro del Autismo (TEA) y Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH).



**ABSTRACT:**

Transcranial Magnetic Stimulation (TMS) and Transcranial Direct Current Stimulation (TDCS) are two novel and non-invasive brain techniques which are currently being fully investigated. After their application to various pathologies, such as the aphasia, dysphagia, Alzheimer's disease, Parkinson's disease, Autistic Spectrum Disorder (ASD) and Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD), some good results have been obtained. This paper will focus on these different pathologies.

The application of both techniques is based on the administration of some electrical current. In the case of the TMS, this electrical current is delivered through a coil, while in the second case (TDCS) it is delivered through some electrodes. Both techniques stimulate the altered brain areas, depending on the pathologies, either by exciting them while applying high frequencies/intensities for a few days, or by inhibiting them, while administering low frequencies/intensities also during some days. Some studies have demonstrated an improvement of the referred language-related symptoms previously reported by the patients suffering from these pathologies at most cases. Also, for these results to be strengthened and maintained over time, the intervention of a speech therapist is necessary, as the sole treatment is not enough.

**Key Words:** Transcranial Magnetic Stimulation (TMS), Direct Current Transcranial Stimulation (TDCS), Aphasia, Dysphagia, Alzheimer, Parkinson, Autistic Spectrum Disorder (ASD) and Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD).



## 1. INTRODUCCIÓN.

En los últimos años se está produciendo un gran incremento de la investigación sobre dos nuevas técnicas cerebrales no invasivas en el campo de la neurorehabilitación que logran conseguir buenos resultados en multitud de alteraciones, como la depresión, la esclerosis lateral amiotrófica (ELA), la enfermedad de Parkinson, la afasia tras un ictus... En concreto, este trabajo se centra en algunas patologías que requieren de intervención logopédica y, por tanto, en síntomas relacionados con la comunicación y el lenguaje, los cuales van a ser tratados a través de estas dos técnicas y del trabajo complementario del logopeda.

Las dos Técnicas de Estimulación Cerebral No Invasiva (TECNI) más utilizadas son la Estimulación Magnética Transcraneal repetitiva (EMTr) y la Estimulación Transcraneal con Corriente Directa (ETCD), de acuerdo con Hernández-Gutiérrez y Carrillo-Mora (2016).

### 1.1. ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA TRANSCRANEAL (EMT).

Según León Ruiz et al. (2016), la EMT es una técnica no invasiva que permite la estimulación segura e indolora de la corteza cerebral, la médula espinal..., además de regular la actividad cerebral.

La EMT se fundamenta en el principio de inducción electromagnética descubierto por Faraday en 1831, que consiste en que un campo eléctrico origina un campo magnético perpendicular a él, y viceversa.

Esta técnica fue desarrollada por Barker et al. en 1985, quién estimuló la corteza cerebral por primera vez usando un estimulador magnético aplicado de forma externa a través del cráneo.

Dicha técnica consiste en aplicar corriente eléctrica desde un condensador, que fluye a través de una bobina de hilo de cobre, colocada sobre la cabeza del paciente, creando un campo magnético perpendicular a la misma. Esta corriente dependerá de la forma, el tamaño, el tipo y la orientación de la bobina, de la intensidad del campo magnético y de la frecuencia y la duración de los pulsos magnéticos. Dicha corriente se configura en frecuencia y su unidad de medida es el Hercio (Hz).



Aunque existen distintos tipos y formas de estimuladores, los más utilizados son las bobinas en forma de ocho, ya que proporcionan suficiente cantidad de corriente para despolarizar neuronas en una zona de 1-2 cm, según Hernández-Gutiérrez y Carrillo-Mora (2016).



Figura 1.1. Sesión de EMT en una paciente con una bobina en forma de 8. Imagen de Ruiz et al. (2016).

Existen varios **tipos de EMT** de acuerdo con León Ruiz et al. (2016):

- La EMT simple (EMTs) produce una frecuencia de  $< 1$  Hz que despolariza neuronas de la corteza cerebral.
- La EMT con pulsos apareados (EMTpp) origina dos estímulos de la misma o diferente frecuencia separados por varios milisegundos.
- La EMT repetitiva (EMTr) crea pulsos de baja frecuencia ( $\leq 1$  Hz), que producen un efecto inhibitorio, o alta frecuencia (de 1 hasta 50 Hz), que presentan un efecto excitatorio. Se aplica durante milisegundos y produce efectos que se mantienen en el tiempo. Estas propiedades la convierten en la modalidad de EMT más utilizada.

Algunos pacientes pueden experimentar **efectos secundarios** tras la aplicación de EMTr, siendo el dolor de cabeza el más común. El riesgo de que los sujetos presenten crisis epilépticas durante la misma es muy bajo y no se ha probado que dicha técnica aumente el riesgo de desencadenarlas, en pacientes con epilepsia.

Las principales **contraindicaciones** de la EMT son: mujeres embarazadas, niños menores de 2 años, pacientes con epilepsia no controlada, sujetos con

dispositivos electrónicos corporales (marcapasos, desfibriladores implantables, estimuladores del nervio Vago...) y pacientes con elementos ferromagnéticos intracraneales y/o en la superficie alrededor del área de tratamiento (placas, tornillos, *stents*, implantes cocleares y/o dentales...).

## 1.2. ESTIMULACIÓN TRANSCRANEAL DE CORRIENTE DIRECTA (ETCD).

En el año 2000 Nitsche y Walter Paulus, dieron a conocer la ETCD. Según Hernández-Gutiérrez y Carrillo-Mora (2016) esta técnica no invasiva consiste en la aplicación de corriente directa mediante la colocación de electrodos sobre parches humedecidos que se sitúan en el cuero cabelludo. Esta corriente se configura en intensidad y su unidad de medida es el miliamperio (mA).

De acuerdo con Rubio-Morell, Rotenberg, Hernández-Expósito y Pascual-Leone (2011), el flujo de esta corriente genera un cambio en el potencial de membrana de las neuronas por las que pasa, que depende de la densidad de la corriente, del tamaño de los electrodos y de la duración de la estimulación. Estos cambios se producen en función de la polaridad de los electrodos aplicada, de forma que la estimulación anódica, es decir, el polo positivo, provoca un aumento de la excitabilidad, mientras que la catódica, el polo negativo, provoca un descenso de la excitabilidad de dicho potencial.

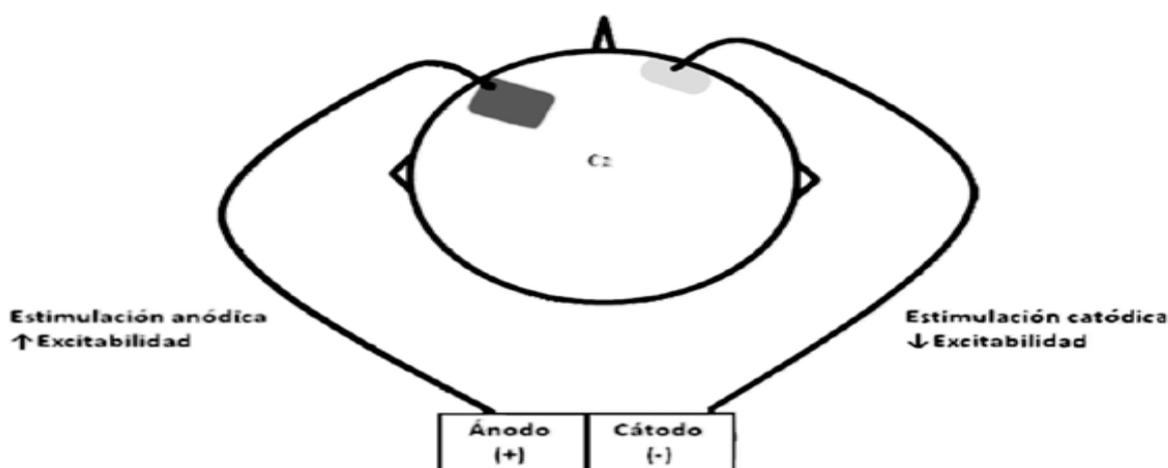


Figura 1.2. Estimulación transcraneal de corriente directa. Imagen de Rubio-Morell et al. (2011).

Los **efectos secundarios** que se experimentan con la ETCD son: desazón, sensación de hormigueo, enrojecimiento en la zona de colocación de los electrodos, cansancio y cefalea, todos ellos ceden después del tratamiento, de acuerdo con Hernández-Gutiérrez y Carrillo-Mora (2016).

La **contraindicación** que presenta esta técnica es: que no puede ser utilizada en aquellas personas con algún elemento metálico dentro del cráneo.

Estas dos técnicas se llevan a cabo de manera individual, sin anestesia alguna, con el paciente despierto y sin necesidad de ingresar, es decir, de forma ambulatoria. Además, todo el proceso está supervisado por un neurólogo y deben aplicarse por profesionales especializados que estén correctamente formados y entrenados para asegurar el uso correcto, eficaz y seguro de las técnicas.

Las diferencias que se pueden encontrar entre ellas, según Norise & Hamilton (2017) son:

- ETCD es una opción menos costosa económicamente en comparación con EMT.
- La aplicación de ETCD es más fiable, ya que con la EMT los pacientes son capaces de percibir el estímulo.
- Los instrumentos que se utilizan para la aplicación de la ETCD, los electrodos, son mucho más manejables y portátiles que la bobina de estimulación utilizada en la EMT.
- Estos métodos también difieren en cuanto a la resolución espacial, puesto que la EMT proporciona una estimulación más centrada, mientras que la ETCD suministra un flujo de corriente más repartida en el cerebro.

La anatomía cerebral de cada persona es diferente, por lo que para poder identificar el sitio óptimo de estimulación del cerebro en el que se pueden aplicar las técnicas, se debe realizar una resonancia magnética funcional (RMN) a cada paciente, simultáneamente con la realización de alguna tarea concreta en relación con el síntoma logopédico que presente. De esta manera, el área cerebral que en la RMN obtenga



mayor actividad en la realización de esa tarea, será aquella sobre la que se aplique la estimulación. En base a esto, cabe reflejar que no en todos los estudios que se exponen a continuación se identifica el sitio óptimo de estimulación de los pacientes.

Una vez explicadas las técnicas y para comprender la relación que existe entre este tipo de estimulación y sus efectos en el lenguaje, es necesario incluir una breve reseña sobre el término **plasticidad cerebral**.

La plasticidad cerebral es la capacidad que tiene el sistema nervioso para adaptarse a las modificaciones que sobrevienen en su entorno, sean cambios de su propio desarrollo o cambios ambientales. La neuroplasticidad del cerebro, pues, se mide por su capacidad adaptativa, es decir, su capacidad para modificar su propia estructura, organización y funcionamiento.

Esta es una de las razones de la aplicación de estas técnicas, puesto que cuando el cerebro sufre una alteración en alguna zona, ambas terapias aceleran los mecanismos de plasticidad reorganizando las conexiones cerebrales, lo cual conlleva una mayor eficiencia de las redes neuronales afectadas. Dichas técnicas modulan la actividad cerebral y favorecen la plasticidad del cerebro, que, junto con el tratamiento logopédico, consiguen resultados positivos en multitud de patologías.



## 2. OBJETIVOS.

Los objetivos que se pretenden alcanzar con la realización de este TFG son los siguientes:

- Explicar en qué consiste la aplicación de la Estimulación Magnética Transcraneal (EMT) y la Estimulación Transcraneal de Corriente Directa (ETCD) en unas patologías concretas.
- Analizar las alteraciones logopédicas de diversas patologías susceptibles de la aplicación de estas técnicas como son la afasia, la disfagia, la enfermedad de Alzheimer, la enfermedad de Parkinson, el Trastorno del Espectro del Autismo (TEA) y el Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH).
- Describir los efectos que se producen a nivel logopédico, al aplicar dichas técnicas en las patologías anteriores.
- Conocer el papel que ocupa la figura del logopeda en estos procedimientos.
- Reflexionar sobre la relevancia actual de esta investigación novedosa en las alteraciones del lenguaje y la comunicación.



### 3. METODOLOGÍA.

#### 3.1. Diseño de la investigación.

Para conocer en qué consisten las técnicas cerebrales no invasivas descritas con anterioridad y los resultados que se producen tras su aplicación en diferentes patologías, se ha realizado una extensa revisión bibliográfica.

El material que se ha utilizado para desarrollar este trabajo ha sido una selección de diversos documentos, como son artículos, libros y páginas web. Respecto a los primeros, se han revisado gran cantidad, de los que se han extraído una parte de la fundamentación teórica y los resultados de este documento, llevando a cabo el primero, segundo y tercero de los objetivos propuestos. En cuanto al resto de documentos, se ha consultado un libro y siete páginas web, lo cual se ha utilizado también para la realización de las definiciones de las patologías y para las descripciones de las pruebas que se incluyen más adelante en los resultados, contribuyendo a conseguir el segundo y tercero de los objetivos.

#### 3.2. Obtención de los datos.

Entre los meses de enero a abril del año 2017, se ha realizado una búsqueda bibliográfica en las siguientes bases de datos: Índice Médico Español (IME), Google Académico, Dialnet, Pubmed, Tripdatabase, Cochrane Library, Microsoft Academic, Epistemonikos, ERIC, World Wide Science, Scielo y CERN Document Server.

En las bases españolas utilizadas, que son Índice Médico Español (IME), Google Académico y Dialnet, se ha realizado una búsqueda utilizando los siguientes descriptores: “Estimulación Magnética Transcraneal” y “Estimulación de Corriente Directa”, en combinación con “afasia”, “disfagia”, “enfermedad de Parkinson”, “enfermedad de Alzheimer”, “Trastorno del Espectro del Autismo” y “Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad”. En el resto de bases de datos que son inglesas, se ha iniciado la búsqueda con estas palabras clave: “Transcranial Magnetic Stimulation” y “Transcranial Direct Current Stimulation” en combinación con “aphasia”, “dysphagia”, “Parkinson’s disease”, “Alzheimer disease”, “Autistic Spectrum Disorder” y “Attention Deficit Disorder and Hyperactivity”

Aunque la búsqueda se ha realizado en cada una de las bases descritas, no en todas ellas se han encontrado artículos válidos, por lo que a continuación se reflejan



aquellas de las que sí se ha extraído información. En la base de datos PubMed se han encontrado 32 artículos, en Google Académico se han localizado 4, en Microsoft Academic se han encontrado 3 y en Scielo 2.

Al ser dos técnicas novedosas y con el objetivo de otorgar al presente TFG un carácter lo más actual posible, la búsqueda se ha limitado entre los años 2006 y 2017.

En la selección de artículos se han tenido en cuenta varios criterios:

- Se han excluido los estudios sobre afasias causadas por cualquier otra causa que no sea ACV (etiología más frecuente) y también aquellas que sean fluentes (se ha comprobado que la EMT y la ETCD son más eficaces en afasias no fluentes).
- Se han rechazado los artículos en los que se aplican estas técnicas sobre los síntomas motores, que especialmente en las afasias y en la enfermedad de Parkinson han sido muy numerosos.
- Se han excluido aquellos artículos con contenido irrelevante o similar al de otros.

En total, se han obtenido 41 artículos diferentes, de los cuales, se han excluido 16 por no seguir los criterios explicados anteriormente y por falta de espacio en el trabajo. Por lo tanto, este estudio está formado por 25 artículos en total, de los cuales 18 son de PubMed, 4 de Google Académico, 2 de Microsoft Academic y 1 de Scielo.

Para acercar este TFG a la realidad, se ha contactado con la Asociación de Parkinson de Valladolid (APARVAL) y con la Asociación de Familiares de Enfermos de Alzheimer de Valladolid (AFAVA), para comprobar si en ellas utilizan estas técnicas, pero lamentablemente no ha sido así, por lo que no se ha podido ejemplificar este trabajo con ningún caso concreto.

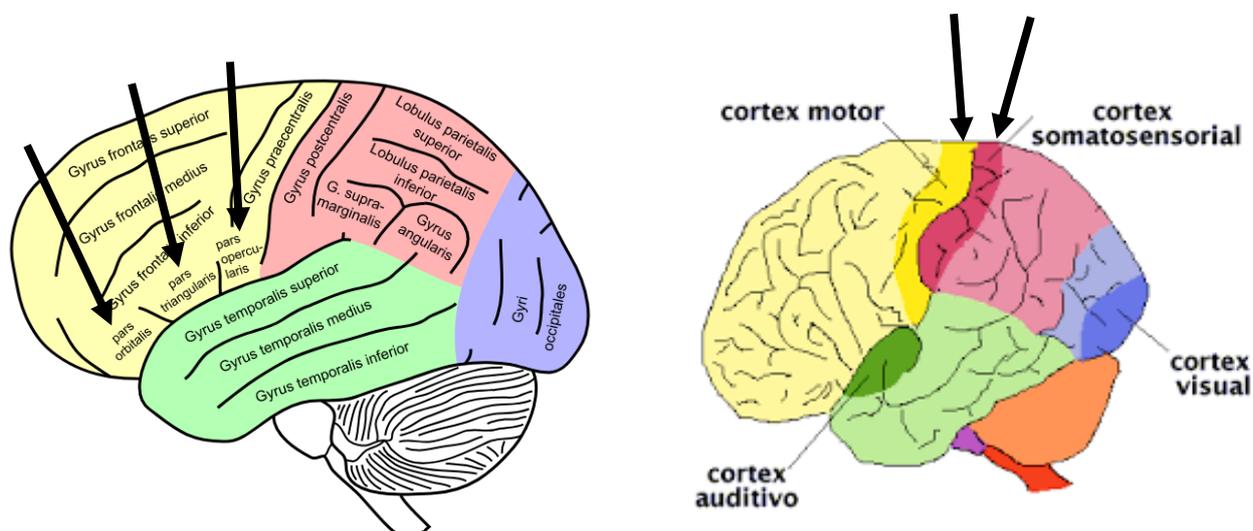


## 4. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN.

### 4.1. RESULTADOS.

Antes de comenzar con este apartado, y con la finalidad de facilitar la comprensión del TFG que se presenta, es relevante incluir varias imágenes en las que se muestran algunas áreas del cerebro sobre las que se aplican estas técnicas en las diferentes patologías. No se incluyen todas las áreas en las que centran los estudios posteriores por imposibilidad de reflejar algunas en una imagen.

Como se puede observar en las siguientes figuras, algunas áreas son: la pars orbitalis, pars triangularis y pars opercularis del giro frontal, la corteza motora y la corteza somatosensorial.



A continuación, se incluyen las definiciones de las patologías en las que se centra este TFG con el objetivo de comprender por qué se administran las técnicas en las mismas, así como diversos estudios en los que se muestran los efectos que resultan tras aplicarlas en cada una. Es conveniente reflejar que, pese a que se han incluido todas las alteraciones del lenguaje de cada patología, con esta estimulación no se obtienen resultados en todas ellas.

- **AFASIA.**

La afasia se define según Ardilla (2005) como:

Una alteración en la capacidad para utilizar el lenguaje; un déficit en la comunicación verbal resultante del daño cerebral, una pérdida adquirida en el lenguaje como resultado del algún daño cerebral, caracterizada por errores en la producción (parafasias), fallos en la comprensión y dificultades para hallar palabras (anomia) o simplemente, una pérdida o trastorno en el lenguaje causada por un daño cerebral. Afasia se refiere, en consecuencia, a una alteración adquirida en el lenguaje oral. (p.35)

En base a esta definición y en rasgos generales, las personas con afasia pueden presentar anomias, parafasias, alteraciones en la expresión del lenguaje oral y escrito y en la comprensión del mismo.

Esta patología es sobre la que más se ha investigado en la actualidad y, por tanto, sobre la que más estudios se han encontrado.

➤ **Aplicación de EMTr en AFASIAS.**

Cuando una persona sufre un ACV, y presenta alteraciones a nivel del lenguaje, se afecta el hemisferio dominante, rompiéndose el equilibrio que existe habitualmente entre los dos hemisferios cerebrales, y en consecuencia se produce una reorganización de las redes neuronales que no han sido alteradas, de modo que las neuronas sanas pueden adquirir las funciones de las neuronas afectadas y sustituirlas, este fenómeno se conoce como plasticidad cerebral. Debido a esto, se produce una hiperactividad del hemisferio no dominante sobre el otro, que queda inhibido, creando una plasticidad excesiva, lo que se denomina “cambio desadaptativo”. Por esta razón, cuando se aplica EMTr en afasias, el modelo que más se utiliza actualmente es la inhibición de la parte contralateral al área de Broca del hemisferio afectado, mediante bajas frecuencias, puesto que se asocia con una mejor recuperación del lenguaje. En base a ello, se pueden encontrar varios estudios.

1. Para llevar a cabo la investigación realizada por Medina et al. (2012), participaron 10 personas que habían sufrido un ACV y presentaban afasia no fluente.

Se crearon dos grupos: uno recibió EMTr real, y otro simulada (se colocó el borde de la bobina sobre el cráneo y se apagó el estimulador 30 segundos después), de



manera que los participantes fueron asignados al azar a cada uno de los grupos. Se encontró el sitio óptimo de estimulación, 9 de los 10 participantes recibieron EMTr real en la pars triangularis y el participante restante en la pars orbitalis. A continuación, se aplicó a cada uno EMTr de 1 Hz de frecuencia durante 10 sesiones a lo largo de 2 semanas en las zonas correspondientes.

Al inicio del estudio, todos los participantes se sometieron a una valoración del lenguaje con una subprueba de descripción de una imagen del test de Boston, de la que se evaluó: la productividad del discurso, la productividad de la oración, la precisión gramatical y la selección léxica.

Dos meses después de la finalización de la estimulación, se volvió a someter a los sujetos a la misma prueba de descripción de la imagen. Los pacientes que habían recibido EMTr real demostraron un **aumento significativo en la productividad del discurso**, como se demuestra con el incremento del número de palabras narrativas, tanto palabras de clase abierta como son sustantivos, verbos..., como palabras de clase cerrada como conjunciones, artículos...

2. En otro estudio con EMT, Naeser et al. (2012) incluyeron a pacientes con afasia no fluente que sufrieron un ACV.

Estos sujetos fueron evaluados con la subprueba de descripción de una imagen del Test de Boston<sup>1</sup> y con el Test de Denominación de Boston, en el que se mide la capacidad de denominar objetos.

Se aplicó 20 minutos de EMTr en la pars triangularis del hemisferio derecho a 1 Hz una vez al día, durante 2 semanas.

A los dos meses se observaron **mejoras** en: **el subtest de animales y de herramientas de la subprueba de descripción de una imagen del Test de Boston y en los primeros 20 ítems del Test de Denominación de Boston.**

Los pacientes que obtuvieron buenos resultados tras la aplicación de la EMTr, fueron elegidos para entrar en un estudio realizado por estos mismos autores, pero en este caso se aplicó terapia del lenguaje seguidamente a la estimulación con la EMTr a la misma frecuencia y durante el mismo tiempo. Las medidas previas del lenguaje incluyeron el Test de Denominación de Boston y los subtest de descripción de una imagen del Test de Boston. Estos pacientes **mejoraron** significativamente en este último

---

<sup>1</sup> Véase explicación en el estudio 1 de EMTr en Afasias.



en la **denominación de acciones, herramientas y en la repetición de palabras** hasta más de 2 meses después del tratamiento. Estos resultados sugieren que se pueden obtener mejoras adicionales y más a largo plazo cuando la EMT se combina con terapia de lenguaje.

➤ **Aplicación de ETCD en AFASIAS.**

1. En un estudio realizado por Baker, Rorden & Fridriksson (2010) participaron 10 pacientes con afasia no fluente causada por un ACV.

Se determinó la colocación del ánodo en la corteza frontal izquierda y el cátodo en el hombro derecho. Se aplicó ETCD a los pacientes en estas zonas a un 1 mA durante 20 minutos por sesión diaria a lo largo de dos semanas. Al azar, la mitad de los pacientes iniciaron el tratamiento con ETCD real durante la primera semana y luego se les aplicó un tratamiento simulado durante la segunda semana, mientras que la otra mitad recibió el orden opuesto.

Se les realizó una prueba de denominación antes de la estimulación simultáneamente con la aplicación de ETCD, al finalizar el tratamiento y una semana después de la sesión final. Esta prueba incluye 2 listas de fotografías que deben denominar (A y B). Se crearon dos grupos, la mitad de los pacientes recibieron la lista A durante la primera semana de tratamiento y luego la lista B durante la segunda semana; mientras que la otra mitad lo recibió a la inversa. Con cada una se evaluó la frecuencia de palabras, el contenido semántico, y la longitud de palabra.

A la semana, se observó que con la aplicación de la ETCD real **los pacientes denominan mejor y en mayor número** en comparación con el tratamiento simulado.

2. En otro estudio llevado a cabo por Santos et al. (2013), participaron 19 pacientes que sufrieron un ACV y que presentaban una afasia no fluente.

Para llevar a cabo la estimulación, colocaron a cada sujeto el cátodo en la corteza motora primaria del hemisferio no afectado y el ánodo en el área supraorbital contralateral. La ETCD se aplicó durante 20 minutos a una intensidad de corriente de 2 mA en 10 días consecutivos.

La evaluación del lenguaje se llevó a cabo antes y después de cada sesión mediante 3 pruebas: la batería de Montreal Toulouse, que consta de las siguientes



tareas: entrevista guiada, comprensión oral, comprensión escrita, dictado, lectura, repetición y nomenclatura, la prueba de denominación de Boston<sup>2</sup> y la prueba de fluidez verbal, que consiste en pedir a los pacientes que nombren animales en un minuto.

En la comparación de las sesiones se observaron **diferencias significativas** en relación con la **comprensión, la denominación y la fluidez verbal**.

- **DISFAGIA.**

Conviene señalar que el presente trabajo únicamente hace alusión a la disfagia neurogénica, definida por González y Bevilacqua, (2009) como: “un trastorno que afecta a la habilidad para tragar y es frecuente en pacientes neurológicos, ya sea como consecuencia de lesiones o disfunción del sistema nervioso central (SNC), los nervios, la unión neuromuscular o el músculo” (p. 252).

Por esto, las personas que sufren disfagia pueden presentar aspiraciones, dificultad para transportar y tragar el alimento, tos, sensación de ahogo...

- **Aplicación de EMTr en DISFAGIA.**

1. En el estudio realizado por Lee, Kim, Lee, Lee & Lee (2015) participaron 24 sujetos que presentaban disfagia a causa de un ACV.

Estos pacientes fueron divididos en dos grupos: el grupo A, en el que se aplicó la estimulación en la corteza que representa el músculo suprahiodeo del hemisferio afectado, puesto que en las disfagias producidas por un ACV el principal problema es la disminución de la elevación de la laringe debido al debilitamiento de los músculos que participan en la deglución. Mientras que el grupo B se sometió a la estimulación de la corteza que representa el músculo abductor corto del pulgar (abductor brevis pollicis) del hemisferio afectado también. Se aplicó EMTr a una frecuencia de 10 Hz durante 10 minutos y en 10 días consecutivos.

Se evaluó a los pacientes mediante la escala funcional de disfagia (FDS) que proporciona información sobre las fases oral y faríngea para cuantificar la gravedad de la misma, la escala de penetración-aspiración (PAS) que evalúa mediante una Videofluoroscopia si el alimento se desvía a la vía aérea, y la escala de gravedad

---

<sup>2</sup> Véase explicación en el estudio 2 de EMTr en Afasia.



(DOSS) que proporciona el resultado funcional de la deglución y refleja la dieta más adecuada.

Cuando se compararon los efectos entre el inicio del tratamiento y el final en los dos grupos, se observó que no hubo diferencias significativas de mejora en las puntuaciones de FDS o PAS. Sin embargo, el **grupo A** mostró una **mejora en la puntuación DOSS**. El **grupo B** mostró **mejoras en la función de tragar**, lo que ha podido suceder por dos razones: la recuperación natural de pacientes con ACV, o la estimulación del sitio interconectado, cuando se estimula la corteza motora primaria. Además, cuando los efectos del tratamiento se compararon **4 semanas después** de EMTr, **el resultado del grupo A fue el mismo** que se produjo justo después de la estimulación.

#### ➤ Aplicación de ETCD en DISFAGIA.

1. En el estudio de Kumar et al. (2011), participaron 14 pacientes que sufrieron un ACV y como secuela presentaban disfagia.

Todos fueron evaluados mediante la escala de gravedad (DOSS)<sup>3</sup> inmediatamente antes de las sesiones de estimulación y después de la última.

Se organizaron dos grupos, uno que recibió tratamiento simulado, y el otro tratamiento real. En ambos se aplicaron conjuntamente maniobras de deglución. En consecuencia, en la aplicación de ETCD, el ánodo se colocó sobre la región supraorbital contralateral del hemisferio no dañado a una intensidad de 2 mA durante 30 minutos, en el tiempo de 5 días.

Los resultados obtenidos muestran que los pacientes que recibieron tratamiento real **aumentaron 2,60 puntos en DOSS**, mientras que los pacientes en el grupo de estimulación simulada mejoraron en 1,25.

#### • ENFERMEDAD DE PARKINSON.

Compartiendo opinión con Vadalà et al. (2015), la Enfermedad de Parkinson es una patología neurodegenerativa causada por la degeneración de las neuronas dopaminérgicas en el área tegmental ventral y la sustancia negra pars compacta en el

---

<sup>3</sup> Véase explicación en el estudio 1 de EMTr en Disfagia.



cerebro medio que provoca daños a los ganglios basales. Todo esto provoca temblor, rigidez, bradicinesia, inestabilidad postural y deterioro cognitivo.

Las alteraciones logopédicas que presentan las personas con Parkinson son normalmente bradilalia, disartria, disfagia, escasa fluidez verbal, voz monótona, disminución de la expresión facial y alteraciones en la memoria, en la atención y en las funciones visoespaciales.

### ➤ **Aplicación de EMTr en PARKINSON.**

1. En la investigación llevada a cabo por Vadalà et al. (2015) se explicó que en otro estudio participaron 6 pacientes diagnosticados de Parkinson que presentaban deterioro cognitivo leve.

Se aplicó a estos sujetos EMTr sobre la región frontal a un 1 Hz aproximadamente, durante un período de 3 meses.

Se valoró a estos pacientes mediante la parte B del Trail Making Test, que mide la capacidad viso-espacial de búsqueda visual, la atención sostenida y dividida y la flexibilidad mental. Consiste en la aparición de números, del 1 al 13, y de letras, de la A a la L, distribuidos al azar para que el sujeto una los estímulos alternando números y letras, respetando el orden numérico y alfabético ascendente. También se evaluó la función ejecutiva a los pacientes con la prueba de clasificación de tarjetas Wisconsin, que consiste en dos juegos de 64 cartas cada uno que están compuestas por la combinación de una forma (triángulo, estrella, cruz o círculo), un color (rojo, azul, verde o amarillo) y un número (uno, dos, tres o cuatro elementos). La tarea consiste en repartir las cartas con arreglo a un criterio, de manera que se colocan cuatro cartas estímulo ordenadas de izquierda a derecha ante el sujeto y este debe ir emparejando una a una las cartas que le ofrece el instructor con las anteriores que considere relacionadas entre sí.

Comparando el inicio del tratamiento con el final se observó mejoría en todos los pacientes, concretamente presentaban **reacciones más rápidas, un aumento en la cantidad de conversación, un aumento de la comprensión y una mejora en las respuestas.**



➤ **Aplicación de ETCD en PARKINSON.**

1. Pereira et al. (2013) estudiaron a 16 pacientes con Parkinson.

Se evaluó a estos sujetos en dos tareas: la tarea de fluidez fonémica, consiste en la producción de palabras que comiencen con la letra “P”, y la tarea semántica se basa en emitir la mayor cantidad de nombres de animales como sea posible. Ambas pruebas cuentan con un tiempo límite de 60 segundos.

A continuación, los sujetos recibieron aleatoriamente la ETCD, colocando el ánodo en la corteza dorsolateral prefrontal izquierda o en la corteza temporo-parietal izquierda con una intensidad de 2 mA durante 20 min. Después se les realizó una resonancia magnética, durante la que debían realizar: una tarea de repetición, repetir abiertamente la palabra “montaña”, una tarea de fluidez semántica, generar palabras de una determinada categoría y una tarea de fluidez fonémica, emitir palabras que comienzan por una letra en particular. Cada tarea duró 20 segundos.

En cuanto a los efectos de la ETCD en el rendimiento de la fluidez fonémica, los resultados evidenciaron que la aplicación de esta sobre la corteza dorsolateral prefrontal **aumentó la cantidad de palabras producidas** si se compara con los resultados obtenidos tras su aplicación sobre la corteza temporo-parietal. Respecto a la prueba de fluidez semántica, se observó que los pacientes **produjeron más palabras en respuesta a categoría semántica** después de ETCD sobre la corteza dorsolateral prefrontal en comparación con la estimulación en la corteza temporo-parietal.

2. Boggio et al. (2006) estudiaron a 18 pacientes con enfermedad de Parkinson.

Se realizaron tres grupos: a los pacientes del primer grupo se les aplicó ETCD colocando el ánodo en la corteza prefrontal dorsolateral izquierda, en el segundo grupo el ánodo se colocó en la corteza primaria motora y al tercer grupo se le realizó estimulación simulada. En todos ellos el cátodo se situó en la zona supraorbital derecha. Además, todos los pacientes fueron sometidos a dos tipos de estimulación con 1 y 2 mA. Dichos sujetos realizaron simultáneamente una tarea de memoria que consiste en presentarles 11 letras, de la A hasta la J. Estas aparecen cada 2 segundos y los sujetos deben pulsar una tecla si la letra presentada es la misma que la que se presentó tres estímulos antes.

En los resultados se observó una **mejora significativa en la memoria de trabajo** después de ETCD en la corteza prefrontal izquierda con 2 mA. Para las otras



condiciones de estimulación: ETCD simulada, ETCD corteza prefrontal izquierda con 1 mA o ETCD en la corteza primaria motora no se observó ningún cambio significativo.

- **ENFERMEDAD DE ALZHEIMER.**

Según la Guía de Práctica Clínica sobre la Atención Integral a las Personas con Enfermedad de Alzheimer y otras Demencias (2010), la Enfermedad de Alzheimer es “una entidad clínico-patológica de naturaleza degenerativa y evolución progresiva, que se caracteriza clínicamente por deterioro cognitivo y demencia y neuropatológicamente por la presencia de ovillos neurofibrilares y placas neuríticas” (p.76).

En relación con la logopedia, esta patología presenta relevancia puesto que afecta a la memoria, la atención y orientación, la orientación espacio-temporal, el cálculo, la capacidad de aprendizaje, el lenguaje, tanto en la vertiente expresiva como comprensiva, la lectura y escritura y, por último, cursa con agnosia (dificultad en el reconocimiento de rostros u objetos comunes).

- **Aplicación de EMTr en ALZHEIMER.**

1. Once pacientes diagnosticados de Alzheimer participaron en el estudio llevado a cabo por Rutherford, Lithgow, & Moussavi (2015).

Los pacientes fueron asignados aleatoriamente a dos grupos, un primer grupo que recibió tratamiento simulado y después estimulación real, y un segundo grupo que recibió estimulación real y luego tratamiento simulado. Esta estimulación tuvo una duración de 4 semanas, seguido de 2 semanas de tratamientos de mantenimiento cada 3 meses. Durante cada sesión, se aplicó EMTr sobre la corteza prefrontal dorsolateral derecha e izquierda a 20 Hz. Los pacientes se evaluaron antes de la primera sesión de tratamiento y 4 semanas más tarde.

Las pruebas con las que se valoró a los sujetos fueron las siguientes: la prueba ADAS-cog, que según Kolibas, E., Korinkova, V., Novotny, V., Vajdickov, K., & Hunakova D. (2000) es una escala de evaluación cognitiva de la enfermedad de Alzheimer que evalúa la memoria, el lenguaje, la atención, el reconocimiento de palabras, la orientación, la denominación de objetos y la comprensión, entre otras. Y la prueba MOCA (Evaluación Cognitiva Montreal) que evalúa el aspecto visual, el lenguaje, la memoria y las habilidades cognitivas.



La **prueba de ADAS-cog mostró más mejoría** después el tratamiento real en comparación con el tratamiento simulado. Estos resultados fueron significativos sólo por un corto periodo de tiempo, después de las 2 semanas primeras de tratamiento, por lo que en este estudio no se demuestra la capacidad de la EMTr a largo plazo.

2. En otro estudio realizado por Lee, Choi, Oh, Sohn & Lee (2016) participaron 27 pacientes diagnosticados de Alzheimer.

Estos sujetos fueron asignados aleatoriamente al grupo de tratamiento real o al grupo de tratamiento simulado. Los participantes del grupo de tratamiento real recibieron estimulación a diario durante 6 semanas combinadas con entrenamiento cognitivo, mientras que el grupo con tratamiento simulado no recibió estimulación ni entrenamiento cognitivo. Las tareas cognitivas que se llevaron a cabo en conjunción con la estimulación fueron: tareas de sintaxis, tareas de gramática, comprensión del significado, tareas de categorización léxica, nombramiento de acción, denominación de objetos, memoria espacial de formas, colores y letras y atención espacial de formas y letras.

La estimulación se aplicó en la corteza prefrontal dorsolateral derecha e izquierda, en las áreas de Broca y Wernicke y en la corteza de asociación somatosensorial de ambos hemisferios. Cada sesión de tratamiento duró 1 hora, y se administró 20 Hz de EMTr entre 20 y 40 segundos para cada área del cerebro seguido de dos a cuatro tareas cognitivas.

Se realizaron diversas evaluaciones con la prueba ADAS-cog<sup>4</sup>: una evaluación inicial 2 semanas antes de comenzar el tratamiento, la segunda evaluación a las 6 semanas, y la evaluación final 6 semanas después del final del tratamiento. Además, estos pacientes fueron divididos en grupo leve y moderado, de acuerdo con el Mini Examen del Estado Mental (MMSE), que valora la orientación espacio-temporal, la atención, concentración y memoria, el cálculo, la capacidad de lenguaje y percepción viso-espacial y la capacidad para seguir instrucciones básicas.

Como resultados, se obtuvo un **cambio en la puntuación ADAS-cog entre los grupos de tratamiento real y simulado**, pues fue mucho mayor en el primero que en el segundo. También se observó una **mejoría significativa** en el **MMSE** entre el inicio y 6 semanas después del tratamiento en el grupo leve.

---

<sup>4</sup> Véase explicación en el estudio 1 de EMTr en Alzheimer.



➤ **Aplicación de ETCD en el ALZHEIMER.**

1. Khedr et al. (2014) incluyeron a 34 pacientes con Alzheimer en su estudio.

Estos pacientes se dividieron en tres grupos que recibieron ETCD anódica, ETCD catódica o ETCD simulada. Para el primer grupo, el ánodo se colocó sobre el córtex prefrontal dorsolateral izquierdo y el cátodo sobre la región supraorbital contralateral, mientras que para el segundo grupo el ánodo se fijó sobre la región supraorbital contralateral y el cátodo sobre el córtex prefrontal dorsolateral izquierdo. A ambos grupos se les aplicó ETCD durante 25 min a 2 mA en 10 días consecutivos.

Cada uno de los pacientes fue evaluado con el Mini Examen del Estado Mental (MMSE)<sup>5</sup> y las subescalas de inteligencia adulta de Wechsler (WAIS-III), que proporcionó puntuaciones incluyendo: comprensión verbal, memoria de trabajo, organización perceptual y velocidad de procesamiento. Estas evaluaciones se realizaron al final de las sesiones y al cumplirse el primer y segundo mes de su término.

Una vez finalizado el tratamiento, los resultados mostraron que tanto la estimulación anódica como la catódica **mejoraron en MMSE** en contraste con la ETCD simulada. Por un lado, los pacientes que recibieron **estimulación catódica mejoraron** significativamente en comparación con los sujetos que recibieron tratamiento simulado en **orientación, registro y atención**. Por otro lado, los pacientes que se encontraban en el **grupo de ETCD anódica mejoraron** respecto al grupo de estimulación simulada en cuanto a la **orientación, el registro, la atención y la tarea de nombramiento de objetos**.

2. Bystad et al. (2016) incluyeron en su estudio a 22 sujetos con Alzheimer.

Dichos pacientes fueron distribuidos al azar en el grupo de estimulación real y en el grupo de estimulación simulada.

Se evaluó la memoria verbal de los sujetos con la versión de la Prueba de Aprendizaje Verbal de California-Segunda Edición (CVLT-II) para valorar tres aspectos de la misma: recuerdo inmediato, recordación retardada y reconocimiento. También se les evaluó con el MMSE<sup>6</sup>, la prueba del reloj, que detecta el deterioro cognitivo y también se utiliza para evaluar la capacidad visuoconstructiva y las partes A y B<sup>7</sup> del Trail Making Test, en el que la parte A mide la atención sostenida y consiste en una hoja en la cual

---

<sup>5</sup> Véase explicación en el estudio 2 de EMTr en Alzheimer.

<sup>6</sup> Véase explicación en el estudio 2 de EMTr en Alzheimer.

<sup>7</sup> Véase explicación en el estudio 1 de EMTr en Parkinson.



se encuentran distribuidos al azar los números del 1 a 25 que el sujeto debe unir con una línea recta en orden consecutivo creciente lo más rápido posible.

Cada paciente se sometió a 6 sesiones de 30 minutos de ETCD simulada y ETCD real, en las que el ánodo se colocó en la corteza temporal izquierda y el cátodo en el lóbulo frontal derecho. Este proceso se realizó durante 10 días a una intensidad de corriente de 2 mA.

Como resultado, **las puntuaciones** entre el grupo real y el grupo simulado **no difirieron significativamente** en ninguna de las pruebas utilizadas.

Pese a que las patologías que se describen a continuación, **TEA y TDAH**, son características de niños porque se diagnostican en la infancia y la mayoría de artículos que se incluyen se basan en ellos, las alteraciones de estas patologías perduran en el tiempo. Un ejemplo de ello se demuestra en el estudio que se incorpora sobre sujetos adultos con TDAH, puesto que, aunque este trastorno se asocia a la niñez, el 60% de los pacientes continúan experimentando síntomas en su etapa adulta.

Es importante reflejar que el uso de estas técnicas es seguro en niños a partir de los dos años de edad, tras el cierre completo de las fontanelas y que resulta complicada la inmovilización de estos durante los minutos que dura la estimulación, ya que además de ser niños, presentan patologías que les limitan la capacidad de mantenerse en la misma posición durante mucho tiempo.

- **TRASTORNO DEL ESPECTRO DEL AUTISMO (TEA).**

Según la Fundación ADANA, el TEA es “una disfunción neurológica crónica con fuerte base genética que desde edades tempranas se manifiesta en una serie de síntomas relacionados con la interacción social, la comunicación y la falta de flexibilidad en el razonamiento y comportamientos”.

En consecuencia, los síntomas del lenguaje y la comunicación que presentan estas personas suelen ser: lenguaje sin intención comunicativa, ausencia de gestos funcionales, alteraciones en la comprensión...



➤ **Aplicación de EMTr en TEA.**

1. El estudio llevado a cabo por Baruth et al. (2010), incluyó a 25 pacientes diagnosticados de TEA, con una edad media de  $13,8 \pm 4,3$  años.

El tratamiento EMTr se administró una vez por semana durante 12 semanas, de las cuales en las seis primeras se realizó el tratamiento sobre el córtex prefrontal dorsolateral izquierdo y en las seis últimas fueron en el córtex prefrontal dorsolateral derecho, estimulando ambas zonas a una frecuencia de 1 Hz.

Tanto antes como dos semanas después de la EMTr, se valoró a los sujetos mediante estas pruebas: la lista de verificación de la conducta aberrante (ABC), de la que solo utilizaron en este estudio las subescalas de la irritabilidad y la hiperactividad como medidas de resultado, la escala de sensibilidad social (SRS), de la cuál para este estudio en concreto solo se utilizó la subescala de conciencia social sobre la SRS y la escala de comportamiento repetitivo (RBS) que es una medida de los diferentes comportamientos: estereotipado, autolesivo, compulsivo, ritualista, uniforme y restringido.

Después de las 12 sesiones se comprobó que los sujetos mostraron una **reducción significativa en la irritabilidad**, medido por la ABC y también **habían reducido los patrones de comportamiento repetitivos y restringidos** según la RBS. Sin embargo, no hubo cambios en la conciencia social o hiperactividad.

A continuación, se incluye un estudio sobre los sujetos con **SÍNDROME DE ASPERGER**, puesto que es una patología que se encuadra dentro del TEA, que es un trastorno neuro-biológico que se caracteriza por alteraciones en las habilidades sociales, dificultades en el uso del lenguaje, comportamientos relacionados con rasgos repetitivos y perseverantes, limitada gama de intereses y fijación por un tema u objeto concreto entre otras, según la Confederación Asperger de España.

2. Fecteau, Agosta, Oberman & Pascual-Leone (2011) realizaron un estudio comparativo entre 10 sujetos con síndrome de Asperger y 10 sujetos sanos. Los primeros recibieron estimulación real, mientras que a los segundos se les aplicó estimulación simulada.



Los participantes completaron 4 sesiones de EMTr durante 30 minutos cada una a una frecuencia de 1 Hz sobre la pars opercularis derecha e izquierda, pars triangularis derecha e izquierda, y estimulación simulada.

Las habilidades lingüísticas de los mismos se evaluaron antes y después de cada sesión de estimulación mediante el Test de Denominación de Boston<sup>8</sup>.

Después del tratamiento se encontró que la EMTr en la pars triangularis izquierda **mejoró** significativamente el rendimiento de la **denominación** en los sujetos con Síndrome de Asperger. En cambio, en los sujetos sanos, la estimulación en cualquiera de las zonas descritas no consiguió modificar la capacidad de denominación.

### ➤ Aplicación de ETCD en TEA.

1. En el estudio llevado a cabo por Schneider & Hopp (2011) incluyeron a 10 sujetos con edades comprendidas entre los 6 y los 21 años diagnosticados de TEA que habían adquirido comunicación intencional, atención conjunta, comportamiento de autorregulación y buena imitación motora.

El ánodo se colocó sobre el córtex prefrontal dorsolateral izquierdo y el cátodo sobre la región supraorbital derecha. Todos los participantes recibieron una intensidad de 0,08 mA dentro de un período de tratamiento de 30 minutos.

Para evaluarlos, tanto antes como después de la estimulación, se utilizó una versión modificada de la prueba de Afasia bilingüe (BAT), que consiste en lo siguiente: para las pruebas de vocabulario, se instruyó a los niños a tocar cada juguete estímulo que se les presentó a petición. Para la prueba de la sintaxis, los participantes debían tocar la imagen correcta de los juguetes que representaran el sintagma nominal que correspondía. Para la prueba de comprensión de la sintaxis, se leyó una frase de estímulo y se instruyó a los participantes a tocar la imagen que representaba esa frase.

Después de la estimulación, las medias de las **puntuaciones** tanto de **vocabulario** como de **sintaxis** post-ETCD fueron significativamente más **altas** que las medias respectivas pre-ETCD.

---

<sup>8</sup> Véase explicación en el estudio 2 de EMTr en Afasia.



- **TRASTORNO POR DÉFICIT DE ATENCIÓN CON HIPERACTIVIDAD (TDAH).**

De acuerdo con la Federación Española de Asociaciones de Ayuda al Déficit de Atención e Hiperactividad (FEAADAH), el TDAH es un trastorno psiquiátrico muy frecuente en la infancia, de origen neurológico, provocado por un desequilibrio existente entre dos neurotransmisores cerebrales que desencadenan hiperactividad, impulsividad e inatención.

Por tanto, los síntomas susceptibles de intervención logopédica que muestran los sujetos con TDAH son falta de atención y alteraciones en la memoria.

➤ **Aplicación de EMTr en TDAH.**

1. En el estudio realizado por Bloch et al. (2010), participaron 13 sujetos adultos diagnosticados de TDAH.

A estos pacientes se les aplicó EMTr a 20 Hz sobre la corteza prefrontal derecha y fueron asignados al azar a una sesión de EMTr real o una sesión de EMTr falsa, que se alternó a la semana siguiente.

Las evaluaciones se llevaron a cabo al comienzo de cada día y 10 minutos después de la administración del tratamiento tanto real como falso. Las evaluaciones incluyen: la Escala PANAS de Afecto Positivo y Negativo, para la valoración de la experiencia subjetiva en un momento concreto. Se divide en varios subgrupos: atención, hiperactividad (nerviosismo, impulsividad e irritabilidad), ansiedad y estado de ánimo. Las escalas analógicas visuales (VASS) para la atención y el estado de ánimo. Por último, la batería neuropsicológica de pruebas utilizando el sistema de prueba CANTAB (Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery), que evalúa la memoria y el aprendizaje, la memoria de trabajo y la función ejecutiva, la memoria visual, la atención y el tiempo de reacción, la toma de decisiones y el control de la respuesta.

Al finalizar el tratamiento, se encontró que después de EMTr real había **mejorado la atención** en la escala PANAS en comparación con el inicio de la estimulación. No obstante, no hubo diferencia en el efecto sobre el estado de ánimo, ansiedad o hiperactividad de la misma prueba comparando antes de la estimulación y después. En cualquier caso, la EMTr falsa no tuvo ningún efecto en absoluto.



➤ **Aplicación de ETCD en TDAH.**

1. En el estudio llevado a cabo por Soff, Sotnikova, Christiansen, Becker & Siniatchkin (2016), participaron 15 sujetos de los 12 a los 16 años de edad diagnosticados de TDAH.

De forma aleatoria, se aplicó a unos sujetos ETCD a 1 mA durante 20 min colocando el ánodo sobre la corteza izquierda prefrontal dorsolateral y a otros esta misma estimulación, pero simulada. Cada tratamiento se realizó durante 5 días.

Durante cada estimulación los pacientes realizaron una evaluación neuropsicológica, el QbTest, que es una prueba para evaluar la hiperactividad, la falta de atención y la impulsividad de sujetos con TDAH que combina el análisis de seguimiento de movimientos con una tarea de ejecución.

Al finalizar la investigación, se observó que la ETCD causó una **reducción significativa de la falta de atención e impulsividad** en comparación con la estimulación simulada. Estos efectos fueron más pronunciados 7 días después del final de la estimulación.

Se incluye una tabla-resumen de todos estos resultados en el Anexo I.



## 4.2. INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN.

De todos estos estudios se pueden obtener una serie de interpretaciones. Estas se explicarán a continuación atendiendo a las limitaciones, ventajas e inconvenientes.

En cuanto a las **limitaciones** de las técnicas:

- Ambos procedimientos actualmente presentan un alto coste económico, lo que conlleva un uso limitado de los mismos en España.
- A día de hoy, tanto la ETCD como la EMT constituyen técnicas experimentales, puesto que no han sido aprobadas en las patologías que se incluyen en este trabajo. No obstante, desde el año 2008 la FDA (Food and Drug Administration) considera la EMT como un tratamiento seguro para la depresión.
- En ocasiones, los resultados no son completamente favorables debido a que en algunos casos no se realiza una RMN buscando el área concreta afectada en el que tienen que aplicar dichas técnicas, como ocurre por ejemplo en el segundo estudio de ETCD en Alzheimer. Además, en este mismo estudio los pacientes pueden haber sido menos receptivos a ETCD debido a la gravedad de su enfermedad, ya que se ha comprobado que tras su aplicación se obtienen menores resultados en las etapas avanzadas del Alzheimer.
- Las muestras de los estudios son pequeñas, de manera que los resultados no son del todo fiables porque el número de personas que se incluyen en cada estudio no es suficientemente representativo de la población.

De estos resultados también se pueden deducir una serie de **ventajas**:

- En contraposición a la primera limitación descrita, con el tiempo, el precio de estas técnicas se irá reduciendo y acceder a las mismas será más sencillo.
- Ambas técnicas han demostrado ser seguras, puesto que, en ninguno de los estudios descritos los pacientes han experimentado más efectos secundarios que los citados en el punto 1.1 y 1.2 del trabajo.



- Estos métodos permiten activar o inhibir cualquier parte del cerebro en función de los síntomas lingüísticos que presente cada paciente. Por dicha razón, las aplicaciones de estas técnicas pueden ser muy amplias.

En relación a los **inconvenientes** que pueden presentar las técnicas que se presentan, cabe destacar:

- Pese a que en alguno de los estudios descritos se muestra como ambas terapias presentan mejorías a largo plazo en ciertas patologías, en la mayoría de ellos no ha sido así. El argumento principal puede ser la falta de rehabilitación logopédica seguidamente a la realización del tratamiento para potenciar y/o mantener dichos resultados.



## 5. CONCLUSIONES.

Una vez finalizado el análisis de los estudios presentados, se han obtenido una serie de conclusiones:

- La Estimulación Magnética Transcraneal (EMT) y la Estimulación Transcraneal de Corriente Directa (ETCD) son dos técnicas novedosas que se encuentran en periodo experimental en estas patologías y que se deben dar a conocer.
- Todas las patologías que se incluyen en este trabajo presentan alteraciones en algunas zonas concretas del cerebro en las que se aplican las técnicas produciendo su excitación o inhibición y, en consecuencia, se obtienen cambios.
- Se ha comprobado que con la aplicación de estas técnicas en las patologías comentadas se mejoran ciertos aspectos lingüísticos de las mismas en la mayoría de las ocasiones.
- Se ha verificado en los estudios descritos que, sin la intervención del logopeda, es decir, únicamente con la aplicación de las técnicas, los efectos apenas tienen una duración de unos días. Esto es debido a que resulta totalmente necesaria la rehabilitación logopédica tras el proceso de estimulación, puesto que ésta complementa la labor que realizan las técnicas, potenciando los resultados obtenidos y manteniéndolos a lo largo del tiempo. Además, aunque en un primer momento este tipo de estimulación la lleve a cabo un neurólogo, en algunos centros la estimulación la realiza este mismo, pero también en coordinación con el logopeda.
- Durante todo el trabajo se ha reflejado la importancia que presenta actualmente la investigación, ya que gracias a ella se ha descubierto la gran utilidad que pueden tener estas técnicas en cuanto al lenguaje, aunque aún falte mucha más investigación para que sean completamente eficaces en todos los pacientes.

## 6. REFERENCIAS.

- Ardila, A. (2005). *Las afasias*. Recuperado de: [http://www.jmunozy.org/files/NEE/afasia-al/BV\\_afasias-ardila.pdf](http://www.jmunozy.org/files/NEE/afasia-al/BV_afasias-ardila.pdf).
- Baker, J., Rorden, C., y Fridriksson, J. (2010). Using Transcranial Direct-Current Stimulation to Treat Stroke Patients With Aphasia. *Stroke*, 41(6), 1229-1236. doi: 10.1161/STROKEAHA.109.576785
- Baruth, J., Casanova, M., El-Baz, A., Horrell, T., Mathai, G., Sears, L., y Sokhadze, E. (2010). Low-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation Modulates Evoked-Gamma Frequency Oscillations in Autism Spectrum Disorder. *Journal Of Neurotherapy*, 14(3), 179-194. doi: 10.1080/10874208.2010.501500
- Bloch, Y., Harel, E., Aviram, S., Govezensky, J., Ratzoni, G., y Levkovitz, Y. (2010). Positive effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on attention in ADHD Subjects: A randomized controlled pilot study. *The World Journal Of Biological Psychiatry*, 11(5), 755-758. doi: 10.3109/15622975.2010.484466
- Boggio, P., Ferrucci, R., Rigonatti, S., Covre, P., Nitsche, M., Pascual-Leone, A., y Fregni, F. (2006). Effects of transcranial direct current stimulation on working memory in patients with Parkinson's disease. *Journal Of The Neurological Sciences*, 249(1), 31-38.
- Bystad, M., Grønli, O., Rasmussen, I., Gundersen, N., Nordvang, L., Wang-Iversen, H., y Aslaksen, P. (2016). Transcranial direct current stimulation as a memory enhancer in patients with Alzheimer's disease: a randomized, placebo-controlled trial. *Alzheimer's Research & Therapy*, 8(1), 13. doi: 10.1186/s13195-016-0180-3
- Confederación ASPERGER España. Asperger.es. Recuperado de <https://www.asperger.es/asperger.php?def=3E1%20s%EDndrome>



*Definición y tipos TEA.* Fundación ADANA. Recuperado de <http://www.fundacionadana.org/definicion-y-tipos-tea/>

Fecteau, S., Agosta, S., Oberman, L., y Pascual-Leone, A. (2011). Brain stimulation over Broca's area differentially modulates naming skills in neurotypical adults and individuals with Asperger's syndrome. *European Journal Of Neuroscience*, 34(1), 158-164. doi: 10.1111/j.1460-9568.2011.07726.x

González, R., y Bevilacqua, J. (2009). Disfagia en el paciente neurológico. *Revista Hospital Clínico Universidad de Chile*, 20, 252-262. Recuperado de: <https://www.redclinica.cl/Portals/0/Users/014/14/14/Publicaciones/Revista/difagia.pdf>

*Guía de Práctica Clínica sobre la Atención Integral a las Personas con Enfermedad de Alzheimer y otras Demencias.* Guíasalud.es. Recuperado de <http://www.guiasalud.es/egpc/alzheimer/completa/apartado04/definicion.html>

Hernández-Gutiérrez, M., y Carrillo-Mora, P. (2016). Aplicaciones terapéuticas de la estimulación cerebral no invasiva en neurorrehabilitación. *Mediagraphic*, 6(1), 25-33. Recuperado de <http://www.medigraphic.com/pdfs/invdiss/2017/ir171d.pdf>

Khedr, E., Gamal, N., El-Fetoh, N., Khalifa, H., Ahmed, E., Ali, A.,... Karim, A. (2014). A Double-Blind Randomized Clinical Trial on the Efficacy of Cortical Direct Current Stimulation for the Treatment of Alzheimer's Disease. *Frontiers In Aging Neuroscience*, 6. doi: 10.3389/fnagi.2014.00275

Kolibas, E., Korinkova, V., Novotny, V., Vajdickov, K., y Hunakova D. (2000). ADAS-cog (Alzheimer's Disease Assessment Scale-cognitive subscale)--validation of the Slovak version. *Bratisl Lek Listy*, 101(11), 598-602.

Kumar, S., Wagner, C., Frayne, C., Zhu, L., Selim, M., Feng, W., y Schlaug, G. (2011). Noninvasive Brain Stimulation May Improve Stroke-Related Dysphagia: A Pilot Study. *Stroke*, 42(4), 1035-1040. doi: 10.1161/STROKEAHA.110.602128



- Lee, J., Choi, B., Oh, E., Sohn, E., y Lee, A. (2016). Treatment of Alzheimer's Disease with Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation Combined with Cognitive Training: A Prospective, Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Study. *Journal Of Clinical Neurology*, 12(1), 57-64. doi: 10.3988/jcn.2016.12.1.57
- Lee, J., Kim, S., Lee, K., Lee, S., y Lee, J. (2015). Effect of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation According to the Stimulation Site in Stroke Patients With Dysphagia. *Annals Of Rehabilitation Medicine*, 39(3), 432-439. doi: 10.5535/arm.2015.39.3.432
- León, M., Rodríguez, M., Sanjuán, L., Benito-León, J., García-Albea, E., y Arce, S. (2016). Evidencias actuales sobre la estimulación magnética transcraneal y su utilidad potencial en la neurorrehabilitación postictus: Ampliando horizontes en el tratamiento de la enfermedad cerebrovascular. *Neurología*. doi: 10.1016/j.nrl.2016.03.008
- Medina, J., Norise, C., Faseyitan, O., Coslett, H., Turkeltaub, P., y Hamilton, R. (2012). Finding the right words: Transcranial magnetic stimulation improves discourse productivity in non-fluent aphasia after stroke. *Aphasiology*, 26(9), 1153-1168. doi: 10.1080/02687038.2012.710316
- Naeser, M., Martin, P., Ho, M., Treglia, E., Kaplan, E., Bashir, S., y Pascual-Leone, A. (2012). Transcranial Magnetic Stimulation and Aphasia Rehabilitation. *Archives Of Physical Medicine And Rehabilitation*, 93(1), S26-S34. doi: 10.1016/j.apmr.2011.04.026
- Norise, C., y Hamilton, R. (2017). Non-invasive Brain Stimulation in the Treatment of Post-stroke and Neurodegenerative Aphasia: Parallels, Differences, and Lessons Learned. *Frontiers In Human Neuroscience*, 10, 675. doi: 10.3389/fnhum.2016.00675
- Pereira, J., Junqué, C., Bartrés-Faz, D., Martí, M., Sala-Llonch, R., Compta, Y.,... Tolosa, E. (2013). Modulation of verbal fluency networks by transcranial direct current stimulation (tDCS) in Parkinson's disease. *Brain Stimulation*, 6(1), 16-24.



- Rubio Morell, B., Rotenberg, A., Hernández-Expósito, S., y Pascual-Leone, A. (2011). Uso de la estimulación cerebral no invasiva en los trastornos psiquiátricos de la infancia: nuevas oportunidades y retos diagnósticos y terapéuticos. *Neurología*, 53(4), 209-225.
- Rutherford, G., Lithgow, B., y Moussavi, Z. (2015). Short and Long-term Effects of rTMS Treatment on Alzheimer's Disease at Different Stages: A Pilot Study. *Journal Of Experimental Neuroscience*, 9, 43-51. doi: 10.4137/JEN.S24004
- Santos, M., Gagliardi, R., Mac-Kay, A., Boggio, P., Lianza, R., y Fregni, F. (2013). Transcranial direct-current stimulation induced in stroke patients with aphasia: a prospective experimental cohort study. *Sao Paulo Medical Journal*, 131(6), 422-426. doi: 10.3389/fnins.2016.00157
- Schneider, H., y Hopp, J. (2011). The use of the Bilingual Aphasia Test for assessment and transcranial direct current stimulation to modulate language acquisition in minimally verbal children with autism. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 25(6-7), 640-654. doi: 10.3109/02699206.2011.570852
- Sobre el TDAH.* Federación Española de Asociaciones de Ayuda al Déficit de Atención e Hiperactividad. Feadah.org. Recuperado de <http://www.feaadah.org/es/sobre-el-tdah/>
- Soff, C., Sotnikova, A., Christiansen, H., Becker, K., y Siniatchkin, M. (2016). Transcranial direct current stimulation improves clinical symptoms in adolescents with attention deficit hyperactivity disorder. *Journal Of Neural Transmission*, 124(1), 133-144.
- Vadalà, M., Vallelunga, A., Palmieri, L., Palmieri, B., Morales-Medina, J., y Iannitti, T. (2015). Mechanisms and therapeutic applications of electromagnetic therapy in Parkinson's disease. *Behavioral And Brain Functions*, 11, 26. doi: 10.1186/s12993-015-0070-z



**OTRAS REFERENCIAS CONSULTADAS:**

Feldberg, C. (2017). *Trial Making Test*. Recuperado de [http://www.uca.edu.ar/uca/common/grupo18/files/TRIAL\\_MAKING\\_TEST.pdf](http://www.uca.edu.ar/uca/common/grupo18/files/TRIAL_MAKING_TEST.pdf)

Mateo, V. (2007). Funciones ejecutivas: estimación de la flexibilidad cognitiva en población normal y un grupo psicopatológico. 5-8. Recuperado de <http://www.uv.es/femavi/Wisconsin.pdf>

*Objective ADHD Testing for Kids and Adults*. Qbtech.com. Recuperado de <https://www.qbtech.com/qbtest.html>

*tDCS - Estimulación Transcraneal de Corriente Directa*. Centros de Daño Cerebral de Hospitales Nisa. Recuperado de <https://www.neurorhb.com/blog-dano-cerebral/tdcs-estimulacion-transcraneal-corriente-directa/>



## **7. AGRADECIMIENTOS.**

Quisiera agradecer en este apartado a las personas que me han apoyado durante todo el proceso de realización de este trabajo.

- A mi tutora, Teresa Cortés San Rufino, por su ayuda y paciencia a lo largo de todo este tiempo.
- A mi familia, por sus ánimos y comprensión en todo momento.
- A mis compañeros y amigos, pendientes y dispuestos a prestarme ayuda siempre que la he necesitado.

El apoyo de todos y cada uno de ellos ha sido imprescindible para el desarrollo de este TFG.



**ANEXOS**

**ANEXO I: COMPARATIVA ENTRE ESTUDIOS.**



**ANEXO I: COMPARATIVA ENTRE ESTUDIOS.**

AUTOR Y AÑO	ARTÍCULO	PATOLOGÍA	TÉCNICA	FRECUENCIA / INTENSIDAD <sup>9</sup>	ZONA DE APLICACIÓN DE LA TÉCNICA	RESULTADOS	DURACIÓN DE RESULTADOS
<b>Medina et al., (2012)</b>	Finding the right words: Transcranial magnetic stimulation improves discourse productivity in non-fluent aphasia after stroke	AFASIA	EMTr	1 Hz	Pars triangularis y pars orbitalis	Aumento en la <u>productividad del discurso</u>	2 meses
<b>Naeser et al., (2012)</b>	Transcranial magnetic stimulation and aphasia rehabilitation	AFASIA	EMTr junto con <b>terapia del lenguaje</b>	1Hz	Pars triangularis	Mejora en <u>denominación</u> y en <u>repetición de palabras</u>	Más de 2 meses
<b>Baker et al., (2010)</b>	Using transcranial direct-current stimulation to treat stroke patients with aphasia	AFASIA	ETCD	1 mA	Ánodo en corteza frontal izquierda y cátodo en hombro derecho	<u>Denominan mejor</u> y realizan <u>más denominaciones</u>	1 semana

<sup>9</sup> Frecuencia/intensidad: se utiliza el término frecuencia en aquellos estudios en los que se aplica EMTr en Hz, e intensidad en la aplicación de ETCD en mA.



AUTOR Y AÑO	ARTÍCULO	PATOLOGÍA	TÉCNICA	FRECUENCIA / INTENSIDAD	ZONA DE APLICACIÓN DE LA TÉCNICA	RESULTADOS	DURACIÓN DE RESULTADOS
<b>Santos et al., (2013)</b>	Transcranial direct-current stimulation induced in stroke patients with aphasia: a prospective experimental cohort study	AFASIA	ETCD	2 mA	Cátodo en corteza motora primaria hemisferio no afectado y ánodo en área supraorbital contralateral	Diferencias en <u>comprensión</u> , <u>denominación</u> y <u>fluidez verbal</u>	Después de estimulación
<b>Lee et al., (2015)</b>	Effect of repetitive transcranial magnetic stimulation according to the stimulation Site in stroke patients with dysphagia	DISFAGIA	EMTr	10 Hz	Corteza que representa el músculo suprahiodeo del hemisferio afectado	Mejora en <u>escala de gravedad</u>	4 semanas
<b>Kumar et al., (2011)</b>	Non-invasive brain stimulation may improve stroke related dysphagia: a pilot study	DISFAGIA	ETCD con <b>maniobras de deglución</b>	2 mA	Ánodo en región supraorbital contralateral del hemisferio no dañado	Aumento puntuación en <u>escala de gravedad</u>	Después de estimulación



AUTOR Y AÑO	ARTÍCULO	PATOLOGÍA	TÉCNICA	FRECUENCIA / INTENSIDAD	ZONA DE APLICACIÓN DE LA TÉCNICA	RESULTADOS	DURACIÓN DE RESULTADOS
<b>Vadalà et al., (2015)</b>	Mechanisms and therapeutic applications of electromagnetic therapy in Parkinson's disease	PARKINSON	EMTr	1 Hz	Región frontal	<u>Reacciones más rápidas, aumento en cantidad de conversación y en comprensión y mejora en respuestas</u>	Después de estimulación
<b>Pereira et al., (2013)</b>	Modulation of verbal fluency networks by transcranial direct current stimulation (tDCS) in Parkinson's disease	PARKINSON	ETCD	2 mA	Ánodo en corteza dorsolateral prefrontal izquierda o en corteza temporo-parietal izquierda	<u>Aumenta cantidad de palabras y producen más palabras en categoría semántica con aplicación en corteza dorsolateral prefrontal izquierda</u>	Después de estimulación
<b>Boggio et al., (2006)</b>	Effects of transcranial direct current stimulation on working memory in patients with Parkinson's disease	PARKINSON	ETCD	1 y 2 mA	Ánodo en corteza prefrontal dorsolateral izquierda o corteza primaria motora, y cátodo en zona supraorbital derecha	Mejora <u>memoria de trabajo</u> con estimulación en corteza prefrontal izquierda 2 mA	Después de estimulación



AUTOR Y AÑO	ARTÍCULO	PATOLOGÍA	TÉCNICA	FRECUENCIA / INTENSIDAD	ZONA DE APLICACIÓN DE LA TÉCNICA	RESULTADOS	DURACIÓN DE RESULTADOS
<b>Rutherford et al., (2015)</b>	Short and long-term effects of rTMS treatment on alzheimer's disease at different stages: a pilot study	ALZHEIMER	EMTr	20 Hz	Corteza prefrontal dorsolateral derecha e izquierda	Mejora <u>memoria</u> , <u>lenguaje</u> , <u>atención</u> , <u>reconocimiento de palabras</u> , <u>orientación</u> , <u>denominación de objetos</u> , <u>comprensión</u> ,...	2 semanas
<b>Lee et al., (2016)</b>	Treatment of alzheimer's disease with repetitive transcranial magnetic stimulation combined with cognitive training: a prospective, randomized, double-blind, placebo-controlled study	ALZHEIMER	EMTr con <b>tareas cognitivas</b>	20 Hz	Corteza prefrontal dorsolateral derecha e izquierda, áreas de Broca y Wernicke, y corteza de asociación somatosensorial derecha e izquierda	Mejora <u>orientación espacio-temporal</u> , <u>atención</u> , <u>concentración y memoria</u> , <u>cálculo</u> , <u>comprensión</u> , <u>lenguaje</u> , <u>percepción viso-espacial</u> , capacidad <u>seguir instrucciones básicas</u> , <u>reconocimiento de palabras y denominación de objetos</u>	6 semanas
<b>Khedr et al., (2014)</b>	A double-blind randomized clinical trial on the efficacy of cortical direct current stimulation for the treatment of alzheimer's disease	ALZHEIMER	ETCD	2 mA	Ánodo en corteza prefrontal dorsolateral izquierda, cátodo en región supraorbital contralateral, y a la inversa	Mejora <u>orientación espacio-temporal</u> , <u>atención</u> , <u>concentración</u> , <u>memoria</u> , <u>cálculo</u> , <u>lenguaje</u> , <u>percepción viso-espacial</u> , <u>seguimiento instrucciones básicas</u> ...	Después de estimulación



AUTOR Y AÑO	ARTÍCULO	PATOLOGÍA	TÉCNICA	FRECUENCIA / INTENSIDAD	ZONA DE APLICACIÓN DE LA TÉCNICA	RESULTADOS	DURACIÓN DE RESULTADOS
<b>Bystad et al., (2016)</b>	Transcranial direct current stimulation as a memory enhancer in patients with Alzheimer's disease: a randomized, placebo-controlled trial	ALZHEIMER	ETCD	2 mA	Ánodo en corteza temporal izquierda, y cátodo en lóbulo frontal derecho	<u>Sin resultados</u> significativos	Después de estimulación
<b>Baruth et al., (2010)</b>	Low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) modulates evoked-gamma frequency oscillations in autism spectrum disorder (ASD)	TEA	EMTr	1 Hz	Córtex prefrontal dorsolateral derecho e izquierdo	Disminución de <u>irritabilidad</u> y de <u>patrones de comportamiento repetitivos</u> y <u>restringidos</u>	Después de estimulación
<b>Fecteau et al., (2011)</b>	Brain stimulation over Broca's area differentially modulates naming skills in neurotypical adults and individuals with Asperger's syndrome	ASPERGER	EMTr	1 Hz	Pars opercularis derecha e izquierda, pars triangularis derecha e izquierda	Mejora rendimiento <u>denominación</u> con estimulación en pars triangularis izquierda	Después de estimulación



AUTOR Y AÑO	ARTÍCULO	PATOLOGÍA	TÉCNICA	FRECUENCIA / INTENSIDAD	ZONA DE APLICACIÓN DE LA TÉCNICA	RESULTADOS	DURACIÓN DE RESULTADOS
<b>Schneider and Hopp., (2011)</b>	The use of the Bilingual Aphasia Test for assessment and transcranial direct current stimulation to modulate language acquisition in minimally verbal children with autism	TEA	ETCD	0,08 mA	Ánodo en córtex prefrontal dorsolateral izquierdo y cátodo en región supraorbital derecha	Aumento <u>vocabulario</u> y <u>sintaxis</u>	Después de estimulación
<b>Bloch et al., (2010)</b>	Positive effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on attention in ADHD Subjects: A randomized controlled pilot study	TDAH	EMTr	20 Hz	Corteza prefrontal derecha	Mejora <u>atención</u> y <u>concentración</u>	Después de estimulación
<b>Soff et al., (2016)</b>	Transcranial direct current stimulation improves clinical symptoms in adolescents with attention deficit hyperactivity disorder	TDAH	ETCD	1 mA	Ánodo en corteza izquierda prefrontal dorsolateral	Reducción <u>falta de atención</u> e <u>impulsividad</u>	7 días

