

# **ESTUDIO PILOTO SOBRE EL EFECTO DE LA ESTIMULACIÓN TRANSCRANEAL POR CORRIENTE DIRECTA EN EL APRENDIZAJE DE UN GESTO DEPORTIVO**

Virginia López-Alonso, Gabriel López-Bermúdez,  
José Andrés Sánchez-Molina y Miguel Fernández-Del-Olmo

Departamento de Educación Física y Deportiva, Universidad de La Coruña, La Coruña, España.

Correspondencia: virginialoal@gmail.com

---

## INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente estudio ha sido investigar los efectos de la estimulación transcraneal por corriente directa (tDCS) sobre el aprendizaje del gesto de putt en golf. La tDCS es un tipo de estimulación cerebral no invasiva capaz de modular la excitabilidad cortical de forma bidireccional dependiendo de la polaridad de la estimulación (Nitsche & Paulus, 2000). La estimulación anodal (ánodo sobre el área de interés) aumenta la excitabilidad cortical, mientras que la estimulación catodal (cátodo en la zona de interés) la disminuye. Las modificaciones en la excitabilidad cortical parecen imprescindibles para el aprendizaje motor. Por ello, diversos estudios han estudiado a su vez el efecto de la estimulación cerebral no invasiva en distintos tipos de aprendizaje (Nitsche et al., 2003). En las últimas décadas se ha demostrado la eficacia de la tDCS en el aprendizaje de tareas simples. Sin embargo, hasta la fecha, sólo un estudio ha utilizado la tDCS durante el aprendizaje de una tarea compleja (tarea de equilibrio dinámico) (Kaminski et al., 2013). Dicho estudio ha sugerido que la modulación de la zona prefrontal del cerebro (PFC), un área implicada en la planificación de tareas complejas y toma de decisiones, afecta al aprendizaje de este tipo de tareas. Nuestra hipótesis es que la tDCS aplicada en la corteza prefrontal favorece el aprendizaje del gesto deportivo del putt de golf.

## MÉTODO

### *Participantes*

Un total de 40 sujetos caucásicos sanos de entre 19 y 32 años ( $21,6 \pm 2,3$ ) participaron de forma voluntaria en el experimento tras firmar el consentimiento informado, de acuerdo con la declaración de Helsinki. De los 40 sujetos, 24 eran hombres y 16 mujeres, todos ellos diestros.

---

### *Procedimiento*

Los experimentos fueron aprobados por el comité de ética de la Universidad de La Coruña. Los sujetos fueron divididos en cuatro grupos experimentales de 10 sujetos cada uno: grupo control o sham (C), estimulación anodal sobre la corteza prefrontal (aPFC), estimulación catodal sobre la corteza prefrontal (cPFC) y estimulación anodal sobre la corteza motora (aM1). El hemisferio cerebral estimulado fue en todos los casos el izquierdo. Ninguno de los sujetos tenía experiencia en el putt de golf.

La estimulación se dio a una intensidad de 1,5 mA durante 20 minutos, a través de un par de electrodos de 35 cm<sup>2</sup> cubiertos por esponjas impregnadas de solución salina. Los electrodos estaban conectados a un estimulador eléctrico (NeuroConn). Las rampas de subida y bajada de la intensidad de estimulación fueron de 8 segundos cada una.

Para la estimulación control se utilizó la misma disposición que para el grupo aM1, pero la estimulación se liberó únicamente durante los 30 primeros segundos (método que se ha demostrado que induce una sensación similar a la estimulación real) (Ambrus et al., 2012).

El área motora se localizó mediante estimulación magnética transcraneal (TMS), en el hotspot del músculo primer dorsal interóseo (FDI). Definiéndose el hotspot como el punto en el que se obtiene el mayor potencial motor evocado (MEP) mediante registro electromiográfico en el FDI. El área prefrontal se localizó 5 cm anterior al área motora.

La tarea de aprendizaje consistía en 150 lanzamientos de putt de golf con el objetivo de introducir el máximo número de bolas en un hoyo de tamaño reglamentario (10,8 cm de diámetro), situado a 2,20 metros de la zona de lanzamiento.

Previamente a la tarea, se les daban a los sujetos las 5 instrucciones básicas para la correcta ejecución del movimiento. A continuación, se hacía un bloque inicial de 10 lanzamientos sin estimulación. Tras el bloque inicial, se realizaban los 150 lanzamientos en bloques de 10 bolas con la estimulación correspondiente en cada grupo.

La variable medida para cuantificar el aprendizaje ha sido la distancia final entre la bola y el hoyo, una vez que la bola había detenido por completo su movimiento.

### RESULTADOS

No existen diferencias significativas entre los diferentes grupos durante el bloque inicial, por lo que podemos afirmar que los cuatro grupos parten del mismo nivel de ejecución. De manera similar, todos los sujetos muestran el mismo nivel final de ejecución. Sin embargo, el aprendizaje a lo largo de los 150

lanzamientos se produce con patrones diferentes en cada uno de los cuatro grupos de estimulación. Si dividimos los 150 lanzamientos en tres bloques de 50 lanzamientos podemos hablar de tres estadios de aprendizaje: aprendizaje temprano (del 0 al 50), aprendizaje medio (del 51 al 100) y aprendizaje tardío (del 101 al 150). Todos los grupos muestran una mejora entre el baseline y los tres estadios de aprendizaje. Ni el grupo control ni el grupo de estimulación anodal sobre el área prefrontal muestran diferencias significativas entre ninguno de los tres estadios. El grupo de estimulación aM1 muestra una mejora significativa entre el aprendizaje temprano y el medio, así como entre el aprendizaje temprano y el tardío. El grupo de estimulación catodal prefrontal muestra diferencias significativas únicamente entre el estadio medio y el tardío.

Se ha evaluado también el “ratio de aprendizaje” durante el aprendizaje temprano, como otra medida para cuantificar el aprendizaje adquirido. Este ratio se ha obtenido del ajuste de la función exponencial a cada una de las curvas de aprendizaje de los sujetos durante los primeros 50 lanzamientos. Se han elegido los 50 primeros lanzamientos porque es donde se observa una mayor pendiente de la curva de aprendizaje y, por lo tanto, donde se produce el mayor aprendizaje. El análisis estadístico muestra una tendencia entre el ratio de aprendizaje del grupo control y el grupo de estimulación M1. Indicando una tendencia hacia un mayor aprendizaje del grupo M1 frente al grupo control.

#### DISCUSIÓN

Este estudio muestra por primera vez los efectos de la estimulación cerebral no invasiva sobre el aprendizaje de un gesto deportivo. Todos los grupos muestran una mejora a lo largo de la sesión, confirmando que la tarea propuesta es susceptible de inducir aprendizaje. Sin embargo, sólo el grupo de estimulación M1 se diferencia del grupo control en la primera etapa del aprendizaje. Esto va en línea con estudios de tareas de aprendizaje motor simple en los que se sugiere un papel clave de M1 principalmente en los estadios tempranos del aprendizaje (Iezzi et al., 2010). Aunque Kaminski et al. (2013) han sugerido un papel del PFC en otra tarea compleja (equilibrio dinámico), los efectos de la tDCS en el comportamiento son dependientes de la complejidad de la tarea evaluada. Seguramente nuestra tarea implica mayor complejidad que la del citado estudio y mayor variedad de estrategias de ejecución.

Hay que reconocer varias limitaciones del presente estudio: i) número reducido de sujetos; ii) no se contempla la consolidación del aprendizaje, etapa sobre la que varios estudios han mostrado un mayor efecto de la tDCS; lii) todos los sujetos eran noveles en el putt de golf, por lo que simplemente se ha evaluado el efecto de la estimulación en la primera etapa de aprendizaje y no el

efecto que esta estimulación tendría en etapas de aprendizaje más avanzadas, por ejemplo en jugadores profesionales.

#### REFERENCIAS

- Ambrus, G. G., Al-Moyed, H., Chaieb, L., Sarp, L., Antal, A., & Paulus, W. (2012). The fade-in--short stimulation--fade out approach to sham tDCS--reliable at 1 mA for naive and experienced subjects, but not investigators. *Brain Stimul*, 5(4), 499-504.
- Iezzi, E., Suppa, A., Conte, A., Agostino, R., Nardella, A., & Berardelli, A. (2010). Theta-burst stimulation over primary motor cortex degrades early motor learning. *Eur J Neurosci*, 31(3), 585-592.
- Kaminski, E., Hoff, M., Sehm, B., Taubert, M., Conde, V., Steele, C. J., . . . Ragert, P. (2013). Effect of transcranial direct current stimulation (tDCS) during complex whole body motor skill learning. *Neurosci Lett*.
- Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2000). Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *J Physiol*, 527 Pt 3, 633-639.
- Nitsche, M. A., Schauenburg, A., Lang, N., Liebetanz, D., Exner, C., Paulus, W., & Tergau, F. (2003). Facilitation of implicit motor learning by weak transcranial direct current stimulation of the primary motor cortex in the human. *J Cogn Neurosci*, 15(4), 619-626.