



## Artículo Original

# Determinar la eficacia del tDCS anodal como terapia sobre los niveles de atención de una población con discapacidad intelectual moderada asociada a TDAH.

**Benavent, José María**

Servicios Neuropediatría, Ciba Centro Terapéutico e Hirpace, Ciudad de Salta.  
ciba34@gmail.com

Fecha de recepción: 01/08/2022

Fecha de aceptación: 05/12/2022

## RESUMEN

La estimulación anodal transcranial de corriente directa (tDCS) en la corteza prefrontal es una técnica que mejora la función de memoria de trabajo y la reducción de síntomas en los pacientes con Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH), sin embargo son escasos los estudios sobre su eficacia terapéutica en discapacidad intelectual (DI) asociada con TDAH. En este estudio el objetivo fue evaluar la eficacia de la tDCS en la mejora de los aspectos atencionales. Se aplicó neuromodulación con tDCS a 35 niños/as y jóvenes con Trisomía XXI con un nivel moderado de DI asociado con TDAH. Fueron tratados con 1,5 mA anodal tDCS sobre la corteza prefronto-dorsolateral izquierda, 5 días con una pausa de 2 semanas entre estas condiciones y los resultados permitieron concluir que la tDCS anodal mostró resultados estadísticamente significativos en el aumento de niveles de atención selectiva y concentración; como así también cambios en el control de respuesta conductual global pero no en un subtipo específico (inatento o hiperactivo). Los efectos clínicos fueron apoyados por una reducción significativa en la falta de atención obtenidos en la ADHD Rating Scale-IV, subíndices atencionales del WISC V y Test d2. Estos efectos fueron más pronunciados 7 días después del final de la estimulación, un hecho que enfatiza la neuromodulación prolongada después del tDCS. Este estudio proporciona una importante evidencia de que tDCS puede mejorar el funcionamiento neuropsicológico en pacientes con TDAH asociado a DI y del potencial de tDCS como una forma de tratamiento.

Palabras clave: tDCS, TDAH, atención sostenida, discapacidad intelectual, CPT, DLPFC

Palavras-chave: tDCS, TDAH, atenção sustentada, deficiência intelectual, CPT, DLPFC

Title

Determine the efficacy of anodal tDCS as therapy on attention levels in a population with moderate intellectual disability associated with ADHD.

Abstract:

Anodal transcranial direct current stimulation (tDCS) in the prefrontal cortex is a technique that improves working memory function and reduces symptoms in patients with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD). However, there are few studies on its therapeutic efficacy in intellectual disability (ID) associated with ADHD. In this study, with the aim of evaluating the efficacy of tDCS in improving attentional aspects, neuromodulation with tDCS for 35 children and young people with Trisomy XXI with a moderate level of ID associated with ADHD applied. 1.5 mA anodal tDCS on the left prefronto-dorsolateral cortex for 5 days with a two-week break between these conditions were treated. The results allowed us conclude that anodal tDCS was statistically significant results in increasing levels of selective attention and concentration as well as changes in global behavioral response control but not in a specific subtype (inattentive or hyperactive). The clinical effects by a significant reduction in inattention obtained on the ADHD Rating Scale-IV, attentional sub-indices of the WISC V and Test d2 supported. These effects pronounced 7 days after the end of stimulation, a fact that emphasizes the prolonged neuromodulation after tDCS. This study provides important evidence that tDCS can improve neuropsychological functioning in patients with ADHD associated with ID and the potential of tDCS as a form of treatment.

Keywords: tDCS, ADHD, sustained-attention, intellectual disabilities, CPT, DLPFC



## **INTRODUCCION**

El trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) es uno de los trastornos del desarrollo neural que es caracterizado por un patrón persistente de falta de atención, impulsividad e hiperactividad. El trastorno comienza en la niñez y a menudo dura hasta la edad adulta. Las tasas de diagnóstico de TDAH han estado aumentando en los últimos años con una prevalencia estimada entre el 5 y el 8 % en niños, y hasta en el 60 % de los niños con discapacidad intelectual (DI), el trastorno continúa hasta la edad adulta con una prevalencia del 2,5 al 4 % en adultos (Mannuzza, 2003; Kooijet, 2005; Fayyad, 2007). El tratamiento farmacológico utilizado en el TDAH está bien establecido, sin embargo, cada paciente responde a la medicación de manera diferente y el tratamiento en algunos de ellos está limitado por los efectos secundarios y abuso de medicamentos (Castells, 2013; Clavenna y Bonati, 2014; Childress y Sallee, 2014). En la última década, la estimulación de corriente continua transcraneal (tDCS) ha recibido un aumento de interés en la investigación clínica ya que podría modular la excitabilidad cortical e inducir plasticidad en el cerebro humano (Kuo and Nitsche, 2012; Utz., 2010). El dispositivo envía una corriente continua baja constante (por ejemplo, 1-2 mA), dirigido al área cerebral de interés, a través de electrodos e el cuero cabelludo. Esto induce cambios en la excitabilidad cortical neuronal por acción en el potencial de la membrana en reposo. Basado en la polaridad específica la tDCS anódica aumenta la excitabilidad cortical y la tDCS catódica la disminuye. Considerando sus ventajas como ser no invasivo, indoloro, seguro, fácil de usar y su bajo costos su utilización ha ido en aumento en la última década, particularmente en rehabilitación motora y trastornos neuropsiquiátricos como la depresión, el autismo y la esquizofrenia, tanto en poblaciones adultas y pediátricas, nivel de tareas cognitivas ha demostrado mejoras en la atención visoespacial (Bolognini, 2010; Sparing, 2009), y rendimiento de memoria de trabajo (Fregni, 2005; Ohn, 2008; Zaehle, 2011) sin embargo son escasos los estudios sobre su utilidad clínica en pacientes con DI asociada con TDAH. La teoría más aceptada de la base neural del TDAH es un déficit en el control inhibitorio en la función ejecutiva (Barkley, 1997; Brown, 2013). El control inhibitorio o la inhibición de la respuesta es una característica clave de autocontrol. Varias evidencias revelan una asociación fisiológica entre la corteza prefrontal y su subcortical conexión con la fisiopatología del TDAH. Los estudios de neuroimagen muestran que las regiones de la corteza prefrontal dorso-lateral derecha (DLPFC) juega un papel en la inhibición de la respuesta motora (Miyake., 2000; Elliott, 2003; Alvarez y Emory, 2006). Durante la realización de una tarea inhibitoria que generalmente se usa para evaluar la eficiencia de la inhibición de la respuesta en el paciente con TDAH se observó hipoactivación en comparación con el control sano (Schneider, 2010). Las evidencias mostraron que el desempeño en estas tareas puede ser influenciado por la aplicación de tDCS en la región DLPFC, incluso con una sola sesión de tDCS anódico, usando 1,5 mA durante 20 minutos (Nitsche, 2003; Nitsche and Paulus, 2000; Stagg y Nitsche, 2011). Se ha postulado que la inhibición interhemisférica (IHI) entre dos regiones izquierda y derecha DLPFC) podría jugar un papel en este hallazgo, basado en la posibilidad de que la estimulación anódica aumente la excitabilidad y, por lo tanto, aumente el impulso IHI desde el DLPFC derecho, facilitando la actividad en la región donde está involucrada la inhibición de la respuesta motora (Antal, 2004a). Estos hallazgos fundamentan la investigación de su posible efecto terapéutico en uso largo plazo (Soff, 2017), en niños y jóvenes con discapacidad intelectual asociada con TDAH.



## MATERIAL Y MÉTODO

El déficit central en las personas con TDAH es el control sobre la inhibición del comportamiento y la autorregulación (Barkley, 1997). Se ha sugerido que la disfunción de la CPF y la afectación cerebral son la principal causa de este déficit. Según este concepto, los déficits característicos de inatención, hiperactividad e impulsividad se identifican con los déficits de FE y la PFC juega un papel crucial en su regulación. Por lo tanto, se eligió la ADHD Rating Scale-IV, para evaluar síntomas, el test 2d y los Índices atencionales de los subtest Memoria de Trabajo (IMT), Velocidad de Procesamiento (IVP) y Razonamiento Fluido (IRF) del Wisc V para analizar el desempeño de los participantes.

Treinta y cinco niños y jóvenes, 24 varones entre 8 y 26 años de edad y 11 mujeres entre 12 y 27 años de edad, con una edad media del grupo de 18,17, con diagnóstico certificado de Retraso Mental Moderado asociado a TDAH, participaron de forma voluntaria, con el consentimiento de sus padres y/o tutores. Todos eran diestros y no tomaban medicamentos crónicos. Se aplicó a todos los participantes el ADHD Rating Scale-IV, el test 2d y los Índices subtest de Memoria de Trabajo (IMT), Velocidad de Procesamiento (IVP) y Razonamiento Fluido (IRF) del Wisc V, como medición basal previo al inicio del tratamiento. También previo al inicio de las sesiones se obtuvo el consentimiento informado de las características y objetivos del estudio de todos los participantes, firmado por padres o tutores.

El tDCS anódico se administró mediante un estimulador de corriente constante SoomaVersion A08, 2016 de origen finlandés, con una corriente continua de 1,5 mA a través de dos electrodos de caucho de esponja de superficie empapados en solución salina (ánodo y cátodo de cinco centímetros cuadrados). Los electrodos se colocaron sobre F4 y F3, una ubicación encima de la DLPFC derecha e izquierda, según el sistema internacional 10-20 para la colocación de electrodos de EEG (Sela, 2012). La estimulación se aplicó durante veinte minutos con una rampa de treinta segundos (incluido el desvanecimiento). No se utilizó la condición simulada. Las evaluaciones se iniciaron después de veinte minutos finalizada la última sesión.

La escala de valoración de TDAH (ADHD-RS-IV) recoge 18 ítems, nueve en la subescala de inatención (I) y nueve en la subescala de hiperactividad/impulsividad (HI). En este estudio, se utilizó la versión en español (Marín-Méndez, 2019). La escala ha mostrado buenos índices psicométricos y ha sido adaptada a diferentes países, como Dinamarca y España.

El test de atención d2 es una medida concisa de la atención selectiva y la concentración, entendiéndolos como una selección de estímulos enfocada de modo continuo a un resultado. Las puntuaciones del d2 son muy fiables ( $r$  0,90), independientemente del estadístico empleado, incluso en las muestras especiales los índices se encuentran entre 0,70 y 0,80.

De los indicadores que contiene se emplearon para este estudio el total de aciertos (TA), la efectividad total (TOT) y el índice de concentración (CON).

Escala de inteligencia de Wechsler para niños-V es un instrumento de aplicación individual que evalúa el rendimiento intelectual global y consta de 5 índices diferenciados de los cuales Razonamiento Fluido, Memoria de Trabajo y Velocidad de Procesamiento miden capacidades atencionales. Muestra índices de validez y fiabilidad excelentes, la fiabilidad del índice principal es de 0.95 y la de los subíndices oscila entre 0.88 y 0.93 (Fenollar-Cortés & Watkins, 2018).

Este estudio utilizó un diseño cuasi-experimental en su variante pre-post de un grupo, con un intervalo de dos semanas entre sesiones (buscando un efecto washout para evitar un posible efecto de arrastre y que los efectos de las estimulaciones se sumasen a medida que se repetían las sesiones experimentales).



Las dos evaluaciones se realizaron pre-tratamiento como línea de base (sin intervención de tDCS) y post-tratamiento, luego de la tDCS activa. La sesión de referencia siempre fue la primera sesión, las sesiones de tDCS se equilibraron entre todos los participantes.

Ocho sujetos abandonaron la tDCS por efectos adversos, de la muestra original, finalmente, el análisis se realizó con una población de 35 participantes. Para el procedimiento y análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS, versión 14.0 para Windows y el software Stata, versión 15. Para garantizar que los pacientes estén estandarizados entre ellos, antes de iniciar el análisis de datos y profundizar en la interpretación de los resultados obtenidos, se realizaron análisis de homogeneidad mediante el Test F. Para los efectos de tDCS, se realizaron análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas con los factores tipo de sesión (línea base/tDCS activa).

Comprobación de la equivalencia de los participantes en relación a las variables socio-demográficas y clínicas: Las variables socio-demográficas consideradas son género y edad y las variables clínicas son los subtipos de TDAH: subtipo predominantemente inatento y subtipo predominantemente hiperactivo). Todos los participantes tienen diagnóstico de DI moderada (Ver Tabla 1, variables sociodemográficas). El grupo conformado por 35 integrantes: 11 mujeres de entre 12 y 27 años de edad y 24 varones de entre 8 años y 26 años de edad, con una edad media de 18,17 años. La prueba de Hipótesis de Homogeneidad de Varianzas con el test F y no detecta diferencias significativas en función de la variable edad, género y subtipos de TDAH, inatento y predominantemente hiperactivo, por lo tanto los participantes del grupo son homogéneos.

**Tabla 1**

Distribución de los participantes en función de las variables socio-demográficas y clínicas.

VARIABLES SOCIODEMOGRAFICAS		
Género	varón	24 (69%)
	mujer	11 (31%)
Edad	Media: 18,17 años	
VARIABLES CLINICAS		
Discapacidad intelectual moderada		35 (100%)
TDAH Subtipo predominantemente hiperactivo	varón	16 (45%)
	mujer	2 (6%)
TDAH Subtipo predominantemente inatento	varón	6 (17%)
	mujer	11 (31%)

Fuente: Propia

## RESULTADOS

Escala de ADHD RS IV: En el subtipo predominantemente hiperactivo existe evidencia significativa ( $p=0.0001$ ) de que se rechaza la igualdad de medias, es decir que las medias de las evaluaciones pre y post-tratamiento difieren. Y más aún, estadísticamente, la media del pos-tratamiento es menor que la media del pre-tratamiento. En el subtipo predominantemente inatento se encuentra evidencia significativa ( $p=0.0002$ ) de que se rechaza la igualdad de medias, es decir que las medias de las evaluaciones pre y post-tratamiento difieren, y más aún, estadísticamente, la media del pos-tratamiento es menor que la media del pre-tratamiento (Ver Tabla 2, Escala de ADHD RS IV).



**Tabla 2**

Pruebas de normalidad para datos Escala de ADHD RS IV.

Test Skewness/Kurtosis para normalidad				
Grupo	Variable	n	p(Skerness)	p (Kurtosis)
	Pretratamiento H/I	35	0.0533	0.7921
	Pretratamiento ADD	35	0.9219	0.0359
	Pretratamiento total	35	0.8904	0.0260
	Postratamiento H/I	35	0.3801	0.6308
	Postratamiento ADD	35	0.7311	0.0027
	Postratamiento total	35	0.5314	0.1465

Fuente: Propia

Test d2: El análisis de las medias de resultados de Evaluación de Base y la Evaluación pos-tratamiento indica que existe evidencia significativa ( $p=0.001$ ) de que se rechaza la igualdad de medias, es decir que las medias de los tratamientos difieren. (Ver Tabla 3, Test d2).

**Tabla 3**

Prueba ANOVA Índices Test d2.

Índice TR	$p0.001$
Índice TA	$p 0.45$
Índice TOT	$p0.171$
Índice TR	$p0.001$
Índice CON	$p0.005$

Fuente: Propia

Índices para atención del WISC V: La aplicación de la prueba t en los datos en los índices para atención del WISC V muestra evidencia significativa de que las medias de ambos difieren, siendo la media del pos-tratamiento menor que la media del pre-tratamiento: Índice de velocidad de procesamiento ( $p=0.0071$ ), índice razonamiento fluido ( $p=0.0198$ ), con una evidencia significativa al 95% de confianza de que las medias de ambos difieren.

## DISCUSIÓN

El análisis de los resultados obtenidos de la Escala de ADHD RS IV, entre el nivel basal y pos-tratamiento mediante la prueba t muestra evidencia estadísticamente significativa que las medias de las evaluaciones difieren entre sí (Subtipo predominantemente hiperactivo,  $p=0.0001$  y subtipo predominantemente inatento  $p=0.0001$ ), siendo la media pos-tratamiento de ambos grupos menor que la media del pre-tratamiento, mostrando una disminución de la sintomatología en ambos subtipos luego del tratamiento. En el Test d2 de Brickenkamp (para evaluación de atención selectiva) los resultados obtenidos de los índices TA, TOT y CON muestran que existe evidencia significativa de que las medias de los tratamientos difieren: ( $p =0.001$ ) con un valor de Eta al cuadrado 0.742, o sea que el 74,2% se debe al efecto del experimento demostrando la hipótesis de este estudio, al obtener mejores



puntuaciones ambos grupos en la variable de atención selectiva. En cuanto a los resultados del WISC V en sus índices Memoria de trabajo, Razonamiento fluido y Velocidad de procesamiento indican que no existen diferencias significativas entre las evaluaciones pre y pos-tratamiento ni entre los subtipos de TDAH según los criterios del DSM 5. Si bien cabría esperar que existieran algunas diferencias en relación con la MT y VP entre las dos evaluaciones, pero se observó que las puntuaciones obtenidas en ambas áreas del WISC-V son prácticamente iguales, sin diferencias estadísticamente significativas. Para explicar estos resultados se debe tener en cuenta los siguientes factores: En algunas baterías como el WISC-V, los niños con discapacidad intelectual se ven afectados por lo que se denomina 'efecto suelo'. Este efecto hace referencia a la dificultad del instrumento para captar sutiles diferencias en el rendimiento intelectual en personas de muy baja capacidad (variabilidad intra-individual). También es posible que los resultados, especialmente de memoria de trabajo y velocidad de procesamiento, coincida con los hallazgos en que los pacientes con TDAH presentaban más afectadas precisamente esas variables (Sattler, 2008, Thaler, 2013). Los procesos cognitivos medidos mediante la prueba WISC-V que con más frecuencia se han relacionado con el TDAH son la memoria de trabajo y la velocidad de procesamiento, sin embargo, es grande la controversia sobre la existencia de un perfil cognitivo para el TDAH y más aún según su presentación sea inatenta o combinada.

## CONCLUSIÓN

En este estudio el objetivo principal fue determinar la eficacia del tDCS sobre los niveles de atención de una población con DI moderada asociada a TDAH. La investigación permitió obtener evidencia de la eficacia y especificidad del tDCS y reveló que la mejora en las medidas de atención se puede detectar tempranamente y que existe una neuromodulación prolongada. Por ello el tDCS aportaría una importante terapia del déficit atencional en niños y jóvenes con discapacidad intelectual moderada, sumada al tratamiento médico, las terapias de psicopedagogía, psicología, fonoaudiología, con inclusión del entorno de padres y educadores.

## BIBLIOGRAFIA

Alvarez, J. A. & Emory, E. (2006). Executive function and the frontal lobes: a meta-analytic review. *Neuropsychol. Rev.* 16, 17-42. doi: 10.1007/s11065-006-9002-x

Antal A., Nitsche M., Kincses T., Kruse W., Hoffmann K-P., Paulus W., (2004), *Eur.Journ.Neurosc*, 19, pp.2888-2892. [https://homepages.ruhr-uni-bochum.de/klaus-peter.hoffmann/pdf\\_hoffmann/antal\\_ejn\\_04.pdf](https://homepages.ruhr-uni-bochum.de/klaus-peter.hoffmann/pdf_hoffmann/antal_ejn_04.pdf)

Bandeira, I. D., Guimarães, R. S. Q., Jagersbacher, J. G., Barretto, T. L., de Jesus-Silva, J. R., Santos, S. N., (2016). Transcranial direct current stimulation in children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) a pilot study. *J. Child Neurol.* 31, 918-924. doi: 10.1177/0883073816630083

Barkley, R. (1997). Inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD, *Psychol. Bull.* 121, 65-94. doi: 10.1037/0033-2909.121.1.65

Barkley, R. A. (2010). Differential diagnosis of adults with ADHD: the role of executive function and self-regulation. *J. Clin. Psychiatry* 71, 17-17. doi: 10.4088/JCP.9066tx1c

Bolognini N., Olgiaiti E., Rossetti A. & Maravita A., (2010) Enhancing multisensory spatial orienting by brain polarization of the parietal cortex, *EJN, Special Issue: Multisensory processes*, 31, 10, 1800-1806 <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2010.07211.x>

Bortoletto, M., Pellicciari, M. C., Rodella, C. & Miniussi, C. (2015). The interaction with task-induced activity is more important than polarization: a tDCS study. *Brain Stimul.* 8, 269-276. doi: 10.1016/j.brs.2014.11.006

Castellanos, F. & Proal, E. (2012). Large-scale brain systems in ADHD: beyond the prefrontal-striatal model. *Trends Cogn. Sci.* 16, 17-26. doi: 10.1016/j.tics.2011.11.007



Castellanos, F. X., Sonuga-Barke, E. J., Milham, M. P., & Tannock, R. (2006). Characterizing cognition in ADHD: beyond executive dysfunction. *Trends Cogn. Sci.* 10, 117–123. doi: 10.1016/j.tics.2006.01.011

Castells, X., Cunill, R., & Capellà, D. (2013). Treatment discontinuation with methylphenidate in adults with attention deficit hyperactivity disorder: a meta-analysis of randomized clinical trials. *Eur. J. Clin. Pharmacol.* 69, 347–356. doi: 10.1007/s00228-012-1390-7

Childress, A. C., & Sallee, F. R. (2014). Attention-deficit/hyperactivity disorder with inadequate response to stimulants: approaches to management. *CNS Drugs* 28, 121–129. doi: 10.1007/s40263-013-0130-6

Clavenna, A. & Bonati, M. (2014). Safety of medicines used for ADHD in children: a review of published prospective clinical trials. *Arch. Dis. Child.* 99, 866–872. doi: 10.1136/archdischild-2013-304170

DuPaul, G. J., Weyandt, L. L., O'Dell, S. M., & Varejao, M. (2009). College students with ADHD: current status and future directions. *J. Atten. Disord.* 13, 234–250. doi: 10.1177/1087054709340650

Ek, A. & Isaksson, G. (2013). How adults with ADHD get engaged in and perform everyday activities. *Scand. J. Occup. Ther.* 20, 282–291. doi: 10.3109/11038128.2013.799226

Elliott, R. (2003). Executive functions and their disorders imaging in clinical neuroscience. *Br. Med. Bull.* 65, 49–59. doi: 10.1093/bmb/65.1.49

Fayyad, J., De Graff, R., Kessler, R., Alonso, J., Angermeyer, M., & Demyttenaere, K., (2007). Cross-national prevalence and correlates of adult attention-deficit hyperactivity disorder. *Br. J. Psychiatry* 190, 402–409. doi: 10.1192/bjp.bp.106.034389

Feldman, H. M., & Reiff, M. I. (2014). Attention deficit–hyperactivity disorder in children and adolescents. *N. Engl. J. Med.* 370, 838–846. doi: 10.1056/NEJMc1307215

Flöel, A., Michka, O., Knecht, S. & Breitenstein, C., (2008) Noninvasive Brain Stimulation Improves Language Learning, *Journal of Cognitive Neuroscience* 20:8, pp. 1415–1422. doi: 10.1162/jocn.2008.20098

Fregni, F; Boggio, P; Mansur, C; Wagner, T; Ferreira, M; Lima, M; Rigonatti, S; Marcolin, M; Freedman, S; Nitsche, M & Pascual-Leone, A (2005), Transcranial direct current stimulation of the unaffected hemisphere in stroke patients, *NeuroReport*, 16, 14, 1551-1555. doi: 10.1097/01.wnr.0000177010.44602.5e

Kooij, J. S., Buitelaar, J. K., Furer, J. W., Rijnders, C. A. T., & Hodiamont, P. P. (2005). Internal and external validity of attention-deficit hyperactivity disorder in a population-based sample of adults. *Psychol. Med.* 35, 817–827. doi: 10.1017/S003329170400337X

Krain, A. L., and Castellanos, F. X. (2006). Brain development and ADHD. *Clin. Psychol. Rev.* 26, 433–444. doi: 10.1016/j.cpr.2006.01.005

Kuo, M. F., Paulus, W., & Nitsche, M. A. (2014). Therapeutic effects of non-invasive brain stimulation with direct currents (tDCS) in neuropsychiatric diseases. *Neuroimage* 85, 948–960. doi: 10.1016/j.neuroimage.2013.05.117

Marshall L., Mölle M., Hallschmid M., & Born J. (2004); Transcranial Direct Current Stimulation during Sleep Improves Declarative Memory, *JNeurosci.* 2004 Nov 3; 24(44): 9985–9992. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2725-04.2004

Mannarelli, D., Pauletti, C., De Lucia, M. C., Delle Chiaie, R., Bersani, F. S., & Spagnoli, F., (2016). Effects of cerebellar transcranial direct current stimulation on attentional processing of the stimulus: evidence from an event-related potentials study. *Neuropsychologia* 84, 127–135. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2016.02.002

Mannuzza, S., Klein, R. G., & Moulton, J. L. III (2003). Persistence of attention-deficit/hyperactivity disorder into adulthood: what have we learned from the prospective follow-up studies? *J. Atten. Disord.* 7, 93–100. doi: 10.1177/108705470300700203



Maxwell, A. E. (1959). A factor analysis of the Wechsler intelligence scale for children. *Br. J. Educ. Psychol.* 29, 237–241. doi: 10.1111/j.2044-8279.1959.tb01504.x

Meinzer M., Antonenko D., Lindenberg R., Hetzer S., Ulm L., Avirame K., Flaisch T. & Flöel A., (2012) *Journal of Neuroscience*, 32 (5) 1859-1866; DOI: <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4812-11.2012>

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: a latent variable analysis. *Cogn. Psychol.* 41, 49–100. doi: 10.1006/cogp.1999.0734

Nelson, J. T., McKinley, R. A., Golob, E. J., Warm, J. S., & Parasuraman, R. (2014). Enhancing vigilance in operators with prefrontal cortex transcranial direct current stimulation (tDCS). *Neuroimage* 85, 909–917. doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.11.061

Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2000). Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *J. Physiol.* 527, 633–639. doi: 10.1111/j.1469-7793.2000.t01-1-00633.x

Nitsche, M. A., Schauenburg, A., Lang, N., Liebetanz, D., Exner, C. & Paulus, W., (2003). Facilitation of implicit motor learning by weak transcranial direct current stimulation of the primary motor cortex in the human. *J. Cogn. Neurosci.* 15, 619–626. doi: 10.1162/08989290321662994

Suk Hoon Ohna S., Park D. C., Yoo W., Kof M., Choia K., Kimb G., Leec Y., & Kim Y. (2008), Time-dependent effect of transcranial direct current stimulation on the enhancement of working memory, *Vol 19 No 1*, 8, pp.43-47, [https://web.archive.org/web/20190307210027id\\_/http://pdfs.semanticscholar.org/e70a/6221d2365bfa6e7a3dd492c2e55aabba6463.pdf](https://web.archive.org/web/20190307210027id_/http://pdfs.semanticscholar.org/e70a/6221d2365bfa6e7a3dd492c2e55aabba6463.pdf)

Roe J., Nesheim M., Mathiesen N., Moberget T., Alnæs D. & Sneve M. (2016), The effects of tDCS upon sustained visual attention are dependent on cognitive load, *Neuropsychologia* 80 1–8, <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.11.005>

Schneider, M. F., Krick, C. M., Retz, W., Hengesch, G., Retz-Junginger, P., & Reith, W. (2010). Impairment of fronto-striatal and parietal cerebral networks correlates with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) psychopathology in adults—a functional magnetic resonance imaging (fMRI) study. *Psychiatry Res.* 183, 75–84. doi: 10.1016/j.psychres.2010.04.005  
Soff, C., Sotnikova, A., Christiansen, H., Becker, K., & Siniatchkin, M. (2017). Transcranial direct current stimulation improves clinical symptoms in adolescents with attention deficit hyperactivity disorder. *J. Neural Transm.* 124, 133–144. doi: 10.1007/s00702-016-1646-y  
Sparing et al., 2009

Stagg, C. J., Lin, R. L., Mezue, M., Segerdahl, A., Kong, Y. & Xie, J. (2013). Widespread modulation of cerebral perfusion induced during and after transcranial direct current stimulation applied to the left dorsolateral prefrontal cortex. *J. Neurosci.* 33, 11425–11431. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3887-12.2013 . 2010 Aug;48(10):2789-810.

Utz, K., Dimova V., Oppenländer K. & Kerkhoff G. (2010), Electrified minds: transcranial direct current stimulation (tDCS) and galvanic vestibular stimulation (GVS) as methods of non-invasive brain stimulation in neuropsychology—a review of current data and future implications, *neuropsychologia*, 48(10):2789-810. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2010.06.002. Epub 2010 Jun 11.

Zaehle, T., Sandmann, P. & Thorne, J. D. (2011) Transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex modulates working memory performance: combined behavioural and electrophysiological evidence. *BMC Neurosci* 12, 2 <https://doi.org/10.1186/1471-2202-12-2>