

Eficacia de la estimulación transcraneal con corriente directa (tDCS) en el consumo de tabaco: una revisión sistemática PRISMA

Efficacy of transcranial direct current stimulation (tDCS) in tobacco use: a PRISMA systematic review

Eimy Mariana Quiñonez González¹, Marien Gadea Doménech² y Raúl Espert Tortajada³

Dpto de Psicobiología, Facultad de Psicología, Universitat de València, España.

¹ ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5617-3777>

² ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7553-6876>

³ ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9734-910X>

Recibido: 09/09/2024 · Aceptado: 24/09/2024

Cómo citar este artículo/citation: Quiñonez González, E. M., Gadea Doménech, M. y Espert Tortajada, R. (2024). Eficacia de la estimulación transcraneal con corriente directa (tDCS) en el consumo de tabaco: una revisión sistemática PRISMA. *Revista Española de Drogodependencias*, 49(3), 17-46. <https://doi.org/10.54108/10085>

Resumen

Introducción: La estimulación transcraneal de corriente continua (tDCS) es una técnica emergente de neuromodulación cerebral no invasiva y segura, destinada a aliviar los síntomas asociados con los trastornos psiquiátricos, incluida la adicción. Las investigaciones en el consumo de tabaco ofrecen resultados prometedores, no obstante, a su vez se evidencia una falta de replicabilidad entre los estudios actuales. **Objetivo:** ofrecer una visión general sobre la eficacia de la intervención de tDCS en el consumo de tabaco, en los últimos 10 años (2014-2024). **Método:** Revisión sistemática de estudios empíricos controlados, doble ciego y aleatorizados, registrados en Science Direct, Scopus y PubMed, entre los años 2014 y 2024. **Resultados:** Se han examinado 13 estudios empíricos que tienen como propósito investigar los efectos de la estimulación de tDCS asociado al consumo de tabaco, destacando una heterogeneidad entre sus resultados, pues dependiendo de la variable evaluada y de los parámetros del protocolo de estimulación su eficacia puede variar. **Conclusión:** la presente revisión sistemática evidenció que la tDCS continúa siendo una técnica prometedora como alternativa para el tratamiento del consumo de tabaco, mostrando resultados efectivos en la reducción del ansia y patrón de consumo.

Palabras clave

Estimulación transcraneal de corriente continua (tDCS); tabaco; dejar de fumar.

— Correspondencia:
Raúl Espert
Email: raul.espert@uv.es



Abstract

Introduction: Transcranial direct current stimulation (tDCS) is an emerging, non-invasive, and safe brain neuromodulation technique intended to relieve symptoms associated with psychiatric disorders, including addiction. Research on tobacco consumption offers promising results; however, at the same time, a lack of replicability is evident among current studies. **Objective:** To offer an overview of the effectiveness of the tDCS intervention in tobacco consumption over the last 10 years (2014-2024). **Method:** Systematic review of controlled, double-blind, and randomized empirical studies registered in Science Direct, Scopus, and PubMed between 2014 and 2024. **Results:** Thirteen empirical studies have been examined that aim to investigate the effects of tDCS stimulation associated with tobacco consumption, highlighting a heterogeneity between the results, since depending on the variable evaluated and the parameters of the stimulation protocol, its effectiveness may vary. **Conclusion:** The present systematic review shows that tDCS continues to be a promising technique as an alternative for the treatment of tobacco consumption, showing effective results in reducing craving and consumption patterns.

Keywords

Transcranial direct current stimulation (tDCS); tobacco; quit smoking.

INTRODUCCION

La adicción se define como una enfermedad o trastorno crónico, de manera repetitiva, que se caracteriza por una vivencia de compulsión al consumo y búsqueda de la droga, pérdida de control inhibitorio, aumento elevado del consumo y presencia de síntomas tanto físicos como psicológicos cuando se retira la droga (Koob y Volkow, 2016). Por tanto, una persona con este tipo de enfermedad hace que la droga sea su objetivo principal, pues priorizará el consumo ante cualquier interés o actividad de la vida diaria importantes para su supervivencia o reproducción, persistiendo a pesar de las consecuencias perjudiciales para su salud física y mental.

De esta forma, los trastornos adictivos suponen un problema de salud pública, al causar una alta probabilidad de enfermedades asociadas al dolor crónico, intoxicaciones y/o sobredosis (Bahorik et al., 2017), así como, conllevar consecuencias negativas en todas las dimensiones de la vida de la persona. Adicionalmente, el trastorno por uso de sustancias (TUS) abarca una variabilidad de factores causales, -genéticos, neurobiológicos, psicológicos, económicos y sociales-, que la convierten en una condición psiquiátrica heterogénea, alterando circuitos cerebrales importantes en la regulación de la conducta y los procesos cognitivos (Abellaneda-Pérez, Lusilla-Palacios & Gual, 2023).

De acuerdo con Koob y Schulkinb (2019), la adicción se puede entender neurobiológica-



mente como un ciclo reiterado de tres etapas, que activan circuitos cerebrales involucrados en los procesos de saliencia, estados emocionales y funciones ejecutivas: 1) **Intoxicación/atracción**: las drogas al ser consumidas inherentemente son gratificantes, pues traen efectos reforzantes al activar neurocircuitos como los ganglios basales, responsables de liberar neurotransmisores de recompensa, tales como la dopamina y los péptidos opioides; 2) **Abstinencia/afecto negativo**: al retirar el consumo de las drogas, se manifiesta en un estado emocional negativo, activado por la amígdala extendida, y sus proyecciones al hipotálamo y tronco del encéfalo, que liberan corticotropinas, norepinefrina y dinorfinas, neurotransmisores importantes en el refuerzo negativo de la conducta; 3) **ansia (craving)**: las principales estructuras cerebrales involucradas en los efectos subjetivos que provoca la droga son la corteza y alo corteza, responsables del procesamiento del refuerzo condicionado (amígdala basolateral), procesamiento de la información contextual (hipocampo), del control ejecutivo (corteza prefrontal o CP) y craving (corteza orbitaria, cíngulada anterior, lóbulo temporal, amígdala). También están implicadas estructuras cerebrales encargadas de las funciones metacognitivas (corteza prefrontal dorsolateral o DLPFC, corteza cíngulada anterior dorsal o dACC y la circunvolución frontal inferior o IFG), en la regulación de las emociones, condicionamiento y asignación de incentivos (corteza prefrontal ventromedial o vmPFC y corteza orbitofrontal medial o mOFC) y en las tendencias de respuesta automática e impulsividad (corteza prefrontal ventrolateral o vlPFC y la corteza orbitofrontal lateral o IOFC) (Nakamura-Palacios et al., 2021).

Según el Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales, 5.^a edición DSM-V

(American Psychiatric Association [APA], 2013), el Trastorno por Consumo de Tabaco (TCT) o tabaquismo, se define como un trastorno crónico que se determina por la búsqueda y consumo compulsivo de tabaco, que genera una limitación en la capacidad de autocontrol y cambios en el estado emocional al dejar el consumo. Se manifiesta por la existencia de diversos factores, durante un periodo de 12 meses, que engloban la dependencia física (tolerancia y síndrome de abstinencia) y psicológica (craving). El tabaquismo representa una epidemia mundial que amenaza la salud pública, donde casi 1.300 millones de personas consumen, y más de 8 millones mueren, ya sea por uso directo o estar expuestos al humo (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2023). Según el Informe de 2023 sobre alcohol, tabaco y drogas ilegales en España, en 2022 de la población entre 15 a 64 años, un 70% ha consumido tabaco alguna vez en la vida, un 39% el último año, el 37% el último mes, y el 33% diariamente el último mes (Observatorio Español de las Drogas y las Adicciones [OEDA], 2023).

La nicotina es el principal principio activo del tabaco, la cual se asocia con diversos neurotransmisores que se liberan en el sistema nervioso central (SNC), como por ejemplo la acetilcolina. El principal efecto de la nicotina es la estimulación de receptores colinérgicos nicotínicos, que se encuentran en todo el sistema mesolímbico. Además, tiene efectos en los sistemas noradrenérgicos, serotoninérgicos, vasopresina, glutamatérgicos y sobre el eje hipofisario suprarrenal (Leone et al., 2022). Del mismo modo, tiene efectos sobre los sistemas dopaminérgicos, al activar zonas cerebrales que componen el sistema de recompensa: Área Tegmental Ventral (ATV), Núcleo Accumbens (NAcc), Corteza Prefrontal (CP), hipotálamo y amígdala, lo



que refuerza la administración de la droga, pues están involucrados en la motivación, memoria y aprendizaje. El incremento de receptores nicotínicos hace que el cerebro se adapte a la administración regular de la droga, llegando a la tolerancia, o para evitar el malestar que ocasiona el síndrome de abstinencia (Corvalán, 2017).

Actualmente se encuentran diversos tratamientos para dejar el consumo de tabaco, tanto farmacológicos como no farmacológicos que, sumado con el tipo y gravedad de dependencia, y a la motivación de la persona, puede traer muchos beneficios en la salud y calidad de vida (Espert-Tortajada, Rebull-Monje & Gadea-Doménech, 2021). Los tratamientos no farmacológicos suponen la finalidad de acompañar y potenciar el proceso evolutivo de la persona para que logre dejar el consumo (Choi et al., 2021), entre ellos se encuentran: 1) **Terapia cognitiva conductual**, enfoque que permite adaptarse al paciente, con el fin de reforzar la motivación a la abstinencia, aprender técnicas de afrontamientos en situaciones de riesgo, modificación de la conducta reforzante condicionada, promover la gestión adecuada de las emociones, mejorar el funcionamiento personal y social; 2) **Control de contingencias**, procedimiento basado en el condicionamiento operante, con el fin de reforzar y mantener la conducta en abstinencia, motivando a través del uso de recompensas o incentivos que se adaptan a la persona; 3) **Entrevista motivacional**: intervención centrada en la persona, que permite aumentar la motivación para dejar el consumo, trabajando en el control inhibitorio, la resolución de la ambivalencia en el estado de cambio, y la gestión de impulsos y señales asociadas.

Con respecto a los tratamientos farmacológicos existentes en el consumo de tabaco,

mostrando evidencias de su eficacia y uso seguro (Giulietti et al., 2020) se encuentran: 1) **Terapia de sustitución de nicotina (TSN)**: tratamiento que suministra nicotina no combustible, actuando sobre los síntomas de abstinencia y ansia de consumir, como forma de sustituto, adoptando diferentes formas de administración, por ejemplo, chicles, parches, inhaladores o pastillas; 2) **Bupropión**: fármaco que interviene como un agente no nicotínico, actuando como antidepresivo atípico, al inhibir la recaptación de los neurotransmisores como la dopamina y noradrenalina, reduciendo los síntomas de abstinencia y ansia de nicotina y 3) **Vareniclina**: fármaco que actúa como agonista parcial nicotínico, reduciendo los síntomas de abstinencia y ansia de fumar, mientras se mantienen los niveles de dopamina en el cerebro. Tomando en cuenta los tratamientos más comunes existentes para el cese del consumo de tabaco, también se encuentran nuevas alternativas terapéuticas como lo son las técnicas de neuromodulación, pues actúan en la modificación de redes cerebrales, modulando el funcionamiento homeostático (Abellanedá-Pérez, Lusilla-Palacios & Gual, 2023). En el campo de los trastornos adictivos, dentro de las técnicas no invasivas se encuentran la estimulación magnética transcraneal (TMS) y la tDCS.

La tDCS es una técnica de neuromodulación no invasiva, que mediante el uso de electrodos aplica una pequeña carga eléctrica sobre el cuero cabelludo entre 1 a 2 mA, modulando el potencial de acción de la membrana en reposo de las neuronas corticales en áreas específicas del cerebro. Se compone de dos polos: **1) cátodo**, que hiperpolariza las neuronas, al provocar una disminución en la excitación cortical; **2) ánodo**, que despolariza el umbral, aumentando el incremento de la tasa de disparo de las neuronas, aumentando la excitabilidad cortical (Zhang et



al., 2019). En el tratamiento de los trastornos adictivos la tDCS tiene como finalidad principal mejorar la actividad de los circuitos neuronales asociados al control inhibitorio y ansia de consumo, modulando la excitabilidad cortical (Zhao et al., 2017), reduciendo los procesos que aumentan la probabilidad de padecer una adicción, como lo es la dependencia física y psicológica. Según la evidencia científica, en los últimos años, el uso de la tDCS como alternativa terapéutica está tomando mucho interés, puesto que además de ser una técnica no invasiva, es de bajo coste y fácil de aplicar (Espert-Tortajada, Rebull-Monje & Gadea-Doménech, 2021), además, se ha utilizado eficazmente en afecciones neuropsiquiátricas como el trastorno depresivo mayor (Razza et al., 2020), trastorno de ansiedad (Chen et al., 2022), trastorno de estrés postraumático (Gouveia et al., 2020), trastorno obsesivo compulsivo (Silva et al., 2021) y la esquizofrenia (Sun et al., 2021). No obstante, para el estudio de las conductas adictivas, se ha encontrado evidencia en el consumo de diversas sustancias como cocaína, alcohol, nicotina, crack, metanfetamina y cannabis (Lapenta et al., 2018; Lupin et al., 2017). Con respecto al consumo de tabaco, se ha abordado la tDCS en variables asociadas al craving, la motivación para dejar de fumar, la resistencia al humo, el sesgo de atención y la toma de decisiones (Camacho-Conde et al., 2023).

Tomando como referencia la heterogeneidad en la evaluación del tamaño del efecto que proporcionan las revisiones sistemáticas y de metaanálisis recientes, por ejemplo, por un lado están estudios como el de Kang, Kim y Kim (2019), quienes demuestran que la tDCS puede ser una alternativa de gran impacto al reducir los síntomas de la dependencia del tabaquismo y facilitar la neuroplasticidad del cerebro, pues, tras aplicar una estimulación

sobre la DLPFC en 392 participantes, hallaron mejoría en los procesos cognitivos y una disminución en los marcadores de conducta adictiva a la nicotina, mostrando cambios significativos en el craving provocado por señales asociadas y tasa de consumo de nicotina. Por otro lado, se encuentran estudios como el de Lapenta et al. (2018) que, aunque indican un efecto moderado (0,476) en la aplicación de tDCS sobre DLPFC para reducir el deseo por consumir, señalan una evidente falta de replicabilidad entre los estudios, siendo necesario un abordaje más amplio de los estudios sistemáticos, con ensayos doble ciego y con seguimientos a largo plazo que proporcionen una perspectiva general de los parámetros de la estimulación (Lupi et al., 2017).

Estas recientes evidencias asociadas a la eficacia del tratamiento con tDCS en el consumo de tabaco, hacen que este tema continúe siendo de gran interés científico, planteando interrogantes como: ¿Cuáles son los factores que conllevan que la tDCS como tratamiento alternativo sea o no eficaz en el consumo de tabaco? Por tanto, el objetivo principal de esta revisión sistemática es ofrecer una visión general sobre la eficacia de la intervención de tDCS en el consumo de tabaco en los últimos 10 años (2014-2024).

MÉTODOS

Se ha llevado a cabo una revisión sistemática relacionada a la evidencia de literatura más actual sobre la eficacia del tratamiento de tDCS en consumidores de tabaco. Para su elaboración, se han seguido las directrices de la declaración PRISMA (Moher et al., 2009) para la realización de revisiones sistemáticas. La primera búsqueda se hizo entre los meses de noviembre y diciembre de 2023, en 3



principales bases de datos: PubMed, Scopus y ScienceDirect, combinando los términos principales “tDCS” y “drugs of abuse”, con el fin de encontrar un mayor número de estudios, sin embargo, los resultados encontrados no proporcionaban una cantidad significativa para la revisión, de manera que se decidió realizar la búsqueda con las drogas legales (alcohol y tabaco). No obstante, de los resultados encontrados para el alcohol una cantidad limitada evalúa o examina el patrón de consumo, a diferencia del tabaco, por lo que se decidió indagar solo con el consumo de tabaco. De este modo, se hizo una última búsqueda definitiva durante el mes de abril de 2024 en las mismas bases de datos. Para la elección de las palabras clave se optó en inglés, con el fin de lograr mayores resultados, combinados con conectores booleanos como OR y AND respectivamente, dando como resultado una sintaxis de esta forma: [(“Transcranial direct current stimulation” OR TDCS) AND (“tobacco” OR “nicotine”)]. La combinación de términos y el ajuste de los filtros relacionados con el tipo de estudio (ensayos clínicos), idioma (inglés y en su caso castellano) y rango de tiempo (2014 -2024) arrojó una búsqueda considerable de resultados.

Los criterios que se han tenido en cuenta para la selección de los estudios son:

Criterios de inclusión: Estudios empíricos tales como Ensayos Clínicos Aleatorizados (ECA) o Ensayos Clínicos Controlados y Aleatorizados (ECCA), estudios publicados en idioma inglés o castellano, estudios publicados entre los años 2014 y 2024 (ambos incluidos), que el tamaño de la muestra poblacional fuera de mínimo 15 participantes (ya sea una muestra total o dividida en subgrupos), que tengan consumo de tabaco o TCT y, finalmente, estudios que tengan una

calidad metodológica considerable, es decir, que obtengan como mínimo una puntuación mayor o igual a 5 en la escala PEDro y mínimo una puntuación mayor o igual a 3 en la escala de Jadad.

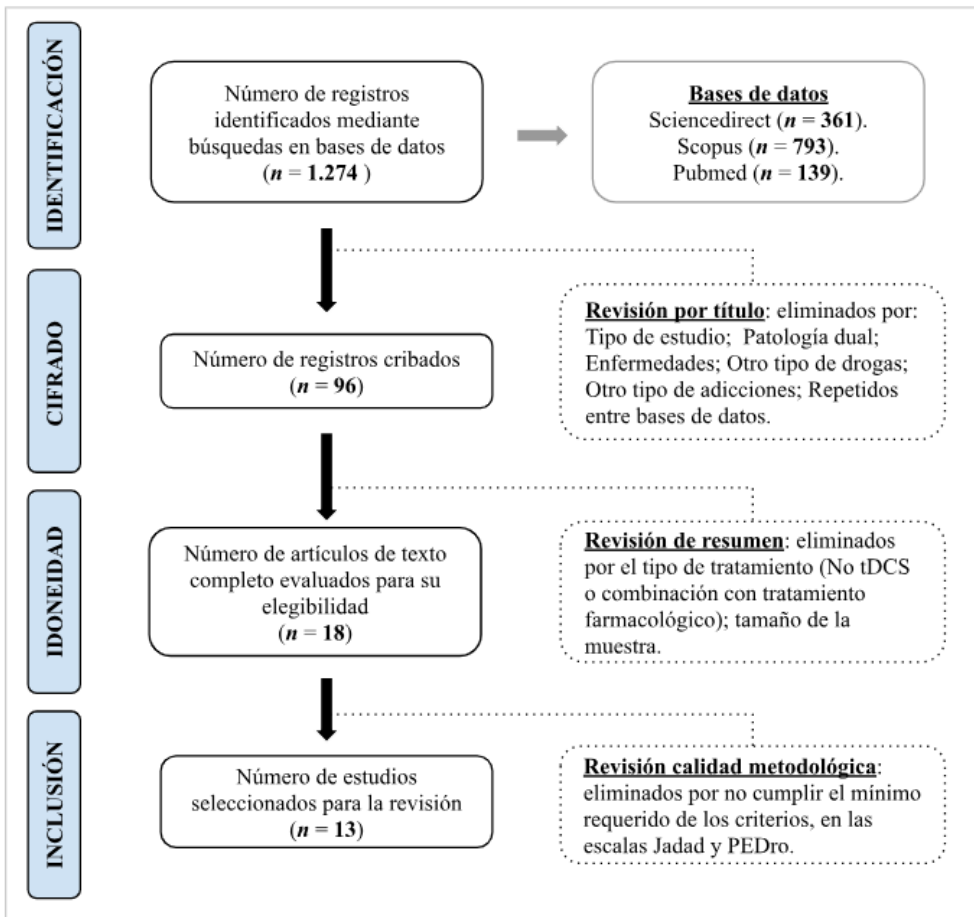
Criterios de exclusión: Estudios no experimentales, tales como revisiones sistemáticas, revisiones narrativas, editoriales, metaanálisis, reportes de casos, protocolos de intervenciones, opiniones de expertos, estudios preclínicos con muestras no humanas, estudios fisiopatológicos ni otros estudios que no fueran ECA o ECCA; estudios que combinen tratamiento farmacológico con tDCS; que el tamaño de la muestra poblacional sea pequeña (inferior a 15 participantes), así como ser consumidores o tener un trastorno por consumo de otras drogas que no sean tabaco o nicotina (alcohol, cocaína, crack, heroína, metanfetamina, cannabis, opioides), tener una comorbilidad fisiológica o tener alguna patología dual, así como tener una adicción comportamental; estudios que no fueran aprobados por las escalas de calidad metodológica: PEDro (puntuaciones menores de 5) y Jadad (puntuaciones menores de 3).

Proceso de selección

De acuerdo con el diagrama de flujo (**Figura 1**), el proceso de selección se realizó en cuatro niveles: 1) *Identificación*: número total de resultados identificados en la recolección de información en cada una de las bases de datos; 2) *Cifrado*: depuración de estudios según criterios de búsqueda en cuanto a revisión de título; 3) *Idoneidad*: depuración de estudios según revisión más completa en cuanto a resumen y 4) *Inclusión*: elección de estudios para la revisión según la evaluación de calidad metodológica.



Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA en cuatro niveles del proceso de selección de estudios



En la primera fase de **identificación**, se registraron los resultados obtenidos de cada una de las tres bases de datos elegidas para el estudio (Scopus, Pubmed y ScienceDirect), arrojando un total de 1.274 estudios. Posteriormente, en la fase de **cifrado** revisamos el título, teniendo en cuenta los criterios de exclusión e inclusión y se hizo la primera depuración, con un total de 96 resultados, descartando por tipo de estudios revisiones sistemáticas

o metaanálisis de ensayos clínicos, estudios experimentales preclínicos (animales: ratas, pez cebra) y protocolos de proyección futura, patología dual (tener un trastorno mental, como depresión y ansiedad, sumado con el TCT), enfermedades comórbidas como esquizofrenia; tipo de adicción, como las comportamentales (ludopatía, videojuegos o adicción a la comida) y otro tipo de drogas diferentes al tabaco o nicotina, estudios repetidos o duplicados que



coincidieran entre las bases de datos. Posteriormente, revisando los estudios por resumen, se determinaron en la fase de **idoneidad** un total de 18 resultados, descartando estudios por el tamaño de la muestra (inferior a 15 participantes) y por el tipo de tratamiento (TMS y/o combinación con otro tipo de tratamientos como los farmacológicos). De esta forma, de los 353 resultados encontrados en la base de datos Sciondirect, quedaron 7 para revisión, en Scopus de un total de 767 quedaron 7, y para Pubmed quedaron 4 de un total de 145 resultados encontrados. Finalmente, para cumplir con la última fase que hace referencia a la inclusión, los artículos elegidos fueron sometidos para evaluar su calidad metodológica a través de dos escalas:

- **Escala Physiotherapy Evidence Database (PEDro).** Es una herramienta de evaluación de calidad metodológica de los diseños clínicos como intervenciones fisioterapéuticas o ensayos clínicos, utilizada en revisiones sistemáticas para evaluar la validez interna y externa de los estudios, así como la inclusión correcta de la información estadística (Maher et al., 2003). Consta de 11 ítems que son los criterios que permiten analizar la calidad metodológica de cada estudio, del cual cada uno de los ítems se califica sumando un punto por cada criterio cumplido de forma dicotómica (es decir, si cumple tiene una puntuación de 1, y si no una de 0), de manera que, la puntuación máxima a la que puede tener un estudio es 10 (teniendo en cuenta que el ítem 1 no puntúa, debido a que mide la validez externa), y la mínima un 0. Por tanto, puntuaciones inferiores a 5 puntos en los criterios de evaluación, se consideran de baja calidad metodológica y alto riesgo de sesgo, tanto en su diseño, realización y análisis de los datos que se estudian (Moseley et al., 2002).

El análisis de la evaluación de calidad metodológica mediante la escala PEDro excluye 5 de los 18 estudios revisados a profundidad, por tener una puntuación inferior a 5 puntos, en los criterios de evaluación. La mayor parte de los estudios no especifican el proceso de las características del estudio que se asocian con el enmascaramiento y aleatorización. En consecuencia, los 13 artículos incluidos en la revisión obtuvieron una puntuación que oscila entre 7 y 10 puntos.

- **Escala Jadad,** o también conocida como puntuación de Jadad o sistema de puntuación de calidad de Oxford, es otra herramienta validada y de aplicación sencilla para evaluar la calidad metodológica de los ensayos clínicos controlados, midiendo validez y confiabilidad. Consta de 5 ítems que valoran los criterios en forma de pregunta, asociados al enmascaramiento de la intervención del estudio, asignación aleatorizada de la intervención y conteo de las pérdidas durante el seguimiento de los participantes, cubriendo los posibles sesgos de validez en los ECCs, tales como los sesgos de selección, realización, seguimiento y detección (Clark et al., 1999).

Su puntuación total consiste en valorar positivamente (1 punto) por cada ítem que se cumpla un total de 5 puntos, en caso contrario se puntúa negativamente (0 puntos), a excepción de dos preguntas que confirman los criterios de aleatorización y enmascaramiento, cuya puntuación negativa cambia (-1 punto). De esta forma, se considera que el estudio es de alta calidad si su puntuación es igual o superior a 3 puntos. Con respecto a la escala Jadad, el análisis de evaluación coincide con los resultados de la escala de PEDro, debido a que, excluye 5 de los 18 estudios, al no cumplir con algunos criterios obteniendo puntuaciones muy



bajas, inferiores a 3 puntos, que indican que los estudios no son doble ciego o no refieren el procedimiento de aleatorización. En definitiva, para la revisión se incluyeron 13 artículos, cuya puntuación oscila entre 3 y 5 puntos.

RESULTADOS

A través de la estrategia de búsqueda detallada se revisaron 13 estudios, de los cuales, se puede evidenciar un aumento en la investigación empírica científica encontrada acerca del uso de tDCS en los últimos años, asociándolo con una variedad de fenómenos clínicos, así como en el campo de las adicciones, que en gran medida está destinada al consumo de drogas legales, en este caso el tabaco.

Se contempla que el objetivo principal de los 13 estudios (**ver tabla 1**) se basa principalmente en medir, examinar o investigar los efectos de la estimulación de tDCS asociado al consumo de tabaco, evaluando variables destinadas al patrón de consumo expresado en número de cigarrillos consumidos (Alghamdi et al., 2019; Falcone et al., 2016; Falcone et al., 2019; Meng et al., 2014; Mondino et al., 2018; Verveer et al., 2020a; Victor de Souza et al., 2018) y la latencia para fumar (Falcone et al., 2016; Falcone et al., 2019). Adicionalmente, evalúan variables como la exposición a señales asociadas al consumo (Kroczeck et al., 2016; Meng et al., 2014; Mondino et al., 2018), craving o ansia de consumir (Hajloo et al., 2019; Kroczeck et al., 2016; Mondino et al., 2018; Palm et al., 2023; Perri & Perrotta, 2021; Verveer et al., 2020a). Como tratamiento para dejar de fumar, se miden variables como el número de días en abstinencia o tasa de abstinencia (Falcone et al., 2019; Palm et al., 2023; Victor de Souza et al., 2018), además, combinado

con entrenamiento en procesos cognitivos como el control inhibitorio (Verveer et al., 2020b), como modulador en áreas cerebrales específicas (Fischell et al., 2020), o en la motivación para dejar de fumar (Verveer et al., 2020a; Victor de Souza et al., 2018).

Por su parte, las estrategias metodológicas que se han implementado tanto para evaluar el uso, y/o mantenimiento -estimulación y modulación cerebral-, como la abstinencia del consumo de tabaco -paradigma de abandono del tabaquismo o intervenciones breves para dejar de fumar-, destacan una variabilidad en los resultados, pues mientras unos muestran resultados favorables (Falcone et al., 2016; Fischell et al., 2020; Hajloo et al., 2019; Meng et al., 2014; Mondino et al., 2018; Palm et al., 2023; Perri & Perrotta, 2021; Verveer et al., 2020a; Victor de Souza et al., 2018), otros estudios no evidencian ninguna diferencia significativa entre sus grupos (Alghamdi et al., 2019; Falcone et al., 2019; Kroczeck et al., 2016; Verveer et al., 2020b).

Sobre las características de los participantes (**ver tabla 2**), un total de 556 personas (337 H y 219 M) participaron en las investigaciones, de las cuales el 75%, es decir, un total de 412 son fumadores/as que oscilan entre un nivel de riesgo leve (Verveer et al., 2020a; Verveer et al., 2020b), moderado y severo (Falcone et al., 2019; Fischell et al., 2020; Hajloo et al., 2019; Kroczeck et al., 2016; Meng et al., 2014; Perri & Perrotta, 2021; Victor de Souza et al., 2018). Según la clasificación de la OMS (2013), los consumidores de riesgo leve fuman menos de 5 cigarrillos al día, los moderados entre 6 y 15, y los severo más de 16; el 20% son diagnosticados con TCT (Alghamdi et al., 2019; Falcone et al., 2016; Mondino et al., 2018; Palm et al., 2023) y el 5% restante no son fumadores/as (Fischell et al., 2020).

**Tabla 1.** Características generales de los estudios

| Autores | Objetivo | Variables | Técnicas | Metodología | Resultados |
|------------------------------|--|--|---|--|---|
| Alghamdi et al., 2019 | Probar si la tDCS modula el número de cigarrillos en los fumadores de tabaco. | Nº total de cigarrillos fumados. | Diario de tabaquismo; FTND; Cuestionario de efectos secundarios tDCS. | Estimulación bilateral de DLPFC con tDCS. | Ninguna diferencia significativa entre tDCS activa y simulada. |
| Falcone et al., 2016 | Efectos de la tDCS sobre la capacidad para resistir el hábito de fumar. | Latencia para fumar; Nº total de cigarrillos fumados. | Lectura de CO exhalado; QSU-B; Paradigma del abandono del tabaquismo; FTND; Cuestionario tDCS sobre efectos adversos. | Estimulación de tDCS en un paradigma de abandono del tabaquismo. | La tDCS activa aumentó significativamente la latencia para fumar y disminuyó el número total de cigarrillos fumados. |
| Falcone et al., 2019 | Probar los efectos de la tDCS para dejar de fumar durante 7 días. | Nº de días abstinerente; Latencia para fumar; Nº de cigarrillos fumados. | FTND; Lectura de CO exhalado; Paradigma del abandono del tabaquismo. | Estimulación de tDCS en un paradigma de abandono del tabaquismo, en un periodo de abandono supervisado de 7 días. | Ninguna evidencia de los efectos de tDCS en el mantenimiento de la abstinencia, y el cambio en el número promedio de cigarrillos fumados por día durante el período para dejar de fumar. |
| Fischell et al., 2020 | Evaluar el impacto de la tDCS en los aspectos del tabaquismo como rasgo y estado. | Hábito de fumar; Estado de nicotina. | WASI; Tarea n-back, Flanker, tarea modificada de emparejar caras y formas; fMRI. | Modulación aguda de tDCS en 3 redes cerebrales: ECN; DMN; y SN. | La tDCS tiene un efecto principal para aliviar parcialmente la disfunción de la red a gran escala asociada con DMN. |
| Hajloo et al., 2019 | Investigar los efectos de tDCS sobre el deseo de fumar. | Deseo de fumar | DDQ. | La estimulación sobre la DLPFC bilateral. | La tDCS activa redujo significativamente el deseo de nicotina, y también en el seguimiento. |
| Kroczeck et al., 2016 | Examinar si la tDCS afecta los indicadores hemodinámicos corticales de la conectividad funcional, el deseo y la variabilidad de la frecuencia cardíaca durante la exposición a señales relacionadas. | Craving; Exposición a señales de fumar. | FTND; fNIRS. | Exposición in vivo a señales de fumar respaldada por una estimulación con tDCS. | Ninguna diferencia significativa de la estimulación en el ansia y en la exposición a las señales. La tDCS activa aumentó la conectividad entre la corteza prefrontal orbitofrontal y dorsolateral. |
| Meng et al., 2014 | Examinar los efectos de la inhibición del área FPT sobre el sesgo de atención a las señales relacionadas con el tabaquismo y el comportamiento de fumar. | Sesgo de atención a las señales de fumar; Nº de cigarrillos fumados. | TMS; Cuestionario sobre la sensación del tDCS; Diario de cigarrillos fumados; sistema de seguimiento ocular. | Sistema de seguimiento ocular para evaluar el sesgo de atención visual hacia señales relacionadas, y medir el número de cigarrillos diarios consumidos antes y después del tratamiento con tDCS. | La estimulación catódica bilateral de las áreas FPT redujo significativamente la atención a las señales relacionadas con el tabaquismo y al consumo diario de cigarrillos al día siguiente. La estimulación anódica en el FPT izquierdo y la catódica en el derecho no redujeron el comportamiento de fumar, ni la atención a las señales de fumar. |

(La tabla continúa en página siguiente)



| Autores | Objetivo | Variables | Técnicas | Metodología | Resultados |
|-------------------------------------|--|---|--|---|---|
| Mondino et al., 2018 | Investigar los efectos de sesiones repetidas de tDCS sobre el tabaquismo, el ansia y la reactividad cerebral a las señales de fumar. | Consumo; Ansia de fumar; Reactividad cerebral a las señales de fumar. | Diario de cigarrillos; Lectura de CO; BDI; Q-MAT; fMRI. | Estimulación de sesiones repetidas sobre el DLPFC derecho. | La tDCS activa redujo significativamente el deseo de fumar y aumentó la reactividad cerebral a las señales de fumar. |
| Palm et al., 2023 | Investigar los efectos de la tDCS como tratamiento complementario a una intervención breve estandarizada para dejar de fumar. | Tasa de abstinencia; Ansia de fumar. | QSU; CRQ; Diario de cigarrillos; Lectura de CO; Cuestionario específico para la abstinencia; FTND. | Estimulación sobre el DLPFC e intervención breve para dejar de fumar. | La tDCS activa redujo la necesidad de fumar. Ninguna diferencia significativa en la tasa de abandono del hábito de fumar entre tDCS activo y simulado. Ningún efecto en el seguimiento. |
| Perri & Perrotta, 2021 | Evaluar el papel de múltiples sesiones de tDCS sobre el deseo y el consumo de cigarrillos. | Deseo de fumar. Consumo de cigarrillos. | QSU-B; EVA; FTND; Q-MAT. | Estimulación bilateral del DLPFC con ánodo derecho/cátodo izquierdo. | La tDCS activa disminuyó el deseo de fumar. Ninguna diferencia significativa entre tDCS activo y simulado en la cantidad de cigarrillos fumados. |
| Verveer et al., 2020a | Medir el comportamiento de fumar mediante EMA. | Nº cigarrillos fumados; Ansia de fumar; Afecto positivo. | FTND; Lectura de CO; EMA. | Estimulación bilateral del DLPFC derecho repetida. | La tDCS activa no tuvo ningún efecto sobre el consumo de cigarrillos, el deseo y el afecto; y junto a la simulada disminuyó la cantidad de cigarrillos fumados. |
| Verveer et al., 2020b | Evaluar los efectos de la tDCS sobre medidas de control cognitivo. | Control inhibitorio; Procesamiento de errores. | FTND; Lectura de CO; Tarea Go-NoGo; EMA; QSU; BSSS; BIS-BAS; RR. | Modulación adaptativa de la tDCS sobre el comportamiento de fumar. | Ningún efecto significativo en la tDCS activa sobre las medidas conductuales y neurofisiológicas del control cognitivo. Pero sí en el seguimiento. |
| Victor de Souza et al., 2018 | Evaluar los efectos directos de la tDCS y la motivación para dejar de fumar en el consumo promedio de cigarrillos. | Nº cigarrillos fumados; Motivación para dejar de fumar. | Cuestionario sobre antecedentes de tabaquismo; FTND; EVA. | Estimulación en DLPFC izquierdo. | La tDCS junto con una alta motivación redujo significativamente el consumo de cigarrillos. |

Nota: FTND (Prueba de Fagerström para la dependencia de la nicotina); DLPFC (Corteza dorsolateral prefrontal); CO (Monóxido de carbono); QSU-B (Cuestionario sobre el impulso de fumar – versión breve); WASI (Escala Abreviada de Inteligencia de Wechsler); fMRI (Resonancia magnética funcional); ECN (Red de control ejecutivo); DMN (Red de modo predeterminado); SN (Red de prominencia); FPT (Área de asociación frontal-parietal-temporal); DDQ (Cuestionario de deseos de drogas); fNIRs (Espectroscopia funcional del Infrarrojo Cercano); TMS (Estimulación Magnética Transcraneal); BDI (Índice de depresión de Beck); Q-MAT (Cuestionario sobre motivación para dejar de fumar); CRQ (Cuestionario sobre efectos secundarios); EVA (Escala visual analógica); EMA (Evaluación ecológica momentánea); BSSS (Escala Breve de Búsqueda de Sensaciones); BIS (Escala de inhibición de comportamiento); BAS (Escala de activación de comportamiento); RR (Respuesta a la recompensa).



En cuanto a sus características demográficas se encuentra una heterogeneidad en los estudios, por la variable **género**, puesto que de los 13 estudios, 10 incluyen a ambos géneros del cual las mujeres, comparadas con los hombres, participan en 3 estudios en más cantidad (Mondino et al., 2018; Palm et al., 2023; Victor de Souza et al., 2018), en 4 en menor cantidad (Falcone et al., 2016; Falcone et al., 2019; Kroczek et al., 2016; Perri & Perrotta, 2021), y en 3 en condiciones similares (Fischell et al., 2020; Verveer et al., 2020a; Verveer et al., 2020b) y de los 3 estudios restantes sólo

participan hombres, es decir, casi el 17% de la muestra poblacional total (Alghamdi et al., 2019; Hajloo et al., 2019; Meng et al., 2014).

Acerca de la **motivación** por dejar el consumo, el 54% de los estudios, es decir, 6 de 13 estudios lo consideró (Alghamdi et al., 2019; Falcone et al., 2019; Hajloo et al., 2019; Meng et al., 2014; Mondino et al., 2018; Victor de Souza et al., 2018), mientras que los restantes no lo tuvieron en cuenta (Falcone et al., 2016; Fischell et al., 2020; Kroczek et al., 2016; Palm et al., 2023; Perri & Perrotta, 2021; Verveer et al., 2020a; Verveer et al., 2020b).

Tabla 2. Características de los participantes

| Autores | Nº total | Nivel de consumo | Sexo | Edad | Motivación* |
|-------------------------------------|----------|---------------------------------------|--|--|-------------|
| Alghamdi et al., 2019 | 22 | TCT | H. | Rango de 19 a 29 años. Media: 24,3 años; SD: 5,03. | Sí |
| Falcone et al., 2016 | 25 | TCT | 10 M y 15 H. | Rango de 18 a 60 años. Media: 42,1 años; SD: 11,2. | No. |
| Falcone et al., 2019 | 106 | Fumadores/as. | 38 M y 68 H. | Rango de 18 a 60 años. Media: 45,3 años; SD: 9,9. | Sí |
| Fischell et al., 2020 | 43 | 15 fumadores/as y 28 no fumadores/as. | Fumadores/as (7 M y 8 H), y no fumadores/as (14 M y 14 H). | Rango de 18 a 60 años. Fumadores/as (Media: 39,3; SD: 10,3) y no fumadores/as (Media: 40,1; SD: 12,0) | No. |
| Hajloo et al., 2019 | 40 | Fumadores diarios y sociales. | H | Rango de 18 a 30 años. Media: 21,58; SD: 0,43. | Sí |
| Kroczek et al., 2016 | 25 | Fumadores/as. | 10 M y 15 H. | Media: 25 años; SD: 5. | No. |
| Meng et al., 2014 | 30 | Fumadores/as. | H | Media: 23,7 años; SD: 7,2 | Sí |
| Mondino et al., 2018 | 29 | TCT | 20 M y 9 H. | Rango de 18 a 55 años. Media: 41; SD: 9,1. | Sí. |
| Palm et al., 2023 | 36 | TCT | 22 M y 14 H. | Media: 50,97 años; SD: 13,89. | No. |
| Perri & Perrotta, 2021 | 20 | Fumadores/as. | 5 M y 15 H. | Media: 32,63 años; SD: 17,35. | No. |
| Verveer et al., 2020a | 71 | Fumadores/as. | 36 M y 35 H. | Rango de 19 a 53 años. Media: 22,3 años; SD: 4,7. | No. |
| Verveer et al., 2020b | 73 | Fumadores/as. | 36 M y 37 H. | Media: 22,3 años; SD: 4,7. | No. |
| Victor de Souza et al., 2018 | 36 | Fumadores/as. | 21 M y 15 H. | Rango de 18 a 65 años. Media: 45 años; SD: 11. | Sí |

Nota: TCT (trastornos por consumo de tabaco); M: mujer; H: hombre; SD: Desviación estándar; (*) Motivación para dejar de fumar.



Con respecto a la **edad** los participantes se encuentran en un rango de edad entre 18 a 65 años, de los cuales teniendo en cuenta sus medias y desviación estándar, en 8 estudios los participantes están en edades entre los 20 y 30 años (Alghamdi et al., 2019; Fischell et al., 2020; Hajloo et al., 2019; Kroczeck et al., 2016; Meng et al., 2014; Perri & Perrotta, 2021; Verveer et al., 2020a; Verveer et al., 2020b), mientras que en los otros 5 estudios restantes la población está con edades mayores a 40 años (Falcone et al., 2016; Falcone et al., 2019; Mondino et al., 2018; Palm et al., 2023; Victor de Souza et al., 2018).

En relación al protocolo de implementación de la tDCS (ver **Tabla 3**) todos los estudios revisados de manera aleatorizada, doble ciego y controlada utilizaron comparaciones entre *grupos* activo (estimulación con corriente continua en las zonas cerebrales específicas) y simulado (una condición placebo que imita a la activa con la experimentación de sensaciones cutáneas similares), con una diferencia mínima o nula entre los participantes.

La **duración** de la intervención varió en función del número de sesiones implementadas, pues algunos estudios decidieron hacer las sesiones durante días consecutivos (Alghamdi et al., 2019; Falcone et al., 2016; Fischell et al., 2020; Kroczeck et al., 2016; Mondino et al., 2018; Perri & Perrotta, 2021; Victor de Souza et al., 2018), otros por días estratégicos (Falcone et al., 2019; Palm et al., 2023), y otros dos sesiones diarias (Hajloo et al., 2019; Meng et al., 2014; Verveer et al., 2020a; Verveer et al., 2020b).

En el mismo sentido, en cuanto a las **sesiones**, el número y su duración muestran resultados heterogéneos, desde una sola sesión de 15 minutos (Kroczeck et al., 2016), dos o tres sesiones entre 20 (Alghamdi et al., 2019; Falcone et al., 2016; Falcone et al., 2019; Meng et al., 2014;) y 25 minutos (Fischell et al., 2020), cinco o seis sesiones entre 13 (Verveer et al., 2020a; Verveer et al., 2020b) y 20 minutos (Palm et al., 2023; Perri & Perrotta, 2021; Victor de Souza et al., 2018), hasta diez sesiones de 20 minutos (Hajloo et al., 2019; Mondino et al., 2018).

Con respecto a la **zona estimulada**, todos los estudios examinaron la estimulación entre 1 a 2 mA de intensidad eléctrica, en DLPFC bilateral (Alghamdi et al., 2019; Hajloo et al., 2019; Perri & Perrotta, 2021), izquierda (Falcone et al., 2016; Falcone et al., 2019; Fischell et al., 2020; Kroczeck et al., 2016; Palm et al., 2023; Victor de Souza et al., 2018) o derecha (Mondino et al., 2018; Verveer et al., 2020a; Verveer et al., 2020b), a excepción de Meng et al. (2014) quienes optaron por estimular la corteza FPT bilateral, justificada como una zona relacionada al sesgo de atención a las señales asociadas al comportamiento de fumar.

Finalmente, en cuanto el efecto a largo plazo, 8 de los 13 estudios en total realizaron **seguimiento** después de la intervención con tDCS, en su mayoría optaron por llevarlo a cabo al mes o meses siguientes (Alghamdi et al., 2019; Hajloo et al., 2019; Mondino et al., 2018; Palm et al., 2023; Verveer et al., 2020a; Verveer et al., 2020b), o semanas (Falcone et al., 2019; Victor de Souza et al., 2018).

**Tabla 3.** Características del protocolo de tDCS de los estudios

| Autores | Grupos | Duración | Sesiones | Zona estimulada | Intensidad | Seg. |
|------------------------------|--|-----------------|--|--|--|--------------------------------|
| Alghamdi et al., 2019 | Activo (n = 12); Simulado (n = 10). | 3 días. | Nº: 3. Tiempo: 20 min. | DLPFC bilateral. Posición del electrodo: derecho en F4 (cátodo) y F3 (electrodo de retorno). | Activo: 1.5 mA; Simulado: rampa 10 seg. al inicio y final sesión. Especificaciones: StarStim 8 (NE Neuroelectrics, Barcelona, España). | 4 meses |
| Falcone et al., 2016 | Activo y simulado. | 2 días. | Nº: 2. Tiempo: 20 min. | DLPFC izquierdo. Posición del electrodo: F3 (ánodo) y FP2 (cátodo). | Activo: 1 mA; Simulado: 1,0 mA durante los primeros 30 seg. Especificaciones: DC Magstim Eldith de 1 canal Plus. | No |
| Falcone et al., 2019 | tDCS 1 mA (n = 35); tDCS 2 mA (n = 36); tDCS simulado (n = 35). | 3 días. | Nº: 3. Tiempo: 20 min. | DLPFC izquierdo. Posición del electrodo: F3 (ánodo) y FP2 (cátodo). | Activo: 1 mA y 2 mA; Simulado: 2 mA 30 s al inicio y final sesión. Especificaciones: NeuroConn DC-Stimulator Plus. | 4 visitas (días 6, 8, 10 y 12) |
| Fischell et al., 2020 | tDCS An-dlPFC; tDCS An-vmPFC; Simulado. | 2 días. | Nº: 3. Tiempo: 25 min. | DLPFC izquierda. Posición del electrodo: (L) dlPFC (ánodo) y (R) vmPFC (cátodo). | Activo: 2 mA; Simulado: lectura de impedancia. Especificaciones: NeuroConn DC-Stimulator Plus-MR; neuroCare, Munich, Alemania. | No |
| Hajloo et al., 2019 | Activo (n = 20); Simulado (n = 20). | 5 semanas. | Nº: 10. Tiempo: 20 min. | DLPFC bilateral. Posición del electrodo: F3 (ánodo izquierdo) y F4 (cátodo derecho). | Activo: 2 mA; Simulado: no se aplicó corriente. Especificaciones: No refiere. | 1 mes |
| Kroczek et al., 2016 | Activo (n = 13); Simulado (n = 12). | 20 min. | Nº: 1. Tiempo: 15 min. | DLPFC izquierda. Posición del electrodo: F3 (ánodo) y Fp2 (cátodo). | Activo: 2 mA; Simulado: lectura de impedancia. Especificaciones: NeuroConn GmbH, Ilmenau, Alemania. | No |
| Meng et al., 2014 | Catódica única (n = 10); Catódica doble (n = 10); Simulado (n = 10). | 1 día. | Nº: 3. Tiempo: 20 min. | FPT bilateral. Posición del electrodo: izquierdo (ánodo) y derecho (cátodo); FPT (doble cátodo); y LO (doble ánodo). | Activo: 1 mA; Simulado: lectura de impedancia. Especificaciones: No refiere. | No |
| Mondino et al., 2018 | Activo (n = 17); Simulado (n = 12). | 5 días. | Nº: 10. Tiempo: 20 min. | DLPFC derecho. Posición del electrodo: F4 (ánodo), y en LO izquierda en Fp2 (cátodo). | Activo: 2 mA; Simulado: 2 mA los primeros 40 seg. Especificaciones: Eldith DC (NeuroConn, GmbH, Alemania). | 1 mes |

(La tabla continúa en página siguiente)



| Autores | Grupos | Duración | Sesiones | Zona estimulada | Intensidad | Seg. |
|-------------------------------------|--|----------|----------------------------------|---|---|---------------|
| Palm et al., 2023 | Activo (n = 17); Simulado (n = 17). | 9 días. | Nº: 5. Tiempo: 20 min. | DLPFC izquierdo. Posición del electrodo: F3 (ánodo) y Fp2 (cátodo). | Activo: 2 mA; Simulado: intervalo de apagado de 20 min al inicio y final sesión. Especificaciones: Eldith DC (neuroConn GmbH, Ilmenau, Alemania). | 3 meses |
| Perri & Perrotta, 2021 | Activo (n = 10); Simulado (n = 10). | 5 días. | Nº: 5. Tiempo: 20 min. | DLPFC bilateral. Posición del electrodo: F4 (ánodo derecho) y F3 (cátodo izquierdo). | Activo: 2 mA; Simulado: 2 mA primeros 10 seg. Especificaciones: Bra-inStim (EMS srl, Bolonia, Italia). | No. |
| Verveer et al., 2020a | Activo (n = 35); Simulado (n = 36). | 3 días. | Nº: 6. Tiempo: 13 min. | DLPFC derecho. Posición del electrodo: F4 (ánodo) y F3 (cátodo). | Activo: 2 mA; Simulado: 2 mA primeros 30 seg. Especificaciones: DC-plus (NeuroConn, Ilmenau, Alemania). | 3 meses |
| Verveer et al., 2020b | Activo (n = 34); Simulado (n = 35). | 3 días. | Nº: 6. Tiempo: 13 min. | DLPFC derecho. Posición del electrodo: F4 (ánodo) y F3 (cátodo). | Activo: 2 mA; Simulado: 2 mA 30 seg al inicio y final sesión. Especificaciones: DC-plus (NeuroConn, Ilmenau, Alemania). | 3 meses. |
| Víctor de Souza et al., 2018 | Activo (n = 19); Simulado (n = 17). | 5 días. | Nº: 5. Tiempo: 20 min. | DLPFC izquierdo. Posición del electrodo: F3 (ánodo) y área supraorbitaria derecha (cátodo). | Activo: 1 mA; Simulado: modo simulado. Especificaciones: No refiere. | 1 y 4 semanas |

Nota: Nº: Número; DLPFC (Corteza dorsolateral prefrontal); FPT (Área de asociación frontal-parietal-temporal); LO (Lóbulo occipital); (L) dIPFC (Corteza prefrontal dorsolateral izquierda); (R) vmPFC (Corteza prefrontal ventromedial derecha); mA: miliamperios; Seg: seguimiento.

DISCUSIÓN

La presente revisión sistemática tiene como objetivo examinar en la literatura científica (estudios ECA o ECCA publicados en los últimos diez años) la eficacia del tDCS en el consumo de tabaco. Hemos hallado una heterogeneidad entre los resultados (**Tabla 4**), pues dependiendo de la variable evaluada (patrón de consumo, ansia de fumar, señales asociadas, abstinencia, motivación), y de las características en que se realice el protocolo de tDCS (parámetros de estimulación, zona

estimulada, número y frecuencia de sesiones, población de estudio, seguimiento) la eficacia puede variar.

Efectos de la tDCS sobre el patrón de consumo de tabaco

De acuerdo con la literatura científica, investigaciones anteriores han evaluado la eficacia de la tDCS en los patrones de consumo del tabaquismo (Facteau et al., 2014; Muller et al., 2021; Qin et al., 2023), no obstante, las condiciones de los estudios en cuanto a su



validez interna, así como, los parámetros del protocolo utilizado o el tamaño de la muestra hacen que sus hallazgos no tengan la relevancia adecuada. Dichas investigaciones han asociado la modulación de circuitos cerebrales que estén implicados en el comportamiento de fumar, tal como lo es la DLPFC, corteza encargada de regular los procesos cognitivos, por ejemplo, el control social y de conducta, toma de decisiones y la planificación (Mostafavi et al., 2020), siendo una estrategia para prevenir la conducta adictiva.

Ahora bien, los resultados recientes encontrados en esta revisión que evalúan el patrón de consumo de tabaco, en sus hallazgos no encuentran diferencias significativas. Alghamdi et al. (2019) al evaluar el efecto de 3 sesiones repetidas de tDCS en DLPFC bilateral y un seguimiento de 4 meses, a adultos con TCT, no encontraron ninguna diferencia entre los grupos de tDCS activa y simulada, pues en ambos se redujo el consumo de cigarrillos. Del mismo modo, Verveer et al. (2020a) en un estudio exploratorio para reducir el hábito de fumar, al estimular con tDCS en 6 sesiones (tres días diferentes) la DLPFC derecha, en fumadores/as de riesgo leve, utilizaron una metodología distinta (evaluaciones ecológicas momentáneas o EMA), que permita medir de manera ecológica las variables, teniendo en cuenta el estado de ánimo y el contexto de la persona, evitando sesgos de recuerdos retrospectivos, no encontraron diferencia en el consumo de cigarrillos y ansia de fumar entre los grupos.

Por su parte, Verveer et al. (2020b) evaluaron los efectos neurofisiológicos y conductuales de la tDCS anódica sobre la DLPFC derecha, mediante medidas de control cognitivo (control inhibitorio y procesamiento de errores), importantes para el manteni-

miento de la conducta adictiva, así como la duración de dichos efectos. Los resultados no mostraron evidencia significativa en los procesos tempranos tanto de control inhibitorio, como del procesamiento de errores en los grupos de fumadores/as. No obstante, sí se encontraron hallazgos positivos en el control inhibitorio durante el seguimiento 3 meses después, puesto que, se evidenció en la tDCS activa una disminución en las amplitudes de P3 en las imágenes vinculadas al tabaquismo después de las sesiones de tDCS, según las pruebas sobre el control inhibitorio (Go No Go), además, se asoció a tiempos de reacción más rápidos a diferencia que la tDCS simulada. Concluyen que puede ser que el resultado retardado en el seguimiento indique un efecto de aprendizaje a largo plazo sobre la inhibición de las respuestas motoras para las señales que atraen la atención motivacional hacia las señales de fumar, y no una mejora en concreto, como lo dicen los estudios de Deweese et al. (2018) y Piasecki et al. (2017). Desde otro punto de vista, otros estudios optaron por estimular otras zonas cerebrales involucradas en la misma dirección. Meng et al. (2014) demostraron una reducción en la atención a las señales asociadas al consumo de nicotina y el consumo diario de cigarrillos al día siguiente, en una sola sesión de estimulación catódica bilateral en el área frontal-parietal-temporal (FPT). Asimismo, en la estimulación catódica doble, mostraron una correlación positiva entre los cambios en la atención visual y el consumo de cigarrillos, lo que indica la posibilidad de que la tDCS reduzca la necesidad de fumar, y a su vez, prevenga el consumo. Por otra parte, Kroczeck et al. (2016) al medir la hemodinámica prefrontal, encontraron un aumento en la conectividad entre DLPFC -importante en el control inhibitorio a respuestas automáticas- y la OFC -encargada del procesamiento del valor



de refuerzo de un estímulo-, en fumadores/as durante la exposición a señales de fumar, demostrando así que la estimulación de tDCS, entre estas dos zonas cerebrales asociadas a la adicción, provoca un acoplamiento hemodinámico durante la exposición a señales de fumar.

Efectos de la tDCS sobre el ansia de fumar (craving)

A diferencia del patrón de consumo, la eficacia de la tDCS en el ansia de fumar coincide con la literatura científica, siendo el DLPFC la protagonista como la zona de estimulación más utilizada, pues también se encarga de la mediación del deseo, en la regulación del sistema de recompensa (Volkow et al., 2017), la inhibición (Metzuyaním-Gorlick & Mashal, 2016) y el control emocional (Perri et al., 2014). De acuerdo con los resultados en esta revisión, el número de sesiones que se disponen para la estimulación reafirma la controversia sobre la eficacia del tDCS, pues mientras Meng et al. (2014) en una sola sesión encontró resultados positivos en el patrón del consumo y el ansia de fumar, la investigación de Kroczeek et al. (2016) que midieron en una única sesión, el craving y la variabilidad de la frecuencia cardíaca, estimulando DLPFC (ánodo izquierdo) y OFC (cátodo) en fumadores/as, no encontraron evidencia significativa en el ansia por consumir, ni un cambio en la frecuencia cardíaca al exponerse a las señales asociadas entre los grupos de tDCS activo y simulado. No obstante, investigaciones que optaron por realizar más sesiones lograron encontrar hallazgos favorables. Mondino et al. (2018) evalúan en 10 sesiones repetidas (dos por día) los efectos del tDCS sobre el tabaquismo, el deseo y la actividad cerebral, con un mes de seguimiento, a adultos con TCT, evidencian que al evaluar el craving entre la tDCS activa

y la simulada, se observó una disminución del deseo de fumar después de las sesiones activas comparado con las simuladas, aunque no hubo un efecto acumulativo entre sesiones. Del mismo modo, la tDCS activa dio como resultado un aumento en la reactividad cerebral a las señales asociadas al consumo antes y después de las sesiones, en comparación con la tDCS simulada. Dichas áreas del cerebro están asociadas con la corteza cingulada posterior (PCC), que juega un papel importante en las redes de control intrínsecas y de resistencia al deseo de fumar. Por su parte, Hajloo et al. (2019) al investigar los efectos de 10 sesiones de tDCS en DLPFC bilateral, con el fin de examinar el deseo de fumar en fumadores cotidianos y sociales, demostraron hallazgos significativos al evidenciar una disminución en el craving por consumir y cantidad de cigarrillos consumidos después de la estimulación de tDCS activa y durante el seguimiento un mes después. Asimismo, Perri & Perrotta (2021) probaron la eficacia de 5 sesiones de tDCS sobre la DLPFC en fumadores/as no motivados/as a dejar de fumar. Los hallazgos evidenciaron una reducción del deseo de fumar en un 47%.

Efectos de la tDCS y la motivación para dejar de fumar

Con respecto a los efectos para dejar de fumar, más que el número y la frecuencia de sesiones, los resultados recientes de la revisión muestran que la motivación es un factor que podría ser importante para lograr resultados satisfactorios en la eficacia del tDCS (Jones, Gözenman & Berryhill, 2015). El estudio de Victor de Souza et al. (2018) confirmaron efectos positivos de la tDCS sobre el consumo de cigarrillos, influenciados por la motivación para dejar de fumar. Observaron que la tDCS activa sobre el DLPFC izquierdo,



en comparación con la simulada, mostró una reducción significativa en la cantidad de cigarrillos consumidos durante el seguimiento cuatro semanas después en los fumadores/as con un patrón de consumo por encima del promedio, es decir, más de 7 cigarrillos por día. Los autores argumentan que la interacción entre los efectos de la tDCS y la motivación puede estar medida por el funcionamiento cognitivo de los participantes, puesto que los que tenían mayores niveles de motivación desde los inicios de la intervención, fueron los que resultaron con una mayor reducción en el consumo de los cigarrillos, a diferencia de los que tenía menos motivación para dejar de fumar. No obstante, algunos estudios encontraron hallazgos positivos en población no motivada. Falcone et al. (2016) en un estudio cruzado, demostraron un efecto significativo de 2 sesiones (1 activa y 1 simulada) de tDCS anódica en DLPFC izquierdo, sobre la capacidad de resistir fumar en presencia de señales de fumar in vivo, puesto que en sus hallazgos evidenciaron un aumento en la latencia para fumar, retrasando el consumo en 9 minutos, así como, una disminución del 17% de la ingesta de cigarrillos en un modelo validado de lapso de tabaquismo en una sesión de tDCS activa.

Por su parte, Fischell et al. (2020) decidieron estimular en tres sesiones en DLPFC (ánodo izquierdo) y vmPFC (cátodo derecho), zonas importantes del desempeño de las tareas cognitivas y tres redes cerebrales (Red de control ejecutivo o ECN; Red de modo predeterminado o DMN; Red de prominencia o SN), comparando fumadores/as sin motivación a dejar de fumar y no fumadores/as. Sus hallazgos sugieren que la estimulación de tDCS puede modificar la desregulación de los circuitos de control cognitivo, involucrados en el síndrome de abstinencia a la nicotina,

puesto que evidenciaron una mejoría en la supresión de la red DMN durante una tarea de memoria de trabajo, y activación en la red SN durante una tarea de monitoreo de errores, esto quiere decir que la estimulación puede prevenir las alteraciones cognitivas y afectivas que produce el síndrome de abstinencia, lo que a su vez predice la prevención de recaídas en el tabaquismo. Con respecto a Palm et al. (2023) utilizaron la estimulación de tDCS en DLPFC (de 5 sesiones) combinando una breve intervención para dejar de fumar, con el fin de evaluar los efectos sobre la tasa de abandono del hábito y necesidad de fumar, en adultos con TCT que no tenían ninguna intención de dejar de consumir. Los hallazgos encontraron que la tDCS activa versus simulada, disminuyó la necesidad de fumar, pero no encontró diferencias significativas en la tasa de abandono del hábito de fumar, ni tampoco en los efectos a largo plazo durante 3 meses de seguimiento. Este último estudio pone en duda si el factor de motivación juega un papel crucial para la efectividad del tDCS como tratamiento, debido a que Falcone et al. (2019) contradice el estudio de Falcone et al. (2016), pues al estimular la misma zona cerebral, DLPFC izquierdo (electrodo anódico sobre F3, catódico sobre el área supraorbitaria contralateral), aumentando el tamaño de la muestra ($n = 106$; 38 M y 68 H), con edades medias similares (Media 45,3 años; SD: 9,9), y aumentando una sesión de tDCS activa (tDCS 1 mA; tDCS 2 mA; tDCS simulado), los resultados concluyeron que tres sesiones no fueron suficientes como tratamiento para dejar de fumar, durante un periodo de 7 días, al mostrar ninguna evidencia significativa en el número de cigarrillos fumados al día y la capacidad de permanecer en abstinencia durante un paradigma de lapso de tabaquismo validado en fumadores/as motivados/as.



Tabla 4. Resumen de los estudios

| Autores | Muestra | Metodología | | | Resultados |
|------------------------------|--|--|---|--------------------------------|--|
| | | Técnicas | tDCS | Seg. | |
| Alghamdi et al., 2019 | Participantes: 22 adultos con TCT. Edad: Rango de 19 a 29 años; Media 24,3; SD: 5,03. Sexo: H. | Diario de tabaquismo; FTND; Cuestionario de efectos secundarios tDCS. | División grupos: Activo ($n = 12$) y simulado ($n = 10$). N° de sesiones: 3 sesiones. Duración de la sesión: 20 min. Duración del tto: 3 días consecutivos. Zona estimulada: DLPFC. Posición del electrodo: F3 (ánodo) y F4 (cátodo). Intensidad/voltaje: 1.5 mA. | 4 meses. | Ninguna diferencia significativa entre tDCS activa y simulada. |
| Falcone et al., 2016 | Participantes: 25 fumadores/as con TCT. Edad: Rango de 18 a 60 años; Media 42,1 años; SD: 11,2. Sexo: 10 M y 15 H. | Lectura de (CO); QSU-B; FTND; Cuestionario tDCS sobre efectos adversos. | División grupos: Activo y simulado. N° de sesiones: 2 sesiones. Duración de la sesión: 20 min. Duración del tto: 2 días. Zona estimulada: DLPFC izquierdo. Posición del electrodo: F3 (ánodo) y en el área supraorbitaria derecha (cátodo). Intensidad/voltaje: 1 mA. | No | La tDCS aumentó significativamente la latencia para fumar y disminuyó el número total de cigarrillos fumados. |
| Falcone et al., 2019 | Participantes: 106 fumadores/as. Edad: Rango de 18 a 60 años. Media 45,3 años; SD: 9,9. Sexo: 38 M y 68 H. | FTND; Lectura de CO exhalado. | División grupos: 1) tDCS 1 mA ($n = 35$); 2) tDCS 2 mA ($n = 36$); 3) tDCS simulado ($n = 35$). N° de sesiones: 3 sesiones. Duración de la sesión: 20 min. Duración del tto: 1 semana. 3 días de estimulación (días 1, 3, 5). Zona estimulada: DLPFC izquierdo. Posición del electrodo: F3 (ánodo) y en el área supraorbitaria derecha (cátodo). Intensidad/voltaje: 1 mA y 2 mA. | 4 visitas (días 6, 8, 10 y 12) | Ninguna evidencia de los efectos de tDCS en el mantenimiento de la abstinencia, y el cambio en el número promedio de cigarrillos fumados por día durante el período para dejar de fumar. |
| Fischell et al., 2020 | Participantes: 43 (15 fumadores/as y 28 no fumadores/as). Edad: Rango de 18 a 60 años. Fumadores/as (Media: 39,3; SD: 10,3) y no fumadores/as (Media: 40,1; SD: 12,0). Sexo: Fumadores (7 M y 8 H), y no fumadores (14 M y 14 H). | WASI; Tarea n-back, Flanker, tarea modificada de emparejar caras y formas; fMRI. | División grupos: 1) tDCS An-dlPFC; 2) tDCS An-vmPFC; 3) Simulado. N° de sesiones: 3 sesiones. Duración de la sesión: 25 min. Duración del tto: 2 días. Zona estimulada: DLPFC izquierda. Posición del electrodo: (L) dlPFC (ánodo) y (R) vmPFC (cátodo). Intensidad/voltaje: 2 mA. | No | tDCS tiene un efecto principal para aliviar parcialmente la disfunción de la red a gran escala asociada con la DMN (Default Mode Network). |
| Hajloo et al., 2019 | Participantes: 40 fumadores diarios y sociales. Edad: Rango de 18 a 30 años. Media: 21,58; SD: 0,43. Sexo: H. | DDQ. | División grupos: Activo ($n = 20$) y simulada ($n = 20$). N° de sesiones: 10 sesiones. Duración de la sesión: 20 min. Duración del tto: 5 semanas. Zona estimulada: DLPFC bilateral. Posición del electrodo: F3 (ánodo izquierdo) y F4 (cátodo derecho). Intensidad/voltaje: 2 mA. | 1 mes. | La tDCS redujo significativamente el deseo de nicotina, y también en el seguimiento después de un mes de tratamiento. |

(La tabla continúa en página siguiente)



| Autores | Muestra | Metodología | | | Resultados |
|------------------------------|--|--|--|---------|--|
| | | Técnicas | tDCS | Seg. | |
| Kroczeck et al., 2016 | Participantes: 25 fumadores/as. Edad: Media 25; SD: 5. Sexo: 10 M y 15 H. | FTND; fNIRs. | División grupos: Activo ($n = 13$) y simulado ($n = 12$). N° de sesiones: 1 sesión. Duración de la sesión: 15 min. Duración del tto: 20 min. Zona estimulada: DLPFC. Posición del electrodo: F3 (ánodo) y Fp2 (cátodo). Intensidad/voltaje: 2 mA. | No | La tDCS aumentó la conectividad entre la corteza prefrontal orbitofrontal y dorsolateral. Ninguna diferencia significativa de la estimulación en el ansia de los sujetos. |
| Meng et al., 2014 | Participantes: 30 fumadores. Edad: Media 23,7; SD:7,2 Sexo: H. | TMS; Cuestionario sobre la sensación del tDCS; Diario de cigarrillos fumados; sistema de seguimiento ocular. | División grupos: 1) estimulación catódica única ($n = 10$); 2) estimulación catódica doble ($n = 10$); 3) simulado ($n = 10$). N° de sesiones: 3 sesiones. Duración de la sesión: 20 min. Duración del tto: 1 día. Zona estimulada: FPT. Posición del electrodo: 1) izquierdo (ánodo) y derecho (cátodo). 2) FPT (doble cátodo) y LO (doble ánodo) Intensidad/voltaje: 1 mA. | No. | La estimulación catódica bilateral de las áreas FPT redujo significativamente la atención a las señales relacionadas con el tabaquismo y al consumo diario de cigarrillos al día siguiente. La estimulación anódica en el FPT izquierdo y la estimulación catódica en el FPT derecho no lograron reducir el comportamiento de fumar ni la atención a las señales de fumar. |
| Mondino et al., 2018 | Participantes: 29 fumadores/as con TCT. Edad: Rango de 18 a 55 años; Media 41; SD: 9,1. Sexo: 20 M y 9 H. | Diario de cigarrillos; Lectura de CO; BDI; Q-MAT; fMRI. | División grupos: tDCS activa ($n = 17$) o simulada ($n = 12$). N° de sesiones: 10 sesiones. Duración de la sesión: 2 sesiones por día durante 5 días consecutivos. Duración del tto: 20 min. Zona estimulada: DLPFC derecho. Posición del electrodo: F3 (ánodo) y Fp2 (cátodo). Intensidad/voltaje: 2 mA. | 1 mes. | La tDCS activa redujo significativamente el deseo de fumar y aumentó la reactividad cerebral a las señales de fumar. |
| Palm et al., 2023 | Participantes: 34 fumadores/as con TCT. Edad: Media 50,97; SD: 13,89. Sexo: 22 M y 14 H. | QSU; CRQ; Diario de cigarrillos; Lectura de CO; Cuestionario específico para la abstinencia; Prueba de cotinina en saliva; FTND. | División grupos: Activo ($n = 17$) y simulado ($n = 17$). N° de sesiones: 5 sesiones. Duración de la sesión: 20 min. Duración del tto: 9 días. Zona estimulada: DLPFC izquierdo. Posición del electrodo: F3 (ánodo) y Fp2 (cátodo). Intensidad/voltaje: 2 mA. | 3 meses | La tDCS activa redujo la necesidad de fumar. Ninguna diferencia significativa en la tasa de abandono del hábito de fumar entre tDCS activo y simulado, ni tampoco en el seguimiento. |

(La tabla continúa en página siguiente)



| Autores | Muestra | Metodología | | | Resultados |
|-------------------------------------|---|--|--|----------------|---|
| | | Técnicas | tDCS | Seg. | |
| Perri & Perrotta, 2021 | Participantes: 20 fumadores/as. Edad: Media 32,63; SD: 17,35. Sexo: 5 M y 15 H. | QSU-Brief; EVA; FTND; Q-MAT. | División grupos: Activo (n = 10) y simulado (n = 10). Nº de sesiones: 5 sesiones. Duración de la sesión: 20 min. Duración del tto: 5 días. Zona estimulada: DLPFC bilateral. Posición del electrodo: F4 (ánodo derecho) y F3 (cátodo izquierdo). Intensidad/voltaje: 2mA. | No. | La tDCS activa disminuyó el deseo de fumar. Ninguna diferencia significativa entre tDCS activo y simulado en la cantidad de cigarrillos fumados. |
| Verveer et al., 2020a | Participantes: 71 fumadores/as. Edad: Rango de 19 a 53 años. Media: 22,3; SD: 4,7. Sexo: 36 M y 35 H. | FTND; Lectura de CO; EMA. | División grupos: tDCS activo (n = 35) y simulado (n = 36). Nº de sesiones: 6 sesiones. Duración de la sesión: 13 min. Duración del tto: 3 días en una semana. Zona estimulada: DLPFC derecho. Posición del electrodo: F4 (ánodo) y F3 (cátodo). Intensidad/voltaje: 2 mA. | 3 meses. | La tDCS activa y simulada disminuyó progresivamente el número de cigarrillos fumados al día. La tDCS activa no tuvo ningún efecto adicional sobre el consumo de cigarrillos, el deseo y el afecto |
| Verveer et al., 2020b | Participantes: 69 fumadores/as. Edad: Media 22,3; SD: 4,7. Sexo: 36 M y 37 H. | FTND; Lectura de CO; Tarea Go-NoGo; EMA; QSU; BSSS; Escalas BIS-BAS, más la capacidad de RR. | División grupos: tDCS activo (n = 34) y simulado (n = 35). Nº de sesiones: 6 sesiones. Duración de la sesión: 13 min. Duración del tto: 3 días en una semana. Zona estimulada: DLPFC derecho. Posición del electrodo: F4 (ánodo) y F3 (cátodo). Intensidad/voltaje: 2 mA. | 3 meses. | Ningún efecto significativo en la tDCS activa sobre las medidas conductuales y neurofisiológicas del control cognitivo en fumadores/as de tabaco. Diferencias significativas para las señales de fumar, en el seguimiento, 3 meses después del tratamiento en la tDCS activa. |
| Victor de Souza et al., 2018 | Participantes: 36 fumadores/as. Edad: Rango de 18 a 65 años. Media 45 años; SD: 11. Sexo: 21 M y 15 H. | Cuestionario sobre antecedentes de tabaquismo; FTND; EVA. | División grupos: Activo (n = 19) y simulado (n = 17). Nº de sesiones: 5 sesiones. Duración de la sesión: 20 min. Duración del tto: 5 días. Zona estimulada: DLPFC izquierdo. Posición del electrodo: F3 (ánodo) y en el área supraorbitaria derecha (cátodo). Intensidad/voltaje: 1 mA. | 1 y 4 semanas. | La tDCS junto con una alta motivación redujo significativamente el consumo de cigarrillos. |

Nota: TCT (trastornos por consumo de tabaco); M: mujer; H: hombre; DLPFC (Corteza dorsolateral prefrontal); FPT (Área de asociación frontal-parietal-temporal); LO (lóbulo occipital); (L) dlPFC (corteza prefrontal dorsolateral izquierda); (R) vmPFC (corteza prefrontal ventromedial derecha); FTND (prueba de Fagerström para la dependencia de la nicotina); EMA (evaluaciones ecológicas momentáneas); QSU (Cuestionario de impulsos de fumar); BSSS (Escala Breve de Búsqueda de Sensaciones); RR (respuesta a la recompensa); EVA (Escala visual analógica); CRQ (Cuestionario sobre efectos secundarios); BDI (Índice de depresión de Beck); Q-MAT (Cuestionario sobre motivación para dejar de fumar); fMRI (resonancia magnética funcional); DDQ (Cuestionario de deseos de drogas); WASI (Escala Abreviada de Inteligencia de Wechsler); BIS (escala de inhibición de comportamiento); BAS (escalas de activación de comportamiento); fNIRs (Espectroscopia funcional del Infrarrojo Cercano); TMS (Estimulación Magnética Transcraneal); CO (monóxido de carbono).



CONCLUSIONES Y PROYECCIONES FUTURAS

Teniendo en cuenta los hallazgos de los estudios de esta revisión, se pueden resaltar aspectos que pueden ser prometedores para las investigaciones futuras para tratar el consumo de tabaco.

En relación al patrón de consumo, resulta interesante ahondar más en la estimulación de tDCS en áreas fronto-parieto-temporales, involucradas en el control cognitivo, pues la componen algunas estructuras como la ínsula, el hipocampo o la DLPFC, importantes en la reducción de la conducta adictiva al tabaco (Goldstein & Volkow, 2002). Aunque la investigación de Meng et al. (2014) logró resultados favorables en la estimulación bilateral de FPT, al aplicar estimulación anódica en el FPT izquierdo y catódico en el derecho, no se obtuvo una reducción en el comportamiento de hábito de fumar y en la atención a las señales de fumar, dejando una incógnita por resolver.

De igual modo, fue un estudio que se hizo sólo en hombres, por lo que es necesario resaltar la importancia de incluir las diferencias de sexo en los estudios, pues según el Informe de 2023 sobre alcohol, tabaco y drogas ilegales en España, en 2022 las mujeres representan el 42,8% de la población de 15 a 64 años que ha consumido tabaco diario (OEDA, 2023).

Asimismo, en la investigación de Kroczeck et al. (2016), se logró demostrar una conectividad en DLPFC y OFCD, dando pie para que futuras investigaciones puedan investigar sobre las bases neuronales como mecanismos subyacentes a la prevención de recaídas en los TUS, pues podrían facilitar los protocolos de estimulación prefrontal como tratamientos neurobiológicos alternativos que complemen-

ten otros tratamientos estándares utilizados para las adicciones.

Con respecto al ansia de fumar, la heterogeneidad de los resultados pone en cuestionamiento dos factores: los parámetros de la estimulación en DLPFC y el número de sesiones. En el primer factor, tres de los estudios que obtuvieron resultados favorables estimularon la DLPFC utilizando diferentes montajes, mientras Perri & Perrotta (2021) estimularon la zona cerebral bilateralmente, colocando F4 (ánodo derecho) y F3 (cátodo izquierdo); Hajloo et al. (2019) prefirió cambiar la posición de los electros dejando F3 (ánodo izquierdo) y F4 (cátodo derecho); y Mondino et al. (2018) eligieron en el ánodo F4 y en el cátodo estimular la región occipital izquierda en Fp2. Dichos resultados, demuestran que todavía no está definido el montaje de electrodos adecuado en la intervención con tDCS.

En el segundo factor, el número de sesiones ha generado debate entre las investigaciones, puesto que los resultados no solo dependen de este factor; por su parte, los resultados que en esta revisión se examinan relacionados al craving, pone en evidencia que la multiplicidad y la frecuencia de las sesiones podría traer efectos benéficos, sin embargo, no se puede confirmar.

Acerca del rol de la motivación en la eficacia del tDCS para tratar el consumo de tabaco, juega un papel interesante que podría seguir trayendo un impacto en los resultados de futuras investigaciones, estando de acuerdo con Fischell et al. (2020) y Víctor de Souza et al. (2018) al utilizar la tDCS como terapia alternativa que apoye otros tratamientos estándares que son utilizados para el consumo de nicotina, que permitan dar paso a tratamientos personalizados que se ajusten al nivel de motivación de los fumadores/as.



Dicho lo anterior, aunque la tDCS muestra potencial como tratamiento para el consumo de tabaco, es fundamental continuar con investigaciones detalladas y diversificadas para optimizar su eficacia y aplicación práctica en centros de atención a las drogodependencias.

Un ejemplo de ello es el reciente estudio de Rebull Monje et al. (2024a) quienes mostraron una reducción del consumo de tabaco y una mejoría en la dependencia nicotínica, la motivación y la autoeficacia percibida para dejar de fumar al evaluar los efectos de sesiones repetidas de la tDCS (a 1.5 mA durante 20 minutos sobre la DLPFC: cátodo F3 y ánodo F4) sobre el patrón de consumo, la motivación y la autoeficacia percibida para dejar de fumar en 16 personas con TCT mediante una propuesta de diseño basada en series temporales con cuatro fases A-B-A-B (A: dos líneas base y B: dos fases de tratamiento) y replicación intra sujetos, una metodología que asegura la verificación del cambio conductual con mayor efectividad. Por tanto, a pesar de que se requieren más estudios para seguir investigando sobre la eficacia del tDCS, es una técnica que puede ser útil para ser utilizada como terapia complementaria.

Otro estudio reciente que ha permitido demostrar la eficacia del tratamiento con tDCS y, por tanto, ampliar la investigación a futuro es el artículo de Rebull Monje et al. (2024b), que ha logrado una disminución significativa en el consumo diario de tabaco en el grupo experimental, en comparación con el grupo de control simulado, y una disminución progresiva por el ansia de consumir solo en el grupo de tDCS activo, durante una intervención de tDCS sobre el DLPFC (ánodo F4 y cátodo F3) a una intensidad de 2 mA durante 10 sesiones aplicadas en dos semanas. Este estudio utilizó una estrategia placebo eficaz (suero fisiológico

con una mínima parte de capsaicina), ya que no hubo diferencias significativas en las sensaciones relacionadas con tDCS entre ambos grupos.

Del mismo modo, sabiendo que el uso del tDCS ha tenido un mayor interés en la comunidad científica, es importante resaltar el uso de otras alternativas, como es el caso de la estimulación transcraneal de corriente directa de alta definición (HD-tDCS), otra técnica de neuromodulación no invasiva utilizada para mejorar la precisión espacial de la tDCS original, pues ha sido utilizada en procesos cognitivos (Bender et al., 2017; Martin et al., 2019; Cai et al., 2024). Esta técnica utiliza un diferente montaje de sus electrodos, en el que modula la parte del cerebro directamente debajo del electrodo central. Este montaje 4 x 1, es decir, 1 electrodo anódico y 4 catódicos (Alam et al., 2016), podría ser beneficioso para la investigación futura de la eficacia sobre el hábito de fumar.

Otra alternativa a tener en cuenta es la estimulación transcraneal con corriente alterna (tACS), que consiste en aplicar corriente eléctrica oscilante para modular la actividad cerebral, lo que permite una interpretación funcional diferente, comparada con la tDCS original, pues en una oscilación eléctrica, durante la mitad de este ciclo, el electrodo anódico y el cátodo pueden aumentar o disminuir la intensidad, mientras que el otro medio ciclo, se invierte el patrón, lo que permite un rol relevante en la coherencia temporal entre las áreas cerebrales (Antal & Paulus, 2012).

Por otro lado, haciendo una revisión en la base de datos Clinical Trials.gov (**Tabla 5**) de las futuras investigaciones que están trabajando actualmente con tDCS y el consumo de tabaco o nicotina, 3 de 22 se encuentran



en estado de reclutamiento. Dichas investigaciones se siguen sumando a las ya existentes, involucrando factores que en los estudios anteriores tenían como limitantes, tales como la inclusión de ambos sexos (NCT 04209153) y/o el aumento en el tamaño de la muestra para evaluar el patrón de consumo y el craving. Además, proponen examinar otras variables de gran interés, como combinar la tDCS con la atención plena (NCT05460676) con el fin de encontrar efectos en la reducción de la ansiedad provocada por el consumo de tabaco. Asimismo, proponen examinar la reactividad a las señales que provocan los factores individuales que rodean a la persona, tanto internos (estado de ánimo) como externos (situaciones

externas), asociadas al consumo, el número de cigarrillos fumados y el consumo de nicotina inmediato en la condición 50:50, condición en la que el participante puede decidir si quiere fumar un cigarrillo o resistirse a ello mientras hace la intervención (NCT05875194).

Finalmente, la presente revisión sistemática evidenció que la tDCS continúa siendo una técnica prometedora como alternativa para el tratamiento del consumo de tabaco, mostrando resultados efectivos en la reducción del ansia y patrón de consumo. Por tanto, se resalta la importancia de nuevas investigaciones que permitan resolver las limitaciones existentes sobre el uso de esta técnica en la reducción del tabaquismo.

Tabla 5. Investigaciones en curso indexadas en Clinical Trials.gov

| Indicador | Responsables | Título | Características de los estudios | |
|---|--|--|---------------------------------|--|
| NCT04209153 Última actualización publicada: 2021-12-07 Año estimado de finalización: 2025 | <u>Patrocinador:</u> Asistencia pública - Hospitales de París. <u>Información proporcionada por:</u> Assistance Publique - Hôpitaux de Paris (Parte responsable). | Evaluación del efecto de la tDCS en consumidores de tabaco dependientes de la nicotina | Muestra | Sujetos dependientes de la nicotina, de ambos sexos, mayores de 18 años |
| | | | Objetivo | Evaluar el patrón de consumo, deseo de fumar y tolerancia de tDCS. |
| | | | Metodología propuesta | Sesiones de tDCS- Neuroelectricas |
| | | | Medida de resultados | Puntuación de Fagerström; Evaluación de los cambios en el consumo de tabaco y la intensidad del deseo de fumar y la tolerancia de tDCS. |
| NCT05460676 Última actualización publicada: 2023-11-18 Año de estimado de finalización: 2024-09 | <u>Patrocinador:</u> Ciencias de la Salud de la Universidad Wake Forest. <u>Información proporcionada por:</u> Ciencias de la Salud de la Universidad Wake Forest (Parte Responsable). | Reducción del tabaquismo: un estudio de telesalud de estimulación transcraneal de corriente directa (TDCS) | Muestra | 46 participantes que actualmente fuman cigarrillos y buscan disminuir el consumo de cigarrillos, de ambos sexos, en edades entre 21 a 75 años. |
| | | | Objetivo | Evaluar la viabilidad de utilizar la tDCS en DLPFC como herramienta para disminuir la angustia y el tabaquismo. |
| | | | Metodología propuesta | Estudio paralelo, aleatorizado y doble ciego. Experimental: tDCS activo + Atención plena. Comparador falso: tDCS simulado + Atención plena. |
| | | | Medida de resultados | Puntuación del FTQ; Puntuación de la escala de angustia psicológica de Kessler (K10); Consumo semanal de cigarrillos. |

(La tabla continúa en página siguiente)



| Indicador | Responsables | Título | Características de los estudios | |
|--|---|--|---------------------------------|---|
| NCT05875194 Última actualización publicada: 2023-05-25 Año estimado de finalización: 2023-12 | Patrocinador: Hospital Universitario de Tubinga. Información proporcionada por: Hospital Universitario de Tubinga (Parte responsable). | Investigación de la influencia tDCS sobre la activación cerebral medida por fNIRS durante la decisión de no fumar en situaciones de alto riesgo. | Muestra | 60 fumadores/as de tabaco de ambos sexos, entre 18 y 70 años. |
| | | | Objetivo | Demostrar cómo afectan los factores individuales en la predicción de la reactividad a las señales, el tabaquismo inmediato en la condición 50:50 y el número de cigarrillos fumados dentro de los 14 días posteriores a la tDCS. |
| | | | Metodología propuesta | Estudio paralelo, aleatorizado y triple ciego. Experimental: Una sola aplicación de tDCS anódico en DLPFC izquierdo colocado (10-20 posición F3) y el electrodo de referencia en el brazo, intensidad 2mA. Comparador falso: Una sola aplicación de tDCS simulado en la misma zona cerebral que la activa, a una intensidad que aumenta hasta 2 mA durante un período de 20 segundos de duración y luego se apaga nuevamente en el final de rampa de 20 s. |
| | | | Medida de resultados | Craving; Actividad fNIRS prefrontal; Actividad del SNS; Actividad del SNP; VFC; Conectividad funcional de dlPFC y OFC; Eficacia del aprendizaje de la extinción; Relación entre las puntuaciones de los rasgos de impulsividad y el anhelo subjetivo; Relación entre las puntuaciones de los rasgos de impulsividad y el número de cigarrillos fumados; Relación entre rasgos de personalidad y efectos de estado (autoeficacia, creencias de control) y ansia; Relación entre ansiedad y preocupación general y número de cigarrillos fumados. |

Nota: tDCS (estimulación transcraneal por corriente directa); DLPFC (Corteza dorsolateral prefrontal); FTQ (Cuestionario de viabilidad y tolerabilidad); fNIRS (Espectroscopia funcional del Infrarrojo Cercano); SNS (Sistema nervioso simpático); SNP (Sistema nervioso parasimpático); VFC (Variabilidad de la frecuencia cardíaca); OFC (Corteza orbitofrontal).



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abellaneda-Perez, K., Miquel, L., Lusilla-Palacios, P., & Gual, A. (2023). Non-invasive brain stimulation combined with neuroimaging: Towards precision medicine in the treatment of addictions. *Adicciones*, 35(1), 3-8. <https://doi.org/10.20882/adicciones.1923>
- Alam, M., Truong, D. Q., Khadka, N., & Bikson, M. (2016). Spatial and polarity precision of concentric high-definition transcranial direct current stimulation (HD-tDCS). *Physics in Medicine & Biology*, 61(12), 4506. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/61/12/4506>
- Alghamdi, F., Alhussien, A., Alohal, M., Alatawi, A., Almusned, T., Fecteau, S., Habib, S., & Bashir, S. (2019). Effect of transcranial direct current stimulation on the number of smoked cigarettes in tobacco smokers. *PLoS One*, 14(2), e0212312. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212312>
- American Psychiatric Association [APA]. (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed.). Washington, DC. Obtenido de: <https://www.eafit.edu.co/ninos/reddelaspreguntas/Documents/dsm-v-guia-consulta-manual-diagnostico-estadistico-trastornos-mentales.pdf>
- Antal, A., & Paulus, W. (2012). Investigating neuroplastic changes in the human brain induced by transcranial direct (tDCS) and alternating current (tACS) stimulation methods. *Clinical EEG and neuroscience*, 43(3), 175-175. <https://doi.org/10.1177/1550059412448030>
- Bahorik, A. L., Satre, D. D., Kline-Simon, A. H., Weisner, C. M., & Campbell, C. I. (2017). Alcohol, cannabis, and opioid use disorders, and disease burden in an integrated health care system. *Journal of addiction medicine*, 11(1), 3-9. <https://doi.org/10.1097/ADM.0000000000000260>
- Behnam, S. G., Mousavi, S. A., & Emamian, M. H. (2019). The effects of transcranial direct current stimulation compared to standard bupropion for the treatment of tobacco dependence: a randomized sham-controlled trial. *European Psychiatry*, 60, 41-48. <https://doi.org/10.1016/j.eurpsy.2019.04.010>
- Bender, A. D., Filmer, H. L., & Dux, P. E. (2017). Transcranial direct current stimulation of superior medial frontal cortex disrupts response selection during proactive response inhibition. *Neuroimage*, 158, 455-465. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.10.035>
- Cai, B., Tang, X., Wang, A., & Zhang, M. (2024). Semantically congruent bimodal presentation modulates cognitive control over attentional guidance by working memory. *Memory & Cognition*, 1-14. <https://doi.org/10.3758/s13421-024-01521-y>
- Camacho-Conde, JA, del Rosario González-Bermúdez, M., Carretero-Rey, M., & Khan, ZU (2023). Potencial terapéutico de las técnicas de estimulación cerebral en el tratamiento de trastornos mentales, psiquiátricos y cognitivos. *Neurociencia y terapéutica del SNC*, 29 (1), 8-23. <https://doi.org/10.1111/cns.13971>
- Cheng, Y. C., Kuo, P. H., Su, M. I., & Huang, W. L. (2022). The efficacy of non-invasive, non-convulsive electrical neuromodulation on depression, anxiety and sleep disturbance: a systematic review and meta-analysis. *Psychological Medicine*, 52(5), 801-812. <https://doi.org/10.1017/S0033291721005560>
- Clark, H. D., Wells, G. A., Huët, C., McAlister, F. A., Salmi, L. R., Fergusson, D., & Laupacis, A. (1999). Assessing the quality of randomized trials: reliability of the Jadad scale. *Controlled Clinical Trials*, 20(5), 448-452. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(16\)00104-8](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(16)00104-8)
- Corvalán, M. P. (2017). El tabaquismo: una adicción. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 33(3), 186-189. <http://dx.doi.org/10.4067/s0717-73482017000300186>



- Choi, H. K., Atacurci-Vargas, J., Lin, C., & Singrey, A. (2021). The current state of tobacco cessation treatment. *Cleveland Clinic journal of medicine*, 88(7), 393-404. <https://doi.org/10.3949/ccjm.88a.20099>
- Deweese, M. M., Codispoti, M., Robinson, J. D., Cinciripini, P. M., & Versace, F. (2018). Cigarette cues capture attention of smokers and never-smokers, but for different reasons. *Drug and Alcohol Dependence*, 185, 50-57. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2017.12.010>
- Espert-Tortajada, R., Rebull-Monje, M., & Gadea-Doménech, M. (2021). Transcranial direct current stimulation (tDCS) as adjunctive treatment in tobacco use disorder: State of the art and future prospects. *Revista Española de Drogodependencias*, 46(1), 5-12. Obtenido de: https://www.aesed.com/upload/files/v46n1_editorial_eng.pdf
- Falcone, M., Bernardo, L., Ashare, R. L., Hamilton, R., Faseyitan, O., McKee, S. A., Loughhead, J., & Lerman, C. (2016). Transcranial direct current brain stimulation increases ability to resist smoking. *Brain stimulation*, 9(2), 191-196. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2015.10.004>
- Falcone, M., Bernardo, L., Wileyto, E. P., Allenby, C., Burke, A. M., Hamilton, R., Cristancho, M., Ashare, R. L., Loughhead, J., & Lerman, C. (2019). Lack of effect of transcranial direct current stimulation (tDCS) on short-term smoking cessation: Results of a randomized, sham-controlled clinical trial. *Drug and alcohol dependence*, 194, 244-251. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2018.10.016>
- Fecteau, S., Agosta, S., Hone-Blanchet, A., Fregni, F., Boggio, P., Ciraulo, D., & Pascual-Leone, A. (2014). Modulation of smoking and decision-making behaviors with transcranial direct current stimulation in tobacco smokers: a preliminary study. *Drug and alcohol dependence*, 140, 78-84. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2014.03.036>
- Fischell, S. A., Ross, T. J., Deng, Z. D., Salmeron, B. J., & Stein, E. A. (2020). Transcranial direct current stimulation applied to the dorsolateral and ventromedial prefrontal cortices in smokers modifies cognitive circuits implicated in the nicotine withdrawal syndrome. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 5(4), 448-460. <https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2019.12.020>
- Giulietti, F., Filipponi, A., Rosettani, G., Giordano, P., Iacoacci, C., Spannella, F., & Sarzani, R. (2020). Pharmacological approach to smoking cessation: an updated review for daily clinical practice. *High Blood Pressure & Cardiovascular Prevention*, 27(5), 349-362. <https://doi.org/10.1007/s40292-020-00396-9>
- Goldstein, R. Z., & Volkow, N. D. (2002). Drug addiction and its underlying neurobiological basis: neuroimaging evidence for the involvement of the frontal cortex. *American journal of Psychiatry*, 159(10), 1642-1652. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.159.10.1642>
- Gouveia, F. V., Davidson, B., Meng, Y., Gidyk, D. C., Rabin, J. S., Ng, E., Abrahao, A., Lipsman, N., Giacobbe, P., & Hamani, C. (2020). Treating post-traumatic stress disorder with neuromodulation therapies: transcranial magnetic stimulation, transcranial direct current stimulation, and deep brain stimulation. *Neurotherapeutics*, 17(4), 1747-1756. <https://doi.org/10.1007/s13311-020-00871-0>
- Hajloo, N., Pouresmali, A., Goradel, J. A., & Mowlaie, M. (2019). The effects of transcranial direct current stimulation of dorsolateral prefrontal cortex on reduction of craving in daily and social smokers. *Iranian journal of psychiatry*, 14(4), 291. <https://doi.org/10.18502/ijps.v14i4.1979>
- Jones, K. T., Gözenman, F., & Berryhill, M. E. (2015). The strategy and motivational influences on the beneficial effect of neurostimulation: a tDCS and fNIRS study. *Neuroimage*, 105, 238-247. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.11.012>



- Kang, N., Kim, R. K., & Kim, H. J. (2019). Effects of transcranial direct current stimulation on symptoms of nicotine dependence: a systematic review and meta-analysis. *Addictive behaviors*, 96, 133-139. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2019.05.006>
- Koob, G. F., & Schulkin, J. (2019). Addiction and stress: An allostatic view. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 106, 245-262. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.09.008>
- Koob, G. F. & Volkow, N. D. (2016). Neurobiology of addiction: A neurocircuitry analysis. *The lancet. Psychiatry*, 3, 760-773. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(16\)00104-8](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(16)00104-8)
- Kroczek, A. M., Häußinger, F. B., Rohe, T., Schneider, S., Plewnia, C., Batra, A., Fallgatter, A. J., & Ehlis, A. C. (2016). Effects of transcranial direct current stimulation on craving, heart-rate variability and prefrontal hemodynamics during smoking cue exposure. *Drug and alcohol dependence*, 168, 123-127. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2016.09.006>
- Leone, F. T., & Evers-Casey, S. (2022). Tobacco use disorder. *Medical Clinics*, 106(1), 99-112. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2021.08.011>
- Lapenta, O. M., Marques, L. M., Rego, G. G., Comfort, W. E., & Boggio, P. S. (2018). tDCS in addiction and impulse control disorders. *The journal of ECT*, 34(3), 182-192. <https://doi.org/10.1097/YCT.0000000000000541>
- Lupi, M., Martinotti, G., Santacroce, R., Cinosi, E., Carlucci, M., Marini, S., Acciavatti, T. & Di Giannantonio, M. (2017). Transcranial direct current stimulation in substance use disorders: a systematic review of scientific literature. *The Journal of ECT*, 33(3), pp.203-209. <https://doi.org/10.1097/YCT.0000000000000401>
- Maher, C. G., Sherrington, C., Herbert, R. D., Moseley, A. M., & Elkins, M. (2003). Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Physical therapy*, 83(8), 713-721. <https://doi.org/10.1093/ptj/83.8.713>
- Meng, Z., Liu, C., Yu, C., & Ma, Y. (2014). Transcranial direct current stimulation of the frontal-parietal-temporal area attenuates smoking behavior. *Journal of Psychiatric Research*, 54, 19-25. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2014.03.007>
- Martin, A. K., Huang, J., Hunold, A., & Meinzer, M. (2019). Dissociable roles within the social brain for self-other processing: a HD-tDCS study. *Cerebral Cortex*, 29(8), 3642-3654. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhy238>
- Metzuyanim-Gorlick, S., & Mashal, N. (2016). The effects of transcranial direct current stimulation over the dorsolateral prefrontal cortex on cognitive inhibition. *Experimental brain research*, 234, 1537-1544. <https://doi.org/10.1007/s00221-016-4560-5>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group*. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Annals of internal medicine*, 151(4), 264-269. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135>
- Mondino, M., Luck, D., Grot, S., Januel, D., Suaud-Chagny, M. F., Poulet, E., & Brunelin, J. (2018). Effects of repeated transcranial direct current stimulation on smoking, craving and brain reactivity to smoking cues. *Scientific reports*, 8(1), 8724. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-27057-1>
- Moseley, A. M., Herbert, R. D., Sherrington, C., & Maher, C. G. (2002). Evidence for physiotherapy practice: a survey of the Physiotherapy Evidence Database (PEDro). *Australian Journal of Physiotherapy*, 48(1), 43-49. [https://doi.org/10.1016/S0004-9514\(14\)60281-6](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60281-6)
- Mostafavi, S. A., Khaleghi, A., Mohammadi, M. R., & Akhondzadeh, S. (2020). Is transcranial direct current stimulation an effective modality in reducing food craving? A systematic review and meta-analysis. *Nutritional neuroscience*, 23(1), 55-67. <https://doi.org/10.1080/1028415X.2018.1470371>



- Müller, T., Shevchenko, Y., Gerhardt, S., Kiefer, F., & Vollstädt-Klein, S. (2021). The influence of perceived stress and self-control on efficacy of repeated transcranial direct current stimulation in non-treatment-seeking smokers. *Drug and Alcohol Dependence*, 226, 108861. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2021.108861>
- Nakamura-Palacios, E. M., Ronchete, C. F., Felipe, L. V., Ferreira, L. V. B., Anders, Q. S., & de Melo Rodrigues, L. C. (2021). Transcranial Direct Current Stimulation in Substance Use Disorders. *Transcranial Direct Current Stimulation in Neuropsychiatric Disorders: Clinical Principles and Management*, 533-564. <https://doi.org/10.1007/s40292-020-00396-9>
- Observatorio Español de las Drogas y las Adicciones [OEDA]. (2023). Informe 2023. Alcohol, tabaco y drogas ilegales en España. Madrid: Ministerio de Sanidad. *Delegación del Gobierno para el Plan Nacional sobre Drogas*. 270 p. Obtenido de: https://pnsd.sanidad.gob.es/profesionales/sistemasInformacion/sistemaInformacion/pdf/2023_Informe_Lndi_urgencias.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (2023, julio 13). Tabaco. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/tobacco>
- Organización Mundial de la Salud (2013). Informe mundial sobre los progresos realizados en la aplicación del Convenio Marco de la OMS para el Control del Tabaco. Obtenido de: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/79621/1/9789243504650_spa.pdf
- Palm, U., Obergfell, M., Rabenstein, A., Björklund, J., Koller, G., Padberg, F., & Rütger, T. (2023). Transcranial direct current stimulation combined with a brief intervention for smoking cessation: a randomized double-blind clinical trial. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s00406-023-01705-8>
- Perri, R. L., Berchicci, M., Lucci, G., Cimmino, R. L., Bello, A., & Di Russo, F. (2014). Getting ready for an emotion: specific premotor brain activities for self-administered emotional pictures. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 8, 197. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2014.00197>
- Perri, R. L., & Perrotta, D. (2021). Transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex reduces cigarette craving in not motivated to quit smokers: a randomized, sham-controlled study. *Addictive Behaviors*, 120, 106956. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2021.106956>
- Piasecki, T. M., Fleming, K. A., Trela, C. J., & Bartholow, B. D. (2017). P3 event-related potential reactivity to smoking cues: Relations with craving, tobacco dependence, and alcohol sensitivity in young adult smokers. *Psychology of Addictive Behaviors*, 31(1), 61. <https://doi.org/10.1037/adb0000233>
- Pripfl, J., & Lamm, C. (2015). Focused transcranial direct current stimulation (tDCS) over the dorsolateral prefrontal cortex modulates specific domains of self-regulation. *Neuroscience research*, 91, 41-47. <https://doi.org/10.1016/j.neures.2014.09.007>
- Qin, J., Chen, J., Wang, Y., & Zou, Z. (2023). Effects of psychoeducation combined with transcranial direct current stimulation on reducing cigarette craving and consumption in male smokers. *Addictive Behaviors*, 141, 107643. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2023.107643>
- Razza, L. B., Palumbo, P., Moffa, A. H., Carvalho, A. F., Solmi, M., Loo, C. K., & Brunoni, A. R. (2020). A systematic review and meta-analysis on the effects of transcranial direct current stimulation in depressive episodes. *Depression and Anxiety*, 37(7), 594-608. <https://doi.org/10.1002/da.23004>
- Rebull-Monje, M., Gadea-Domenech, M., López-Ruiz, P., & Espert-Tortajada, R. (2024a).



- Efectos de la estimulación transcraneal con corriente directa (tDCS) sobre el consumo de tabaco, la motivación y la autoeficacia para dejar de fumar. *Revista Española de Drogodependencias*, 49(1), 31-57. <https://doi.org/10.54108/10074>
- Rebull-Monje, M., Gadea-Domenech, M., Pascual-Leone, A. & Espert-Tortajada, R. (2024b). Prefrontal tDCS for smoking cessation: focus on the number of sessions and motivation to quit. *NeuroRegulation* (En prensa).
- Silva, R.D.M.F.D., Brunoni, A.R., Goerigk, S., Batistuzzo, M.C., Costa, D.L.D.C., Diniz, J.B., Padberg, F., D'Urso, G., Miguel, E.C. & Shavitt, R.G. (2021). Efficacy and safety of transcranial direct current stimulation as an add-on treatment for obsessive-compulsive disorder: a randomized, sham-controlled trial. *Neuropsychopharmacology*, 46(5), pp.1028-1034. <https://doi.org/10.1038/s41386-020-00928-w>
- Sun, C.H., Jiang, W.L., Cai, D.B., Wang, Z.M., Sim, K., Ungvari, G.S., Huang, X., Zheng, W. and Xiang, Y.T. (2021). Adjunctive multi-session transcranial direct current stimulation for neurocognitive dysfunction in schizophrenia: a meta-analysis. *Asian Journal of Psychiatry*, 66, p.102887. <https://doi.org/10.1016/j.ajp.2021.102887>
- Verveer, I., Remmerswaal, D., Jongerling, J., Van Der Veen, F. M., & Franken, I. H. (2020a). No effect of repetitive tDCS on daily smoking behaviour in light smokers: A placebo controlled EMA study. *PLoS One*, 15(5), e0233414. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233414>
- Verveer, I., Remmerswaal, D., van Der Veen, F. M., & Franken, I. H. (2020b). Long-term tDCS effects on neurophysiological measures of cognitive control in tobacco smokers. *Biological Psychology*, 156, 107962. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2020.107962>
- Vitor de Souza Brangioni, M. C., Pereira, D. A., Thibaut, A., Fregni, F., Brasil-Neto, J. P., & Boechat-Barros, R. (2018). Effects of prefrontal transcranial direct current stimulation and motivation to quit in tobacco smokers: a randomized, sham controlled, double-blind trial. *Frontiers in pharmacology*, 9, 309450. <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00014>
- Volkow, N. D., Wise, R. A., & Baler, R. (2017). The dopamine motive system: implications for drug and food addiction. *Nature Reviews Neuroscience*, 18(12), 741-752. <https://doi.org/10.1038/nrn.2017.130>
- Yang, L. Z., Shi, B., Li, H., Zhang, W., Liu, Y., Wang, H., Lv, W., Ji, X., Hudak, J., Yifeng Zhou, I. Andreas J. Fallgatter & Zhang, X. (2017). Electrical stimulation reduces smokers' craving by modulating the coupling between dorsal lateral prefrontal cortex and parahippocampal gyrus. *Social cognitive and affective neuroscience*, 12(8), 1296-1302. <https://doi.org/10.1093/scan/nsx055>
- Zhang, Y.; Song, H. ; Chen, Y.; Zuo, L.; Xia, X y Zhang, X. (2019). Thinking on Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) in Reading Interventions: Recommendations for Future Research Directions. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13:157. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00157>
- Zhao, H.; Qiao, L.; Fan, D.; Zhang, S.; Turel, O.; Li, Y.; Li, J.; Xue, G.; Chen, A. y He, Q. (2017). Modulation of Brain Activity with Noninvasive Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS): Clinical Applications and Safety Concerns. *Frontiers in Psychology* 8:685. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00685>