



Máster Universitario en Rehabilitación
Neuropsicológica y Estimulación Cognitiva

2021/2022

**USO DEL NEUROFEEDBACK COMO
TÉCNICA DE REHABILITACIÓN EN
PACIENTES CON DAÑO CEREBRAL
ADQUIRIDO**

María de los Ángeles Gómez Florez

Alejandra de Rubens Pérez

Jocelyne Alejandro Aliaga

Barcelona, España

2022

ÍNDICE

Introducción.....	1
1. Objetivos.....	5
1.1. Objetivo general.....	5
1.2. Objetivos específicos.....	6
2. Metodología.....	6
2.1. Materiales.....	6
2.2. Procedimiento.....	6
3. Análisis de la información.....	7
4. Resultados.....	7
4.1. Estudios identificados.....	7
4.2. Características de los estudios.....	8
4.3. Análisis de los estudios.....	9
4.3.1. Ondas cerebrales.....	9
4.3.2. Funciones cognitivas.....	11
4.3.2.1. Atención y memoria.....	11
4.3.2.2. Funciones ejecutivas.....	12
4.3.2.3. Lenguaje.....	13
4.3.3. Calidad de vida.....	13
5. Discusión.....	17
6. Conclusiones.....	19
7. Referencias.....	21

RESUMEN

Las alteraciones a nivel cognitivo, emocional y conductual que presentan los pacientes con daño cerebral adquirido (DCA), afectan en gran medida su funcionalidad y calidad de vida. El interés alrededor de la terapia de neurofeedback (NFB) para tratar los efectos del DCA ha incrementado con el pasar del tiempo, debido a que utiliza el registro de ondas electroencefalográficas (EEG), como forma de feedback para lograr que el paciente aprenda a controlar y/o modificar su actividad cerebral. El objetivo de este trabajo es realizar una revisión de las investigaciones que se han desarrollado sobre la eficacia terapéutica del NFB como herramienta de rehabilitación en pacientes con DCA. Se realizó la búsqueda de artículos científicos publicados entre el 2000 al 2022, que cumplieran con los criterios de inclusión y exclusión, seleccionando un total de 13 artículos, clasificados de acuerdo a su nivel de evidencia. Se incluyeron para el análisis los cambios que se presentaron en ondas cerebrales, funciones cognitivas y calidad de vida de los pacientes. Todos los estudios demostraron resultados positivos, debido a los cambios que se presentan en las funciones cognitivas que permitieron una mayor adaptación en las actividades diarias, mejorando su calidad de vida. Sin embargo, la evidencia científica no es suficiente y presenta varias limitaciones para recomendar el NFB como método único de tratamiento pero si como método complementario. Cabe resaltar, que el NFB es una técnica innovadora y prometedora que requiere de investigaciones con un mayor rigor teórico y metodológico para su aplicación en pacientes con DCA.

Palabras clave: Neurofeedback, Lesión cerebral adquirida, lesión cerebral traumática, daño cerebral adquirido, adultos.

ABSTRACT

Cognitive, emotional and behavioral alterations in patients with acquired brain injury (ABI) greatly affect their functionality and quality of life. The interest in neurofeedback therapy (NFB) to treat the effects of ABI has increased over time, because it uses the recording of electroencephalographic (EEG) waves as a form of feedback to get the patient to learn to control and/or modify their brain activity. The aim of this work is to review the research that has been developed on the therapeutic efficacy of NFB as a rehabilitation tool in patients with ACD. A search was made for scientific articles published between 2000 and 2022, which met the inclusion and exclusion criteria, selecting a total of 13 articles, classified according to their level of evidence. Changes in brain waves, cognitive functions and quality of life of the patients were included for the analysis. All the studies showed positive results, due to the changes in cognitive functions that allowed a greater adaptation in daily activities, improving their quality of life. However, the scientific evidence is not sufficient and presents several limitations to recommend NFB as the only method of treatment but as a complementary method. It should be noted that NFB is an innovative and promising technique that requires research with greater theoretical and methodological rigor for its application in patients with ACD.

Keywords: Neurofeedback, Acquired brain injury, traumatic brain injury, acquired brain injury, adults.

INTRODUCCIÓN

El término daño cerebral adquirido (DCA) se atribuye a un proceso dinámico causado por una fuerza externa que tiene como resultado características patológicas que causan cambios estructurales y funcionales en las redes neuronales encargadas de procesos cognitivos y deficiencias somáticas (Podell et al., 2010). Ocasionando grandes repercusiones a nivel cognitivo, emocional y conductual, afectando las habilidades adaptativas de las personas y su interacción con el entorno (Guzmán, 2008). Aunado a esto, Muñoz (2017) define el DCA como una condición en la cual un individuo, que presenta un desarrollo cerebral normal, sufre una lesión súbita ocasionando una alteración en su estructura y funcionamiento.

Cada año en España se diagnostican 104.701 nuevos casos de DCA y según la encuesta EDAD (INE, 2008) en el país residen 420.064 personas con DCA. De los cuales el 65,03% de las personas se encuentran por encima de los 65 años. Un 78% de estos casos se debe a accidentes cerebrovasculares (327.650), mientras que el 22% restante (92.414), corresponden a otras causas como traumatismos craneoencefálicos, infecciones cerebrales, anoxias, tumores, entre otras. Tratándose de una discapacidad compleja debido a que el 89% de la población presenta alguna dificultad para realizar actividades básicas en su vida diaria (FEDACE, 2020).

El DCA es un trastorno heterogéneo, con diferentes presentaciones que dependen de la naturaleza de la lesión (ubicación, extensión, lateralidad, gravedad, evolución, etc.). Una lesión cerebral tiene como consecuencia cambios en la organización a nivel cortical y subcortical, al alterar la formación de las redes cerebrales funcionales y su relación con las zonas intactas del cerebro conectadas con las alteradas (Podell et al., 2010). La producción de secuelas funcionales posterior al daño cerebral son variados. Desde el primer momento de la lesión cerebral se desencadenan mecanismos de plasticidad cerebral como aquella capacidad de reorganización, incluso de manera espontánea. Esta mejoría espontánea funcional suele observarse en pacientes que han sufrido un accidente cerebrovascular, pero esta recuperación espontánea es limitada y requiere de entrenamiento (FEDACE, 2020).

Entre las secuelas del DCA que afectan en gran medida la funcionalidad y calidad de vida del individuo son las alteraciones cognitivas resultantes de la lesión, relacionadas en función de localización y extensión del daño, entre las más características se encuentran los déficits viso-perceptivos, alteraciones en la memoria, lenguaje y las funciones ejecutivas, y de forma general se produce un enlentecimiento en la velocidad de procesamiento de la información (Muñoz et al, 2017). Del mismo modo, se presentan frecuentemente alteraciones en la esfera emocional y conductual del individuo, ocasionando apatía, falta de iniciativa, irritabilidad, poca tolerancia a la frustración, impulsividad, inhibición, entre otras. (Rodríguez, 2014).

Iniciar el proceso de rehabilitación tras la aparición de un daño cerebral adquirido se vuelve imprescindible, con la integración del paciente a un proceso de recuperación interdisciplinar, que abarque todas las necesidades que requiera la persona afectada teniendo en cuenta la fase en la que se encuentre. La primera fase, hace referencia al ingreso del paciente al hospital por el área de urgencias y posteriormente por la unidad de cuidados intensivos (UCI). Durante esta etapa la intervención se encuentra orientada en estabilizar la condición médica del paciente, es aquí donde se determinará el probable pronóstico en base a su evolución. En la segunda fase considerada la “fase aguda”, es fundamental comenzar el proceso de rehabilitación, cabe mencionar que si durante la primera fase el paciente puede iniciar rehabilitación, podría favorecer al máximo la recuperación espontánea del individuo, durante las primeras semanas posteriores al accidente y/o evento. En dicha etapa, es necesaria la

evaluación neuropsicológica con la finalidad de detectar las posibles alteraciones cognitivas y con ello plantear un plan de intervención individualizado enfocado en la neurorehabilitación. (Muñoz, et al, 2017).

La neurorehabilitación dispone de métodos y técnicas de intervención con la finalidad de optimizar la recuperación de las funciones cognitivas, potenciar las capacidades conservadas y favorecer la adaptación teniendo en cuenta sus limitaciones, consiguiendo así la máxima autonomía posible. Estos métodos incluyen procedimientos de rehabilitación cognitiva, que permiten la restauración y compensación de los déficits (Zorcec, et al, 2011). Del mismo modo, Sohlberg y Mateer (2001) definen la rehabilitación cognitiva como la aplicación de procedimientos, técnicas y la utilización de recursos de compensación con el objetivo de que la persona con alteraciones cognitivas pueda retomar de manera segura, productiva e independiente sus actividades en la vida diaria.

Arango (2006), expresa que la eficacia de la rehabilitación cognitiva se encuentra relacionada con una serie de principios, donde influyen en gran manera los outcomes de la intervención, algunos de ellos son:

- La rehabilitación cognitiva debe de ser individualizada centrándose en las metas relevantes acorde a las capacidades funcionales de la persona y de mutuo acuerdo con el terapeuta.
- El programa de rehabilitación cognitiva requiere el trabajo conjunto de la persona, la familia y los terapeutas.
- La evaluación de la eficacia de una intervención cognitiva debe incorporar cambios en las capacidades funcionales.
- El programa de rehabilitación debe tener en cuenta los aspectos afectivos y emocionales que conlleva el daño cognitivo.
- Los programas de rehabilitación deben tener un componente de evaluación constante.

Durante las últimas décadas, los profesionales en neurociencias han mostrado especial atención por el estudio de diversas técnicas de rehabilitación en los pacientes con daño cerebral adquirido y en esa búsqueda se han desarrollado numerosas investigaciones, con la finalidad de clarificar los principios y especificar los procedimientos de entrenamiento que han tenido evidencia científica y eficacia. (Arango 2006). Entre estas nuevas técnicas, recientemente ha surgido interés por el neurofeedback (NFB) como una herramienta de intervención en el daño cerebral y otras patologías, centrado en el control de la propia actividad electrofisiológica del cerebro humano (Carrobles, 2016), instrumento que será protagonista en esta revisión.

El neurofeedback (NFB) es una rama especializada del biofeedback, que utiliza el registro de ondas electroencefalográficas (EEG) cerebrales, como forma de feedback para lograr el control de la actividad cerebral, siendo estas convertidas a través de una interface que conecta el cerebro con un ordenador, aprendiendo así el individuo a modificar y/o controlar la actividad cerebral estudiada (Carrobles, 2016). El neurofeedback se basa en el principio del condicionamiento operante, debido a que busca aproximarse a un objetivo específico por medio de reforzadores, en este caso señales sensoriales, siendo así el individuo capaz de aprender a influenciar en su actividad eléctrica cerebral (Pop-Jordanova y Demerdzieva, 2010).

De igual forma, Chapin y Russell-Chapin (2014) mencionan que la eficacia del neurofeedback se relaciona con el entendimiento y la modificación de la actividad eléctrica

cerebral del individuo siguiendo los principios de biofeedback y de autorregulación. Para ello, las nuevas tecnologías informáticas como el electroencefalograma (EEG) permiten el monitoreo, en tiempo real, de la actividad eléctrica cerebral, procesando la información en ondas cerebrales específicas que permiten el control y la modificación para una autorregulación eficaz.

Por consiguiente, el autor Collura (2014), enlista una serie de elementos claves como componentes del neurofeedback:

- Producción por el individuo de actividad bioeléctrica cerebral
- Monitorización y registro de la actividad EEG usando los instrumentos adecuados
- Procesamiento de la información del EEG por medio de un ordenador
- Computarización de las características de las señales EEG
- Producción de feedback por medio de señales sensoriales como visual, auditiva o táctil
- Aprendizaje por parte del individuo en el control o modificación de las señales.

El neurofeedback ha sido posible como práctica clínica debido a los avances tecnológicos como el electroencefalograma (EEG), que permite la monitorización y amplificación del potencial bioeléctrico cerebral, recogidos por medio de electrodos colocados en la superficie del cuero cabelludo (Portellano, 2005). Dicho potencial se clasifica en diferentes bandas de frecuencia o ritmos que se miden en Hertzios (ciclos por segundo), se consideran básicamente cinco ritmos: delta, theta, alfa, beta y gamma. A continuación, se describirán brevemente las características de cada uno de ellos.

- Delta generalmente oscila entre un rango de frecuencia de 1 y 3 Hz, predominando en infantes, así mismo pequeñas cantidades de delta son consideradas normales. Sin embargo, el exceso se encuentra asociado con lesiones localizadas o toxicidad (Collura 2014).
- Theta oscila entre un rango de 4 – 7 Hz, se encuentra mediado por mecanismos subtalámicos. Parece estar asociado con internalización de pensamientos y la consolidación de la memoria. No obstante, el exceso de Theta se relaciona con Déficits de Atención (Collura, 2014).
- Alfa oscila entre un rango de frecuencia de 8 – 12 Hz, se encuentra relacionado con estructuras tálamo - cortical y parece estar implicada la corteza visual primaria. Se encuentra presente cuando la persona está despierta, en reposo y con los ojos cerrados (Mayor, et al., 2013). Por otro lado, los niveles patológicamente disminuidos pueden estar asociados a trastornos del estado de ánimo, dolor crónico y trastornos relacionados con el estrés (Evans y Abarbanel, 1999).
- Low Beta comprende los rangos de frecuencia de 12 – 15 HZ, se relacionan con estructuras tálamo - cortical, comúnmente se encuentra presente en el estado de reposo y en tareas atencionales (Collura, 2014). Dentro de este rango se incluye una banda especial denominada Ritmo Sensoriomotor.
- El Ritmo Sensoriomotor (RMS) oscila entre un rango de 12 – 15 Hz, registrado en la corteza cerebral sensoriomotora. El entrenamiento en RMS ha revelado un beneficio significativo en patologías como convulsiones, insomnio y se asocia con la resistencia al estrés (Collura, 2014).
- Beta oscila en un rango entre 15 – 20 Hz, se asocia con un estado de consciencia, indicando activación cerebral y mental. Las investigaciones indican que beta es comúnmente utilizado en el entrenamiento en neurofeedback como forma de

incrementar la actividad cognitiva y tratar los problemas de comportamiento (Collura, 2014).

- High Beta oscila entre rangos de 20 – 35 Hz, estas predominan frecuentemente durante concentración y niveles altos de activación cortical. Por otro lado, su exceso es asociado con síntomas de ansiedad e irritabilidad cortical (Chapin y Russell-Chapin, 2014).
- Gamma comprende los rangos de frecuencia mayor a 40 Hz. Comúnmente asociadas al procesamiento de la información, movimientos oculares rápidos (MOR) durante el sueño y estados profundos de meditación. Sin embargo, niveles altos de gamma se relacionan con trastornos de aprendizajes (Chapin y Russell-Chapin, 2014).

Protocolos del Neurofeedback

La duración del tratamiento con NFB para patologías como ansiedad o insomnio, se dan alrededor de 15 a 20 sesiones, para otras patologías como el Trastorno por Déficit de Atención (TDA) y los problemas de aprendizaje, se realizan entre 30 a 50 sesiones, dependiendo de la gravedad, con una duración entre 20 y 25 minutos. Actualmente, se considera difícil determinar en etapas iniciales cuántas sesiones de tratamiento serán necesarias para cada paciente debido a sus características individuales (Sitaram et al., 2017), existen varios protocolos para la aplicación de NFB, algunos de ellos son:

- *Slow Cortical Potentials Training (potenciales corticales lentos)*: Son las polarizaciones positivas o negativas del EEG en frecuencias muy lentas, desde 0,3 Hz hasta 1,5 Hz. Generalmente hay una corriente que se produce durante el procesamiento cognitivo para crear efectos excitatorios y los potenciales corticales lentos positivos se generan durante la inhibición de las ondas corticales. Por ejemplo, durante y antes de un ataque epiléptico, la corteza es electronegativa, este mismo tipo de hiperexcitabilidad se presenta antes de muchas migrañas (Hammond, 2011). En este entrenamiento, un electrodo se coloca en el centro de la parte superior de la cabeza y uno detrás de cada oreja, mientras el paciente se concentra en cambiar una imagen del ordenador (Strehl, 2009).

- *The Low Energy Neurofeedback System (Enfoque LENS)*: Es una forma única y pasiva de NFB que produce sus efectos a través de una retroalimentación de un campo electromagnético muy pequeño, que sólo tiene una intensidad de campo de 1018 vatios/cm². Se suministra en intervalos de 1sg por los cables de los electrodos mientras el paciente permanece relativamente inmóvil, normalmente con los ojos cerrados. Esta retroalimentación se ajusta 16 veces por segundo para permanecer un cierto número de ciclos por segundo más rápido que la frecuencia de las ondas cerebrales. (Hammond, 2011)

Esta técnica es usada para el tratamiento de patologías como la fibromialgia, el síndrome de las piernas inquietas, TDA, ansiedad, depresión e insomnio. Puede utilizarse con niños muy pequeños y con pacientes poco motivados sin control de impulsos (Hammond, 2011).

- *Hemoencephalography*: Estimula el flujo sanguíneo cerebral, aumentando el suministro de oxígeno a la zona prefrontal del cerebro (Toomim y Carmen, 2009). Es utilizado principalmente para migrañas.

- *Live Z-Score Neurofeedback Training*: Se utilizan dos o más electrodos en la cabeza, para realizar cálculos continuos teniendo en cuenta variables como potencia, asimetría, desfase y coherencia siendo comparada con una base de datos normativa. La retroalimentación se basa en estas comparaciones estadísticas asociadas a la edad del paciente (Hammond, 2011). Se han realizado pequeños estudios con este protocolo para insomnio específicamente.

- *LORETA Neurofeedback Training*: Tomografía electromagnética de baja resolución, con 19 electrodos que proporciona información sobre los generadores cerebrales subyacentes como el cíngulo anterior, la ínsula fusiforme de la actividad del EEG del paciente dentro de una banda de frecuencia. Este enfoque se usa para el tratamiento de trastornos de ánimo, estrés posttraumático y ansiedad además en funciones cognitivas como atención, concentración y velocidad de procesamiento (Hammond, 2011).

- *Functional RMI Neurofeedback*: Uso de resonancia magnética funcional en el neurofeedback que puede examinar el funcionamiento en áreas subcorticales profundas del cerebro (Hammond, 2011).

Aplicaciones del Neurofeedback

En la actualidad diversas investigaciones han demostrado la eficacia del NFB en gran variedad de problemas y trastornos clínicos, siendo una herramienta prometedora en el campo de las neurociencias. Por consiguiente, ha recibido especial atención en el tratamiento para reducir los síntomas asociados al TDAH. Observando una mejoría en la inatención e impulsividad, sin embargo, este recomienda el uso de medicación en la sintomatología hiperactiva (Larsen, 2002). Cabe mencionar que para que este sea considerado una técnica potencialmente eficaz, es necesario la integración del NFB con otras formas de terapias e intervención (Evans y Abarbanel, 1999).

Por otra parte, las diversas investigaciones indican que el uso del neurofeedback en la modulación de las ondas Alfa y Theta son eficaces en el tratamiento del abuso de sustancias, reduciendo el riesgo de recaídas y mejorando significativamente la efectividad del tratamiento tradicional (Chapin y Russell-Chapin, 2014). Algo semejante ocurre con síntomas de ansiedad y depresión, donde el NFB ha mostrado resultados impresionantes, específicamente en el entrenamiento asimétrico de Alfa, entrenamiento de Beta y un protocolo que incluye el entrenamiento asimétrico Alfa y Beta, resultando una alternativa a la intervención farmacológica tradicional para la depresión y la ansiedad (Chapin y Russell-Chapin, 2014).

De acuerdo con Pascale (2018), el NFB resulta eficaz en patologías como Alzheimer y Parkinson, encontrando mejoría en la memoria a corto plazo, orientación espacio-temporal y fluidez léxica. Cabe mencionar que existen escasas investigaciones del NFB en las patologías antes mencionadas, por lo que los autores proponen futuras investigaciones. Por otro lado, algunos investigadores se han visto interesados en el uso del NFB como técnica de intervención en pacientes con DCA, encontrando resultados prometedores que indican que éste ayuda a mejorar funciones cognitivas como la memoria, la atención y los problemas de conducta (Chapin y Russell-Chapin, 2014), sin embargo durante esta revisión se abordará de manera más específica.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

Realizar una revisión de las investigaciones que se han desarrollado sobre la eficacia terapéutica del Neurofeedback como herramienta de rehabilitación en pacientes con daño cerebral adquirido.

1.2. Objetivos específicos

- Estudiar el concepto de Neurofeedback y su relación con el DCA.
- Recoger los resultados de los diferentes estudios que han usado el neurofeedback en pacientes con DCA.
- Comprobar y analizar los resultados obtenidos en los estudios para determinar el impacto del uso de NFB posterior a un DCA.
- Describir los hallazgos obtenidos, el estado actual de la investigación y su eficacia en la práctica clínica del NFB en pacientes con DCA.
- Identificar a través de los conocimientos obtenidos, si el uso del NFB es posible en la rehabilitación de pacientes con DCA.

2. METODOLOGÍA

2.1. Materiales

Para el proceso de selección de los estudios pertinentes para esta revisión, se inició con la búsqueda de artículos científicos de investigación empírica publicados en revistas científicas, pertenecientes a bases de datos como: Scopus, PubMed, PsycInfo, Ebsco, Medline, Google Scholar y Cochrane.

Al obtener los resultados en una primera fase de búsqueda, se realizó la lectura de los resúmenes de los artículos encontrados en las bases de datos, seleccionando aquellos que fueron relevantes para esta revisión. Posterior, se pasó a la lectura completa de los artículos seleccionados en un primer momento considerando sólo aquellos que cumplieron con los criterios de inclusión especificados en otro apartado.

2.2. Procedimiento

Los términos utilizados para realizar la búsqueda bibliográfica en las diversas bases de datos electrónicas fueron: *Neurofeedback*, *Acquired Brain Injury*, *Traumatic Brain Injury*, *Acquired Brain Damage*. Estos términos debían aparecer en el título, resumen o en las palabras clave, además, los resultados fueron limitados en un periodo de años desde el 2000 al 2022. Del mismo modo, se eliminaron todos los resultados duplicados, editoriales, cartas, pósters, sumario de conferencias, reportes y cualquier otro documento que no fuera un estudio publicado en una revista científica.

Por lo tanto, las bases de datos consultadas fueron: Scopus, PubMed, PsycInfo, Ebsco, Medline, Google Scholar y Cochrane. La primera selección de material se realizó a través de la lectura de los abstracts de los artículos y la segunda selección se basó en la lectura de texto completo teniendo en cuenta los siguientes criterios de inclusión y de exclusión:

Criterios de inclusión:

- Los participantes deben cumplir con el criterio de daño cerebral adquirido independientemente de la causa y el grado de afectación.
- Los participantes deben ser personas adultas en edades entre los 18 a 65 años.
- Los estudios deben estar publicados entre el año 2000 al 2022.
- Los estudios deben tener intervención con Neurofeedback como herramienta terapéutica.
- Deben estar disponibles como artículo original publicado en castellano o inglés.

Criterios de exclusión:

- Antecedentes médicos como trastornos neurológicos previos o enfermedades psiquiátricas que interfirieran con la intervención.
- Investigaciones que tuvieran en cuenta pacientes con DCA pero no la terapia de Neurofeedback.
- Estudios sin descripción de la intervención.
- Artículos teóricos o descriptivos.

Esta revisión bibliográfica, se encuentra basada en la lectura inicial de los resúmenes de 133 artículos, de los cuales se seleccionaron para lectura a texto completo 27 artículos para finalmente incluir 13 documentos que forman parte de este trabajo (Ver figura 1).

3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Una vez seleccionados los 13 artículos, se realizó el análisis de la información a través de la comparación de los principales hallazgos obtenidos en cada uno de los estudios. Comparando los resultados que dan lugar a la heterogeneidad de los datos y las razones por las cuales se identifican conclusiones tan variables. Asimismo, los artículos fueron clasificados en función al nivel de evidencia reflejada por el rigor metodológico especificado en cada uno (Ver tabla 1).

4. RESULTADOS

4.1 Estudios identificados

Se identificaron un total de 133 artículos, que posterior a la eliminación de duplicados y cualquier otro documento que no fuera un estudio publicado en una revista científica quedaron un total de 109, de los cuales se seleccionaron 53 artículos que pasaron a la lectura del resumen. Tomando 27 documentos para la lectura de texto completo y finalmente seleccionando 13, que cumplieran con los criterios de inclusión descritos (Ver figura 1). Se limitó la búsqueda en un periodo comprendido entre el 2000 y el 2022, esperando que las publicaciones más recientes recogerían la información más pertinente para esta revisión, teniendo en cuenta que la investigación en Neurofeedback en pacientes con DCA es muy escasa.

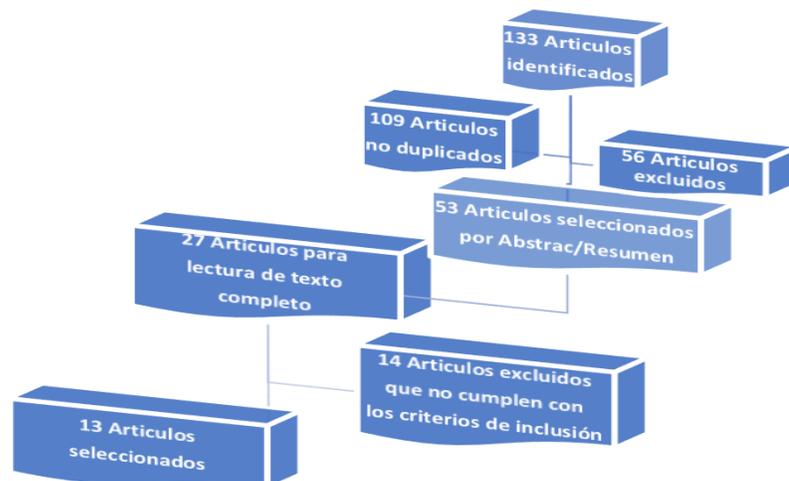


Figura 1. Diagrama de flujo de la búsqueda de artículos.

4.2 Características de los estudios

Como principales características de los trece artículos incluidos en esta revisión (ver tabla 1), se puede destacar:

1. **Participantes:** Cinco de los estudios incluidos, tuvieron como participante a un solo paciente. De los cuales cuatro presentaban lesión cerebral traumática, uno de ellos con tumor cerebral coexistente y el último un ictus hemorrágico. El rango de edad se encuentra entre 18 a 53 años. Ocho artículos incluyen de 2 a 60 participantes, con lesión cerebral traumática en edades comprendidas entre los 18 a 50 años excepto el estudio realizado por Keller (2001), con 21 pacientes que integraban hematomas y contusiones bilaterales
2. **Sesiones de Neurofeedback:** Seis de los trece estudios llevaron a cabo 20 sesiones de EEG-NFB con un rango de 30 a 50 minutos, con protocolos relacionados con la modulación y aumento de ondas de frecuencia theta, alfa y beta. Dos estudios aplicaron 40 sesiones de NFB, sin especificación de tiempo con protocolos de modulación y reducción de las ondas theta y beta. Cuatro estudios realizaron de 6 a 9 sesiones de 30 a 45 min aproximadamente, usando protocolos de reducción y modulación de ondas theta y beta. Un último estudio, realizó una sola sesión de NFB sin especificación de tiempo para evaluar el antes, durante y después del tratamiento con protocolo de aumento de ondas beta.
3. **Nivel de evidencia:** Ocho artículos tienen un nivel de evidencia (2B), debido a que son estudios de caso y control, consideradas como evidencia aceptable para recomendarla. El estudio realizado por Tinius y Tinius (2000) y Bennett et al., (2017), se encuentra en un nivel de evidencia aceptable (2A) pero razonable para ser recomendada. Por último, dos artículos se encuentran en un nivel de evidencia 1B (Rostami et al, 2014 y Reddy, et al, 2013) debido a que son ensayos clínicos aleatorios, donde hay un alto nivel de evidencia.

<i>Nivel de Evidencia</i>	<i>Artículo</i>	<i>Participantes</i>	<i>Descripción</i>	<i>Resultados</i>
2B	Arroyo-Ferrer et al., 2021	1 Paciente con DCA	8 sesiones de NFB y 8 de rehabilitación convencional	Cambios significativos en bandas theta, alfa baja y beta baja.
2B	Munivenkatappa et al., 2014	2 pacientes con DCA	20 sesiones de NFB por 2 meses	Mejoras significativas en funciones cognitivas
2A	Bennett et al., 2017	60 pacientes con DCA	30 pacientes con 20 sesiones de NFB y 30 con tratamiento convencional	Mejora significativa en la calidad de vida con el tratamiento con NFB
2B	Wing K, 2001	1 Paciente con DCA	40 sesiones de NFB	Mejoras significativas en funciones cognitivas
1B	Rostami et al., 2017	13 Pacientes con DCA moderada	20 sesiones de NFB	No se evidencian mejoras significativas más que el tiempo de reacción

2B	Mroczkowska et al., 2014	1 paciente con DCA	10 sesiones, 3 veces por semana	Cambios positivos en concentración, percepción visual, categorización y regulación del estado de ánimo. Reducción síntomas de afasia.
2B	Keller, 2001	21 pacientes con DCA	12 pacientes con 10 sesiones de NFB Y 9 con entrenamiento computarizado estándar	Aumento significativo de la actividad Beta en la mayoría de los pacientes. Mejora significativa en la atención.
2B	Luna Hernández et al., 2019	1 pacientes con DCA	12 sesiones de NFB	Cambios positivos en la atención selectiva, sostenida y foco atencional.
2B	Ibric et al., 2009	19 adultos con DCA	1 sesión de NFB con medidas pre y post	Cambios significativos en la conectividad durante y en respuesta al entrenamiento de NFB
2B	Zorcec et al., 2011	6 pacientes con DCA	20 sesiones de NFB	Mejoras significativas en las capacidades cognitivas, las funciones ejecutivas y la estabilidad emocional.
1B	Reddy et al., 2013	60 pacientes con DCA	20 sesiones de NFB	Mejoras significativas en las funciones ejecutivas y la calidad de vida.
2A	Tinius & Tinius, 2000	44 pacientes con DCA y 15 con TDAH	20 sesiones de NFB	Cambios significativos en atención sostenida en pacientes con NFB
3	Walker et al., 2002	26 pacientes con DCA	40 sesiones de NFB	Mejoría sintomática rápida y sustancial

Tabla 1.Principales características de los artículos

4.3 Análisis de los estudios

4.3.1 Ondas cerebrales:

La investigación sobre el neurofeedback se inició alrededor de 1970, primero con animales y posteriormente con humanos con patologías de epilepsia no controlada y ansiedad. Tiempo después, se extendió su uso en pacientes con trastorno por déficit de atención, autismo, depresión, dificultades de aprendizaje y *algunas secuelas del DCA* (Cantor & Evans, 2014). La capacidad de medir la actividad eléctrica del cerebro fue un paso revolucionario en la ciencia, el EEG capta “los cambios eléctricos producidos por miles de millones de sinapsis de las neuronas piramidales de la corteza, proporcionando retroalimentación instantánea en tiempo real sobre la actividad cerebral”(Carrobles, 2016).

En general, los seres humanos no podemos influir en la actividad de las ondas cerebrales debido a que no hay conciencia de ellas, pero al generar esa conciencia unos segundos después de que ocurren, proporciona la posibilidad de reacondicionar gradualmente la actividad cerebral a través de un mecanismo denominado condicionamiento operante. El registro EEG contiene una serie de frecuencias de onda, cada una con ritmos o componentes de banda que se encuentran relacionadas con determinadas características fisiológicas y psicológicas que las definen con una mayor propiedad, que sus características temporales relacionadas con frecuencia y oscilación, además de espaciales vinculadas con la amplitud (Carrobles, 2016).

Dentro de los estudios que se incluyeron en este trabajo, gran parte de ellos, utilizaron el protocolo de EEG-NFB para la inhibición de la banda de frecuencia theta (4–7 Hz), ya que se encuentra relacionada con problemas de atención, el cual suele verse deteriorado posterior a un DCA. Dos estudios de los trece incluidos, realizaron una intervención enfocada en la reducción sólo de la onda theta. Arroyo-Ferrer et al., (2021), realizó con un paciente con lesión cerebral traumática, ocho sesiones de EEG-NFB de 45 minutos cada una, en los que tenía como objetivo producir una normalización de la señal electrofisiológica captada a partir de los canales y la banda de frecuencia identificados por contraste con los pacientes sanos. Entre los resultados obtenidos se encuentra una mejoría del rendimiento en la atención dividida, sostenida y selectiva además de una mejoría en habilidades visuoespaciales y visuoespaciales.

Del mismo modo, Zorcec et al., (2011), realizaron 20 sesiones de EEG-NFB de 40 minutos cada una, con seis pacientes con lesión cerebral traumática. Con una diferencia significativa en el número de sesiones pero manteniendo el mismo protocolo, obtuvieron mejoras en el estado de ánimo general, la calidad del sueño y las capacidades cognitivas. Cabe resaltar, que en los dos estudios, la inhibición de ondas theta género, la activación en otras regiones y la modulación de ondas como alfa y beta, pueden ser la razón de las diferencias de los cambios observados.

Por otro lado, dos estudios utilizaron el protocolo de EEG-NFB para la producción de frecuencias de onda theta (4–7 Hz) y alfa (8-12 Hz) esta última relacionada con el estado de ánimo, el dolor crónico y el estrés. Munivenkatappa et al., (2014), exploraron los cambios causados con 20 sesiones de EEG-NFB de 40 min cada una con un paciente con lesión cerebral traumática. Disminuyendo la frecuencia de las ondas theta pero sin cambios en las ondas alfa, con estos efectos el paciente tuvo una mejoría significativa en la velocidad de procesamiento, memoria de trabajo y los síntomas post conmocionales se redujeron. Resultados similares a los obtenidos por Reddy et al., (2013), con 60 pacientes realizando el mismo protocolo, número de sesiones y duración. Sus resultados reportan mejoras significativas en las disfunciones cognitivas, la calidad de vida y los síntomas post conmocionales.

Mroczkowska et al., (2014) y Wing K, (2001), demostraron que con el protocolo de EEG-NFB para la reducción de la banda theta (4-7 Hz) y beta (11-15 Hz) que está relacionada con la activación cerebral en un estado de alerta, conciencia de uno mismo y del entorno. Los pacientes en estos estudios presentaron una mejoría en la debilidad generalizada de las extremidades unilaterales, postura y marcha además de regulación emocional y concentración. Sus resultados son similares, teniendo en cuenta las diferencias en edad del paciente (19 y 53 años), el número de sesiones (10 y 40 respectivamente) y el tipo de lesión (lesión cerebral traumática con tumor coexistente e ictus hemorrágico).

Rostami et al., (2017), realizaron 20 sesiones de EEG-NFB de 50 minutos cada una con 13 pacientes con traumatismo craneoencefálico moderado, sus resultados presentan cambios no significativos en la atención sostenida y la memoria a corto plazo. Es importante enfatizar, que el protocolo usado de EEG-NFB fue el aumento de las frecuencias de ondas beta (11-15 Hz) y alfa (8-12 Hz).

El uso del protocolo de EEG-NFB para el aumento de frecuencias de onda beta (15–20 Hz) fue realizado por Ibric et al., (2009) y Keller, (2001), sus resultados son similares de acuerdo a una mejoría en la atención sostenida y en la capacidad de mantener la actividad beta durante un determinado periodo de tiempo. Estos dos estudios presentan diferencias significativas en

el número de sesiones (1 y 10 respectivamente), la duración y el número de pacientes (1 y 12). Siguiendo este protocolo pero modulando la frecuencia de las ondas beta, Luna et al., (2019), realizaron un estudio de caso con lesión cerebral traumática y una intervención de 12 sesiones sin especificación de tiempo. Donde se observaron mejoras significativas en atención sostenida, selectiva, memoria de trabajo y velocidad de procesamiento de información.

Muchos de los estudios realizados sobre EEG-NFB en DCA presentan un número pequeño de pacientes o son una serie de estudios de casos que no son fácilmente generalizables. Además de protocolos para el uso de EEG-NFB no estandarizados, número de sesiones muy bajas y tipos de DCA variables (Ver tabla 3). No se han encontrado estudios controlados con placebo y doble ciego en NFB.

4.3.2 Funciones Cognitivas

Las personas que sufren un DCA tienen un elevado riesgo a padecer alteraciones cognitivas; entre las más frecuentes encontramos problemas de pensamiento, atención y memoria, que afectan severamente el desarrollo autónomo del individuo, debido a que dichos procesos cognitivos son fundamentales para llevar a cabo procesos complejos (Portellano, 2005). Nueve de los trece estudios incluidos en la presente revisión, estudian los cambios a nivel cognitivo que se pueden presentar en pacientes con DCA tras el uso de NFB como herramienta de rehabilitación.

4.3.2.1 Atención y Memoria

Se encontraron cuatro estudios que abordan específicamente la atención y memoria, como sintomatología derivada del DCA y el impacto que este tiene en dichas funciones cognitivas. En relación a los criterios de inclusión de los estudios, se encontró que tres de ellos (Rostami, 2017; Keller, 2001; Tinnius y Tinnius, 2000) incluyeron únicamente pacientes con Traumatismo Craneoencefálico (TCE) moderado, siendo un factor relevante para la intervención y el número de sesiones en NFB, así mismo dichos estudios presentan muestra con grupo control, permitiendo así comparar los resultados de NFB con pacientes que no recibieron ningún tipo de intervención.

En lo que respecta a dichos estudios, Keller (2001) compara los efectos del NFB y el Entrenamiento Computarizado (EC) en el déficit de atención de pacientes que sufrieron un TCE moderado. Los resultados indican mejoría en la velocidad de procesamiento de la información de ambos grupos, sin embargo únicamente la población que recibió NFB presentó mejoría significativa en las tareas de atención. Resultados coherentes con el estudio de Tinnius y Tinnius (2000) con una muestra mayor de 44 pacientes, sus resultados revelan una mejoría en las evaluaciones neuropsicológicas de los pacientes del grupo de TCA, específicamente en las tareas de atención sostenida. No obstante estos resultados deben interpretarse con cautela debido a que no se evaluaron los cambios del tratamiento a largo plazo (Ver Tabla 3). Ambas investigaciones, reflejan resultados similares a los obtenidos por Luna et al. (2019), relacionadas con la mejoría en los procesos psicológicos de atención y velocidad de procesamiento pero posiblemente al ser un estudio de caso con diagnóstico de TCA leve, también presentan cambios relevantes en la memoria de trabajo.

Por otro lado, el estudio publicado por Rostami (2017) contradice a los anteriores autores debido a que en sus resultados no se encontraron diferencias significativas en las evaluaciones neuropsicológicas pre y post tratamiento, sin embargo se observó una mejora en los tiempos de reacción. No obstante, es necesario tomar en cuenta que los resultados

podieron verse afectados por factores de co-intervención, debido a que los pacientes recibían medicación prescrita (Ver Tabla 3).

En lo que respecta al número de sesiones del protocolo de NFB utilizado, Rostami (2017) expresa que 20 sesiones no son suficientes para observar mejoría significativamente en funciones cognitivas como la atención y memoria. Sin embargo Tinnius y Tinnius (2000) revelaron mejoría significativa en tareas atencionales, con dicho número de sesiones. Cabe mencionar que sus resultados pudieron estar influenciados por las herramientas de rehabilitación utilizadas, debido a que el uso de NFB estuvo acompañado de actividades de reentrenamiento cognitivo. Por otro lado, los estudios de Keller (2001) y Luna et al. (2019) tras el uso de NFB, por un número menor de sesiones (10 y 12 respectivamente), revelaron resultados positivos similares en la mejoría de la atención y la memoria.

4.2.2.2 Funciones Ejecutivas

Dentro de los estudios incluidos en la presente revisión bibliográfica, gran parte de ellos, incluyeron en la muestra población con diagnóstico de TCE (Munivenkatappa, et al. 2001; Zorcec, et al. 2011; Reddy, et al. 2013). Así mismo, dichos estudios tuvieron como protocolo de NFB 20 sesiones, siendo un factor relevante para los resultados expuestos a continuación. Munivenkatappa et al. (2014) en el estudio realizado a un caso único indica una mejoría significativa en la velocidad de procesamiento de la información, fluidez verbal, memoria de trabajo visoespacial, codificación verbal y memoria visual. Cabe mencionar que el estudio se encontraba compuesto por dos casos únicos, sin embargo por criterios de inclusión, uno de los casos ha sido descartado debido a la edad del paciente. Dichos resultados son coherentes con el estudio realizado por Zorcec et al. (2011), con una muestra mayor de 6 pacientes donde los hallazgos posteriores a la intervención indican cambios positivos en las capacidades cognitivas, funciones ejecutivas y la estabilidad emocional de los pacientes.

Respaldando todos los resultados anteriores, Reddy (2013) llevó a cabo un estudio con grupo control con una muestra de 60 pacientes. Los resultados indican una mejoría en el grupo que recibió intervención con NFB específicamente en la velocidad de procesamiento, atención, memoria de trabajo, planificación, comprensión verbal, memoria, aprendizaje verbal y visual. Cabe mencionar que en las limitaciones encontramos que la distribución de género y la gravedad de la lesión no fueron iguales en el grupo de intervención como en el grupo de control. (Ver tabla 3)

El estudio realizado por Wing (2001), a diferencia de los anteriores, incluyó en su muestra un caso único con diagnóstico de TCE y tumor cerebral coexistente. Utilizando un protocolo de NFB de 40 sesiones, siendo el mayor número aplicado en lo que respecta a estudios anteriores. Sin embargo, los resultados continúan siendo similares debido a que la evidencia anecdótica y evaluación indica una transferencia del entorno clínico a las funciones cotidianas del paciente, permitiendo así una mejoría en la calidad de vida y las funciones ejecutivas. Resultados similares a los obtenidos por Mroczkowska (2014), con un caso único con diagnóstico de ICTUS hemorrágico, donde la intervención con NFB en un número menor de sesiones (10) mostró mejoras en las funciones ejecutivas.

Los resultados de los estudios antes mencionados exponen que el NFB es una herramienta que ha demostrado mejoría significativa en las funciones ejecutivas, incluso muchos años después de la lesión (Wing, 2001). No obstante, gran parte de los estudios se encuentran basados en un caso único, con escasas sesiones de NFB y sin un seguimiento de los resultados a largo plazo (Ver tabla 3).

4.2.2.3 Lenguaje

En dos de los estudios se describe la mejora del lenguaje como un posible efecto del NFB en pacientes con DCA. Ambos estudios revelan resultados similares en relación al lenguaje, por una parte Munivenkatappa et al. (2014) encontraron una mejoría significativa en la fluencia verbal del paciente, con un protocolo de 20 sesiones de NFB. Estos resultados positivos en el lenguaje se repiten en Mroczkowska et al. (2014) en un estudio de caso con diagnóstico de afasia de Broca como consecuencia de un ICTUS hemorrágico. La evaluación neuropsicológica previa reveló deterioro moderado en la memoria y funciones ejecutivas. Sin embargo posterior al tratamiento con NFB, que constaba de un número menor de sesiones (10), presentó mejoría en el lenguaje espontáneo, fluidez verbal y reducción en la sintomatología afásica. Cabe mencionar que a diferencia del estudio anterior, el paciente recibió intervención neuropsicológica tradicional al mismo tiempo que EEG-NFB. No obstante es necesario considerar que el procedimiento de evaluación no se encontraba estandarizado (Ver tabla 3).

4.2.3 Calidad de vida

Generalmente los pacientes que han sufrido un DCA, presentan afectaciones en la calidad de vida, definida por la OMS (1994) como la percepción del individuo sobre su posición en la vida dentro del contexto cultural y el sistema de valores en el que vive con respecto a sus metas, expectativas, normas y preocupaciones. Algunos aspectos que se ven alterados son la comunicación, la salud física, el comportamiento, la personalidad y el estado de ánimo (Dijkers, 2004).

De los 13 artículos incluidos en la revisión, tres evalúan el impacto del NFB en la calidad de vida de los pacientes. Bennett et., al (2017) y Reddy et.; al (2013), utilizaron el cuestionario Quality of Life scale (QOL) de la Organización Mundial de la Salud, que mide dominios amplios de la calidad de vida como la salud psicológica, la salud física, las relaciones sociales y el medio ambiente.

Autores como Bennett et., al (2017), incluyeron en su estudio 60 pacientes con DCA de los cuales 30 fueron tratados con 20 sesiones de NFB y otros 30 pacientes con tratamiento habitual. Los pacientes que fueron tratados con NFB obtuvieron mejoras significativas en la calidad de vida en comparación con el grupo de tratamiento habitual. Las puntuaciones obtenidas en el QOL indican que la mejoría se encuentra sujeta al tiempo que transcurra posterior a la lesión, es decir, menor tiempo igual a mejor pronóstico. Resultados que concuerdan con Reddy (2013), quien indica una diferencia significativa entre las puntuaciones previas y posteriores en todos los dominios de la calidad de vida, considerando que el NFB es eficaz. Aunque el autor considera necesario realizar una evaluación de seguimiento del impacto de NFB en la calidad de vida a largo plazo en futuros estudios (Ver tabla 3).

De la misma manera, Walker et al. (2002) llevaron a cabo un estudio con una muestra de 26 pacientes que sufrieron un TCE, con un mayor número de sesiones de NFB (40), encontrando cambios positivos en relación a la reinserción laboral de todos los pacientes empleados antes del accidente, incluidos aquellos para quienes se pronosticó una mejoría global limitada. No obstante, la mejoría no fue evaluada con algún instrumento estandarizado sino por medio de autoinforme (Ver tabla 3).

<i>Artículo</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Protocolo</i>	<i>Conclusiones</i>
Arroyo-Ferrer et al., 2021	Comparar un protocolo de rehabilitación neuropsicológica tradicional dirigido a la atención, las funciones ejecutivas, la memoria de trabajo con un protocolo de EEG-NFB personalizado basado en la inhibición de la banda theta (3 Hz -7 Hz) en las áreas frontales.	El estudio estuvo compuesto por 3 fases de 6 semanas. Durante la primera fase, el EEG-NFB fue aplicado en ocho sesiones durante las primeras dos semanas. La segunda fase fue un periodo de descanso de dos semanas sin ningún tipo de rehabilitación cognitiva y la tercera fase estuvo conformada por ocho sesiones de rehabilitación neuropsicológica, recibiendo cuatro sesiones por semanas.	Los dos protocolos tuvieron efectos cognitivos similares en la memoria a largo plazo, la velocidad de procesamiento, el rastreo visual, la atención alternante y la sostenida. No hay pruebas suficientes que respalden al NFB como herramienta única de rehabilitación pero no se descarta su uso complementario.
Munivenkatappa et al., 2014	Explorar los cambios causados por el EEG-NFB en las redes neuronales estructurales (materia gris) y materia blanca y funcionales entre los pacientes con DCA.	Se sometió a los pacientes a 20 sesiones de EEG-NFT cuantitativo, 40 min al día, 3 días a la semana durante un periodo de 2 meses. Los protocolos EEG-NFT dependían de la producción de frecuencias de onda theta de 4-7 Hz y alfa de 8-12 Hz.	El EEG-NFB tiene un potencial significativo para cambiar y regular las redes neuronales deterioradas entre los pacientes con DCA. Los jóvenes con DCA, con una discapacidad moderada y un rendimiento cognitivo deficiente pueden mejorar su calidad de vida mediante NFB.
Bennett et al., 2017	Estudiar el efecto del EEG-NFB sobre la calidad de vida en pacientes con DCA en el contexto de recuperación espontánea.	El protocolo EEG-NFB utilizado fue el entrenamiento α/θ . Cada sesión tuvo una duración de 40 minutos, recibiendo 3 sesiones por semana, durante un total de 20 sesiones.	El EEG-NFB ayuda a mejorar la calidad de vida en pacientes con DCA. La intervención temprana es más eficaz que la intervención posterior.
Wing K, 2001	Estudiar el efecto del entrenamiento en NFB en un paciente con tumor cerebral y lesión cerebral traumática.	La intervención tuvo una duración de 3 semanas y consistió en 40 sesiones de NFB, de las cuales 33 sesiones fueron recibidas en casa con Lexicor NFB y 7 sesiones con el sistema de imágenes EEG de Neuropathways.	Mejoras significativas en varias tareas funcionales. El uso de NFB para una persona con DCA puede generalizarse para el uso de sobrevivientes de accidentes cerebrovasculares.
Rostami et al., 2017	Evaluar el efecto del NFB en la atención continua y la memoria a corto plazo de los pacientes con DCA moderado.	Los pacientes del grupo de intervención en NFB recibieron 20 sesiones durante las primeras cuatro semanas, 5 sesiones por semana. Por otro lado, los pacientes del grupo de control participaron de las mismas sesiones de NFB desde la quinta semana hasta la octava semana del proyecto. Cada sesión tuvo una duración de 50 minutos.	El NFB no tiene un efecto sobre la atención sostenida y la memoria a corto plazo en pacientes con DCA. Se recomiendan estudios con tamaños de muestra más grandes, más sesiones de tratamiento y mayor seguimiento, además de la aplicación de diferentes protocolos.
Mroczkowska et al., 2014	Analizar la evolución de una paciente con DCA que recibe terapia de NFB junto a métodos de rehabilitación más tradicionales.	Se realizó evaluación del paciente antes y después de la intervención. El examen consistió en una evaluación de la influencia del neurofeedback en los parámetros neurofisiológicos del EEG durante la terapia: b1, b2, SMR, ondas t y relación t/SMR a t/b. El objetivo era reducir las ondas t y b2 y reforzar las ondas SMR y B. El entrenamiento se realizó en un ciclo de 10 sesiones, con una periodicidad de 3 veces por semana. El tiempo asignado a una sesión de entrenamiento fue de 40 minutos.	El NFB mejoró las funciones cognitivas y ejecutivas, redujo la ansiedad y los trastornos del ánimo manteniendo su motivación e implicación en el proceso. La terapia de NFB combinada con métodos estándar usados en la rehabilitación de pacientes con DCA puede usarse como un método adicional para ayudar a la recuperación.
Keller, 2001	Evaluar si la terapia de NFB puede mejorar los déficits de atención en	Se realizaron 10 sesiones de NFB durante dos semanas. Cada sesión tuvo una duración de 30 minutos.	El NFB es un método prometedor para el tratamiento de trastornos atencionales con pacientes con DCA.

	pacientes con DCA en fase de recuperación espontánea.		Se sugiere que la NFB no solo se centre en el aumento de la actividad Beta sino también en su duración. Se propone usar el NFB en las fases iniciales de la recuperación.
Luna Hernández et al., 2019	Comprobar la efectividad de la rehabilitación atencional mediante NFB, en paciente con DCA.	El programa estuvo compuesto de 4 fases. La primera consistió en la evaluación neuropsicológica pre tratamiento. La segunda fase, se enfocó en la implementación del NFB, con un protocolo de estimulación en la producción de las ondas beta. Esta fue utilizada durante 12 sesiones, dos sesiones por semana. La tercera fase consistía en una evaluación neuropsicológica postratamiento y en la cuarta fase, se reunieron los datos y resultados finales.	Mejoría en atención selectiva, sostenida, foco atencional, velocidad de procesamiento, memoria de trabajo y funciones ejecutivas posterior al proceso de estimulación con NFB comprobando su efectividad.
Ibric et al., 2009	Describir los cambios en la conectividad del EEG-NFB tras el entrenamiento en tiempo real.	Los protocolos de entrenamiento de NFB se desarrollaron en base a los resultados de una evaluación qEEG previa al entrenamiento. Los electrodos de NFB fueron colocados en las áreas frontales entre la Fp1=F7 y la Fp2=F8. El entrenamiento en NFB se realizó con ROSHI de EEG de dos canales. Se realizó una única sesión en NFB.	Cambios significativos en la conectividad QEEG-NFB en tiempo real. Las disfunciones asociadas al DCA se normalizaron parcialmente a través del NFB en este pequeño grupo.
Zorcec et al., 2011	Analizar los hallazgos del NFB en pacientes con DCA: a). Comparar resultados, b). mejorar en entrenamiento de NFB, c). introducir el cálculo del indicador de excitación mental general y d). evaluar las funciones ejecutivas pre y post entrenamiento de NFB.	Los pacientes recibieron intervención con NFB, utilizando el protocolo de SMR durante 20 sesiones. Con el objetivo de inhibir theta (4 – 7 Hz) y aumentar el SMR (alfa alta 10 – 14). Posteriormente se evaluaron las funciones ejecutivas.	Los hallazgos proporcionan un apoyo preliminar a la eficacia del NFB en la rehabilitación de una amplia gama después en un DCA. Se evidencian cambios positivos en las capacidades cognitivas, las funciones ejecutivas y la estabilidad emocional.
Reddy et al., 2013	Examinar la eficacia del NFB en pacientes con DCA.	La intervención con NFB se llevó a cabo durante 20 sesiones. Cada sesión tuvo una duración de 40 minutos, recibiendo de cuatro a seis sesiones por semana.	La NFB es eficaz para mejorar la disfunción cognitiva y la calidad de vida de los pacientes con DCA. Es rentable, eficaz y requiere de menos trabajo que otras modalidades de tratamiento.
Tinius & Tinius, 2000	Medir los cambios en pacientes con DCA y TDAH que fueron tratados con EEG-NFB combinado con reentrenamiento cognitivo comparado con un grupo control sin tratamiento.	Se aplicaron pruebas neuropsicológicas antes y después del tratamiento. Para ambos grupos se realizó intervención de 20 sesiones, con el objetivo de completar el tratamiento lo más rápido posible. Cada sesión tuvo una duración entre 30 a 45 minutos, y consiste en Neurofeedback visual y auditivo de Biolex EEG.	El modelo de tratamiento de proporcionar simultáneamente NFB y ejercicios de reentrenamiento cognitivo mejoró significativamente las puntuaciones en una medida de atención sostenida en pacientes diagnosticados con DCA y TDAH después de 20 sesiones.
Walker et al., 2002	Evaluar si el entrenamiento de EEG-NFB es eficaz para mejorar los síntomas residuales de la lesión cerebral.	Al principio de la intervención se realizó qEEG. Posteriormente se intervino con NFB, con el objetivo de normalizar las puntuaciones del qEEG. Las primeras 5 sesiones fueron de entrenamiento, después los pacientes continuaban con NFB hasta que reportaran mejora significativa o que se cumplieran un total de 40 sesiones.	En el entrenamiento en NFB en pacientes con DCA. La mayoría experimentó una mejoría de los síntomas postraumáticos persistentes posterior a la lesión. Estos cambios fueron sustanciales y rápidos, se vieron reflejados en el regreso al trabajo.

Tabla 2. Objetivo general, protocolo y conclusiones de los artículos incluidos.

<i>Artículo</i>	<i>Limitaciones</i>
Arroyo-Ferrer et al., 2021	<ul style="list-style-type: none"> - La inmediatez del registro de EEG después de la última sesión de EEG-NFB podría ocultar cambios producidos por el uso de realidad virtual. - Los protocolos de rehabilitación suelen ser más largos que ocho sesiones. - Resultados difícilmente generalizables.
Munivenkatappa et al., 2014	<ul style="list-style-type: none"> - Tamaño de la muestra muy pequeño.
Bennett et al., 2017	<ul style="list-style-type: none"> - Tamaño de la muestra muy pequeño. - Influencia de las variables del terapeuta sin tener en cuenta.
Wing K, 2001	<ul style="list-style-type: none"> - Tamaño de la muestra muy pequeño. - Su mejoría se puede atribuir a la motivación del paciente pero no a la recuperación espontánea.
Rostami et al., 2017	<ul style="list-style-type: none"> - Tamaño de la muestra muy pequeño. - Factores de co-intervención (medicación prescrita).
Mroczkowska et al., 2014	<ul style="list-style-type: none"> - Tamaño de la muestra muy pequeño. - Sin procedimientos de evaluación estandarizados.
Keller, 2001	<ul style="list-style-type: none"> - Los datos electrofisiológicos y conductuales no estaban distribuidos de forma simétrica. - No se tuvo en cuenta la duración de la actividad Beta.
Luna Hernández et al., 2019	<ul style="list-style-type: none"> - Tamaño de la muestra muy pequeño.
Ibric et al., 2009	<ul style="list-style-type: none"> - Tamaño de la muestra muy pequeño. - Una sola sesión de neurofeedback.
Zorcec et al., 2011	<ul style="list-style-type: none"> - Tamaño de la muestra muy pequeño.
Reddy et al., 2013	<ul style="list-style-type: none"> - La distribución de género y la gravedad de la lesión no fueron iguales en el grupo de intervención y el grupo de lista de espera. - No se realizó evaluación de seguimiento para medir la eficacia a largo plazo.
Tinius & Tinius, 2000	<ul style="list-style-type: none"> - No se evaluaron los cambios del tratamiento a largo plazo. - Las variables demográficas no se incluyeron en los análisis posteriores.
Walker et al., 2002	<ul style="list-style-type: none"> - Pocos pares de coherencia para medición. - Sin mediciones pre y post de qEEG y de autoinformes estandarizados..

Tabla 3. Principales limitaciones de los artículos incluidos.

5. DISCUSIÓN

El objetivo de esta revisión ha sido analizar la eficacia terapéutica del Neurofeedback como herramienta de rehabilitación en pacientes con daño cerebral adquirido, con el fin de aportar información a futuras investigaciones y a su uso en la práctica clínica. Con los estudios incluidos, se puede afirmar que el NFB es una técnica innovadora debido a que permite registrar y modular la actividad eléctrica cerebral, logrando que un paciente pueda modificar aspectos en su actividad cerebral por medio del aprendizaje. Es decir, aprender a cambiar la amplitud y la frecuencia de los componentes electrofisiológicos del cerebro. Además de la posibilidad de hacer que su ritmo y longitud de onda sea más rápido o lento de acuerdo a estados emocionales, de relajación y/o concentración.

Hasta la fecha, los protocolos de EEG con NFB han sido más investigados debido a su relativa rentabilidad y disminución de efectos secundarios, considerándolo como un método terapéutico que puede emplearse como posible medida complementaria en el marco de los conceptos de tratamiento de la terapia conductual.

De acuerdo con el análisis desarrollado en esta revisión, se concluye que el entrenamiento con NFB permite cambiar y regular las redes neuronales deterioradas en los pacientes con DCA, dicha conclusión se obtiene de los cambios que se presentan en las funciones cognitivas como: funciones ejecutivas (memoria de trabajo, velocidad de procesamiento y planificación), atención (alternante, sostenida y selectiva), memoria (visual y verbal) y lenguaje (fluidez verbal). Estos cambios permiten una mayor adaptación en las actividades diarias ocasionando un efecto positivo en la calidad de vida de los pacientes y abre la posibilidad de una reinserción laboral, debido a una mejoría significativa de los síntomas postraumáticos persistentes posterior al DCA (Walker et al., 2002).

Sin embargo, no todos los estudios incluidos tuvieron un efecto positivo en los pacientes con DCA, un ejemplo es la investigación realizada por Rostami y colaboradores (2017), quienes no tuvieron mejoras significativas en las funciones cognitivas relacionadas con la atención sostenida y la memoria a corto plazo, los autores concluyen que estos resultados se deben al bajo número de sesiones de NFB. Doce de los trece artículos, consideran que el neurofeedback es una herramienta prometedora para el tratamiento de pacientes con DCA, sin embargo, la mayoría coincide que no hay investigaciones de alto rigor científico que respalden su uso como herramienta única de rehabilitación pero no se descarta su uso complementario.

Referente a las limitaciones observadas (ver tabla 3), todos los estudios presentan muestras muy pequeñas que no exceden los 60 participantes, sus protocolos no se encuentran estandarizados y presentan un número reducido de sesiones, no realizan mediciones con pruebas estandarizadas antes, durante y después del tratamiento con NFB además no realizan un seguimiento a largo plazo. Así mismo, no tuvieron en cuenta factores de co-intervención como medicación prescrita, influencia del terapeuta, variables sociodemográficas, características de la lesión (localización y gravedad) que pudieran afectar los resultados obtenidos.

Por otra parte, durante el análisis de la eficacia del NFB se encontraron estudios que indican una mejoría, directa e indirectamente, de otras patologías y sintomatologías relacionadas con la población que sufre un DCA, como trastornos del estado de ánimo, ansiedad, trastornos de conducta, insomnio, entre otros. En el estudio llevado a cabo por Mroczkowska y colaboradores (2014) se concluyó que el NFB no solo mejora las funciones cognitivas del paciente con DCA sino también reduce de forma significativa los síntomas de ansiedad y los

trastornos del ánimo, siendo esto confirmado en un estudio recientemente realizado por Chao et al. (2021) con una muestra de 24 pacientes, de los cuales 17 con diagnóstico de Trastorno de Ansiedad, concluyeron que desde el aspecto neurofisiológico, el NFB afecta los patrones de actividad cerebral permitiendo así la mejoría en la ansiedad.

Del mismo modo, pacientes con diagnóstico de Trastorno por Estrés Post Traumático (TEPT) presentan un perfil de rendimiento neuropsicológico con alteraciones en los procesos de memoria y atencionales (Seijas, 2013). Un estudio controlado aleatorio dirigido por Van Der Kolk, et al. (2016) respalda la eficacia del EEG-NFB en procesos cognitivos como la memoria, con una muestra de 52 pacientes con Trastorno de Estrés Post Traumático (TEPT), los resultados revelan cambios positivos en la conectividad de la amígdala, específicamente en las áreas implicadas en el procesamiento defensivo, emocional y de la memoria.

La gran mayoría de los pacientes con un DCA presentan síntomas de conmoción cerebral, incluyendo sintomatología como trastornos de sueño, afectando así la calidad de vida del paciente. En el estudio de Reddy et al. (2013), incluidos en la revisión bibliográfica, encontraron que el NFB facilita la reducción de dichos síntomas. Dato respaldado con el estudio realizado por Leem, et al. (2021) donde se encontró que el NFB no solo mejoró la sintomatología de los pacientes con TEPT, sino también se observaron resultados positivos en efectos secundarios como ansiedad, depresión, insomnio y calidad de vida.

En relación a los cambios positivos en las funciones cognitivas de pacientes con DCA, se encontraron investigaciones similares que respaldan dichos resultados en pacientes con diagnóstico de Trastorno del Espectro Autista (TEA), entre ellos el estudio aleatorio controlado dirigido por Kouijzer et al. (2010) con una muestra de 20 pacientes donde los resultados a nivel cognitivo indican mejoría en las funciones ejecutivas tras el uso de NFB como herramienta de rehabilitación, encontrando una correlación positiva entre las tareas cognitivas y conductuales, cabe mencionar que las medidas de seguimiento a largo plazo revelan el mantenimiento de dichos resultados durante al menos seis meses después de que finalizó la intervención.

Así mismo, el trastorno por déficit de atención (TDA), es una de las patologías más estudiadas y con mayor evidencia relacionada con el NFB, su inicio surge de las primeras observaciones en niños con dificultades de aprendizaje o TDA, en su estado de reposo mostrando altas amplitudes de las oscilaciones de baja frecuencia de EEG, por ejemplo, las bandas delta y theta en comparación con niños sanos en desarrollo. (Sitaram et al., 2017).

El TDA es un trastorno neuropsiquiátrico que inicia en la infancia y la adolescencia, que en muchos casos persiste en la edad adulta (Faraone et al. 2006). El tratamiento de primera línea para el TDA es la medicación; sin embargo, por sí sola puede no ser tolerada de manera universal o proporcionar una mejoría funcional en algunos pacientes. En los últimos años han aumentado las investigaciones para el tratamiento del TDA a través de intervenciones no farmacológicas, entre ellas apuestan a la terapia cognitivo conductual, el mindfulness, la terapia conductual dialéctica y el neurofeedback.

Barth y Ehlis, (2019), en su revisión sistemática obtienen resultados que indican que el NFB conduce a mejoras significativas de los síntomas en simples comparaciones pre y post tratamiento, pero no siempre es superior a los grupos control de los ensayos controlados aleatorios. Los autores consideran que el NFB es un método terapéutico eficaz en la edad adulta, además, de ser un tratamiento seguro con efectos secundarios menores como el dolor de cabeza. Realizan una recomendación frente a fomentar la transferencia del aprendizaje a la vida cotidiana.

Estos resultados son coherentes con los obtenidos por Fullen et al., (2020), quienes apoyan la eficacia de la intervención con NFB, pero expresan que sigue siendo un enfoque controvertido debido a que todavía hay ausencia de investigaciones de alta calidad. En su revisión sistemática incluyen un estudio con muy buen grado de recomendación, en el cual examinaron la eficacia comparada con NFB simulada y la eficiencia con la terapia metacognitiva. Con un ensayo concurrente, triple ciego aleatorizado y controlado, sus resultados sugieren que los tres tratamientos fueron eficaces para reducir los síntomas de TDA, especialmente mostraron una mejora significativa en el funcionamiento en dominios cognitivos relevantes para la patología (Schönenberg et al., 2017).

Cabe resaltar, que si bien no encontraron una eficacia superior de la terapia de NFB en comparación con la terapia metacognitiva tampoco encontraron diferencias significativas en una aplicación a corto plazo. Teniendo en cuenta, que la terapia metacognitiva se ha recomendado para el tratamiento de pacientes con TDA, resultado de investigaciones con una evidencia muy satisfactoria.

Por último, Narimani et al., en el 2018 realizan un meta-análisis demostrando que el entrenamiento con NFB refuerza los mecanismos subyacentes de autorregulación para que funcionen de manera eficaz, regulando la actividad de ondas cerebrales, mejorando los problemas de impulsividad, hiperactividad e inatención. Sus resultados demuestran que el NFB tiene un gran efecto en relación a los síntomas y a las alteraciones cognitivas que presentan los pacientes con TDA. Los resultados positivos del NFB como método de intervención complementaria en diversas patologías, sugieren dicha técnica como potencial tratamiento para la mejora de las funciones cognitivas en los pacientes con DCA.

Los datos expuestos en la presente revisión bibliográfica no son suficientes para concluir la eficacia del NFB en pacientes con DCA, esto debido a las limitaciones y los déficits metodológicos presentes en algunos de los estudios. Por lo que, con la finalidad de conseguir un mayor grado de certeza en nuestras conclusiones se recomienda llevar a cabo nuevas investigaciones en las que se empleen grupos control con una muestra más amplia y heterogénea, diseños doble ciego, la utilización de pruebas neuropsicológicas estandarizadas pre y post tratamiento, protocolos de NFB con un mayor número de sesiones y un seguimiento de los resultados a largo plazo con la finalidad de prevenir sesgos y por ende tener resultados más concluyentes y veraces.

CONCLUSIONES

- Los hallazgos obtenidos en las investigaciones concuerdan que los pacientes con DCA son capaces de cambiar y modular su actividad eléctrica cerebral, mejorando las alteraciones que presenta en las funciones cognitivas tras el uso de NFB como técnica de rehabilitación.
- Los estudios proporcionan una oportunidad para continuar evaluando la eficacia del NFB, pero del mismo modo dejan ver la necesidad de crear protocolos de tratamientos basados en la evidencia científica de alta calidad, que se puedan implementar en pacientes con DCA.
- De acuerdo a los resultados obtenidos, el uso de NFB debe ser considerado como un método de tratamiento complementario, no como uso exclusivo, para el proceso de rehabilitación de pacientes con DCA.
- Sería importante evaluar el impacto que genera el entrenamiento del NFB en la vida cotidiana de los pacientes con DCA, debido a que algunos autores obtienen resultados

positivos en la calidad de vida, sin embargo no se realizó seguimiento a largo plazo del mantenimiento de dichos resultados.

- Los pacientes con DCA se pueden ver beneficiados con el uso de NFB como herramienta complementaria de intervención no invasiva debido a la efectividad a corto plazo, costo-utilitario y un bajo riesgo de presentar efectos secundarios.

REFERENCIAS

- Arango, J. C. (2006). *Rehabilitación Neuropsicológica*. México: Manual Moderno.
- Arroyo-Ferrer, A., Noreña, D. de, Serrano, J. I., Ríos-Lago, M., & Romero, J. P. (2021). Cognitive rehabilitation in a case of traumatic brain injury using EEG-based neurofeedback in comparison to conventional methods. *Journal of Integrative Neuroscience*, 20(2), 449. <https://doi.org/10.31083/j.jin2002047>
- Barth, B., & Ehlis, A.-C. (2019). Neurofeedback bei adlter aufmerksamkeitsdefizit-/hyperaktivitätsstörung: Stand der forschung und implikationen für die anwendung = Neurofeedback in adult attention-deficit/hyperactivity disorder State of research and practical implications. *Psychotherapeut*, 64(3), 194-201. <https://doi.org/10.1007/s00278-019-0350-4>
- Bennett, C., Sampath, S., Christopher, R., Thennarasu, K., & Rajeswaran, J. (2017). Effect of Electroencephalogram Neurofeedback Training on Quality of Life in Patients with Traumatic Brain Injury: In Context of Spontaneous Recovery. *Indian Journal of Neurotrauma*, 14(02/03), 129-134. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1649280>
- Borckardt, J., Morgan, P.S., Govindarajan, K., Brady, K., George, M.S., 2012. Intermittent "real-time" fMRI feedback is superior to continuous presentation for a motor imagery task: a pilot study. *J. Neuroimaging* 22, 58–66.
- Carrobes, J. A. (2016). Bio/neurofeedback. *Clínica y Salud*, 27(3), 125-131. <https://doi.org/10.1016/j.clysa.2016.09.003>
- Cantor, D., & Evans, J. R. (Eds.). (2014). *Clinical neurotherapy: Application of techniques for treatment*. Elsevier Academic Press.
- Chao, C., Xiaolin, X., Belkacem, A. N., Lin, L., Xing, W., Yi W., Penghai, L., Changming, W., Sha, S., Xixi, Z. y Dong, M. (2021). Efficacy Evaluation of Neurofeedback-based anxiety relief. (2021). *Frontiers in Neuroscience*. doi:<https://doi.org/10.3389/fnins.2021.758068>
- Chapín, T. J. y Russell-Chapin, L. A. (2014). *Neurotherapy and neurofeedback: brain-based treatment for psychological and behavioral problems*. Routledge: New York.
- Chen, C., Xiao, X., Belkacem, A. N., Lu, L., Wang, X., Yi, W., Li, P., Wang, C., Sha, S., Zhao, X., & Ming, D. (2021). Efficacy Evaluation of Neurofeedback-Based Anxiety Relief. *Frontiers in Neuroscience*, 15, 758068. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.758068>
- Chung SW, Rogasch NC, Hoy KE, Fitzgerald PB. Measuring brain stimulation induced changes in cortical properties using TMS-EEG. *Brain Stimul* 2015;8(6):1010–20.
- Collura, F. T. (2014). *Technical Foundations of Neurofeedback*. Routledge
- Dijkers, M. P. (2004). Quality of life after traumatic brain injury: A review of research approaches and findings. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85, 21-35. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2003.08.119>

- Evans, J. R. y Abarbanel, A. (1999). *Introduction to quantitative EEG and neurofeedback*. Academic Press: California.
- Faraone SV, Biederman J, Mick E (2006) The age-dependent decline of attention deficit hyperactivity disorder: a meta-analysis of follow-up studies. *Psychol Med* 36:159–165. <https://doi.org/10.1017/S003329170500471X>
- Federación Española de Daño Cerebral (FEDACE). (2020). *Las personas con daño cerebral España*. https://fedace.org/files/MSCFEDACE/2020-3/13-13-25-15.tsfedace.Resumen_Informativo_FEDACE_Informe_2016_Las_Personas_con_Daño_Cerebral_en_España.pdf
- Fullen, T., Jones, S. L., Emerson, L. M., & Adamou, M. (2020). Psychological treatments in adult ADHD: A systematic review. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment*, 42(3), 500-518. <https://doi.org/10.1007/s10862-020-09794-8>
- Guzmán, F. (2008). Fisiopatología del trauma craneoencefálico. *Colombia Médica*, 39, 7.
- Hammond, D. C. (2011). What is Neurofeedback: An Update. *Journal of Neurotherapy*, 15(4), 305-336. <https://doi.org/10.1080/10874208.2011.623090>
- Hampson, M., Ruiz, S., & Ushiba, J. (2020). Neurofeedback. *NeuroImage*, 218, 116473. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116473>
- Hellrung, L., Dietrich, A., Hollmann, M., Pleger, B., Kalberlah, C., Roggenhofer, E., Villringer, A., & Horstmann, A. (2018). Intermittent compared to continuous real-time fMRI neurofeedback boosts control over amygdala activation. *NeuroImage*, 166, 198-208. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.10.031>
- Ibric, V. L., Dragomirescu, L. G., & Hudspeth, W. J. (2009). Real-Time Changes in Connectivities During Neurofeedback. *Journal of Neurotherapy*, 13(3), 156-165. <https://doi.org/10.1080/10874200903118378>
- Johnson, K.A., Hartwell, K., LeMatty, T., Instituto Nacional de Estadística (INE). (2018, noviembre). Encuesta de Discapacidad, Autonomía personal y situaciones de Dependencia (EDAD). Año 2008. <https://www.ine.es/prensa/np524.pdf>
- Keller, I. (2001). Neurofeedback Therapy of Attention Deficits in Patients with Traumatic Brain Injury. *Journal of Neurotherapy*, 5(1-2), 19-32. https://doi.org/10.1300/J184v05n01_03
- Kouijzer M., Van H. T., de Moor J., Gerrits B. y Buitelaar J. K. (2010). Neurofeedback treatment in autism. Preliminary findings in behavioral, cognitive, and neurophysiological functioning. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 4(3), 386-399. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2009.10.007>
- Kropotov J, (2009). *Quantitative EEG, even-related potentials and neurotherapy*. Elsevier: Amsterdam.
- Larsen, S. (2012). *The Neurofeedback Solution: How to treat autism, ADHD, anxiety, brain injury, stroke, PTSD and more*. Healing Art Press: Canada.

- Leem, J., Cheong, M. J., Lee, H., Cho, E., Lee, S. Y., Kim, G.-W., & Kang, H. W. (2021). Effectiveness, Cost-Utility, and Safety of Neurofeedback Self-Regulating Training in Patients with Post-Traumatic Stress Disorder: A Randomized Controlled Trial. *Healthcare*, 9(10), 1351. <https://doi.org/10.3390/healthcare9101351>
- Luna Hernández, J. A., Hernández Arteaga, I., & Santander Araujo, R. A. (2019). Neurofeedback y Trauma Craneoencefálico Frontal: Estudio de Caso. *Revista de Psicología Universidad de Antioquia*, 11(1), 177-194. <https://doi.org/10.17533/udea.rp.v11n1a08>
- Mayor, L. C., Burneo, J. y Ochoa J.G. (2013). *Manual de Electroencefalografía*. Ediciones Uniandes: Bogotá.
- Mroczkowska, D., Białkowska, J., & Rakowska, A. (2014). Neurofeedback as supportive therapy after stroke. Case report. *Postępy Psychiatrii i Neurologii*, 23(4), 190-201. <https://doi.org/10.1016/j.pin.2014.09.002>
- Munivenkatappa, A., Rajeswaran, J., Indira Devi, B., Bennet, N., & Upadhyay, N. (2014). EEG Neurofeedback therapy: Can it attenuate brain changes in TBI? *NeuroRehabilitation*, 35(3), 481-484. <https://doi.org/10.3233/NRE-141140>
- Muñoz, E., De Noreña, D. y Sanz, A. (2017). Neuropsicología del daño cerebral adquirido: Traumatismos craneoencefálicos, accidentes cerebrovasculares y tumores del sistema nervioso central. Editorial UOC: Barcelona.
- Narimani, M., Ensafi, E., & Aval, N. M. (2018). Effectiveness of neurofeedback treatment on adult ADHD: A meta-analysis. *Journal of Practice in Clinical Psychology*, 6(2), 73-82. <https://doi.org/10.29252/nirp.jpccp.6.2.73>
- Pascale, V. (2018). *Neurofeedback: Tools, methods, and applications*. ISTE Press: London
- Podell, K., Gifford, K., Bougakov, D., & Goldberg, E. (2010). Neuropsychological Assessment in Traumatic Brain Injury. *Psychiatric Clinics of North America*, 33(4), 855-876. <https://doi.org/10.1016/j.psc.2010.08.003>
- Pop-Jordanova, N., & Demerdzieva, A. (2010). Biofeedback Training for Peak Performance in Sport—Case Study. *Macedonian Journal of Medical Sciences*, 3(2), 113-118. <https://doi.org/10.3889/MJMS.1857-5773.2010.0098>
- Portellano, J. A. (2005). *Introducción a la neuropsicología* (1era edición). McGraw-Hill: España.
- Reddy, R. P., Rajeswaran, J., Devi, B. I., & Kandavel, T. (2013). Neurofeedback Training as an Intervention in a Silent Epidemic: An Indian Scenario. *Journal of Neurotherapy*, 17(4), 213-225. <https://doi.org/10.1080/10874208.2013.847139>
- Renner TJ, Gerlach M et al (2008) Neurobiologie des Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätssyndroms. *Nervenarzt* 79:771–781. <https://doi.org/10.1007/s00115008-2513-3>
- Rodríguez, B. G. (2014). Alteraciones visuales, atencionales y perceptivas después de un daño cerebral adquirido: Aportaciones desde la neuropsicología. *Integración: Revista sobre Discapacidad Visual*, 64, 1-14.

- Rostami, R., Salamati, P., Yarandi, K. K., Khoshnevisan, A., Saadat, S., Kamali, Z. S., Ghiasi, S., Zaryabi, A., Ghazi Mir Saeid, S. S., Arjipour, M., Rezaee-Zavareh, M. S., & Rahimi-Movaghar, V. (2017). Effects of neurofeedback on the short-term memory and continuous attention of patients with moderate traumatic brain injury: A preliminary randomized controlled clinical trial. *Chinese Journal of Traumatology*, 20(5), 278-282. <https://doi.org/10.1016/j.cjte.2016.11.007>
- Schönenberg, M., Wiedemann, E., Schneidt, A., Scheeff, J., Logemann, A., Keune, P. M., & Hautzinger, M. (2017). Neurofeedback, sham neurofeedback, and cognitive-behavioral group therapy in adults with attention-deficit hyperactivity disorder: A triple-blind, randomized, controlled trial. *The Lancet Psychiatry*, 4(9), 673-684. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(17\)30291-2](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(17)30291-2)
- Seijas, R. (2013). Trastorno por estrés postraumático y cerebro. *Revista de la Asociación Española de Neuropsiquiatría*, 33(119), 511-523 <https://dx.doi.org/10.4321/S0211-57352013000300004>
- Sitaram, R., Ros, T., Stoeckel, L., Haller, S., Scharnowski, F., Lewis-Peacock, J., Weiskopf, N., Blefari, M. L., Rana, M., Oblak, E., Birbaumer, N., & Sulzer, J. (2017). Closed-loop brain training: The science of neurofeedback. *Nature Reviews Neuroscience*, 18(2), 86-100. <https://doi.org/10.1038/nrn.2016.164>
- Sohlberg, M. M. y Mateer, C. A. (2001). Cognitive rehabilitation: An integrative neuropsychological approach. New York; Guilford Press.
- Strehl, U. (2009). Slow cortical potentials neurofeedback. *Journal of Neurotherapy*, 13, 117-126.
- Tinius, T. P., y Tinius, K. A. (2000). Changes After EEG Biofeedback and Cognitive Retraining in Adults with Mild Traumatic Brain Injury and Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Journal of Neurotherapy*, 4(2), 27-44. https://doi.org/10.1300/J184v04n02_05
- Toomim, H., & Carmen, J. (2009). Hemoencephalography: Photon-based blood flow neurofeedback. In T. H. Budzyknski, H. K. Budzynski, J. R. Evans & A. Abarbanel (Eds.), *Introduction to quantitative EEG and neurofeedback: Advanced theory and applications 2nd ed.*, (pp. 169-194). New York, NY: Elsevier.
- Tremblay, S., Rogasch, N. C., Premoli, I., Blumberger, D. M., Casarotto, S., Chen, R., Di Lazzaro, V., Farzan, F., Ferrarelli, F., Fitzgerald, P. B., Hui, J., Ilmoniemi, R. J., Kimiskidis, V. K., Kugiumtzis, D., Lioumis, P., Pascual-Leone, A., Pellicciari, M. C., Rajji, T., Thut, G., ... Daskalakis, Z. J. (2019). Clinical utility and prospective of TMS-EEG. *Clinical Neurophysiology*, 130(5), 802-844. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.01.001>
- Van der Kolk, B. A., Hodgdon, H., Gapen, M., Musicaro, R., Suvak, M. K., Hamlin, E., & Spinazzola, J. (2016). A Randomized Controlled Study of Neurofeedback for Chronic PTSD. *PLOS ONE*, 11(12), e0166752. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166752>
- Walker, J. E., Norman, C. A., & Weber, R. K. (2002). Impact of qEEG-Guided Coherence Training for Patients with a Mild Closed Head Injury. *Journal of Neurotherapy*, 6(2), 31-43. https://doi.org/10.1300/J184v06n02_05

- Wing, K. (2001). Effect of Neurofeedback on Motor Recovery of a Patient with Brain Injury: A Case Study and Its Implications for Stroke Rehabilitation. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 8(3), 45-53. <https://doi.org/10.1310/4G2F-5PLV-RNM9-BGGN>
- World Health Organization. Quality of life Assessment. An annotated bibliography. Geneva: WHO (MNH/PSF/94.1), 1994.
- Zorcec, T., Demerdzieva, A., & Pop-Jordanova, N. (2011). *QEEG, Brain Rate, Executive Functions and Neurofeedback Training in Patients with Traumatic Brain Injury*. 19(1), 6.