

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ

FACULTAD DE MEDICINA

TRABAJO FIN DE GRADO EN TERAPIA OCUPACIONAL



Título del Trabajo Fin de Grado. NEUROREHABILITACIÓN DESDE LA TERAPIA OCUPACIONAL CON LA ESTIMULACIÓN ELÉCTRICA TRANSCRANEAL (TDCS) COMBINADA CON EL USO DEL BRAZO ROBOT.

AUTOR: Pérez Ludeña, Andrea

Nº expediente: 410

TUTOR: Villanueva Roig, Jose Heliodoro

COTUTOR: Garrote García, Alicia

Departamento y Área. Bioquímica y Biología Molecular

Curso académico 2015 - 2016

Convocatoria de Mayo



ÍNDICE

	PÁG
➤ Resumen	4
➤ Abstract	5
➤ Introducción	6
- Hipótesis del trabajo y objetivos	9
➤ Material y métodos	10
- Población en estudio y número total de pacientes	10
Criterios de inclusión	10
Criterios de exclusión	10
- Metodología	11
- Variables del estudio	12
➤ Resultados	14
➤ Discusión	16
➤ Conclusiones	19
➤ Anexos	20
➤ Bibliografía	23

RESUMEN

Introducción: El accidente cerebrovascular es una de las causas más frecuentes del daño cerebral adquirido que aparece como un trastorno circulatorio cerebral y tiene como consecuencia múltiples alteraciones motoras y funcionales. El objetivo general del presente estudio es presentar la aplicación de la estimulación eléctrica transcraneal combinado con el uso del brazo robot, como nuevas tecnologías en un servicio de neurorehabilitación. El objetivo específico es valorar si la combinación de ambas terapias mejora la capacidad funcional y motora de los pacientes.

Material y métodos: Estudio descriptivo prospectivo observacional en una muestra de cuatro pacientes del Hospital La Pedrera de Denia, que han sufrido un ictus. Se llevan a cabo sesiones de estimulación eléctrica transcraneal combinadas con la terapia del brazo robot basándonos en un protocolo de intervención.

Resultados: Se ha observado una evolución motora y funcional en todos los casos. Ha habido una mejoría del balance motor reflejada en la escala del índice motor, con un promedio de ganancia de 24 puntos. Además todos los pacientes mejoraron el tono muscular, permitiendo cierto grado de movilidad para el desempeño de actividades con el miembro superior. Respecto al grado de dependencia se ha observado una mejoría reflejada en el índice Barthel, con ganancia promedio de 40 puntos.

Conclusión: La técnica utilizada es segura, de fácil usabilidad y no hubo efectos secundarios relevantes. Además aporta beneficios en cuanto a la recuperación funcional y motora en todos los pacientes. No obstante son necesarios más estudios que aporten más datos y experiencia sobre el uso de ambas técnicas.

ABSTRACT

Introduction: cerebrovascular accident is one of the most common causes of acquired brain damage that appears as a cerebral circulatory disorder and comes with multiple functional and motor alterations. The overall aim of this study is to present a combination of transcranial electrical stimulation with robotic arm use as a new technology for neurorehabilitation. The specific aim is to assess if both therapies improve the functional and motor ability of patients with the proposed combination.

Material and methods: A prospective, descriptive and observational study is performed in a sample of four patients in Hospital La Pedrera de Denia, who had experienced a stroke. Transcranial electrical stimulation sessions are conducted while several activities are being performed by using a robotic arm. This therapy is based on an intervention protocol.

Results: A functional and motor evolution is appreciated in all four cases. There has been an improvement in motor balance reflected in the motor index, with an average gain of twenty four points. Furthermore, all patients had an improvement in the muscle tone. This improvement has allowed some mobility degree for the performance of activities with upper extremity. In relation to the degree of dependency, an improvement reflected in the Barthel Index has been seen, with an average gain of forty points.

Conclusion: An improvement in functional and motor ability is observed in all patients. The technique used is safe, easy to use and without relevant side-effects. Besides this, it provides benefits in mobility and functional recovery in all four patients. It is important to mention that it is necessary more studies that bring little by little more data and more knowledge in the use of both techniques.

INTRODUCCIÓN

El Daño Cerebral Adquirido (DCA) se define como una lesión súbita del cerebro que tiene como consecuencia fundamental la pérdida de las funciones cerebrales previamente desarrolladas, las cuales implican: el sistema motor y sensorial, el funcionamiento cognitivo, las habilidades comunicativas y la capacidad para regular la conducta y las emociones. El DCA hace referencia a un conjunto de causas bastante heterogéneo. Entre las más frecuentes se encuentran: los accidentes cerebrovasculares (ACV) o también llamados ictus, los traumatismos craneoencefálicos (TCE), los tumores cerebrales y la anoxia cerebral. Otras causas menos frecuentes son las enfermedades infecciosas e inflamatorias.¹

Denominamos ictus a un trastorno brusco de la circulación cerebral, que altera la función de una determinada región del cerebro. Su presentación es brusca y puede producirse tanto por una disminución importante de flujo sanguíneo que recibe una parte de nuestro cerebro, como por la hemorragia originada por la rotura de un vaso cerebral. En el primer caso hablaríamos de ictus isquémicos, son los más frecuentes y su consecuencia final es el infarto cerebral. Esto se considera una situación irreversible que provoca la muerte de las neuronas por una falta de aporte de oxígeno y nutrientes. En el segundo caso nos referimos a ictus hemorrágicos, son menos frecuentes, pero con mayor mortalidad. Como contrapartida, los supervivientes de un ictus hemorrágico suelen presentar, a medio plazo, secuelas menos graves. Un subtipo de ictus hemorrágico es el producido por la rotura de aneurismas que son dilataciones vasculares que resultan de defectos localizados en la elasticidad del vaso.²

Entre las alteraciones más frecuentes del ictus, se encuentran: trastornos motores en el lado contralateral al foco de la lesión (hemiplejías), dificultad en la secuenciación y coordinación de los movimientos, trastornos de equilibrio y postura, perturbaciones de lenguaje, déficit de memoria, problemas perceptivos y un incremento de la dependencia funcional para realizar actividades cotidianas.³

La incidencia actual del ictus en nuestro país oscila entre 150-250 casos por 100000 habitantes/año. Las tasas se multiplican por 10 en la población mayor de 75 años, siendo la incidencia acumulada hasta los 65 años del 3%, y aumentando hasta el 24% en los mayores de 85 años. Según las

proyecciones demográficas de la OMS, entre 2000 y el 2025 la incidencia de ictus aumentará un 27% en los países europeos, siendo más frecuente en varones y en zonas urbanas.⁴

Existen factores pronósticos sobre la evolución del paciente, como por ejemplo: el retraso en la mejoría, intensidad de las deficiencias, edad, grado de dependencia previo al ictus, entorno y apoyo social, sintomatología depresiva, grado de afectación motora en el momento del ictus, alteración del lenguaje, del equilibrio, deambulación, presencia de deterioro cognitivo y defectos en el campo visual, entre otros⁵.

El proceso de rehabilitación ante un ictus se ha de iniciar de forma precoz y se puede estructurar en tres períodos:

- Período agudo: comprende los cursos iniciales desde la instauración del ictus y su signo más determinante es la hipotonía. Los pacientes en este tiempo suelen permanecer encamados. La intervención irá dirigida a prevenir actitudes viciosas, realizar movilizaciones pasivas y estimulación sensorial, entre otros.
- Período subagudo: se identifica con la aparición de espasticidad e hiperreflexia y normalmente va acompañado de recuperación motora en casos favorables, por lo que marcará el inicio de la fase de trabajo activo por parte del paciente.
- Período de estado: Es el tratamiento una vez se ha alcanzado la estabilidad del cuadro de la enfermedad. La recuperación será relativa, de manera que el esfuerzo terapéutico irá encaminado a la adaptación de la situación funcional que resta y del entorno del paciente.⁵

Existen diversas **técnicas terapéuticas** para la rehabilitación del miembro superior (MS) en el ictus, pero ninguna se ha mostrado totalmente eficaz en la recuperación del paciente, ya que los síntomas varían en función de varios factores: individualidad de la persona, causa de la lesión, entorno habitual y diversidad de tratamientos recibidos⁵. Algunas de las más utilizadas son:

- Método Bobath:

Parte del principio de organización jerárquica del Sistema Nervioso Central (SNC), de manera que después de un ictus, toda conducta motora quedaría apartada a automatismos de centros inferiores, por lo que cualquier movimiento voluntario formaría parte de estrategias motoras llevados por estos centros primitivos. La intervención irá dirigida a guiar y estimular mediante técnicas de facilitación de la motilidad, inhibición de la espasticidad y de los patrones patológicos, a la adquisición de conductas motoras cada vez más evolucionadas y normalizadas.⁶

- Perfetti o Ejercicio Terapéutico Cognoscitivo (ETC):

Se define como: “la capacidad adaptativa del SN para minimizar los efectos de las lesiones a través de modificar su propia organización estructural y funcional”. El principal objetivo es conseguir la normalidad del movimiento mediante la búsqueda de una activación y la mejora del reclutamiento motor.⁷

- Facilitación Neuromuscular Propioceptiva (FNP- “Kabat”):

Se fundamenta en el movimiento natural del ser humano. Utilizando estímulos propioceptivos, reflejos y otros mecanismos de facilitación, para activar el SNC con el fin de mejorar o provocar coordinación, equilibrio, contracción y relajación muscular.⁸

También se ha extendido el uso de **nuevas tecnologías** para la rehabilitación del MS como:

- Terapia asistida por robot:

Se ha demostrado que la terapia asistida con robot dirigido a un objetivo específico, durante tareas repetitivas, es eficaz en la reducción de las deficiencias motoras en el brazo afectado después del ictus^{9,10}

- Estimulación Magnética Transcraneal (EMT):

La EMT es una técnica neurofisiológica que permite la inducción, de forma segura y no invasiva, de una corriente en el cerebro. Esta técnica se basa en los principios de la inducción electromagnética descubierta por Anthony y Barker en 1984, que desarrollaron un estimulador capaz de despolarizar neuronas en la corteza cerebral y evocar movimientos contralaterales al activar las vías corticoespinales. Además, aplicada de forma repetitiva, la EMT es capaz de

modular la actividad cerebral en la región cortical afectada más allá de la duración de la estimulación misma. Esto permite explorar aplicaciones terapéuticas, donde la EMTr es utilizada para inducir cambios deseables en la actividad cerebral y normalizar alteraciones.¹¹

- Estimulación Eléctrica Transcraneal con corriente continua (tDCS):

Uno de los enfoques en Neurorehabilitación, es el de la neuromodulación con el objetivo de optimizar la rehabilitación motora tras el ictus. La tDCS es una herramienta utilizada para modular la excitabilidad cortical motora e inducir una polarización en el cerebro a través de la aplicación directa de una corriente eléctrica continua de baja intensidad, sobre el cuero cabelludo del paciente. Es una técnica no invasiva, de bajo costo y fácil de usar¹².

Los estudios realizados verifican que la estimulación cerebral de baja intensidad es una técnica segura, no resulta dolorosa, es bien tolerada tanto en voluntarios sanos como en pacientes con lesión neurológica y sus efectos secundarios son infrecuentes^{13, 14 y 15}.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

En el presente estudio partimos de la **hipótesis** de que la funcionabilidad y movilidad de los pacientes con plejía de miembro superior secundaria a ictus, mejora tras recibir un programa de rehabilitación mediante el uso de brazo robot y estimulación eléctrica transcraneal (tDCS).

El **objetivo principal** es presentar la aplicación en un servicio de neurorehabilitación de una nueva tecnología (tDCS) en combinación con la terapia de robot asistido, así como su usabilidad y tolerabilidad.

El **objetivo secundario** es valorar la mejoría funcional y motora en pacientes que han sufrido un ictus tras la aplicación de una estimulación transcraneal eléctrica de corriente continua combinada con el uso del brazo robot.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Población en estudio y número total de sesiones

Se trata de un estudio descriptivo prospectivo observacional de pacientes con ictus atendidos en la Unidad de Daño Cerebral del Hospital la Pedrera en Denia, desde Noviembre de 2015 hasta Marzo de 2016, y que además recibieron estimulación eléctrica transcraneal (tDCS) como tratamiento complementario a la fisioterapia convencional para el tratamiento del déficit motor.

Los pacientes fueron seleccionados tras aceptar su participación en el estudio y cumplir los criterios de inclusión y ninguno de exclusión, que eran los siguientes:

Criterios de inclusión

- Mayor de 18 años.
- Consentimiento de participación.
- Hemiplejía o hemiparesia flácida secundaria al daño cerebral.
- Nivel cognitivo normal o alteración cognitiva leve que no interfiera en la rehabilitación.
- Buen control de tronco en sedestación.
- Ausencia de omalgia.

Criterios de exclusión

- No cumplir alguno de los criterios de inclusión.
- Antecedentes de epilepsia.
- Antecedentes de neurocirugía o craniectomía.
- Portador de implantes metálicos en el cerebro/cráneo.
- Embarazo.
- No craniotomizado (sin calota).

2. Metodología

Estimulación Eléctrica Transcraneal de Corriente Continua (tDCS)

Para llevar a cabo la estimulación, se requiere los siguientes materiales: un casco de neopreno, electrodos conectados a cables, una caja de control neuroeléctrico y un software (ordenador). El sistema utilizado ha sido: **StarStim de la empresa NE® (Neuroelectrics®)**, producto sanitario aprobado para su uso clínico.

El casco de neopreno tiene unas dimensiones de 60 x 85 x 20 cm, en el que se conectan los electrodos que provienen de una caja de control situada en la parte posterior inferior, enganchada mediante velcro. A través de los electrodos, se realiza la conducción eléctrica, para lo que se recubren con un material esponjoso que se empapa en suero salino, con el objetivo de mejorar la conducción eléctrica. **(Figura 1).**

Un programa software llamado Enobio (BrainwavesMade Simple), se utiliza para activar y registrar los datos de la estimulación. La caja de control, situada en el casco de neopreno, se conectará mediante “bluetooth” a un dispositivo inalámbrico, conectado a un ordenador cerca de la zona donde se está realizando la estimulación.¹⁶

El protocolo que se ha utilizado como guía para realizar la intervención de estimulación combinado con brazo robot es el desarrollado por Lindenberg et al. 2010¹⁷ y consiste en la conexión de dos cables procedentes de la caja de control al casco de neopreno. El cable número uno, se conectará en el electrodo del hemisferio lesionado, creando una leve corriente continua eléctrica (estimulación anódica). En cambio, el cable dos lo colocaremos en el hemisferio contralesional, donde se creará el retorno de dicha corriente (estimulación catódica). La intensidad utilizada es de 1.5 mA durante 30 minutos.

El brazo robot:

El brazo robot es una nueva tecnología procedente de la Universidad Miguel Hernández (UMH). El dispositivo robot consta de un soporte del brazo a través del cual se realiza el movimiento necesario para interactuar con el sistema y completar las actividades propuestas. En la base de dicho robot se almacenan los resultados y datos obtenidos durante las sesiones. **(Figura 2)**

El movimiento que ofrece el dispositivo puede ser: asistido, libre pero asistido por el miembro sano, libre o resistido.

El nivel de asistencia en los pacientes a los cuales se ha aplicado el estudio es de movimiento asistido, ya que poseen una gran afectación motora y baja capacidad de movilidad en el miembro afecto. Para utilizarlo es necesario que el paciente tenga un buen control de tronco en sedestación.

Se ha utilizado el brazo robot como herramienta de actividad física en el miembro superior y así promover la capacidad sensorio-motriz, la integración y coordinación de los movimientos mediante la realización de distintos ejercicios que requieren movimientos de codo y hombro (extensión y flexión, abducción y aducción)

3. Variables de estudio

Los resultados de las valoraciones realizadas a los pacientes se recogieron en la base de datos usada en el hospital, el RAH (Registro de Atención Hospitalaria).

Al inicio y al final del estudio, se pasaron unas escalas para valorar la evolución motora y funcional de los pacientes:

Evaluación motora

- **Índice Motor¹⁸:**

Valora el déficit motor mediante la puntuación de la fuerza muscular del hemicuerpo afectado explorando la acción en seis músculos claves (tres del miembro superior y otros tres del miembro inferior). La puntuación oscila de 1 (sin movimiento o parálisis total) a 100 (normalidad).

- **Escala FIST (Functional in Sitting Test)¹⁹**

Valora la funcionalidad en sedestación (control de tronco en general) durante el desempeño de tareas con un rango de puntuación de 0-56.

- **Escala de equilibrio de BERG (Berg Balance Scale)²⁰:**

Herramienta de evaluación que se utiliza para identificar el grado de afectación del equilibrio estático y dinámico durante el desempeño de actividades funcionales, desde un alto riesgo de caída (0-20), moderado (21-40) y leve (41-56).

- **Test de control de tronco ²¹:**

Valora la capacidad para realizar cambios posturales hacia ambos lados y de decúbito a sedestación, así como el equilibrio en sedestación. El test presenta validez predictiva sobre la recuperación funcional de los pacientes. El rango de puntuación es de 0 a 100 (siendo 0 la falta total de equilibrio y 100 la normalidad).

- **Escala de Ashworth Modificada ²²:**

Se encarga de la evaluación de la espasticidad (evaluando el tono muscular normal o aumentado) en diferentes articulaciones. Incluye 5 grados ordinales del 0 al 4; siendo el 0 no hay cambios en la respuesta del musculo en los movimientos de flexión o extensión y 4 las partes afectadas están rígidas en flexión o extensión cuando se mueven pasivamente.

Evaluación funcional

- **STREAM (Stroke Rehabilitation Assessment of Movement Measure)²³:**

Escala de fácil administración, diseñada para proporcionar evaluación cuantitativa del funcionamiento motor y grado de movilidad en pacientes con ictus.

Se valora la realización de una serie de movimientos con el MS. Se evalúa la amplitud de movimiento y la calidad del mismo en función de la desviación de la normalidad. Para ello se utilizan ítems que varían desde 0, sin movimiento, distintos grados del ítem 1, con capacidad de realizar solo una parte del movimiento y 2 cuando es capaz de completar el movimiento. El resultado se obtiene mediante la suma de todos los ítems. El máximo es de 20 puntos para el apartado miembro superior, 20 puntos para miembro inferior y 30 puntos para el apartado de movilidad básica.

- **Escala modificada de RANKIN ²⁴**

Utilizado para medir la gravedad de las secuelas y el nivel de independencia funcional global de los pacientes. En la versión modificada existen siete categorías, que van desde 0 (síntomas ausentes), pasando por distintos grados de discapacidad, hasta el máximo posible, valorado como 6 que implica la muerte del paciente.

- **Índice de Barthel (IB)** ²⁵:

El IB es una medida genérica que cuantifica la capacidad de una persona para el desempeño de las actividades cotidianas (AVD`s), dándonos información sobre el grado y evolución de la dependencia. La puntuación varía de 0 a 100, con intervalos de 5 puntos (0 – máxima dependencia y 100- máxima independencia).

Se realizó un análisis estadístico “**T de Student**” para muestras apareadas, comparando los resultados pre y post intervención.

RESULTADOS

Durante el periodo de estudio, ingresaron en el Hospital la Pedrera 208 pacientes, de los cuales 80 ingresaron por DCA recibiendo tratamiento neurorrehabilitador consistente en los servicios de Fisioterapia, Terapia Ocupacional Cognitiva y Funcional y Logopedia, en función de las alteraciones cognitivas o motoras detectadas tras una valoración multidisciplinar.

De estos 80 pacientes, 39 recibieron Terapia Funcional del MS y 4 de ellos fueron seleccionados para el estudio por cumplir los criterios de inclusión y exclusión, dando su consentimiento. Participaron 3 varones y 1 mujer, con edad media de 63,5 años. La estancia media de ingreso fue de 116 días (DT: 14). En cuanto a la etiología del ictus, el 75% fueron isquémicos aterotrombóticos y uno de etiología isquémica embólica. Otra característica es que el 75% presentaban afectación motora izquierda y uno de ellos afectación motora derecha. En la **tabla 1** del apartado del anexo se describen las características de los participantes.

Todos los participantes del estudio, realizaron el protocolo de rehabilitación del MS mediante el uso del brazo robot de forma conjunta con estimulación eléctrica transcraneal. El promedio de sesiones realizadas fue de 14 (Min: 10, Max: 20). Todos los participantes recibieron al menos 10 sesiones de forma consecutiva. Uno de los pacientes completó las diez sesiones tal y como indica el protocolo (5 sesiones semanales durante dos semanas). Otro paciente realizó 11 sesiones porque realizó

su primera sesión un viernes, y posteriormente se completó el protocolo normal. Otro de los pacientes realizó 14 sesiones, porque los cuatro primeros días no fueron consecutivos, y se decidió completar para conseguir 10 sesiones según indica el protocolo. Por último, hubo un paciente que realizó 20 sesiones puesto que se objetivó mejoría en la movilidad a partir de la 9ª sesión de tDCS, decidiendo prolongar 10 sesiones más.

Durante el estudio, se observaron efectos secundarios de carácter leve en 3 de los 4 pacientes (**tabla 3**), referidos por ellos mismos como una sensación de hormigueo o parestesias en el MS afectado y el cuero cabelludo del lugar en el que se aplicaba la estimulación. En ningún caso, hubo cambios a nivel cutáneo y no se registraron quemaduras ni eritema. En cambio sí se detectó un leve aumento de la temperatura local pero ningún paciente abandonó el estudio por este motivo.

Los resultados obtenidos respecto a la evolución motora y funcional de los pacientes, fueron los siguientes (**tabla 4**):

- **Evolución motora:**

- En la escala del **Índice Motor** de MS, el valor promedio al ingreso fue de 3,75 (DT: 5.5). Al alta fue de 27,5 puntos (DT: 25,3). El resultado obtenido es estadísticamente significativo ($p = 0,0446$).
- En la escala de **FIST** el promedio de la puntuación inicial fue de 10 (DT: 15,6), con una puntuación final media de 40 (DT: 5,47). Resultado estadísticamente significativo ($p = 0,0248$).
- En la escala de **equilibrio de BERG**, el valor promedio fue de 1,25 (DT: 2,5) siendo la puntuación final media de 13,75 (DT: 2,6). Resultado estadísticamente muy significativo ($p = 0,0036$).
- En cuanto al **TCT**, el valor promedio inicial fue de 21, 15 (DT: 18,5), obteniendo un valor promedio final de 58,5 (DT: 15,5). Resultado estadísticamente significativo ($p = 0,0134$).
- **Escala Ashworth:** Todos los pacientes al ingreso tuvieron una puntuación de 0 o 1, dado que era uno de los requisitos para su inclusión en el estudio. En la valoración posterior, se observó un aumento de 1 punto en esta escala en tres de los pacientes. Resultado obtenido no es estadísticamente significativo ($p = 0,0917$).

- **Evolución funcional:**

- **Escala Stream:** Al ingreso todos los pacientes puntuaron 0 en esta escala, la cual mide la funcionalidad del MS. Al alta se alcanzó una puntuación media de 18,75 (DT: 18,8) (**Tabla 5**). El resultado no es estadísticamente significativo ($p = 0,1411$).
- **Escala Rankin:** Todos los pacientes presentaban al ingreso un grado de dependencia funcional grave (puntuación 5). Al alta 2 de los pacientes obtuvieron una puntuación de 4 (discapacidad moderadamente severa, incapaz de andar sin asistencia e incapaz de atender a sus necesidades corporales sin ayuda) y los otros dos pacientes obtuvieron una puntuación de 3 (discapacidad moderada, requiriendo alguna ayuda, pero capaz de caminar sin asistencia). Resultado estadísticamente significativo ($p = 0,013$).
- **Índice de Barthel:** El promedio al ingreso fue de 18,75 (DT: 11,08), lo cual corresponde a un grado de dependencia total. Al alta el valor promedio fue de 58,75 (DT: 4,7) lo que equivale a un Grado de dependencia moderada. (**Figura 3**). Resultado estadísticamente significativo ($p = 0,0293$).

DISCUSIÓN

El objetivo del estudio realizado era presentar la experiencia en la utilización de la tDCS como una técnica complementaria a la rehabilitación convencional, la cual es aplicada simultáneamente con la terapia de robot asistido. Existen estudios previos (Lindenberg et al. 2010, Hesse S et al. 2011^{17,26}), que sostienen que la estimulación central combinada con una estimulación periférica mediante Fisioterapia o Terapia Ocupacional, consigue una mayor efectividad en la recuperación funcional de los pacientes que han sufrido un ictus.

La técnica tDCS es conocida desde hace siglos y se ha utilizado para múltiples usos. Es en los últimos años cuando se está empezando a utilizar dicha técnica en pacientes con enfermedades neurológicas (Daño cerebral, Patología psiquiátrica, enfermedades neurodegenerativas...etc.), dado el importante descubrimiento de que el cerebro adulto posee una plasticidad mucho mayor de la que

anteriormente se creía²⁷. Los procesos neuroplásticos son responsables, en buena medida, de la recuperación de las funciones en los pacientes que han sufrido un ACV²⁸

Algunos centros en España que ofrecen el servicio de neurorehabilitación disponen de esta tecnología (Instituto Guttmann de Badalona o la Fundación Instituto Valenciano de Neurorehabilitación (FIVAN) de Valencia). El Hospital la Pedrera en Denia (Alicante), ha sido el primero de la red pública en adquirirlo.

Es importante remarcar que aunque el dispositivo tiene autorización para uso clínico, este debe hacerse siempre bajo la supervisión de un facultativo (preferiblemente neurólogo o médico rehabilitador) que se encarga de valorar que no haya contraindicaciones para su aplicación, y definir el protocolo indicado para cada paciente. La técnica es sencilla de aplicar, y una vez determinado el protocolo de estimulación, la sesión puede ser realizada por el personal de enfermería o el mismo terapeuta ocupacional.

En cuanto a la **eficacia del tratamiento**, se ha observado:

- Mejoría del balance motor global en todos los casos. En la escala Índice motor¹⁸, las puntuaciones respecto a la situación inicial, muestran un promedio de ganancia de 24 puntos. Se observa que ha habido resultados positivos en 3 de los cuatro pacientes tanto en miembro superior como inferior. Uno de ellos obtuvo la misma puntuación al inicio y final de la intervención para la medida del miembro superior, en cambio se reflejó una leve mejoría en la medida del miembro inferior.
- Todos los pacientes mejoraron el control de tronco en sedestación y por tanto el equilibrio durante la intervención.
- Todos los pacientes mejoraron el tono muscular medido por la escala modificada de Ashworth²²; mostrando un incremento en la puntuación de la misma, lo que se interpreta como un ligero aumento del tono muscular el cual es beneficioso, hasta cierto punto, para poder conseguir cierto grado de movilidad. En ninguno de los casos la puntuación final fue mayor de 2, lo cual hubiera sido contraproducente, puesto que valores superiores suponen un grado de espasticidad que impide el movimiento.

- Como no se trataban de conseguir únicamente el movimiento y tono muscular, sino que ambos se acompañaran de una mejoría funcional durante el desempeño de actividades con el MS, se realizó una valoración de este aspecto mediante la escala Stream²³ observándose una ganancia de casi 20 puntos sobre 100, partiendo del dato, de que la puntuación inicial de todos fue de 0 (incapaces de realizar el movimiento de la prueba a través de cualquier rango apreciable). Todos ellos mejoraron la movilidad proximal y en dos de los cuatro casos se consiguió además, movimiento de abducción de hombro, pronosupinación y cierre de mano. Hubo un caso (paciente 1) que mejoró en todos los ítems de la escala a excepción del movimiento de dedos. Por tanto, se observó una mejor recuperación del MS en musculatura proximal que distal.
- Respecto al grado de dependencia, se ha observado que los pacientes evolucionaron de una dependencia total o grave a una dependencia moderada en tres de los casos y a un grado de dependencia leve en uno de los casos. La ganancia promedio medida por el índice de Barthel²⁵ fue de 40 puntos. Se considera importante la valoración de este aspecto, puesto que, en el proceso neurorehabilitador, no solo es necesario que se consiga una mejoría a nivel motor, sino que esto se traduzca en un mayor grado de autonomía de los pacientes.

La mayoría de las valoraciones realizadas muestran diferencias estadísticamente significativas post tratamiento, excepto en aquellas que son más específicas de miembro superior como son, el IM de miembro superior y la escala Stream. Estos datos podrían apuntar a que la efectividad del tratamiento es mayor para el miembro inferior, pero debemos tener en cuenta el pequeño tamaño de la muestra evaluada. Por tanto más que extraer conclusiones definitivas, debemos plantearnos realizar nuevos estudios con mayor número de pacientes.

No se describieron efectos secundarios graves durante la aplicación de la tDCS, sólo efectos secundarios leves como calor o prurito local. Existen estudios^{29,17, 26} que verifican que la estimulación cerebral de baja intensidad es segura para uso en seres humanos y los efectos adversos son infrecuentes, lo cual es también nuestra experiencia.

Somos conscientes de que nuestro estudio tiene ciertas **limitaciones** como por ejemplo, los pocos pacientes incluidos. Esto se debe a que se trata de una tecnología de reciente adquisición en el centro de trabajo y su uso se ha iniciado hace pocos meses.

Hemos incidido sobre todo en la recuperación del miembro superior pero también hemos observado mejoría a nivel motor del miembro inferior. Sería necesario el uso de instrumentos de valoración específicos para el miembro inferior en estudios futuros.

Por último reseñar que no hemos realizado un estudio comparativo con un grupo control que hubiera recibido tratamiento convencional, para determinar si la mejoría se debe al uso de la nueva tecnología. En este sentido, sería de utilidad la realización de un estudio comparativo entre dos grupos de pacientes (estudios de casos y controles).

CONCLUSIONES

- Respecto al objetivo principal, el presente estudio demuestra que se trata de una técnica segura y de fácil usabilidad. No se han presentado efectos negativos importantes y ha habido una buena tolerancia durante la aplicación de ambas terapias en el presente estudio.
- En cuanto al objetivo secundario podemos concluir que se han presentado resultados de mejoría funcional y motora en todos los pacientes del estudio mediante la aplicación de la estimulación eléctrica transcraneal de corriente continua combinado con el uso del brazo robot.
- Por tanto concluimos que, tal y como habíamos planteado en la hipótesis del trabajo, la estimulación eléctrica y el uso del brazo robot mejora la funcionabilidad y movilidad en los pacientes con plejía de miembro superior secundaria a ictus.
- Por último, y debido a todo lo aportado en este estudio, vemos necesario y de interés, continuar realizando más investigaciones que complementen y aporten más datos y experiencia sobre la utilización de estas técnicas en el servicio de neurorehabilitación.

ANEXO

Tabla 1: Características de los pacientes

PAC	SEXO	EDAD	TIPO	ETIOLOGIA	LATERALIDAD ICTUS	LOCALIZACIÓN	DÍAS ESTANCIA
1	Varón	72	ISQ	ATER	Derecha	FRONTAL	106
2	Varón	58	ISQ	EMB	Izquierda	PAR-TEMP	105
3	Varón	70	ISQ	ATER	Derecha	GB	120
4	Mujer	54	ISQ	ATER	Derecha	GB	136

ISQ: Isquémico, Ater: Aterotrombótico. Emb: Embólico. Par-Temp: Parietotemporal. GB: Ganglios Basales.

Tabla 2: Actividades realizadas durante las sesiones de robot.

	<p>32 repeticiones de “Coger Manzanas” que se calcula que serán completadas en aproximadamente 4-5 minutos.</p>
	<p>32 repeticiones de “ruleta” (movimientos globales tanto de hombro como de codo), que se calcula que serán completadas en aproximadamente 4-5 minutos.</p> <p>Distancia a objetivos: 10</p>
	<p>32 repeticiones de la actividad “Hit” que se calcula que serán completadas en aproximadamente 4-5 minutos.</p>

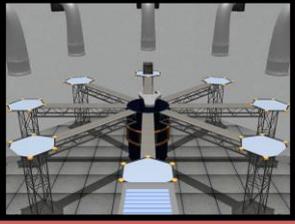
	<p>32 repeticiones de “Piano” , que se calcula que serán completadas en aproximadamente 4-5 minutos.</p>
	<p>32 repeticiones de la actividad “fábrica” (movimientos globales tanto de hombro como de codo), que se calcula que serán completadas en aproximadamente 4-5 minutos. Distancia a objetivos: 10</p>
	<p>32 repeticiones de la actividad 3D, que se calcula que serán completadas en aproximadamente 4-5 minutos.</p>

Tabla 3: Efectos secundarios de la tDCS

Paciente	Número de Sesiones	Efecto secundario
1	3, 4 y 8	Prurito
2	1, 2 y 6	Prurito
4	1, 3 y 6	Parestesias en dedos y escápula

Tabla 4: Evolución motora y funcional de los pacientes:

PAC	SESIONES	I. BARTHEL		IM M. Sup		IM M.Inf		FIST		BERG	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
1	20	25	60	12	50	1	29	7	41	0	14
2	11	15	55	1	1	1	24	0	32	0	16
3	14	15	65	1	1	10	34	33	43	5	15
4	10	30	55	1	38	1	43	0	44	0	10

Tabla 4: Evolución motora y funcional de los pacientes:

PAC	TCT		ASHWORTH		STREAM		RANKIN	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
1	12	61	0	2	0	45	5	3
2	12	62	0	0	0	5	5	3
3	49	74	0	1	0	5	5	4
4	12	37	1	2	0	20	5	4

Tabla 5: Detalle evolución escala Stream

PACIENTE	STREAM	Encoger hombros	Levantar mano	Mano en sacro	Mano al techo	Prono-Sup.	Cierre mano	Apertura mano	Oposición pulgar-índice	TOTAL	TOTAL /100
1	INICIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	FINAL	1A	1B	1B	1B	2	2	1A	0	9/20	45/100
2	INICIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	FINAL	1A	0	0	0	0	0	0	0	1/20	5/100
3	INICIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	FINAL	1A	0	0	0	0	0	0	0	1/20	5/100
4	INICIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	FINAL	1A	0	1A	0	1A	1A	0	0	4/20	20/100

Figura 1: Casco para la estimulación transcraneal

Figura 2: Brazo robot

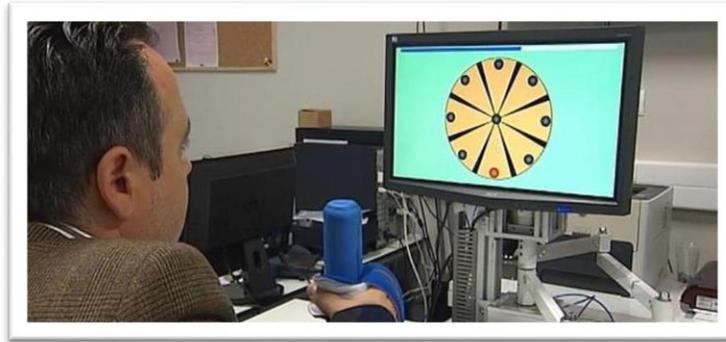
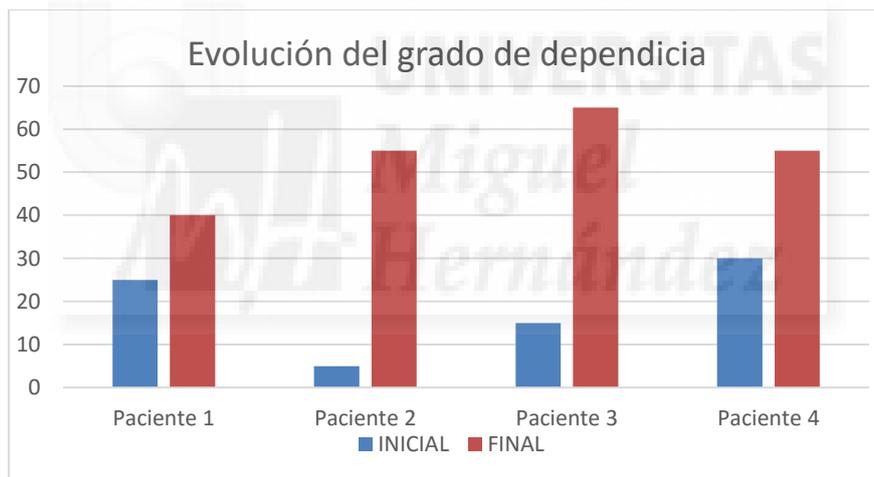


Figura 3: Evolución del grado de dependencia de los pacientes.



BIBLIOGRAFÍA

- ¹ **De Noreña D, Ríos-Lago M, Bombín-González I, SánchezCubillo I, García-Molina A, Tirapu-Ustárroz J.** Efectividad de la rehabilitación neuropsicológica en el daño cerebral adquirido (I): atención, velocidad de procesamiento, memoria y lenguaje. RevNeurol 2010; 51: 687-98.
- ² **Zúñiga G, Pérez IV, Estrada J, Alvarez J, Larrañaga AL, Pérez C et al.** Registro de la enfermedad cerebrovascular: frecuencia, tipos de ictus y factores de riesgos asociados. Acta neurol. Colomb. 2004; 20(3): 119-126.
- ³ **Bascones Serrano LM, Quezada García MY, Fernández Cid M, López Calle P, Tejero González M.** Daño cerebral sobrevenido en España: un acercamiento epidemiológico y sociosanitario. Oficina del Defensor del pueblo. Madrid, 28 Mayo 2005. <http://www.ardacea.es/files/A.-DEFENSOR-DEL-PUEBLO-Dano-Cerebral-Sobrevenido-en-Espana.pdf>
- ⁴ **Grupo de Trabajo de la Guía de Práctica Clínica para el Manejo de Pacientes con Ictus en Atención Primaria.** Guía de Práctica Clínica para el Manejo de Pacientes con Ictus en Atención Primaria. Plan de Calidad para el Sistema Nacional de Salud del Ministerio de Sanidad y Política Social. Unidad de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de la Agencia Laín Entralgo de la Comunidad de Madrid; 2009. Guías de Práctica Clínica en el SNS: UETS N° 2007/5-2
- ⁵ **Arias Cuadrado A.** Rehabilitación del ACV: evaluación, pronóstico y tratamiento. Galicia Clin 2009; 70 (3): 25-40.
- ⁶ **Moros JS, Ballero F, Jauregui S, Carroza MP.** Rehabilitación en ictus. Rhb ACV. ANALES Sis San Navarra 2000; Vol. 23 (suplemento 3): 173-180.
- ⁷ **Bonito Gadella JC, Martínez Fuentes J, Martínez García, R.** El ejercicio terapéutico cognoscitivo: concepto Perfetti. Revista de fisioterapia 2005; 4 (1): 36-42.

-
- ⁸ **Fernández Gómez E, Ruiz Sancho A, Sánchez Cabeza A.** Terapia Ocupacional en Daño cerebral Adquirido. TOG (a coruña) [internet]. 2009; vol 6, supl. 4: p 410-464. ISSN 1885-527x Disponible en: <http://www.revistatog.com/suple/num4/cerebral.pdf>
- ⁹ **H.I. Krebs, J.J. Palazzolo, L. Dipietro, M. Ferraro, J. Krol, K. Ranekleiv, B.T. Volpe, N. Hogan.** Rehabilitation Robotics: Performance-Based Progressive Robot-Assisted Therapy. Autonomous Robots: July 2003, Volume 15, Issue 1, pp 7-20.
- ¹⁰ **Di Lazzaro V, Capone F, Di Pino G, Pellegrino G, Florio L, Zollo L et al.** Combining Robotic Training and Non-Invasive Brain Stimulation in Severe Upper Limb-impaired Chronic Stroke Patients. Front. Neurosci. 2016; 10 (88): 1-9
- ¹¹ **Pascua Leone A, Tormos Muñoz J.M.** Estimulación magnética transcraneal: fundamentos y potencial de la modulación de redes neurales específicas. Rev Neurol. 2008; 46 (1): S3-S10.
- ¹² **Straudi S, Fregni F, Martinuzzi C, Pavarelli C, Salvioli S, Basaglia N.** tDCS and Robotics on Upper Limb Stroke Rehabilitation: Effect Modification by Stroke Duration and Type of Stroke. BioMed Research International. Volume 2016 (2016), Article ID 5068127, 8 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/5068127> <http://www.hindawi.com/journals/bmri/2016/5068127/>
- ¹³ **Poreisz C, Boros K, Antal A, Paulus W.** Safety aspects of transcranial direct current stimulation concerning healthy subjects and patients. *Brain Res Bull* 2007; 72(4-6):208-14.
- ¹⁴ **Nitsche MA, Paulus W.** Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *J Physiol.* 2000; 527: 633–639. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2270099/pdf/tjp0527-0633.pdf>
- ¹⁵ **Fregni, F., Boggio, P.S., Lima, M.C., et al.** (2006) A sham-controlled, phase II trial of transcranial direct current stimulation for the treatment of central pain in traumatic spinal cord injury. *Pain*, 122, 197-209. doi:10.1016/j.pain.2006.02.023 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030439590600114X>
- ¹⁶ **Neuroelectrics.** User manual: Enobio Brainwaves Made Simple. Barcelona; V 1.3: 1-20.

-
- ¹⁷ **Lindenberg R, Renga V, Zhu L, Nair D, Schlaug G.** Bihemispheric brain stimulation facilitates motor recovery in chronic stroke patients. *Neurology*. 2010; 75(24):2176-2184.
- ¹⁸ **Candau Pérez, E, Pozo Román, A, De la Fuente de Hoz, B, Mariscal Santos, S.** Prognostic value of the motor index of the lower member in the walking capacity of the hemiplegic patients; 1999. Volumen 33. Núm, 3.
- ¹⁹ **L. Gorman S, PT, Radtka S, E. Melnick M, M. Abrams G and N.Bly N.** Development and Validation of the Function In Sitting Test in Adults with Acute Stroke. *Neurology Section, APTA*. 2010; 34: 150-160
- ²⁰ **Blum L and Korner-Bitensky N.** Usefulness of the Berg Balance Scale in Stroke Rehabilitation: A systematic Review. *Phys Ther*. 2008; 88: 559-566.
- ²¹ **Collin C., Wade D.** (1990) Assessing motor impairment after stroke: a pilot reliability study. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*. 53:576-579.
- ²² **W. Bohannon R and B. Smith M.** Interrater Reliability of a Modified Ashworth Scale of Muscle Spasticity. *Phys Ther*. 1987; 67 (2): 206-207.
- ²³ **Raad J.R** Rehab Measures: Stroke Rehabilitation Assessment of Movement Measure. Stream. 2011. Disponible en: <http://www.rehabmeasures.org/Lists/RehabMeasures/DispForm.aspx?ID=992>
- ²⁴ **Carod Artal FJ, González Gutiérrez JL, Egido Herrero JA, Varela de Seijas E.** Propiedades métricas de la versión española del perfil de las consecuencias de la enfermedad de 30 ítems adaptado al ictus (SIP30-AI). *Rev Neurol*. 2007; 45(11): 647-654.
- ²⁵ **Franch Verdia, M.** Evaluación y rehabilitación de la heminegligencia tras el ictus. [Tesina final de máster en neuropsicología clínica]. ISEP. Valencia; 2009.
- ²⁶ **Hesse S, Waldner A, Mehrholz J, Tomelleri C, Pohl M and Werner C.** Combined Transcranial Direct Current Stimulation and Robot-Assisted Arm Training in Subacute Stroke Patients: An Exploratory, Randomized Multicenter Trial. *Neurorehabil Neural Repair*. 2011; 25 (9): 838-846.

²⁷ **García MF.** Intervenciones para mejorar la función motora en el paciente con ictus. *Rehabilitación (Madr)*. 2000; 34(6):423-36.

²⁸ **Bergado-Rosado JA, Almaguer-Melián W.** Mecanismos celulares de la neuroplasticidad. *Rev Neurol* 2000; 31 (11):1074-1095

²⁹ **Richmond L, Wolk D, R. Olson I, Vyas G.** Repeated Daily Exposure to Direct Current Stimulation Does Not Result in Sustained or Notable Side Effects. *Brain Stimulation*. 2013; 1-2.

