

TESINA

**presentada para acceder al título de grado de la carrera de
LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA**

Título:

“Implementación de Interfaz cerebro-computadora modalidad no invasiva en rehabilitación motriz de la extremidad superior de pacientes que han sufrido un accidente cerebrovascular durante el estadio crónico”

Autoras:

Temperini, Telma Sofía; Volpi, Catalina

Directora:

Lic. Taborda, Melisa

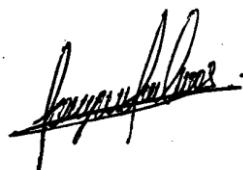
Lugar y fecha de Presentación:

Rosario, 25 de agosto de 2022

Firmas de Autoras:



Catalina Volpi



Telma Sofía Temperini

RESUMEN

Introducción: El accidente cerebrovascular (ACV) representa una de las principales causas de morbilidad neurológica. Como consecuencia de esta patología, los pacientes presentan un cuadro clínico de afectación sensitivo motora, caracterizado por debilidad o parálisis muscular, alteración de la sensibilidad y espasticidad en el hemicuerpo contralateral a la lesión. La limitación funcional del miembro superior representa una de las mayores complicaciones para las pacientes. La interfaz cerebro-computadora surge como una herramienta terapéutica que busca reducir estas limitaciones y mejorar el desarrollo en las actividades de la vida diaria.

Objetivo general: El objetivo de este trabajo es analizar los efectos clínicos de la aplicación de interfaz cerebro-computadora (BCI) en combinación con estimulación eléctrica funcional (FES) o realidad virtual en el miembro superior de pacientes con accidente cerebrovascular crónico.

Materiales y métodos: Se realizó una búsqueda bibliográfica consultando en Pubmed, Biblioteca virtual en salud y la biblioteca electrónica de ciencia y tecnología de MinCYT publicados desde el año 2011 al 2022. Se seleccionaron artículos que utilizaron la BCI en combinación con FES o realidad virtual en rehabilitación del miembro superior en pacientes con ACV en estadio crónico y los efectos de su utilización sobre la funcionalidad de personas que padecen esta afección.

Resultados: Se recolectaron 6 artículos que cumplieron con los criterios de inclusión. Dos estudios de casos y cuatro ensayos clínicos, de estos últimos dos tuvieron grupo control. En todos se evaluó la variable función, mientras que las variables ROM y espasticidad fueron evaluadas solo en tres artículos.

Conclusión: La implementación de la BCI asociada a FES podría producir mejoras significativas en la rehabilitación del miembro superior parético de pacientes con ACV en estadio crónico, específicamente en su capacidad de movimiento funcional. Se requieren mayor cantidad de estudios para determinar el efecto adicional de la BCI en los cambios favorables producidos por la utilización de esta modalidad terapéutica en relación a las variables ROM y espasticidad. Por su parte, el uso de realidad virtual como dispositivo de salida asociado a BCI no ha sido ampliamente estudiado, por lo que los escasos resultados obtenidos en la presente revisión no permiten elaborar conclusiones respecto de los efectos generados en las variables medidas.

Palabras claves: Interfaz usuario-computadora - Accidente cerebral vascular - Extremidad superior - Realidad Virtual - Estimulación Eléctrica

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
II. a. General	3
II. b. Específicos	3
III. MARCO TEÓRICO	4
III.a. Impacto del accidente cerebro vascular en el miembro superior	4
III.b. Abordaje kinésico de la extremidad superior espástica post ACV	4
III.c. Interfaz cerebro-ordenador, integrando nuevas tecnologías en la neurorehabilitación	5
IV. JUSTIFICACIÓN	12
V. MATERIALES Y METODOS	13
V.a. Palabras clave	13
V.b. Estrategias de búsqueda	14
V. b. 1. Bireme	14
V. b. 2. Pubmed	14
V.c. Selección de artículos	15
V.d. Extracción de datos	16
VI. EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	17
VI.a. Datos demográficos de la población	17
VI.b. Análisis y exposición de la variable “Espasticidad”	21
VI.c. Análisis y exposición de la variable “Rango de Movimiento”	24
VI.d. Análisis y exposición de la variable “Función”	28
VI.e. Intervención basada en BCI	35
VII. DISCUSIÓN	36
VIII. CONCLUSIÓN	40
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	41
X. ANEXOS	49
X.a. Escala Fugl Meyer Extremidad Superior	49
X.b. Escala Ashworth Modificada	52
X.c. Escala ARAT	53
X.d. Prueba 9HPT	55
X.e. Box and block test	56

I. INTRODUCCIÓN

El accidente cerebrovascular (ACV), también conocido como ictus, representa una de las principales causas de morbimortalidad neurológica y puede desencadenarse por dos eventos vasculares, isquemia o hemorragia, siendo el primero el más frecuente. A nivel mundial cada año cerca de 17 millones de personas sufren un ACV. La proporción de personas que sobreviven se duplicó durante las últimas dos décadas, proyectándose que para el año 2030 habrá 77 millones de sobrevivientes con esta patología en el mundo. La Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que en 2015 murieron por causas cardiovasculares 17,7 millones de personas, lo cual representa un 31% de todas las muertes registradas en el mundo, de estas muertes 6,7 millones fueron causadas por un accidente cerebrovascular. ⁽¹⁻³⁾

Como consecuencia de esta patología, los pacientes presentan un cuadro clínico de afectación sensitivo motora, caracterizado por debilidad o parálisis muscular, alteración de la sensibilidad y espasticidad en el hemicuerpo contralateral a la lesión. Pueden también manifestarse disartria, disfagia, alteraciones en la memoria y concentración, entre otras. Pese a que se produce una afección general, el impacto que produce la disfunción del miembro superior espástico es percibido de manera muy negativa por parte de las pacientes ya que requieren de asistencia para la realización de actividades simples de la vida diaria. ^(3,4)

Con el advenimiento de nuevas tecnologías en el campo de la rehabilitación se han desarrollado herramientas para el tratamiento de pacientes en el ámbito de la neurología que pueden asociarse a la terapia convencional, buscando así potenciar sus beneficios. *“La interfaz cerebro computadora, conocida como BCI por sus siglas en inglés (brain computer interface) funciona como un sistema de comunicación que no depende de las salidas normales del cerebro, tales como vías nerviosas periféricas y músculos”*⁽⁵⁾. El cerebro interpreta la intención de movimiento mediante el análisis de señales eléctricas cerebrales que son convertidas en comandos procesados por una computadora u otro dispositivo de salida externo por medio de un procesamiento digital efectuado en tiempo real. La BCI podría facilitar el tratamiento de aquellas pacientes que, por alguna afección en el sistema nervioso central, presentan dificultad en su motricidad. ^(5,6)

La BCI conectada a distintos dispositivos de salida externos como estimulación eléctrica funcional (FES) o realidad virtual (VR) permitiría a las terapeutas tener opciones más actualizadas y desarrolladas para complementar a la rehabilitación convencional o utilizarla como único modo de tratamiento.⁽⁷⁾

En el artículo publicado por Bockbrader y col.⁽⁷⁾ se propone que cuando la BCI se utiliza con FES resulta útil para facilitar el control intencional de los movimientos y asiste para

aumentar o reemplazar la contracción muscular voluntaria, devolviendo movimiento funcional a un miembro que está paralizado. Por otro lado, también se cree que combinar BCI con entornos virtuales puede ser útil para aumentar la participación de la/el paciente en el reentrenamiento mediante una retroalimentación visual, ayudando así al reclutamiento temprano de redes motoras corticales a través de imágenes motoras utilizadas para controlar el BCI y facilitar la participación de los mecanismos de aprendizaje motor a través del entrenamiento repetitivo, incluso cuando la paciente tiene una capacidad limitada para mover sus extremidades físicas.⁽⁷⁻⁹⁾

Todo lo mencionado anteriormente deriva en la importancia de conocer ¿cuál es el efecto que tiene la aplicación de interfaz cerebro computadora aplicado mediante una modalidad no invasiva sobre la espasticidad, el movimiento articular y la función de la extremidad superior en pacientes con diagnóstico y secuelas de accidente cerebro vascular?

II. OBJETIVOS

II. a. General

El objetivo de este trabajo es analizar los efectos de la aplicación de interfaz cerebro-computadora (BCI) en combinación con estimulación eléctrica funcional (FES) o realidad virtual en la rehabilitación del miembro superior de pacientes con accidente cerebrovascular crónico.

II. b. Específicos

- Evaluar los posibles cambios de la espasticidad del miembro superior ante la aplicación de interfaz cerebro-computadora no invasiva en pacientes con diagnóstico de accidente cerebrovascular que atraviesan el estadio crónico.
- Describir los posibles cambios en el rango de movilidad articular ante la aplicación de interfaz cerebro-computadora no invasiva en pacientes con diagnóstico de accidente cerebrovascular que atraviesan el estadio crónico.
- Determinar cómo influye la aplicación de interfaz cerebro-computadora no invasiva sobre la función de la extremidad superior en pacientes con diagnóstico de accidente cerebrovascular que atraviesan el estadio crónico.

III. MARCO TEÓRICO

III.a. Impacto del accidente cerebro vascular en el miembro superior

Luego de un evento isquémico o hemorrágico a nivel del sistema nervioso central las secuelas motrices y sensitivas que afectan al miembro superior derivan en una discapacidad severa para desarrollar de manera adecuada las actividades de la vida diaria. Pese a que la clínica puede variar entre pacientes, la espasticidad se presenta como una secuela motora importante, muy limitante y está casi siempre presente. Se define como un desorden en el control sensoriomotor, resultante de una lesión de la motoneurona superior, que se presenta con una activación involuntaria, intermitente o sostenida de los músculos y depende de la velocidad del movimiento. El reflejo principal que permite comprender el origen de la espasticidad, es el reflejo miotático o de estiramiento cuyo receptor es el huso neuromuscular situado en fibras musculares que lo contienen denominadas fibras intrafusales. La relevancia de este reflejo radica en que es quien permite mantener el tono muscular normal. Si bien el arco reflejo está integrado por la médula espinal, se encuentra regulado por señales excitatorias e inhibitorias descendentes de origen supraespinal. Esto explica por qué desórdenes a niveles superiores a la médula desencadenan alteraciones en la regulación del reflejo miotático y consecuentemente alteran el tono muscular. Por consiguiente, ante la ocurrencia de un evento isquémico o hemorrágico a nivel cerebral se desencadena una pérdida del sistema modulador supraespinal del arco reflejo de estiramiento.^(5,6,9,10)

Los grupos musculares que con mayor frecuencia presentan espasticidad son los flexores radial y cubital del carpo, flexores superficial y profundo de los dedos, bíceps braquial y pectoral mayor que combinada con una mayor actividad del redondo mayor y del dorsal ancho se inhiben la abducción, la extensión y rotación externa en el hombro de manera tanto activa como pasiva. La alteración en el control del tono muscular de los mismos deriva en posturas anómalas características como flexión de las interfalángicas distales y proximales, flexión de muñeca, pronación de antebrazo, flexión de codo y aducción con rotación interna del hombro. Asimismo, la musculatura antagonista presenta una marcada debilidad que contribuye a mantener esta posición. Tanto en la musculatura espástica, como en sus grupos antagonistas, el déficit motor conduce a una menor tasa de activación muscular, con su consecuente atrofia por desuso. Al mismo tiempo que comienzan a producirse estos cambios en las propiedades musculares intrínsecas, se altera el tejido blando circundante y genera una disminución del ROM tanto activo como pasivo que con el paso del tiempo pueden conducir a fijaciones del tejido articular y óseo, lo que lleva a una importante pérdida de movilidad

del componente distal de la extremidad superior. La retracción capsulo-ligamentaria provocada por las posiciones mantenidas y el desuso de la extremidad afectan la extensión de la muñeca, la apertura y cierre de la mano necesarias para un agarre funcional, la prensión selectiva y la motricidad fina.⁽¹¹⁾

La espasticidad, la limitación del movimiento y las alteraciones neuromusculares del miembro superior afectado, en conjunto, interfieren en actividades básicas y necesarias como el vestido, la higiene personal, la alimentación, la prensión de objetos y la movilidad lo cual repercute negativamente en la vida social y laboral de la persona con ACV.⁽¹¹⁾

La escala “Fugl-Meyer” (FMA) permite evaluar actividades de la vida diaria, funcionalidad y dolor en estas pacientes. En los estudios de Gladstone et al.⁽¹²⁾ y Page et al.⁽¹³⁾ se utilizó la FMA como herramienta de medición para evaluar los resultados de la aplicación de una intervención terapéutica en pacientes con accidente cerebro vascular y demostró ser confiable para medir el progreso durante el proceso de rehabilitación y realizar la comparación previo y posterior al tratamiento.^(12,13)

De manera aislada pueden evaluarse también la espasticidad y el rango de movimiento. La escala de Ashworth mide la espasticidad en pacientes que presentan una lesión en el sistema nervioso central evaluando la resistencia al movimiento pasivo sobre una articulación a distintas velocidades. Las puntuaciones son del 0 al 4 siendo el 0 la ausencia de tono y el 4 la rigidez en flexión o extensión. En cuanto al rango de movimiento la manera más objetiva de evaluarlo es mediante la goniometría la cual puede expresarse tanto en centímetros como en grados.⁽¹⁴⁾

En síntesis, la secuela sensorio-motora de un ACV genera discapacidad, menor grado de independencia y una consecuente disminución de la calidad de vida, motivo por el cual, su abordaje desde la rehabilitación kinésica constituye uno de los principales objetivos terapéuticos de los profesionales.⁽¹⁵⁾

III.b. Abordaje kinésico de la extremidad superior espástica post ACV

El potencial de recuperación de la función del miembro superior luego de un ACV es mayor y más evidente en etapas agudas, sin embargo, *“la capacidad del sistema nervioso central para reorganizarse anatómica y funcionalmente”*⁽¹⁶⁾ conocida bajo el concepto de neuroplasticidad, permite a los profesionales involucrados en la rehabilitación kinésica plantear un tratamiento en etapas crónicas que mantengan al cerebro estimulado pudiendo esperar resultados positivos en la mejora de la función aún en esta fase.⁽¹⁶⁾

En los últimos años el número de pacientes que sobreviven a un ACV ha incrementado, es por esto, que el rol de la kinesiología resulta primordial teniendo en cuenta la necesidad de mejorar la calidad de vida. Es necesario que las terapeutas recurran al razonamiento clínico para optar por estrategias terapéuticas adecuadas con herramientas que sean eficientes para cada paciente en particular y en las distintas fases del cuadro clínico. ⁽¹⁷⁾

Las bases fisiológicas que justifican la rehabilitación se centran en el funcionamiento del tracto cortico espinal, el cual representa la conexión entre la corteza motora y los músculos periféricos. Según Stinear et al.⁽¹⁸⁾, esta vía se encuentra implicada en la recuperación de la función motora en la fase crónica de un ACV. Debido al evento isquémico o hemorrágico se ven interrumpidas estas conexiones que, junto a la inmovilización de la extremidad superior y la pérdida de inputs sensoriomotores, generan una reorganización cerebral. Es por esto que, el tratamiento kinésico debe enfocarse en reforzar nuevas conexiones neuronales previamente inactivas mediante un entorno enriquecido de experiencias sensoriales y motoras que permitan una mejora en la recuperación funcional y faciliten la neuroplasticidad. ^(17,18)

Resulta importante determinar el tiempo transcurrido entre el evento vascular isquémico o hemorrágico y el inicio de la rehabilitación del miembro superior ya que éste es un parámetro decisivo y relevante si se buscan cambios y mejoras funcionales a largo plazo y teniendo en cuenta la capacidad del sistema nervioso de reorganizarse. En líneas generales los accidentes cerebrovasculares se clasifican como agudos (menos de 3 meses), subagudos (entre 3 y 6 meses) y crónicos (más de 6 meses). ⁽¹⁹⁾

Para favorecer el aprendizaje motor de las actividades diarias es necesario realizar tareas funcionales de manera repetida y evitando compensaciones con el objetivo de impedir que se generen engramas motores erróneos que repercutan en el movimiento y la función. En relación a este concepto, existen variadas estrategias terapéuticas dentro del ámbito kinésico que pueden generar cambios clínicos favorables en la recuperación funcional del miembro superior de sujetos con ACV. Entre ellas se pueden destacar, el entrenamiento de la fuerza muscular de todos los segmentos del miembro superior mediante ejercicios de fortalecimiento en contracciones concéntricas, excéntricas o estáticas, la estimulación multisensorial brindada por los conceptos Bobath y PNF en relación a la selectividad del movimiento; de igual manera la terapia con restricción del lado sano y la terapia en espejo son otras técnicas que pueden ser de utilidad. Específicamente para el tratamiento de la espasticidad existe evidencia que sustenta la aplicación de toxina botulínica pudiendo complementarse con la utilización de distintos tipos de ortesis. ^(20,21)

Otra herramienta utilizada en la rehabilitación es la estimulación eléctrica funcional (FES) que implica la activación mediante corrientes eléctricas de los músculos periféricos que no se encuentran suficientemente reclutados debido a la lesión central, logrando movimientos en una articulación que generan información sensorial propioceptiva y retroalimentación visual. De esta manera, se activan múltiples mecanismos neuronales que son la base de la reorganización cortical y el aprendizaje motor. En un estudio⁽²²⁾ realizado a pacientes que sufrieron un ACV se comprobó que la estimulación eléctrica funcional aplicada en cinco sesiones aumentó la velocidad de la mano y mejoró la sinergia muscular en los movimientos de alcance lateral y frontal y mostró mejoras en las puntuaciones de la escala Fugl-Meyer. Sin embargo, gran parte de la evidencia científica establece que se requieren más estudios de mejor calidad metodológica para determinar un protocolo terapéutico para este tipo de pacientes.^(22,23) Por otra parte, la terapia de retroalimentación reforzada en entorno virtual surgió como enfoque de tratamiento reciente en la rehabilitación del accidente cerebrovascular y demostró tener resultados positivos sobre la función del miembro superior en actividades de la vida diaria si se combina con la rehabilitación convencional.^(24,25)

Pese a la gran cantidad de herramientas terapéuticas que existen actualmente, el retorno al nivel funcional previo a la lesión no es frecuente, quedando un gran déficit en las actividades básicas diarias facilitado por la presencia de heminegligencia, la cual es la incapacidad que presenta el paciente con hemiparesia para orientarse, actuar o responder a estímulos que ocurren en el hemicuerpo contralateral a la lesión. Según el estudio de Escobar en 2020⁽²⁸⁾ sólo el 35 % de los pacientes con una importante afección inicial de los miembros superiores recuperarán la función motora como para utilizar la extremidad paralizada en las actividades diarias.⁽²⁶⁻²⁸⁾

Con el advenimiento de nuevas tecnologías en el campo de la rehabilitación se han desarrollado nuevos instrumentos para el tratamiento de pacientes en el ámbito de la neurología. En consecuencia, resulta primordial poner en conocimiento los beneficios de las mismas y cómo pueden complementarse con las terapias convencionales para obtener mejores resultados en el tratamiento a largo plazo.⁽²⁹⁾

III.c. Interfaz cerebro-ordenador, integrando nuevas tecnologías en la neurorrehabilitación

La interfaz cerebro computadora descifra la intención de una paciente de moverse o comunicarse a través del análisis de señales eléctricas cerebrales mediante la utilización de electrodos que pueden colocarse de forma invasiva o no invasiva. Dichas señales son registradas mediante electroencefalografía (EEG) y son convertidas en comandos

procesados por una computadora u otro dispositivo de salida externo por medio de un procesamiento digital efectuado en tiempo real. La BCI podría facilitar el tratamiento de aquellas pacientes que presentan dificultad en su motricidad debido al fenómeno que se conoce como neuro retroalimentación, el cual permitiría entrenar el control voluntario del movimiento en respuesta a un estímulo cerebral. A diferencia de los enfoques de rehabilitación mencionados en el apartado anterior, la BCI requiere la participación activa de la paciente para imaginar o intentar el movimiento y así lograr modular un patrón de actividad cerebral que tenga relación con el movimiento de la extremidad superior afectada. De esta manera se podrían generar cambios neuroplásticos que conlleven a mejoras funcionales y una recuperación motriz más efectiva.^(5,30)

Algunos de los dispositivos de salida externo que pueden asociarse a la BCI son la estimulación eléctrica funcional (FES) y la realidad virtual (VR), permitiendo a las terapeutas tener opciones más actualizadas y desarrolladas para complementar a la rehabilitación.⁽³¹⁾

El dispositivo BCI-FES implementa a la estimulación eléctrica funcional como modalidad de retroalimentación el cual se activa al detectar las señales cerebrales. Al combinar ambas terapéuticas se obtiene el beneficio de una reorganización neuronal aportada por FES y un aprendizaje de movimiento simultáneo a través de la función neuromoduladora inducida por la BCI. Esta terapia combinada podría impulsar una recuperación funcional y plasticidad cerebral a través de la activación de vías aferentes y eferentes. Cuando el usuario imagina o intenta un movimiento (imagen motora) como apertura y cierre de la mano o flexión y extensión de codo se registran señales mediante EEG sobre el área sensoriomotora primaria contralateral a la extremidad que busca generar movilidad. Estas señales cerebrales detectadas permiten que exista una sincronización entre la intención y la activación de los músculos periféricos a través de FES lo cual permitiría optimizar la recuperación de la extremidad en comparación con la utilización aislada de FES.^(29,30,32)

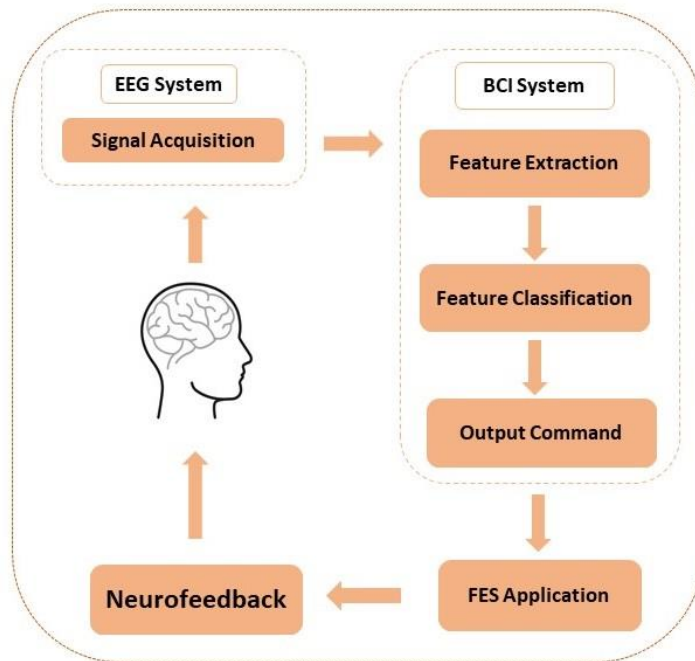


Figura 1. Descripción general del EEG-BCI-FES ⁽³³⁾

En un reciente estudio de Zulauf-Czaja⁽³⁴⁾ se evaluó la efectividad de la utilización de un sistema BCI-FES sobre la función de la mano en ocho pacientes con lesión medular alta. En este, se concluye que el sistema tiene potencial para mejorar las actividades de la mano en el hogar. En otro estudio aleatorizado realizado por Osuagwu et al.⁽³⁵⁾ siete pacientes con lesión medular realizaron 20 sesiones de FES controlada por BCI, mientras que otros cinco pacientes recibieron el mismo número de sesiones de FES pasiva para ambas manos. Se concluyó que la BCI-FES es más efectiva que solo FES para mejorar la fuerza manual y que podría utilizarse como herramienta terapéutica.^(34,35)



Figura 2. Sistema BCI-FES ⁽³⁶⁾

Por su parte, el sistema BCI asociado a realidad virtual (VR) ofrece la posibilidad de presentarle a la paciente un escenario artificial con estímulos de mayor o menor intensidad y realismo, por ejemplo, una extremidad superior virtual que interactúa con el entorno a partir de la anticipación y preparación central del movimiento. En la práctica clínica la combinación de ambas herramientas daría la posibilidad de crear paradigmas de entrenamiento motivadores y proporcionar una forma de actuar en el mundo virtual mediante la actividad cerebral generando una retroalimentación significativa. ⁽³⁷⁾



Figura 3. Sistema BCI-VR ⁽³⁸⁾

El beneficio de esta modalidad terapéutica radica en el fortalecimiento de las vías motoras sin la necesidad de un movimiento activo real por parte de la extremidad para aquellas pacientes que presentan un bajo control motor. En el informe de un caso clínico de Vourvopoulos et al.⁽⁴⁰⁾ se trató a un paciente secuelar de un ACV con BCI-VR en donde se observó una mejora en la función motora y los datos electrofisiológicos revelaron un aumento en la actividad cerebral similar a los sujetos sanos promoviendo la neuroplasticidad en áreas cerebrales específicas.^(39,40)

En la revisión de Dong Wen et al.⁽⁴¹⁾ del año 2021 se analizaron 39 artículos con el objetivo de comparar la intervención de BCI tradicional y BCI-VR en la rehabilitación de enfermedades neurológicas. Los investigadores llegaron a la conclusión de que el dispositivo BCI-VR puede proporcionar una mejor información de retroalimentación para los pacientes y promover la recuperación de la función cerebral.⁽⁴¹⁾

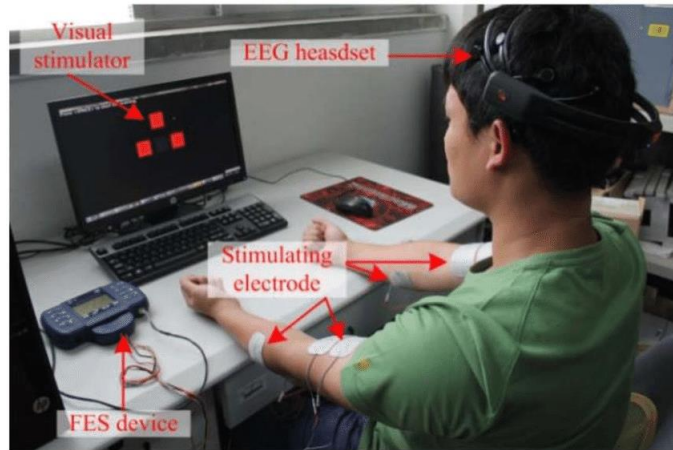


Figura 4. Sistema BCI-FES + VR⁽³⁶⁾

En síntesis, la importancia de la implementación de nuevas tecnologías a la rehabilitación del miembro superior espástico radica en el gran porcentaje de pacientes que no logran recuperar la función repercutiendo de manera directa y negativa en la independencia y la calidad de vida.⁽¹¹⁾

IV. JUSTIFICACIÓN

El déficit en la función de la extremidad superior es una de las principales complicaciones que afectan desde las actividades más simples a las más complejas en la vida de las pacientes. Es por esto que exponer los efectos de la BCI resulta relevante para el personal de salud implicado en la rehabilitación ya que, pese a no ser una herramienta de amplia accesibilidad, podría ser beneficioso para mejorar la función y la independencia.

Es relevante que aquellas terapeutas que intervienen en la rehabilitación multidisciplinaria de pacientes con ACV que son intervenidas con BCI tengan conocimiento del mismo para poder realizar un tratamiento acorde y con objetivos en común, además es fundamental conocer los beneficios de la BCI y poder sugerir su uso a aquellas pacientes que, por sus características clínicas, puedan verse beneficiadas teniendo en cuenta la alta tasa de supervivencia de este evento.

V. MATERIALES Y METODOS

Se realizó una búsqueda bibliográfica consultando en Pubmed, Biblioteca virtual en salud y la biblioteca electrónica de ciencia y tecnología de MinCYT publicados desde el año 2011 al 2022. Se seleccionaron artículos que utilizan la BCI en combinación con FES o realidad virtual en rehabilitación del miembro superior en pacientes con ACV en estadio crónico y cómo su utilización puede interferir sobre los factores que limitan la vida diaria de personas que padecen esta afección.

Se incluyeron en este estudio ensayos clínicos y estudios de casos cuya población blanco fueron pacientes que se encontraban atravesando el estadio crónico de un ACV con espasticidad y limitación de la movilidad del miembro superior. La intervención utilizada en dichos estudios se basó en la implementación de BCI con metodología no invasiva como único método de tratamiento o en combinación con terapias convencionales.

V.a. Palabras clave

Palabras Clave	Término		
	DeCS	MeSH	Libre
Interfaz cerebro-computadora	Interfaz Usuario-computadora	User-Computer Interface	BCI
			Interfaz cerebro-ordenador
Accidente cerebrovascular	Accidente cerebrovascular	Stroke	Accidente cerebrovascular isquémico
	Accidente cerebral vascular	Stroke	Accidente cerebrovascular hemorrágico
Rehabilitación	Rehabilitación	Rehabilitation	Tratamiento kinésico
Extremidad superior	Extremidad superior	Upper Extremity	
Rango de movilidad articular	Rango de movimiento articular	Range of Motion Articular	

Espasticidad Muscular	Espasticidad Muscular	Muscle Spasticity	
Realidad virtual	Realidad Virtual	Virtual Reality	
Estimulación eléctrica funcional	Estimulación Eléctrica	Electric Stimulation	FES

Tabla 1: Palabras clave

V.b. Estrategias de búsqueda

V. b. 1. Bireme

- (((mh:("interfaz usuario-computadora"))) OR ((mh:("Interfaz cerebroordenador")))) OR (bci) AND ((mh:("Accidente cerebral vascular"))) OR ((mh:("Accidente cerebrovascular")))) AND ((mh:("rehabilitación")))
- (((mh:("interfaz usuario-computadora"))) OR ((mh:("Interfaz cerebroordenador")))) OR (bci) AND ((mh:("Accidente cerebral vascular"))) OR ((mh:("Accidente cerebrovascular")))) AND ((mh:("Extremidad superior")))
- (((mh:("interfaz usuario-computadora"))) OR ((mh:("Interfaz cerebroordenador")))) OR (bci) AND ((mh:("Accidente cerebral vascular"))) OR ((mh:("Accidente cerebrovascular")))) AND ((mh:("Rango del movimiento articular")))
- (((mh:("interfaz usuario-computadora"))) OR ((mh:("Interfaz cerebroordenador")))) OR (bci) AND ((mh:("Accidente cerebral vascular"))) OR ((mh:("Accidente cerebrovascular")))) AND ((mh:("Espasticidad Muscular")))
- (((mh:("interfaz usuario-computadora"))) OR ((mh:("Interfaz cerebroordenador")))) OR (bci) AND ((mh:("Accidente cerebral vascular"))) OR ((mh:("Accidente cerebrovascular")))) AND ((mh:("realidad virtual")))
- (((mh:("interfaz usuario-computadora"))) OR ((mh:("Interfaz cerebroordenador")))) OR (bci) AND ((mh:("Accidente cerebral vascular"))) OR ((mh:("Accidente cerebrovascular")))) AND ((mh:("Estimulación Eléctrica"))) OR (FES) AND ((mh:("Extremidad superior")))

V. b. 2. Pubmed

- ((User-Computer Interface[MeSH Terms] OR (BCI)) AND (Stroke[MeSH Terms]))
- (((User-Computer Interface[MeSH Terms] OR (BCI))) AND (Rehabilitation[MeSH Terms])) AND (Stroke[MeSH Terms])

- (((User-Computer Interface[MeSH Terms] OR (BCI)) AND (Stroke[MeSH Terms])) AND (Upper Extremity[MeSH Terms]))
- (((((User-Computer Interface[MeSH Terms] OR (BCI)) AND (Stroke[MeSH Terms]))) AND (Range of motion articular[MeSH Terms]))
- (((((User-Computer Interface[MeSH Terms] OR (BCI)) AND (Stroke[MeSH Terms]))) AND (Muscle Spasticity[MeSH Terms]))
- (((((User-Computer Interface[MeSH Terms] OR (BCI)) AND (Stroke[MeSH Terms]))) AND (virtual reality[MeSH Terms]))
- (((((((((User-Computer Interface[MeSH Terms] OR (BCI)) AND (Stroke[MeSH Terms]))) AND (Electric Stimulation[MeSH Terms])) OR (FES)) AND (upper extremity[MeSH Terms]))

V.c. Selección de artículos

De la búsqueda formaron parte ensayos clínicos y estudios de casos en los idiomas español, inglés y portugués en los que se brindó tratamiento a pacientes que se encontraban atravesando el estadio crónico de un ACV con espasticidad y limitación de la movilidad. La rehabilitación de estas pacientes empleó BCI con metodología no invasiva como único método de tratamiento o en combinación con terapias convencionales. Quedaron excluidos aquellos estudios en los que se trataban pacientes con otras enfermedades del sistema nervioso central (SNC) o periférico (SNP) asociadas, al igual que aquellos que utilicen BCI con metodología invasiva o asociada a exoesqueleto.

Con la combinación de las palabras mencionadas en la Tabla 1, se hallaron un total de 1376 artículos y al aplicar los filtros mencionados el resultado fue de 950 artículos. Posteriormente, al realizar una lectura detallada de los títulos y textos completos se seleccionaron un total de seis artículos para la presente revisión.

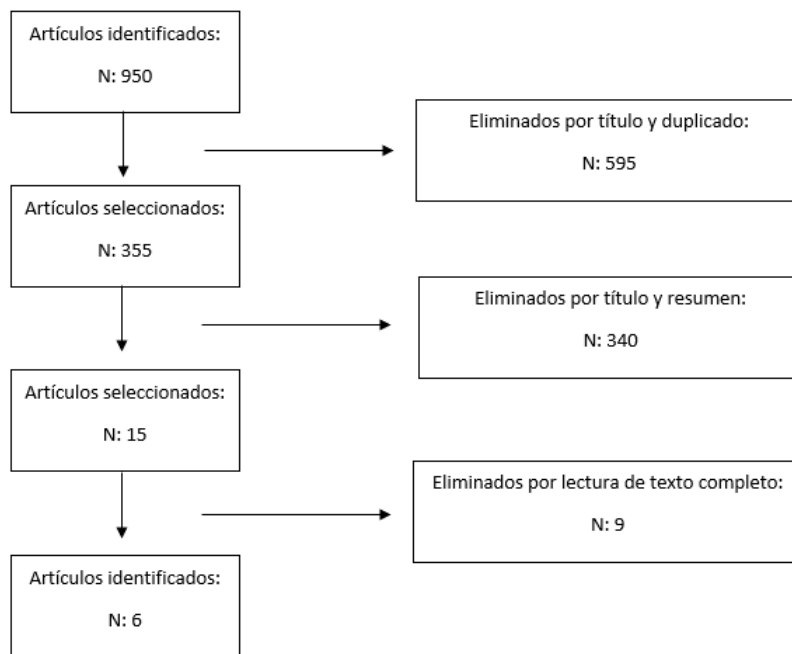


Diagrama 1. Selección de artículos

V.d. Extracción de datos

En relación a la extracción de datos, se obtuvo información disponible en los artículos acerca de la población estudiada teniendo en cuenta el diagnóstico y se indagó acerca de las variables estudiadas en los mismos (espasticidad, rango de movimiento y función) y sobre los instrumentos de medición utilizados. Asimismo, se extrajeron datos acerca de la modalidad de utilización de la BCI y sus respectivos dispositivos de salida externo (FES-VR) y los parámetros de dosificación.

VI. EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

VI.a. Datos demográficos de la población

Como se expone en la Tabla 2, luego de la búsqueda bibliográfica realizada se seleccionaron un total de seis artículos en los cuales se incluyeron pacientes con ACV en fase crónica. Tres de ellos incluyeron a la variable espasticidad (Biasiucci y cols. 2018⁽³⁰⁾, Romagosa y cols. 2020⁽⁴²⁾, Tabernig y cols. 2017⁽⁴³⁾), tres a la variable ROM (Danut y cols. 2017⁽⁴⁴⁾, Marin-Pardo y cols.2020⁽⁴⁵⁾, Tabernig y cols.2017⁽⁴³⁾) y todos incluyeron la variable función (Biasiucci y cols. 2018⁽³⁰⁾, Romagosa y cols. 2020⁽⁴²⁾, Tabernig y cols. 2017⁽⁴³⁾, Danut y cols. 2017⁽⁴⁴⁾, Marin-Pardo y cols. 2020⁽⁴⁵⁾, Yangyang y cols. 2020⁽⁴⁶⁾).

Los artículos incluidos en esta revisión no presentaban homogeneidad metodológica teniendo en cuenta que dos correspondían a estudios de casos mientras que el resto eran ensayos clínicos. En relación al tamaño muestral se puede destacar que ningún estudio presentaba una muestra de gran tamaño (ver gráfico 1) y que, en su mayoría, se encontraban representados por pacientes masculinos. Con respecto a la fase de la enfermedad, se observó uniformidad en cuatro artículos donde los pacientes se encontraban entre el mes 36 y 38 posterior al ACV, diferenciándose con los estudios de Yangyang y cols. (2020)⁽⁴⁶⁾ y Danut y cols. (2017)⁽⁴⁴⁾ en los cuales las pacientes cursaban el mes 11 y 48 respectivamente. (ver gráfico 2)

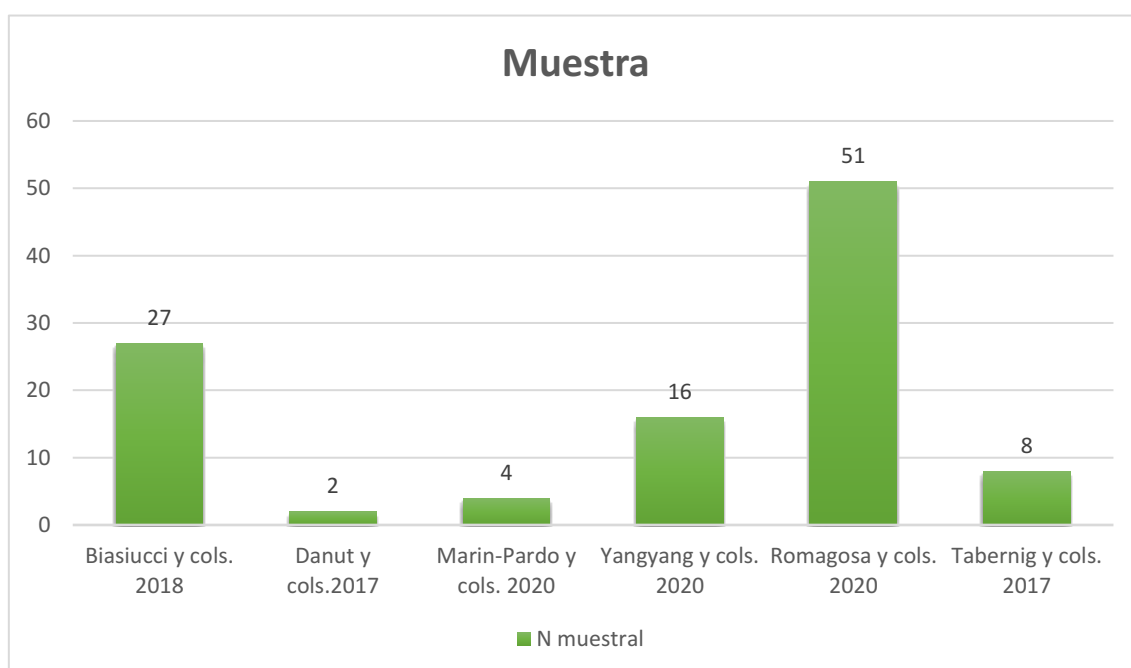


Gráfico 1. Tamaño muestral

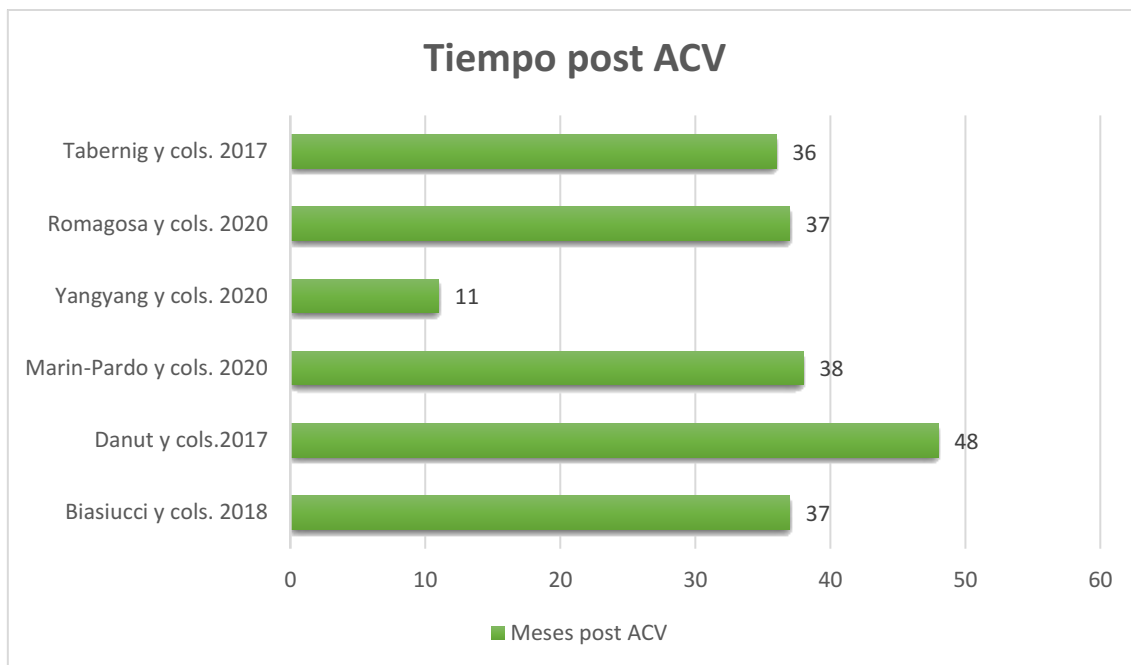


Gráfico 2. Tiempo posterior al ACV

Respondiendo con el objetivo de esta revisión, todos los artículos seleccionados evaluaban el miembro superior y cabe destacar que en su mayoría se orientaban en la extensión del segmento distal de dicha extremidad, resaltando una vez más, la importancia del mismo en las AVD.

En cuanto al estado funcional inicial de los pacientes, cuatro estudios (Biasiucci y cols. 2018⁽³⁰⁾, Marin-Pardo y cols. 2020⁽⁴⁵⁾, Yangyang y cols. 2020⁽⁴⁶⁾, Romagosa y cols. 2020⁽⁴²⁾) utilizaron la escala FMA (ver anexos) para su medición, en la cual se encontraron valores entre 16 y 21 puntos en la primera evaluación realizada. En el artículo publicado por Tabernig y cols. (2017)⁽⁴³⁾, la escala utilizada fue la Fugl-Meyer modificada presentando una puntuación inicial de 16. En el estudio de Danut y cols. (2017)⁽⁴⁴⁾ no se mencionó el método de evaluación funcional, sin embargo, también se describió una gran discapacidad del miembro superior en los pacientes. Todos los valores arrojados por las pruebas funcionales manifestaban afección severa de la funcionalidad del segmento en la primera evaluación.

TABLA N°2

ESTUDIO	POBLACIÓN BLANCO	TAMAÑO MUESTRAL	EDAD	CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES	TIEMPO POST ACV
Biasiucci y cols. 2018 ⁽³⁰⁾	Pacientes con ACV en fase crónica	N= 27 11 F 16 M	36-76 Promedio: 58	Parálisis grave de la mano con un promedio inicial de 21 puntos en la FMA-UE.	Promedio de 37 meses posteriores al ACV
Danut y cols.2017 ⁽⁴⁴⁾	Pacientes con ACV en fase crónica	N= 2 1 F 1 M	40 (F) - 59 (M) Promedio: 49,5	Parálisis severa de la mano izquierda. F: sin movimiento residual. M: movimiento del dedo medio de 0,5 cm.	Promedio de 48 meses posteriores al ACV
Marin-Pardo y cols. 2020 ⁽⁴⁵⁾	Pacientes con ACV en fase crónica	N= 4 1 F 3 M	42-66 Promedio: 56	Limitación de la extensión activa de muñeca. Con un promedio inicial de 19 puntos en la FMA-UE.	Promedio de 38 meses posteriores al ACV.
Yangyang y cols. 2020 ⁽⁴⁶⁾	Pacientes con ACV en fase crónica y subaguda	N= 16 4 F	25-72 Promedio: 49,5	Promedio inicial de 20 puntos en la FMA-UE.	Promedio de 11 meses posteriores al ACV.

		12 M			
Romagosa y cols. 2020 ⁽⁴²⁾	Pacientes con ACV en fase crónica y subaguda	N= 51 23 F 28 M	54-63 Promedio: 60	Restricción funcional en las extremidades superiores. Con un promedio inicial de 19 puntos en la FMA-UE.	Promedio de 37 meses posteriores al ACV
Tabernig y cols. 2017 ⁽⁴³⁾	Pacientes con ACV en fase crónica	N= 8 2F 6M	18-78 Promedio: 61	Puntuación inicial promedio de 16 en la mFMA.	Promedio de 36 meses posteriores al ACV

Tabla 2: Datos demográficos de la población. F: femenino. M: masculino. FMA-UE: Escala Fugl-Meyer miembro superior. mFMA: Fugl-Meyer- modificada

VI.b. Análisis y exposición de la variable “Espasticidad”

De acuerdo a la variable espasticidad, ésta fue evaluada por tres ensayos clínicos (Biasiucci y cols. 2018⁽³⁰⁾, Romagosa y cols. 2020⁽⁴²⁾, Tabernig y cols. 2017⁽⁴³⁾), utilizando como elemento de medición la Escala de Ashworth modificada (MAS, ver anexos).

En el estudio de **Biasiucci y cols. 2018**⁽³⁰⁾ se realizaron tres evaluaciones de los músculos flexores y extensores de muñeca y dedos, una previa al tratamiento, una inmediatamente después de este y la última entre 6 y 12 meses después. Con respecto a las dos mediciones posteriores al tratamiento del músculo extensor de muñeca hubo una mejora clínica en ambos grupos, pero esta no fue estadísticamente significativa por presentar un valor de $p=0,42$. En cuanto al flexor de muñeca no se encontró mejora clínica ni se menciona el valor de p .

En el estudio de **Romagosa y cols. 2020**⁽⁴²⁾ se realizaron dos evaluaciones previas al tratamiento y tres posteriores. Las preevaluaciones se programaron 1 mes y unos días antes de la intervención, mientras que las post evaluaciones se realizaron unos días, 1 y 6 meses después. Se observó una reducción de la espasticidad estadísticamente significativa ($p=0,001$) tanto en muñeca como en dedos.

En el ensayo clínico de **Tabernig y cols. 2017**⁽⁴³⁾ se realizó una evaluación previa a la intervención y otra posterior. Se obtuvo una reducción significativa de las puntuaciones de la MAS para abductores de hombro ($p=0,024$) y flexores de codo ($p=0,014$), muñeca ($p=0,025$) y dedos ($p=0,023$).

Se puede observar que en **Romagosa y cols. 2020**⁽⁴²⁾ y **Tabernig y cols. 2017**⁽⁴³⁾ se redujo la espasticidad de manera significativa posterior al tratamiento, en contraste con **Biasucci y cols.**⁽³⁰⁾ en donde las mejoras no fueron estadísticamente significativas. Por otra parte, en **Romagosa y cols. 2020**⁽⁴²⁾ se encontró que estas mejoras permanecieron durante los primeros 6 meses mientras que en el artículo de **Biasiucci y cols. 2018**⁽³⁰⁾ las evaluaciones 6 y 12 meses después no presentaron cambios significativos.

TABLA N°3

ESTUDIO	DISEÑO DEL ESTUDIO	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	SEGMENTO EVALUADO	INTERVENCIÓN	RESULTADOS
Biasiucci y cols. 2018 ⁽³⁰⁾	ECA doble ciego GC: 13 GE: 14 Duración del tratamiento: 5 semanas Cantidad de sesiones por semana: 2 Tiempo por sesión: 1 hora	MAS	Muñeca y dedos	GE: BCI-FES. FES: en extensor común de los dedos. 16 - 30 Hz. 10 - 25 mA. BCI: 8-30 Hz con 16 electrodos de superficie activos colocados sobre la corteza sensoriomotora. GC: Sham FES (FES simulado)	GC vs GE: Sin cambios significativos.
Romagosa y cols. 2020 ⁽⁴²⁾	EC Muestra: 51 Duración del tratamiento: 12 semanas	MAS	Muñeca y dedos	FES: en extensores de muñeca 50 Hz. AP 300 μ s Intensidad (mA): movimiento óptimo sin dolor ni espasmo.	Reducción significativa en la espasticidad de muñeca y dedos.

	<p>Cantidad de sesiones por semana: 2</p> <p>Tiempo por sesión: 1 hora</p>			BCI: 8-30 Hz con 16 electrodos activos en corteza	
Tabernig y cols. 2017 ⁽⁴³⁾	<p>EC</p> <p>Muestra: 8</p> <p>Duración del tratamiento: 5 semanas</p> <p>Cantidad de sesiones por semana: 4</p> <p>Tiempo por sesión: 1 hora</p>	MAS	Hombro, codo, muñeca y dedos.	<p>BCI-FES: en extensores de la muñeca y los dedos.</p> <p>FES: 25 Hz</p> <p>AP 0,2 ms.</p> <p>40 mA.</p> <p>BCI: 8-30 Hz con 8 electrodos sobre corteza</p>	Reducción significativa para todos los músculos evaluados

Tabla 3: exposición de resultados de la variable "Espasticidad". MAS: Escala de Ashworth modificada. EC: ensayo clínico A: aleatorizado.

GC: grupo control GE: grupo experimental. AP: ancho de pulso.

VI.c. Análisis y exposición de la variable “Rango de Movimiento”

La variable rango de movimiento fue evaluada por tres ensayos clínicos expuestos en la Tabla 4 (Danut y cols 2017⁽⁴⁴⁾, Marin- Pardo y cols. 2020⁽⁴⁵⁾ y Tabernig y cols. 2017⁽⁴³⁾). En relación al elemento de medición, tanto Marin-Pardo y cols. 2020⁽⁴⁵⁾ como Tabernig y cols. 2017⁽⁴³⁾ utilizaron el goniómetro, mientras que en Danut y cols. 2017⁽⁴⁴⁾ no se mencionó cómo fue medida.

Danut y cols. 2017⁽⁴⁴⁾ presentó dos pacientes, uno de ellos (P1) inició el tratamiento sin presentar movimiento de muñeca y mano y el otro (P2) con movimiento muy limitado del dedo medio. P1 consiguió extender voluntariamente la muñeca del lado parético al finalizar el estudio, sin embargo, esta ganancia de movimiento no fue valorada por un elemento de medición. En cambio, P2 aumentó 1 cm el rango de movimiento del dedo medio, por lo tanto, se encontró una mejora en esta variable para ambos pacientes. Por su parte, en el estudio de **Marin-Pardo y cols. 2020⁽⁴⁵⁾** se observó un aumento en la extensión de muñeca en tres de los cuatro pacientes, pero esta no fue estadísticamente significativa por presentar un valor de $p=0,108$. En el ensayo de **Tabernig y cols. 2017⁽⁴³⁾** se presentaron cambios estadísticamente significativos para la flexión activa de codo y dedos, pero no así para la extensión de muñeca y la abducción de hombro.

Al comparar los resultados resultan contradictorios y difíciles de valorar por la falta de uniformidad en el instrumento de medición. Los cambios significativos para esta variable se encontraron solo en el estudio de **Tabernig y cols. 2017⁽⁴³⁾**.

TABLA N°4

ESTUDIO	DISEÑO DEL ESTUDIO	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	SEGMENTO EVALUADO	INTERVENCIÓN	RESULTADOS
Danut y cols. 2017 ⁽⁴⁴⁾	<p>ECa</p> <p>Muestra: 2</p> <p>P1: F 40 años</p> <p>P2: M 59 años</p> <p>Duración del tratamiento: no especifica</p> <p>Cantidad de sesiones por semana: no especifica</p> <p>Tiempo por sesión: no especifica</p>	No especifica	Muñeca y dedos	<p>FES: sobre el antebrazo del lado afectado. 50Hz.</p> <p>BCI: 8 - 30 HZ con 45 electrodos EEG activos en corteza.</p>	Mejora de ambos pacientes en relación a la primera medición.

	Cantidad total de sesiones: 10				
Marin-Pardo y cols.2020 ⁽⁴⁵⁾	<p>Eca</p> <p>Muestra: 4</p> <p>Duración del tratamiento: 2 semanas</p> <p>Cantidad de sesiones por semana: 5</p> <p>Tiempo por sesión: 1 hora</p> <p>Cantidad total de sesiones: 10</p>	Goniómetro	Muñeca	<p>BCI-VR</p> <p>VR: visualización de brazos virtuales.</p> <p>Ventana de intento de movimiento: 5s</p> <p>Umbral de activación necesario: al menos 2s medido por EMG para lograr mover brazos virtuales.</p> <p>Descanso: 7 seg</p> <p>BCI: 8-30Hz. con 8 electrodos en corteza.</p>	No se encontraron cambios estadísticamente significativos

Tabernig y cols.2017 ⁽⁴³⁾	EC Muestra: 8 Duración del tratamiento: 5 semanas Cantidad de sesiones por semana: 4 Tiempo por sesión: 1 hora	Goniómetro	Rango activo de abducción de hombro y flexión y extensión de codo, muñeca y dedos.	BCI-FES: en extensores de la muñeca y los dedos. FES: 25 Hz AP 0,2 ms. 40 mA. BCI: 8-30 Hz con 8 electrodos sobre corteza	Mejora significativa en flexión activa de dedos y codo. No se encontró una mejora significativa para el resto de los movimientos.
--------------------------------------	--	------------	--	---	--

Tabla 4: exposición de resultados de la variable "Rango de Movimiento". ECa: Estudio de casos. EC: ensayo clínico. VR: realidad virtual. ROM: rango de movimiento. FES: estimulación eléctrica funcional. AP: ancho de pulso.

VI.d. Análisis y exposición de la variable “Función”

Conforme a la variable función, expuesta en la Tabla 5, esta fue evaluada a través de diferentes elementos de medición en los seis artículos de esta revisión (Biasiucci y cols.2018⁽³⁰⁾, Danut y cols. 2017⁽⁴⁴⁾, Marin-Pardo y cols 2020⁽⁴⁵⁾, Yangyang y cols 2020⁽⁴⁶⁾, Romagosa y cols. 2020⁽⁴²⁾, Tabernig y cols. 2017⁽⁴³⁾). Las escalas y test utilizados fueron la escala Fugl-meyer (FMA) (Biasiucci y cols. 2018⁽³⁰⁾, Marin-Pardo y cols. 2020⁽⁴⁵⁾, Yangyang y cols. 2020⁽⁴⁶⁾, Romagosa y cols. 2020⁽⁴²⁾), escala Fugl-Meyer modificada (mFMA) (Tabernig y cols. 2017⁽⁴³⁾), Action Research Arm Test (ARAT, ver anexos) (Marin-Pardo y cols. 2020⁽⁴⁵⁾), 9-Hole Peg Test (9HPT, ver anexos) (Romagosa y cols. 2020⁽⁴²⁾) y Box and Block Test (BBT, ver anexos) (Romagosa y cols. 2020⁽⁴²⁾).

En el ensayo clínico de **Biasucci y cols.2018**⁽³⁰⁾ el grupo BCI mostró una mejora funcional que fue significativa al finalizar la intervención ($p=0,04$) la cual se mantuvo en la tercera evaluación a los 9 meses. Por otra parte, también se observó una mejora clínica en el grupo control, pero ésta no fue significativa ($p=0,21$).

En **Danut y cols. 2017**⁽⁴⁴⁾ se hizo referencia a una mejora funcional motora al finalizar el tratamiento comparando la posibilidad de movimiento previa y posterior al mismo, pero sin especificar el elemento de medición utilizado ni mencionando valores objetivables. Es por esto que no resulta comparable con otras pruebas funcionales.

En ambas escalas utilizadas en el estudio de **Marin-Pardo y cols 2020**⁽⁴⁵⁾ se evidenció una mejora clínica que no fue estadísticamente significativa por tener valores de p menores a 0,05 (FMA=0,093 ARAT= 0,079). Según la literatura, las puntuaciones totales de estas escalas presentan entre sí un índice de correlación de 0.93 puntos.⁽⁴⁷⁾

En **Yangyang y cols 2020**⁽⁴⁶⁾, tanto los pacientes del grupo experimental ($p=0.049$) como los del grupo control ($p=0.044$) presentaron una mejora funcional significativa, no obstante, el grupo que utilizó BCI obtuvo mejores resultados mostrando una diferencia entre las evaluaciones de 3,5 frente a 0,9 puntos en el grupo control.

En las evaluaciones de **Romagosa y cols. 2020**⁽⁴²⁾ existieron mejoras significativas en la puntuación de la FMA ($p<0,001$) en contraste con la 9HPT y BBT las cuales no presentaron cambios significativos en la mano parética con valores de p iguales a 0.091 y 0.006 respectivamente. Es importante mencionar que puede establecerse una relación que permite comparar las escalas, ya que según la literatura existe un coeficiente de correlación de 0,75 entre la puntuación total de la FMA y la 9HPT y de 0,86 entre la puntuación total de la FMA y la BBT.⁽⁴⁸⁾

Con respecto al estudio de **Tabernig y cols. 2017**⁽⁴³⁾ se produjeron mejoras estadísticamente significativas posteriores al tratamiento con respecto a la función con un valor de $p=0.011$.

Esta variable presentó mejoría clínica en todos los artículos en los que fue evaluada, en cuatro de ellos este resultado fue estadísticamente significativo cuando fue evaluada con la FMA (Ver gráfico 3). Contrariamente, las otras tres evaluaciones funcionales utilizadas no mostraron cambios estadísticamente significativos.

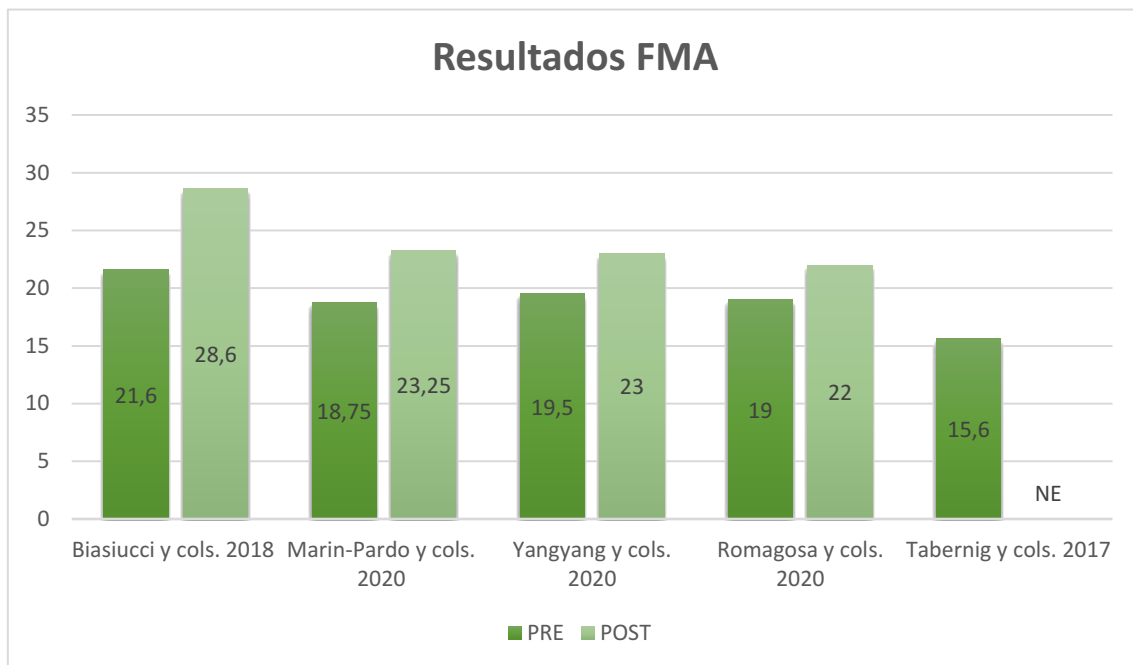


Gráfico 3. Resultados de FMA

TABLA N°5

ESTUDIO	DISEÑO DEL ESTUDIO	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	INTERVENCIÓN	RESULTADOS
Biasiucci y cols. 2018 ⁽³⁰⁾	ECA doble ciego GC: 13 GE: 14 Duración del tratamiento: 5 semanas Cantidad de sesiones por semana: 2 Tiempo por sesión: 1 hora	FMA-UE	GE: BCI-FES. FES: en extensor común de los dedos. 16 - 30 Hz. 10 - 25 mA. BCI: 8-30 Hz con 16 electrodos de superficie activos colocados sobre la corteza sensoriomotora. GC: Sham FES (FES simulado)	GE: presentó mejoras significativas. Ocho pacientes obtuvieron más de 5 puntos de diferencia. GC: mejora no significativa.
Danut y cols. 2017 ⁽⁴⁴⁾	ECa Muestra: 2 P1: F 40 años	No especifica	FES: sobre el antebrazo del lado afectado. 50Hz. BCI: 8 - 30 HZ con 45 electrodos EEG activos en corteza	Mejora funcional no objetivable.

	<p>P2: M 59 años</p> <p>Duración del tratamiento: no específica</p> <p>Cantidad de sesiones por semana: no específica</p> <p>Tiempo por sesión: no específica</p> <p>Cantidad total de sesiones: 10</p>			
Marin-Pardo y cols. 2020 ⁽⁴⁵⁾	<p>ECa</p> <p>Muestra: 4</p>	<p>FMA-UE</p> <p>ARAT</p>	<p>BCI-VR</p> <p>VR: visualización de brazos virtuales.</p> <p>Ventana de intento de movimiento: 5s</p>	<p>Mejoras en ambas escalas que no fueron significativas</p>

	<p>Duración del tratamiento: 2 semanas</p> <p>Cantidad de sesiones por semana: 5</p> <p>Tiempo por sesión: 1 hora</p> <p>Cantidad total de sesiones: 10</p>		<p>Umbral de activación necesario: al menos 2s medido por EMG para lograr mover brazos virtuales.</p> <p>Descanso: 7 seg</p> <p>BCI: 8-30Hz. con 8 electrodos en corteza.</p>	
<p>Yangyang y cols. 2020⁽⁴⁶⁾</p>	<p>ECA</p> <p>Muestra: 16</p> <p>GC: 8</p> <p>GE: 8</p> <p>Duración del tratamiento: 4 semanas</p>	<p>FMA</p>	<p>TC común a los dos grupos: ejercicios de dominio de las extremidades - tensión muscular - entrenamiento de control de las extremidades</p> <p>GE adicional:</p> <p>FES: en extensores de muñeca</p> <p>AP: 300 μs</p> <p>Tiempo de retroalimentación: 4s</p>	<p>Ambos grupos mostraron un aumento en la puntuación (50% GE vs 37,5% GC).</p> <p>La puntuación media del grupo GE (23,0) fue significativamente mayor que la del GC (21,5)</p>

	<p>Cantidad de sesiones por semana: 3</p> <p>Tiempo por sesión: no especifica</p> <p>Cantidad total de sesiones: 12</p>		<p>Descanso: 2s</p> <p>BCI: 8-30 Hz con 16 electrodos en corteza.</p>	
Romagosa y cols. 2020 ⁽⁴²⁾	<p>EC</p> <p>Muestra: 51</p> <p>Duración del tratamiento: 12 semanas</p> <p>Cantidad de sesiones por semana: 2</p>	<p>FMA-UE</p> <p>9HPT</p> <p>BBT</p>	<p>FES: en extensores de muñeca</p> <p>50 Hz. AP 300 μs</p> <p>Intensidad (mA): movimiento óptimo sin dolor ni espasmo.</p> <p>BCI: 8-30 Hz con 16 electrodos activos en corteza</p>	<p>FMA: Existe una mejora significativa de la función del MS después de la terapia.</p> <p>9HPT: reducción significativa del tiempo para realizar la prueba con la mano sana. No hubo cambios significativos en el brazo parético.</p> <p>BBT: cambios significativos solo en la mano sana después de la terapia.</p>

	Tiempo por sesión: 1 hora			
Tabernig y cols. 2017 ⁽⁴³⁾	<p>EC</p> <p>Muestra: 8</p> <p>Duración del tratamiento: 5 semanas</p> <p>Cantidad de sesiones por semana: 4</p> <p>Tiempo por sesión: 1 hora</p>	mFMA	<p>BCI-FES: en extensores de la muñeca y los dedos.</p> <p>FES: 25 Hz</p> <p>AP 0,2 ms.</p> <p>40 mA.</p> <p>BCI: 8-30 Hz con 8 electrodos sobre corteza</p>	Mejora significativa después del tratamiento con cambios clínicamente importantes para la recuperación funcional de los pacientes.

Tabla 5: exposición de resultados de la variable "Función". TC: terapias convencionales. FMA: evaluación motora Fugl-Meyer. mFMA: evaluación motora Fugl-Meyer modificada. ARAT: Action Research Arm Test GC: grupo control. GE: grupo experimental. EC: ensayo clínico. A: aleatorizado. FES: estimulación eléctrica funcional. MS: miembro superior. 9HPT: prueba de clavija de nueve orificios. BBT: prueba de caja y bloque.

VI.e. Intervención basada en BCI

En lo que respecta a la intervención terapéutica aplicada en los estudios seleccionados, es importante destacar que sólo uno de los artículos combinó la herramienta BCI con Realidad Virtual, por el contrario, los restantes 5 (cinco) trabajos utilizaron el FES como complemento. Sin embargo, la estrategia de comando para la BCI fue similar en todos los estudios. Los sujetos debían realizar la tarea de imaginación motora del movimiento de extensión de su mano parética, de modo tal de generar una activación cortical que fuera detectada por la BCI y utilizada como comando de salida para la activación del FES o la VR.

En cuanto a la detección de la actividad cortical, no hay homogeneidad en la cantidad de electrodos utilizados por los distintos autores, pero sí coinciden en la banda de frecuencia registrada y analizada (8-30 Hz), la cual corresponde a los ritmos sensoriomotores mu y beta. Dichas bandas de frecuencia se relacionan con el input central de activación muscular del segmento distal del miembro superior. A su vez, 4 (cuatro) trabajos, reportaron las tasas de precisión de activación cortical por parte del paciente, las cuales variaron entre el 72,9 y 97%, indicando una alta tasa de aplicabilidad de la herramienta BCI.

VII. DISCUSIÓN

Respondiendo a los objetivos planteados para esta revisión, se seleccionaron en las bases de datos anteriormente mencionadas seis artículos en los que se trata con BCI a pacientes que han sufrido un ACV y se encuentran en el estadio crónico. Esta patología resulta muy frecuente y genera una importante discapacidad, lo que explica la gran cantidad de opciones terapéuticas que se desarrollaron a lo largo del tiempo. A pesar de esto, la disfunción residual continúa siendo una dificultad para la rehabilitación que requiere el desarrollo y la implementación de nuevas tecnologías como la BCI. Esta herramienta, que aún se encuentra en desarrollo y estudio, encuentra su fundamento en los mecanismos neurofisiológicos implicados en los procesos de neuroplasticidad del SNC. En este sentido, la ley de Hebb, según la cual las conexiones neuronales se fortalecen al recibir de manera simultánea estímulos presinápticos y postsinápticos, constituye el principio básico para la implementación de la BCI como opción terapéutica.⁽⁴⁹⁾ En la presente revisión se han encontrado resultados heterogéneos en cuanto a las variables estudiadas

Las investigaciones realizadas por **Biasiucci y cols. 2018**⁽³⁰⁾, **Romagosa y cols. 2020**⁽⁴²⁾ y **Tabernig y cols. 2017**⁽⁴³⁾ han estudiado la variable espasticidad en individuos de edades semejantes que presentan un promedio de tiempo transcurrido posterior al ACV muy similar, encontrándose todos en fase crónica a excepción del estudio del 2020 que presenta cuatro pacientes en fase subaguda. Los resultados encontrados por **Biasiucci y cols. 2018**⁽³⁰⁾ contrastan con los expuestos por **Romagosa y cols. 2020**⁽⁴²⁾ y **Tabernig y cols. 2017**⁽⁴³⁾ ya que, en el primero no se encontraron resultados estadísticamente significativos en la MAS posterior a la aplicación de BCI-FES mientras que los restantes sí encontraron cambios significativos para la misma variable. Sin embargo, es relevante destacar que **Biasiucci y cols. 2018**⁽³⁰⁾ es el único estudio que presenta grupo control en donde solo se aplica FES y esto permitiría identificar y comparar los efectos aislados y adicionales de la BCI como herramienta terapéutica. Otro factor a tener en cuenta es el tiempo de tratamiento, lo que podría explicar los resultados negativos en el estudio de **Biasiucci y cols. 2018**⁽³⁰⁾, el cual presenta menos sesiones semanales en comparación con **Tabernig y cols. 2017**⁽⁴³⁾ y menos semanas de tratamiento con respecto a **Romagosa y cols. 2020**⁽⁴²⁾.

En relación a lo expuesto anteriormente se evidencia que la terapia BCI-FES podría generar resultados positivos respecto al ROM articular del miembro superior parético, sin embargo, no se pudo detectar que las mejoras encontradas en los pacientes de **Romagosa y cols. 2020**⁽⁴²⁾ y **Tabernig y cols. 2017**⁽⁴³⁾ hayan sido exclusivamente

atribuidas a FES en lugar de a la combinación de ambas herramientas debido a que no presentan grupo control. En este sentido, la literatura propone que la activación muscular generada por la estimulación eléctrica, produce inputs aferentes que podrían modificar la actividad de los receptores periféricos implicados en el mecanismo de la espasticidad, así como la actividad de los centros reguladores del tono muscular a nivel central. Algunos autores⁽⁵⁰⁻⁵²⁾ han evidenciado los efectos del FES sobre la reducción de la espasticidad en pacientes hemipléjicos, pudiendo demostrar su eficacia clínica. De esta manera, no está claro si BCI genera un efecto adicional o si la mejora se debe sólo a la utilización de FES. Una mayor cantidad de ensayos clínicos con grupo control, beneficiaría la discusión sobre los efectos de la BCI en la variable estudiada.

Conforme al rango de movimiento, son tres⁽⁴³⁻⁴⁵⁾ los artículos incluidos en esta revisión que analizan esta variable, dos de ellos obtuvieron una mejora en el ROM estadísticamente significativa utilizando BCI-FES, mientras que el restante no obtuvo mejoras estadísticamente significativas al aplicar BCI-VR. De esta manera, el dispositivo de salida externo utilizado en la terapéutica podría constituir un factor condicionante en los resultados, teniendo en consideración que sólo un artículo de los incluidos en este análisis estudia esta herramienta y presenta una muestra de tan sólo 4 pacientes. Por otra parte, en el estudio realizado por Park y cols. 2019⁽⁵³⁾ se demostró que el tratamiento con realidad virtual de manera aislada aumentó de manera estadísticamente significativa el ROM en 26 pacientes sobrevivientes de ACV. De todos modos, la bibliografía que relaciona esta variable con la realidad virtual asociada a la BCI resulta escasa y por lo tanto los resultados son controversiales.

Por otra parte, debido a que en **Danut y cols. 2017**⁽⁴⁴⁾ no se especifica el elemento de medición utilizado para cuantificar la ganancia de ROM no es posible objetivar y comparar las mejoras con respecto a los otros dos artículos en los que sí se menciona la utilización de goniómetro para tales fines. A su vez, la cantidad total de sesiones aplicadas no sería determinante en los resultados ya que en el estudio de **Tabernig y cols. 2017**⁽⁴³⁾ se obtienen los mismos resultados que en **Danut y cols. 2017**⁽⁴⁴⁾ realizándose el doble de sesiones, sin embargo, se debe considerar que, como se mencionó anteriormente, en este último estudio los resultados se exponen de manera subjetiva sin un elemento de medición.

Por último, resulta importante enfatizar que el reducido tamaño muestral de los tres artículos que estudian esta variable no permite extrapolar los resultados a una población más grande de personas que sufren una disminución del rango de movimiento debido a un ACV. Sin embargo, la literatura ha expuesto la relación existente entre ROM y

espasticidad, mostrando que una reducción de esta última podría consecuentemente producir resultados favorables de ROM. Así, los hallazgos de la presente revisión sobre espasticidad, podrían fundamentar los cambios producidos por la terapéutica en relación a la movilidad articular.

Los seis artículos incluidos en esta revisión analizan la variable función, mostrando un nivel funcional inicial bajo en todos los pacientes. En los estudios realizados por **Biasiucci y cols. 2018**⁽³⁰⁾, **Yangyang y cols. 2020**⁽⁴⁶⁾, **Romagosa y cols. 2020**⁽⁴²⁾ y **Tabernig y cols. 2017**⁽⁴³⁾ se encontraron mejoras estadísticamente significativas con la FMA como elemento de medición. Por su parte, **Marin-Pardo y cols. 2020**⁽⁴⁵⁾ utilizó además de la FMA, la escala ARAT y en ambas se hallaron mejoras, pero estas no fueron estadísticamente significativas. Es importante mencionar que dicho estudio aplicó realidad virtual como dispositivo de salida externo, a diferencia de los cinco estudios restantes que usaron FES. También se encontró una evolución positiva en los pacientes de **Danut y cols. 2017**⁽⁴⁴⁾, sin embargo, al igual que sucede con la variable rango de movimiento, no presenta un elemento de medición que permita comparar estos resultados. Por otra parte, fueron utilizadas por el ensayo de **Romagosa y cols. 2020**⁽⁴²⁾ las evaluaciones BBT y 9HPT sin obtener mejoras significativas en la mano parética.

Conforme al diseño de estudio, solo **Yangyang y cols. 2020**⁽⁴⁶⁾ y **Biasiucci y cols. 2018**⁽³⁰⁾ presentaron grupo control comparando la terapia BCI-FES con otro tratamiento. En el primero, al GE se le aplica, además de una terapia convencional de ejercicios, BCI-FES mientras que al GC solo se le aplica terapia convencional. Las mejoras significativas solo se obtienen para el GE demostrando así que la terapia BCI-FES tendría un efecto adicional. En **Biasiucci y cols. 2018**⁽³⁰⁾ se obtuvieron mejoras utilizando BCI-FES en comparación con la aplicación de FES aislado, y a diferencia de lo que sucedió con la variable espasticidad, se puede pensar que la terapia BCI si tiene un efecto adicional asociado a FES en la mejora de la función. En adición, la duración de la terapéutica en semanas y sesiones podría tener un efecto condicionante, pudiendo observarse que los cambios significativos respecto de la funcionalidad de los pacientes se corresponden con los trabajos de mayor tiempo de intervención.

Es bien sabido por la literatura, que las etapas agudas y subagudas constituyen las más favorables para generar cambios neuroplásticos en pos de la recuperación funcional de la población de estudio. Así, diversos autores^(52,54) han demostrado los efectos de la aplicación de BCI en pacientes con ACV en dichas etapas. En la presente revisión, dos artículos^(42,46) incluyen pacientes en etapa subaguda y crónica, demostrando resultados favorables para todos los sujetos. Mas no han analizado y contrastado las posibles

diferencias entre los sujetos en etapa subaguda y los sujetos en etapa crónica. En consecuencia, los resultados reportados en este trabajo respecto a la recuperación funcional, sustentan la aplicación de la terapéutica estudiada en estadios crónicos del ACV, aunque se requeriría mayor estudio de comparación entre los efectos de la BCI en las diferentes etapas de la patología, para poder determinar la ventana terapéutica de mayor eficacia potencial.

Los hallazgos del presente trabajo, se corresponden con la literatura que fundamenta la utilidad de la BCI en relación a los mecanismos neurofisiológicos involucrados en el aprendizaje motor y la neuroplasticidad favorecida por la ley de Hebb. En este sentido, todos los estudios incluidos, han reportado tasas altas de precisión de activación cortical por parte del paciente. En adición, algunos autores han analizado los cambios corticales producidos luego de la implementación de la terapia basada en BCI, obteniendo resultados prometedores relacionados con el aumento de conexiones y activación entre las zonas corticales de representación de la extremidad superior.

Limitaciones y Fortalezas

Cabe mencionar algunas limitaciones encontradas durante la realización de esta revisión. Al momento de llevar a cabo las estrategias de búsqueda se encontró una escasa cantidad de estudios referentes a esta herramienta terapéutica aún en desarrollo. En adición, estos presentan un tamaño muestral reducido. Por otro lado, sólo un artículo utiliza realidad virtual asociado a BCI y sólo dos presentan grupo control.

En contraposición, las fortalezas de este trabajo se evidencian en la homogeneidad presente tanto en el tiempo promedio transcurrido posterior al ACV como en la edad de los participantes y las herramientas de medición utilizadas, así como la concordancia en las frecuencias de banda utilizadas para la detección de la actividad cortical.

VIII. CONCLUSIÓN

Según los resultados obtenidos a partir de los trabajos de investigación analizados, se concluye que la implementación de la BCI asociada a FES podría producir mejoras significativas en la rehabilitación del miembro superior parético de pacientes con ACV en estadio crónico, específicamente en su capacidad de movimiento funcional el cual es de vital importancia para la realización de actividades de la vida diaria. Se requieren mayor cantidad de estudios para determinar el efecto adicional de la BCI en los cambios favorables producidos por la utilización de esta modalidad terapéutica en relación a las variables ROM y espasticidad.

A lo largo del desarrollo de esta revisión, se ha observado que el uso de VR como dispositivo de salida asociado a BCI no ha sido ampliamente estudiado, por lo que los escasos resultados obtenidos no permiten elaborar conclusiones respecto de los efectos generados en las variables medidas.

Estos resultados aportan nuevas herramientas para la práctica clínica diaria, incentivando a las profesionales a ampliar las opciones terapéuticas dentro del área de la neuro-rehabilitación.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mitchell RN, Kumar V, Abbas AK. Compendio de Robbins y Cotran. Patología Estructural y Funcional. Elsevier Health Sciences; 2012.
2. OMS. Enfermedades cardiovasculares [sede web]. Argentina: OMS; 2017 [acceso 5 de octubre de 2021]. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
3. Ministerio de salud. Ministerio de salud chile [sitio web]. Chile: Ministerio de salud. [acceso 10 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://diprece.minsal.cl/garantias-explicitas-en-salud-auge-o-ges/guias-de-practica-clinica/ataque-cerebrovascular-isquemico-en-personas-de-15-anos-y-mas/descripcion-y-epidemiologia-2/>
4. Guzik A, Bushnell C. Stroke Epidemiology and Risk Factor Management. CONTINUUM: Lifelong Learning in Neurology. 2017 [acceso 23 de agosto de 2021] Feb;23(1):15–39. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28157742/>
5. Sepúlveda P, Bacco JL, Cubillos A, Doussoulin A. Espasticidad como signo positivo de daño de motoneurona superior y su importancia en rehabilitación. Rev CES Med 2018 [acceso 23 de octubre de 2021] ; 32(3): 259-269. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/cesm/v32n3/0120-8705-cesm-32-03-259.pdf>
6. Le Cavorzin P. Espasticidad muscular: situación actual y perspectivas. EMC - Kinesiterapia - Medicina Física. 2013 [acceso 23 de octubre de 2021] Apr;34(2):1–16. Disponible en: [https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1016/S1293-2965\(13\)64659-9](https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1016/S1293-2965(13)64659-9)
7. Bockbrader MA, Francisco G, Lee R, Olson J, Solinsky R, Boninger ML. Brain computer interfaces in rehabilitation medicine [Internet]. 2018 [acceso 23 de octubre de 2021];10(2):233–43. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmrj.2018.05.028>
8. Wen D, Liang B, Zhou Y, Chen H, Jung T-P. The current research of combining multi-modal brain-computer interfaces with virtual reality. IEEE J Biomed Health Inform [Internet]. 2021 [acceso el 24 de agosto de 2021];25(9):3278–87. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33373308/>
9. Rodrigo B-J, Jorge A-V, Tostado C-Á, Luis J, Carrillo-Ruiz, Damián J, et al. Espasticidad, conceptos fisiológicos y fisiopatológicos aplicados a la clínica [Internet]. 2011 [acceso 18 de enero de 2022]; 12(3): 141 148. Disponible en: : <https://www.medigraphic.com/pdfs/revmexneu/rmn-2011/rmn113d.pdf>
10. Aznavurian A, Rebolledo F. Espasticidad: ¿Qué es y qué no es? NUEVOS HORIZONTES EN LA RESTAURACIÓN NEUROLÓGICA [Internet]. 2006 [acceso

- 18 de enero de 2022];5(2):152–9. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/plasticidad/prn-2006/prn062f.pdf>
11. Vasudevan JM, Browne BJ. Hemiplegic Shoulder Pain. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America* [Internet]. 2014 [acceso 18 de enero de 2022] May;25(2):411–37. Disponible en: <https://scihub.se/https://doi.org/10.1016/j.pmr.2014.01.010>
 12. Gladstone DJ, Danells CJ, Black SE. The Fugl-Meyer Assessment of Motor Recovery after Stroke: A Critical Review of Its Measurement Properties. *Neurorehabil Neural Repair* [Internet]. 2002 [acceso 20 de enero de 2022];16(3):232-40. Disponible en: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/154596802401105171>
 13. Page SJ, Fulk GD, Boyne P. Clinically important differences for the upper-extremity Fugl-Meyer Scale in people with minimal to moderate impairment due to chronic stroke. *Phys Ther* [Internet]. 2012 [acceso 20 de enero de 2022];92(6):791-8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22282773/>
 14. Alhusaini AAA, Dean CM, Crosbie J, Shepherd RB, Lewis J. Evaluation of Spasticity in Children With Cerebral Palsy Using Ashworth and Tardieu Scales Compared With Laboratory Measures. *J Child Neurol* [Internet]. 2010 [acceso 2 de marzo de 2022];25(10):1242-7. Disponible en: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0883073810362266>
 15. Fu J, Zeng M, Shen F, Cui Y, Zhu M, Gu X, et al. Effects of action observation therapy on upper extremity function, daily activities and motion evoked potential in cerebral infarction patients. *Medicine (Baltimore)* [Internet]. 2017 [acceso 2 de marzo de 2022];96(42):e8080. Disponible en: <https://journals.lww.com/00005792-201710200-00032>
 16. Quagliatta D. Accidente cerebrovascular: estudio de caso en un proceso de rehabilitación y la particular intervención de un profesor de educación física. *Rev Univ Educ Física El Deporte* [Internet]. 2013 [acceso 10 de abril de 2022];(6):6-16. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5826426>
 17. Alessandro L, Olmos LE, Bonamico L, Muzio DM, Ahumada MH, Russo MJ, et al. REHABILITACIÓN MULTIDISCIPLINARIA PARA PACIENTES ADULTOS CON ACCIDENTE CEREBROVASCULAR. 2020 [acceso 10 de abril de 2022];15. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802020000100008

18. Stinear CM, Barber PA, Smale PR, Coxon JP, Fleming MK, Byblow WD. Functional potential in chronic stroke patients depends on corticospinal tract integrity. *Brain* [Internet]. 2007 [acceso 15 de abril de 2022];130(1):170-80. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/brain/awl333>
19. Amarenco P, Bogousslavsky J, Caplan LR, Donnan GA, Hennerici MG. Classification of stroke subtypes. *Cerebrovasc Dis Basel Switz* [Internet]. 2009 [acceso 15 de abril de 2022];27(5):493-501. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19342825/>
20. Almhdawi KA, Mathiowetz VG, White M, delMas RC. Efficacy of Occupational Therapy Task-oriented Approach in Upper Extremity Post-stroke Rehabilitation. *Occup Ther Int* [Internet]. 2016 [acceso 20 de abril de 2022];23(4):444-56. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27761966/>
21. Duarte E, Marco E, Cervantes C, Díaz D, Chiarella SC, Escalada F. Efectos de la toxina botulínica tipo A y electroestimulación en la espasticidad flexora distal de la extremidad superior en el ictus. Ensayo clínico aleatorizado. *Rehabilitación* [Internet]. 2011 [acceso 23 de abril de 2022];45(3):194-201. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048712011000934>
22. Niu CM, Bao Y, Zhuang C, Li S, Wang T, Cui L, et al. Synergy-Based FES for Post-Stroke Rehabilitation of Upper-Limb Motor Functions. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng Publ IEEE Eng Med Biol Soc* [Internet]. 2019 [acceso 18 de mayo de 2022];27(2):256-64. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30763238/>
23. Eraifej J, Clark W, France B, Desando S, Moore D. Effectiveness of upper limb functional electrical stimulation after stroke for the improvement of activities of daily living and motor function: a systematic review and meta-analysis. *Syst Rev* [Internet]. 2017 [acceso 18 de mayo de 2022];6(1):40. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28245858/>
24. Laver KE, Lange B, George S, Deutsch JE, Saposnik G, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2017 [acceso 25 de mayo de 2022];11:CD008349. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29156493/>
25. Kiper P, Szczudlik A, Agostini M, Opara J, Nowobilski R, Ventura L, et al. Virtual Reality for Upper Limb Rehabilitation in Subacute and Chronic Stroke: A Randomized

- Controlled Trial. Arch Phys Med Rehabil [Internet]. 2018 [acceso 25 de mayo de 2022];99(5):834-842. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29453980/>
26. Carvalho R, Azevedo E, Marques P, Dias N, Cerqueira JJ. Physiotherapy based on problem-solving in upper limb function and neuroplasticity in chronic stroke patients: A case series. J Eval Clin Pract [Internet]. 2018 [acceso 25 de mayo de 2022];24(3):552-60. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jep.12921>
27. Arguelles JL, León DA, Sanchis SB, Manso DP. Heminegligencia y hemianopsia. Presentación de un caso. MediSur [Internet]. 2012 [acceso 30 de mayo de 2022];10(4):318-21. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=37523>
28. Carino-Escobar RI, Cantillo-Negrete J, Carino-Escobar RI, Cantillo-Negrete J. Brain-Computer Interfaces for upper limb motor rehabilitation of stroke patients. Rev Mex Ing Bioméd [Internet]. 2020 [acceso 30 de mayo de 2022];41(1):128-40. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0188-95322020000100128&lng=es&nrm=iso&tlng=en
29. Wilson JA, Schalk G, Walton LM, Williams JC. Using an EEG-Based Brain-Computer Interface for Virtual Cursor Movement with BCI2000. J Vis Exp [Internet]. 2009 [acceso 1 de junio de 2022];(29):1319. Disponible en: <http://www.jove.com/index/Details.stp?ID=1319>
30. Biasiucci A, Leeb R, Iturrate I, Perdakis S, Al-Khodairy A, Corbet T, et al. Brain-actuated functional electrical stimulation elicits lasting arm motor recovery after stroke. Nat Commun [Internet]. 2018 [acceso 1 de junio de 2022];9:2421. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6010454/>
31. Mattia D, Pichiorri F, Colamarino E, Masciullo M, Morone G, Toppi J, et al. The Promotoer, a brain-computer interface-assisted intervention to promote upper limb functional motor recovery after stroke: a study protocol for a randomized controlled trial to test early and long-term efficacy and to identify determinants of response. BMC Neurol [Internet]. 2020 [acceso 1 de junio de 2022];20(1):254. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12883-020-01826-w>
32. Young BM, Williams J, Prabhakaran V. BCI-FES: could a new rehabilitation device hold fresh promise for stroke patients? Expert Rev Med Devices [Internet].

- 2014 [acceso 4 de junio de 2022];11(6):537-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1586/17434440.2014.941811>
33. Using Brain-Computer Interface (BCI) as Control Module for Functional Electrical Stimulation (FES) Intervention in Post-Stroke Upper Extremity Rehabilitation [Internet]. *Rehabilitation Research Design & Disability*. [acceso 4 de junio de 2022]. Disponible en: <https://uwm.edu/r2d2/projects/bci-fes/>
34. Zulauf-Czaja A, Al-Taleb MKH, Purcell M, Petric-Gray N, Cloughley J, Vuckovic A. On the way home: a BCI-FES hand therapy self-managed by sub-acute SCI participants and their caregivers: a usability study. *J Neuroengineering Rehabil* [Internet]. 2021 [acceso 4 de junio de 2022];18(1):44. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33632262/>
35. Osuagwu BCA, Wallace L, Fraser M, Vuckovic A. Rehabilitation of hand in subacute tetraplegic patients based on brain computer interface and functional electrical stimulation: a randomised pilot study. *J Neural Eng* [Internet]. 2016 [acceso 4 de junio de 2022];13(6):065002. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27739405/>
36. Zhao X, Chu Y, Han J, Zhang Z. SSVEP-Based Brain-Computer Interface Controlled Functional Electrical Stimulation System for Upper Extremity Rehabilitation. *IEEE Trans Syst Man Cybern Syst* [Internet]. 2016 [acceso 6 de junio de 2022];46:1-10. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/302919575_SSVEP-Based_Brain-Computer_Interface_Controlled_Functional_Electrical_Stimulation_System_for_Upper_Extremity_Rehabilitation
37. Putze F, Vourvopoulos A, Lécuyer A, Krusienski D, Bermúdez i Badia S, Mullen T, et al. Editorial: Brain-Computer Interfaces and Augmented/Virtual Reality. *Front Hum Neurosci* [Internet]. 2020 [acceso 6 de junio de 2022];14. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2020.00144>
38. Lotte F, Faller J, Guger C, Renard Y, Pfurtscheller G, Lécuyer A, et al. Combining BCI with Virtual Reality: Towards New Applications and Improved BCI. En: Allison BZ, Dunne S, Leeb R, Del R. Millán J, Nijholt A, editores. *Towards Practical Brain-Computer Interfaces* [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2012 [acceso 6 de junio de 2022]. p. 197-220. (Biological and Medical Physics, Biomedical Engineering). Disponible en: http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-29746-5_10

39. Vourvopoulos A, Pardo OM, Lefebvre S, Neureither M, Saldana D, Jahng E, et al. Effects of a Brain-Computer Interface With Virtual Reality (VR) Neurofeedback: A Pilot Study in Chronic Stroke Patients. *Front Hum Neurosci* [Internet]. 2019 [acceso 6 de junio de 2022];13. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2019.00210>
40. Vourvopoulos A, Jorge C, Abreu R, Figueiredo P, Fernandes JC, Bermúdez I Badia S. Efficacy and Brain Imaging Correlates of an Immersive Motor Imagery BCI-Driven VR System for Upper Limb Motor Rehabilitation: A Clinical Case Report. *Front Hum Neurosci* [Internet]. 2019 [acceso 6 de junio de 2022];13:244. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31354460/>
41. Wen D, Fan Y, Hsu SH, Xu J, Zhou Y, Tao J, et al. Combining brain–computer interface and virtual reality for rehabilitation in neurological diseases: A narrative review. *Ann Phys Rehabil Med* [Internet]. 2021 [acceso 15 de junio de 2022];64(1):101404. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877065720301184>
42. Sebastián-Romagosa M, Cho W, Ortner R, Murovec N, Von Oertzen T, Kamada K, et al. Brain Computer Interface Treatment for Motor Rehabilitation of Upper Extremity of Stroke Patients—A Feasibility Study. *Front Neurosci* [Internet]. 2020 [acceso 15 de junio de 2022];14. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2020.591435>
43. Tabernig CB, Lopez CA, Carrere LC, Spaich EG, Ballario CH. Neurorehabilitation therapy of patients with severe stroke based on functional electrical stimulation commanded by a brain computer interface. *J Rehabil Assist Technol Eng* [Internet]. 2018 [acceso 24 de junio de 2022];5: 1-12. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31191948/>
44. Irimia DC, Cho W, Ortner R, Allison BZ, Ignat BE, Edlinger G, et al. Brain-Computer Interfaces With Multi-Sensory Feedback for Stroke Rehabilitation: A Case Study. *Artif Organs* [Internet]. 2017 [acceso 24 de junio de 2022];41(11):E178-84. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/aor.13054>
45. Marin-Pardo O, Laine CM, Rennie M, Ito KL, Finley J, Liew SL. A Virtual Reality Muscle–Computer Interface for Neurorehabilitation in Chronic Stroke: A Pilot Study. *Sensors* [Internet]. 2020 [acceso 30 de junio de 2022];20(13):3754. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/13/3754>

46. Miao Y, Chen S, Zhang X, Jin J, Xu R, Daly I, et al. BCI-Based Rehabilitation on the Stroke in Sequela Stage. *Neural Plast* [Internet]. 2020 [acceso 30 de junio de 2022];2020:8882764. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33414824/#:~:text=Conclusions%3A%20Study%20results%20showed%20evidence,upper%20extremities%20in%20stroke%20patients.>
47. Wei XJ, Tong K yu, Hu X ling. The responsiveness and correlation between Fugl-Meyer Assessment, Motor Status Scale, and the Action Research Arm Test in chronic stroke with upper-extremity rehabilitation robotic training. *Int J Rehabil Res* [Internet]. 2011 [acceso 30 de junio de 2022];34(4):349-56. Disponible en: https://journals.lww.com/intjrehabilres/Abstract/2011/12000/The_responsiveness_and_correlation_between.12.aspx
48. See J, Dodakian L, Chou C, Chan V, McKenzie A, Reinkensmeyer DJ, et al. A Standardized Approach to the Fugl-Meyer Assessment and Its Implications for Clinical Trials. *Neurorehabil Neural Repair* [Internet]. 2013 [acceso 4 de julio de 2022];27(8):732-41. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/1545968313491000>
49. Rushton DN. Functional Electrical Stimulation and rehabilitation—an hypothesis. *Med Eng Phys* [Internet]. 2003 [acceso 4 de julio de 2022];25(1):75-8. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350453302000401>
50. Yuzer GFN, Dönmez BK, Özgirgin N. A Randomized Controlled Study: Effectiveness of Functional Electrical Stimulation on Wrist and Finger Flexor Spasticity in Hemiplegia. *J Stroke Cerebrovasc Dis* [Internet]. 2017 [acceso 4 de julio de 2022];26(7):1467-71. Disponible en: [https://www.strokejournal.org/article/S1052-3057\(17\)30114-3/fulltext](https://www.strokejournal.org/article/S1052-3057(17)30114-3/fulltext)
51. Stefanovska A, Vodovnik L, Gros N, Rebersek S, Acimović-Janezic R. FES and spasticity. *IEEE Trans Biomed Eng* [Internet]. 1989 [acceso 10 de julio de 2022];36(7):738-45. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2787282/>
52. Quandt F, Hummel FC. The influence of functional electrical stimulation on hand motor recovery in stroke patients: a review. *Exp Transl Stroke Med* [Internet]. 2014 [acceso 10 de julio de 2022];6:9. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4178310/>
53. Park M, Ko MH, Oh SW, Lee JY, Ham Y, Yi H, et al. Effects of virtual reality-based planar motion exercises on upper extremity function, range of motion, and

health-related quality of life: a multicenter, single-blinded, randomized, controlled pilot study. *J Neuroengineering Rehabil* [Internet]. 2019 [acceso 20 de julio de 2022];16(1):122. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31651335/>

54. Li M, Liu Y, Wu Y, Liu S, Jia J, Zhang L. Neurophysiological substrates of stroke patients with motor imagery-based brain-computer interface training. *Int J Neurosci* [Internet]. 2014 [acceso 20 de julio de 2022];124(6):403-15. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/00207454.2013.850082>

X. ANEXOS

X.a. Escala Fugl Meyer Extremidad Superior

VALORACIÓN DE FUGL-MEYER		Identificación:			
EXTREMIDAD SUPERIOR (FMA-ES)		Fecha:			
Valoración de la función sensoriomotora		Examinador:			
<i>Fugl-Meyer AR, Jääskö L, Leyman I, Olsson S, Steglind S. The post-stroke hemiplegic patient. A method for evaluation of physical performance. Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine 1975, 7:13-31.</i>					
A. EXTREMIDAD SUPERIOR, posición sedente					
I. Actividad refleja		ning.	puede ser provocada		
Flexores: Bíceps y flexores de los dedos (al menos uno)		0	2		
Extensores: Tríceps		0	2		
Subtotal I (máx. 4)					
II. Movimiento voluntario dentro de sinergias, sin ayuda gravitacional		ning.	parcial	total	
Sinergia flexora: Mano desde rodilla contralateral hasta oído ipsilateral. Desde la sinergia extensora (aducción de hombro/rotación interna, extensión del codo, pronación del antebrazo) hasta la sinergia flexora (abducción del hombro/rotación externa, flexión del codo, supinación del antebrazo).	Hombro	Retracción	0	1	2
		Elevación	0	1	2
		Abducción (90°)	0	1	2
		Rotación externa	0	1	2
	Codo	Flexión	0	1	2
		Antebrazo	Supinación	0	1
Sinergia extensora: Mano desde el oído ipsilateral hasta la rodilla contralateral	Hombro	Aducción/rotac. inter	0	1	2
	Codo	Extensión	0	1	2
	Antebrazo	Pronación	0	1	2
Subtotal II (máx. 18)					
III. Movimiento voluntario mezclando sinergias, sin compensación		ning.	parcial	total	
Mano hasta la columna lumbar Mano sobre regazo	No puede realizar, mano en frente a espina iliaca antero-superior		0		
	Mano detrás de espina iliaca antero-superior (sin compensación)			1	
	Mano hasta la columna lumbar (sin compensación)				2
Flexión de hombro 0°-90° Codo a 0°	Abducción inmediata o flexión de codo		0		
	Abducción o flexión de codo durante movimiento			1	
Pronación-supinación 0°	90° de flexión, no abducción de hombro ni flexión de codo			2	
Pronación-supinación Codo a 90°	No pronación/supinación, imposible posición inicio		0		
	Pronación/supinación limitada, mantiene posición de inicio			1	
Hombro a 0°	Pronación/supinación completa, mantiene posición de inicio			2	
Subtotal III (máx. 6)					
IV. Movimiento voluntario con poca o ninguna sinergia		ning.	parcial	total	
Abducción de hombro 0°-90° Codo a 0°	Supinación inmediata o flexión de codo		0		
	Supinación o flexión de codo durante movimiento			1	
Antebrazo pronado	90° de abducción, mantiene extensión y pronación			2	
Flexión de hombro 90°-180° Codo a 0°	Abducción inmediata o flexión de codo		0		
	Abducción o flexión de codo durante movimiento			1	
Pronación-supinación 0°	Flexión de 180°, no abducción de hombro o flexión de codo			2	
Pronación/supinación Codo a 0°	No pronación/supinación, imposible posición inicio		0		
	Pronación/supinación limitada, mantiene posición de inicio			1	
Hombro a flexión de 30°-90°	Pronación/supinación completa, mantiene posición de inicio			2	
Subtotal IV (máx. 6)					
V. Actividad refleja normal evaluada solo si se logra puntaje total de 6 en parte IV					
Bíceps, Tríceps, Flexores de dedos	0 puntos en parte IV o 2 de 3 reflejos marcadamente hiperactivos		0		
	1 reflejo marcadamente hiperactivo o al menos 2 reflejos enérgicos			1	
	Máximo de 1 reflejo enérgico, ninguno hiperactivo			2	
Subtotal V (máx. 2)					
Total A. EXTREMIDAD SUPERIOR (máx. 36)					

B. MUÑECA se puede dar apoyo en el codo para adoptar o mantener la posición, no apoyo en muñeca, verifique rango pasivo de movimiento antes de realizar prueba		ning.	parcial	total
Estabilidad a flexión dorsal de 15° Codo a 90°, antebrazo pronado Hombro a 0°	Flexión dorsal activa menor de 15° 15° de Flexión dorsal, no tolera resistencia Mantiene flexión dorsal contra resistencia	0	1	2
Flexión dorsal/volar repetida Codo a 90°, antebrazo pronado Hombro a 0° leve (flexión de los dedos)	No puede realizar voluntariamente Rango de movimiento activo limitado Rango de movimiento activo completo, fluido	0	1	2
Estabilidad a flexión dorsal de 15° Codo a 0°, antebrazo pronado Leve flexión/abducción de hombro	Flexión dorsal activa menor de 15° 15° de flexión dorsal, sin resistencia Mantiene posición contra resistencia	0	1	2
Flexión dorsal/volar repetida Codo a 0°, antebrazo pronado Leve flexión/abducción de hombro	No puede realizar voluntariamente Rango de movimiento activo limitado Rango de movimiento activo completo, fluido	0	1	2
Circunducción Codo a 90°, antebrazo pronado, hombro a 0°	No puede realizar voluntariamente Movimiento brusco o incompleto Circunducción completa y suave	0	1	2
Total B (máx. 10)				
C. MANO se puede dar apoyo en el codo para mantener flexión de 90°, no apoyo en la muñeca, compare con mano no afectada, los objetos están interpuestos, agarre activo		ning.	parcial	total
Flexión en masa	Desde extensión total activa o pasiva	0	1	2
Extensión en masa	Desde flexión total activa o pasiva	0	1	2
AGARRE				
a. Agarre de gancho flexión en IFP y IFD (dígitos II – V) Extensión en MCF II-V	No puede realizar Puede mantener posición pero débil Mantiene posición contra resistencia	0	1	2
b. Aducción de pulgar 1er CMC, MCF, IFP a 0°, trozo de papel Entre pulgar y 2da articulación MCF	No puede realizar Puede sostener papel pero no contra tirón Puede sostener papel contra tirón	0	1	2
c. Agarre tipo pinza, oposición Pulpejo del pulgar, contra pulpejo del 2 do dedo, se tira o hala el lápiz hacia arriba	No puede realizar Puede sostener lápiz pero no contra tirón Puede sostener lápiz contra tirón	0	1	2
d. Agarre cilíndrico Objeto en forma cilíndrica (pequeña lata) Se tira o hala hacia arriba con oposición en dígitos I y II	No puede realizar Puede sostener cilindro pero no contra tirón Puede sostener cilindro contra tirón	0	1	2
e. Agarre esférico Dedos en abducción/flexión, pulgar opuesto, bola de tenis	No puede realizar Puede sostener bola pero no contra tirón Puede sostener bola contra tirón	0	1	2
Total C (máx. 14)				
D. COORDINACIÓN/VELOCIDAD después de una prueba con ambos brazos, con los ojos vendados, punta del dedo índice desde la rodilla hasta la nariz, 5 veces tan rápido como sea posible		marcado	leve	ninguno
Tembor	Al menos 1 movimiento completo	0	1	2
Dismetria	Pronunciada o asistemática Leve y sistemática No dismetria	0	1	2
		> 6s	2 - 5s	< 2s
Tiempo Inicio y final con la mano sobre la rodilla	Al menos 6 seg. más lento que el lado no afectado 2-5 seg. más lento que el lado no afectado Menos de 2 segundos de diferencia	0	1	2
Total D (máx. 6)				
Total A-D (máx.6)				

H. SENSACIÓN , extremidad superior con los ojos vendados, comparado con el lado no afectado		anestesia	hipoestesia disestesia	normal
Tacto Suave	Brazo, antebrazo, superficie palmar de mano	0 0	1 1	2 2
		ausencia menos de ¼ correcto	¼ correcto considerable diferencia	correcto 100% poca o no diferencia
Posición Pequeña alteración en la posición	Hombro Codo Muñeca Pulgar (articulación - IF)	0 0 0 0	1 1 1 1	2 2 2 2
Total H. (máx. 12)				

I. MOVIMIENTO ARTICULAR PASIVO , extremidad superior				J. DOLOR ARTICULAR durante movimiento pasivo, extremidad superior		
Posición sedente, compare con lado no afectado	sólo pocos grados (menos de 10° en hombro)	disminuido	normal	dolor constante pronunciado durante o al final del movimiento o dolor muy marcado al final del movimiento	algún dolor	no dolor
Hombro						
Flexión (0°-180°)	0	1	2	0	1	2
Abducción (0°-90°)	0	1	2	0	1	2
Rotación externa	0	1	2	0	1	2
Rotación interna	0	1	2	0	1	2
Codo						
Flexión	0	1	2	0	1	2
Extensión	0	1	2	0	1	2
Antebrazo						
Pronación	0	1	2	0	1	2
Supinación	0	1	2	0	1	2
Muñeca						
Flexión	0	1	2	0	1	2
Extensión	0	1	2	0	1	2
Dedos						
Flexión	0	1	2	0	1	2
Extensión	0	1	2	0	1	2
Total I (máx. 24)				Total J(max. 24)		

A. EXTREMIDAD SUPERIOR	/36
B. MUÑECA	/10
C. MANO	/14
D. COORDINACIÓN/VELOCIDAD	/6
TOTAL A - D (función motora)	/66

H. SENSACION	/12
I. MOVIMIENTO ARTICULAR PASIVO	/24
J. DOLOR ARTICULAR	/24

X.b. Escala Ashworth Modificada

Escala de Ashworth Modificada	
0	No hay cambios en la respuesta del músculo en los movimientos de flexión o extensión.
1	Ligero aumento en la respuesta del músculo al movimiento (flexión ó extensión) visible con la palpación o relajación, o solo mínima resistencia al final del arco del movimiento.
1+	Ligero aumento en la resistencia del músculo al movimiento en flexión o extensión seguido de una mínima resistencia en todo el resto del arco de movimiento (menos de la mitad).
2	Notable incremento en la resistencia del músculo durante la mayor parte del arco de movimiento articular, pero la articulación se mueve fácilmente.
3	Marcado incremento en la resistencia del músculo; el movimiento pasivo es difícil en la flexión o extensión.
4	Las partes afectadas están rígidas en flexión o extensión cuando se mueven pasivamente

X.c. Escala ARAT

EVALUACION FUNCIONAL EESS TERAPIA OCUPACIONAL

ACTION RESEARCH ARM TEST

Nombre Paciente _____

Fecha Evaluación _____ Procedencia _____

Instrucciones

La evaluación consta de cuatro sub-pruebas: prehensión gruesa, agarre, pinza y movimiento grueso. Las tareas en cada sub-prueba están ordenadas de tal manera que:

- Si el sujeto logra realizar la primera tarea de la sub-prueba, se registra el puntaje máximo para esa sub-prueba, sin necesidad de que le sea administrados las demás tareas.
- Si el sujeto no logra realizar la primera ni la segunda tarea de la sub-prueba, se registra el puntaje cero, y no se hace necesario administrar las demás tareas.
- De otra manera el paciente debe completar todas las tareas de la sub-prueba.

Puntuación

0: Ningún movimiento es posible

1: Movimiento parcialmente realizado

2: Movimiento realizado, pero anormalmente

3: Movimiento realizado normalmente

Evaluación

1. Sub-Prueba Prehensión Gruesa (vertical)

Tarea	Izq	Der	Observaciones
Tomar cubo de madera 10 cm.			Si logra puntaje 3, registrar un total de 18 ptos., y saltar a Sub-Prueba Agarre
Tomar cubo de madera 2.5 cm.			Si logra puntaje 0, registrar un total de 0 ptos., y saltar a Sub-Prueba Agarre
Tomar cubo de madera 5 cm			
Tomar cubo de madera 7.5 cm.			
Tomar pelota de 7.5 cm diámetro			
Tomar pieza de 10 x 2.5 x 1.0 cm			

2. Sub-Prueba Agarre (horizontal)

Tarea	Izq	Der	Observaciones
Verter agua desde un vaso a otro			Si logra puntaje 3, registrar un total de 12 ptos., y saltar a Sub-Prueba Pinza
Tubo de 2.25 cm.			Si logra puntaje 0, registrar un total de 0 ptos., y saltar a Sub-Prueba Pinza
Tubo de 1 x 16 cm.			
Perno y tuerca de 3.5 cm .			

3. Sub-Prueba Pinza (vertical)

Tarea	Izq	Der	Observaciones
Sostener pelota de 6mm entre pulgar y dedo anular			Si logra puntaje 3, registrar un total de 18 ptos., y saltar a Sub-Prueba Mov. Grueso
Sostener bolita de 1.5 cm entre pulgar y dedo índice			Si logra puntaje 0, registrar un total de 0 ptos., y saltar a Sub-Prueba Mov. Grueso
Sostener pelota de 6mm entre pulgar y dedo medio			
Sostener pelota de 6mm entre pulgar y dedo índice			
Sostener bolita de 1.5 cm entre pulgar y dedo anular			
Sostener bolita de 1.5 cm entre pulgar y dedo medio			

4. Sub-Prueba Movimiento Grueso

Tarea	Izq	Der	Observaciones
Colocar mano detrás de la cabeza			Si logra puntaje 3, registrar un total de 9 ptos., y terminar evaluación
Si logra puntaje 0, registrar un total de 0 ptos., y terminar evaluación			
Colocar mano encima de la cabeza			
Colocar mano encima de la boca			

PUNTAJE TOTAL _____**T.O.** _____

X.d. Prueba 9HPT



X.e. Box and block test

