

# **EFICACIA DEL ENTRENAMIENTO DE EDUCACIÓN CRUZADA EN PACIENTES AFECTADOS POR ACCIDENTES CEREBROVASCULARES**

**GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD  
FÍSICA Y DEL DEPORTE**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD  
FÍSICA Y EL DEPORTE**



Realizado por: Carlos Gamboa Gutierrez y Diego Jerez Alba

Nº Expediente: 21802160 y 21811160

Grupo TFG: MIX61

Año Académico: 2023-2024

Tutor/a: Juan Carlos Ariza Romojaro

Área: Revisión Bibliográfica

## RESUMEN

**Introducción:** La educación cruzada consiste en un método de entrenamiento unilateral diseñado para lograr ganancias en la fuerza y en las habilidades motoras en los músculos homólogos no entrenados del miembro contralateral del individuo. El accidente cerebrovascular incluye cualquier lesión vascular que disminuya el flujo sanguíneo cerebral y sus derivados, y cause diversos grados de disfunción e incapacidad neurológica. Actualmente se sitúa como la tercera causa de muerte en el mundo occidental. Debido a la gran incidencia de esta patología, se ha analizado en esta revisión si la educación cruzada es eficaz en los pacientes que han sufrido un accidente cerebrovascular. **Objetivo:** El objetivo de esta revisión bibliográfica sistematizada es analizar la eficacia del entrenamiento de educación cruzada en pacientes afectados por un accidente cerebrovascular. **Metodología:** Para llevar a cabo la revisión bibliográfica sistematizada, se ha realizado una búsqueda de investigaciones recientes, a través de las bases de datos: MEDLINE Complete, Rehabilitation and Sports Medicine Source y SPORTDiscus; de estas bases fueron seleccionados 13 artículos con los que se realizó la revisión. **Resultados:** Los resultados obtenidos muestran que el fenómeno de educación cruzada existe y que su efecto es incluso mayor en pacientes afectados por accidentes cerebrovasculares con daños neurológicos que en pacientes sanos. Además, cuando esta se combina con la terapia de espejo, se obtiene una mayor magnitud de educación cruzada en las personas afectadas por accidentes cerebrovasculares. **Conclusiones:** Introducir entrenamientos de educación cruzada es beneficioso para los pacientes afectados por un accidente cerebrovascular.

**Palabras clave:** Entrenamiento, educación cruzada, accidente cerebrovascular, transferencia.

## ABSTRACT

**Introduction:** Cross-education is a unilateral training method designed to achieve gains in strength and motor skills in the untrained homologous muscles of the individual's contralateral limb. Stroke includes any vascular injury that decreases cerebral blood flow and its associated consequences, causing varying levels of neurological dysfunction and disability. It currently ranks as the third leading cause of death in the occidental world. Due to the high incidence of this pathology, this review has examined whether cross-education is effective in patients who have suffered a stroke. **Objectives:** The aim of this systematised bibliographic review is to analyse the efficacy of performing cross-education training in stroke patients. **Methodology:** In order to carry out the systematised bibliographic review, a search for recent research has been carried out using the following databases: MEDLINE Complete, Rehabilitation and Sports Medicine Source and SPORTDiscus; 13 articles were selected from these databases for the review. **Results:** The results obtained show that the phenomenon of cross-education exists and its effect is even greater in stroke patients with neurological damage than in healthy patients. In addition, when this is combined with mirror therapy, a greater magnitude of cross-education is obtained in people affected by strokes. **Conclusions:** Introducing cross-education training is beneficial for stroke patients.

**Key words:** Training, cross-education, stroke, transfer.

## Índice:

1. Introducción.....	5
2. Objetivos.....	11
3. Metodología.....	12
3.1.    Diseño.....	12
3.2.    Estrategia de búsqueda.....	12
3.3.    Criterios de selección.....	12
3.4.    Diagrama de flujo.....	13
4. Discusión.....	14
5. Futuras líneas de investigación.....	20
6. Conclusiones.....	21
7. Bibliografía.....	23
8. Anexos.....	27
8.1.    Tabla de resultados.....	27

## 1. Introducción

Citando a Ojaghihaghi et al. (2017), “el accidente cerebrovascular (ACV) incluye cualquier lesión vascular que disminuya el flujo sanguíneo cerebral y sus derivados, y cause diversos grados de disfunción e incapacidad neurológica” (p.3). Actualmente se sitúa como la tercera causa de muerte en el mundo occidental, justo por detrás de las enfermedades cardíacas y el cáncer, afectando aproximadamente a un total de 700 000 personas en el mundo. Según Perna et al. (2015), su impacto es muy significativo sobre las personas mayores de 65 años, siendo la causa más común de morbilidad y discapacidad en los supervivientes de esta patología. Cerca del 20% de ellos requieren de atención médica y programas de rehabilitación los meses posteriores al evento de ACV.

La ubicación y la gravedad o cantidad de tejido afectado por el ACV son factores fundamentales para prever el grado de recuperación funcional y motora que un individuo puede alcanzar en el futuro, siendo la gravedad del tejido dañado el factor más determinante de los dos. En relación a la ubicación del ACV, se distinguen dos tipos de orígenes de estos eventos: aquellos que son origen cortical profundo y los origen cortical superficial. Se estima que los primeros tienen un pronóstico más desfavorable en comparación con los segundos (Perna et al. 2015).

Afirman Perna et al. (2015), que para comprender al completo los ACV, es crucial primero entender que los ACV se dividen en dos tipos: los de origen hemorrágico y los de origen isquémico, cada uno con fisiopatologías bien diferenciadas. El accidente cerebrovascular hemorrágico, tiene como origen la rotura de un vaso sanguíneo y simboliza el 20% de los ACV y estos se pueden manifestar o bien como una hemorragia intracraneal (HIC) debido a un presión arterial excesiva, incrementando la presión de las paredes de los vasos ya afectadas por aterosclerosis o aneurismas, o bien como una hemorragia subaracnoidea (HSA), comprometen al cerebro a las reacciones irritantes de la sangre. Los síntomas agudos del ACV hemorrágico comienzan a los pocos minutos tras el evento e

incluyen cefaleas, vómitos, aumentos bruscos de presión arterial y además, los factores de riesgo más comunes que se encuentran son el infarto de miocardio, el consumo trombolítico y la hipertensión (Ojaghihaghghi et al. 2017).

Por otro lado, sostienen Ojaghihaghghi et al. (2017), que el ACV isquémico ocupa alrededor de un 80% de los casos totales y se originan por un trombo y/o émbolo que reduce la producción de oxígeno hacia los tejidos más vitales. Este tipo de evento suele manifestarse de forma más lenta y progresiva, generalmente por trombosis, embolias o hipoperfusiones, con signos y síntomas de ataxia, paresia, vómitos, mirada fija y parálisis. Pero, según Perna et al. (2015), algunos factores como una edad avanzada, sexo femenino, diabetes mellitus y antecedentes de ACV suponen una agravación de la severidad del evento.

Tal y como nos comentan Perna et al. (2015), se ha observado que la recuperación de los individuos a nivel funcional y motora tiende a ser más rápida en los ACV de origen hemorrágico en comparación con los isquémicos, aunque se necesita de más información para conseguir resultados verdaderamente significativos. Por último, destacar la importancia del diagnóstico temprano en esta patología, sea del origen que sea. A día de hoy, el diagnóstico por imagen es considerado como la herramienta más útil para poder identificar el ACV (Ojaghihaghghi et al. 2017).

Scherbakov et al. (2011) exponen, que el ACV provoca afectaciones muy significativas a nivel del sistema músculo esquelético, generando que aproximadamente el 50% de los pacientes padezcan de algún grado de hemiparesia y que alrededor del 30% de ellos, no puedan recuperar la capacidad de volver a andar sin ayuda externa. Todos estos resultados son consecuencias de una gran multitud de alteraciones que se producen en el evento como son el desuso muscular, la denervación, la inflamación, la remodelación y la espasticidad que acaba generando una atrofia muscular. Estas alteraciones según varios estudios comienzan a manifestarse cuatro horas tras el ACV, afectando incluso a la extremidad sana aproximadamente una semana posterior

al evento. Todo ello, puede acabar desarrollando tras el ACV un posible estado de sarcopenia en los sujetos afectados por esta patología.

Kim et al. (2023) escriben que, la sarcopenia se define como una reducción de la masa músculo-esquelética, que provoca una pérdida de la función contráctil de los músculos junto con un aumento de la grasa intramuscular. Esto se debe a una alteración de la transmisión sináptica de la musculatura, resultando en una disminución de la fuerza, la masa muscular y el rendimiento físico debido a la reducción de unidades motoras que genera la sarcopenia. Procesos como el envejecimiento, la inmovilización e inactividad física (causante de resistencia a la insulina y disminución de la estimulación anabólica de la misma), la desnutrición y las enfermedades (Scherbakov et al. 2011). En base a las investigaciones realizadas, la gravedad del ACV (a mayor intensidad, mayor probabilidad de padecer sarcopenia), son consideradas como factores contribuyentes a la aparición de esta enfermedad tras el accidente (Kim et al. 2023).

Como plantean Kim et al. (2023), el avance de la edad supone un aumento de la grasa intramuscular y una pérdida de la fuerza y calidad muscular. En virtud de los cambios en el tipo de fibras musculares a medida que envejecemos, encontramos una conversión de las fibras musculares rápidas en fibras lentas. Investigaciones recientes han demostrado que los ACV generan un cambio en el tipo de fibras musculares produciéndose un aumento de las fibras de tipo II (rápidas), siendo un fuerte indicador del deterioro de la capacidad funcional y de la marcha en la extremidad afectada. Si bien la pérdida de masa muscular debido a los ACV no conlleva una reducción significativa del peso de los sujetos, se ha observado y evidenciado que existe un cambio del tejido magro a tejido graso en estas personas, resultando en una mayor presencia de grasa intramuscular (Scherbakov et al. 2011).

Tal y como nos indican Kim et al. (2023), los pacientes que padecen un ACV con posterior aparición de sarcopenia, tienden a sufrir una recuperación muy

deficiente. Realizar todos los esfuerzos posibles por optimizar la recuperación funcional durante la rehabilitación de los individuos afectados es de vital importancia y se ha evidenciado que la forma más idónea de conseguir estos objetivos es a través del uso de la actividad física, que supone indudablemente un beneficio para estos (Scherbakov et al. 2011).

Para Green et al. (2018), la educación cruzada (EC) consiste en un método de entrenamiento unilateral diseñado para lograr ganancias en la fuerza y en las habilidades motoras en los músculos homólogos no entrenados del miembro contralateral del individuo. Este programa de entrenamiento produce una serie de adaptaciones tanto a nivel cortical como espinal, estimulando los impulsos neuronales hacia ambos hemisferios cerebrales. Esta estimulación de impulsos neuronales desencadena un envío de señales e información hacia la extremidad contralateral no entrenada, lo que resulta en una reorganización funcional de la corteza motora y una activación de la extremidad opuesta. Todo esto se traduce en un incremento de los niveles de fuerza de la musculatura de la extremidad contralateral/no entrenada (Hendy et al. 2017). Las adaptaciones que genera la EC a nivel neuromuscular y sobre la fuerza, son capaces de perdurar en el tiempo o incluso continuar aumentando durante un periodo de desentrenamiento de hasta 6 semanas en la extremidad contralateral. Este resultado aparece gracias al entrenamiento unilateral, que logra efectos muy similares a los que ocurren en la extremidad entrenada, promoviendo por tanto un aprendizaje motor significativo en el lado contrario/no entrenado (Green et al. 2018).

Además de ser conocido como EC, este fenómeno puede verse identificado bajo otros términos: Efecto Contralateral, Transferencia Bilateral y Transferencia Cruzada entre muchos otros. Con el fin de establecer un nombre más preciso y universal que describiera esta metodología de entrenamiento, se llevó a cabo una encuesta que utilizaba la técnica Delphi. Dicha encuesta consistió en reunir a varios grupos de autores que fueran expertos y con publicaciones recientes sobre la EC, quienes respondieron a varias preguntas para concluir de forma

común la denominación más adecuada para este término. El consenso común al que se llegó, fue que la denominación de EC era la más acertada para describir este fenómeno a nivel internacional. Además, consideraron de vital importancia especificar el objetivo al utilizar esta técnica, dependiendo de si se dirigía a mejorar los niveles de fuerza de la extremidad contralateral/no entrenada, o si se enfoca en mejorar las habilidades motoras del sujeto en cuestión (Manca et al. 2021).

Los beneficios de la EC vienen determinados por ciertas variables específicas del propio del programa de entrenamiento, tales como la complejidad de los ejercicios, el volumen de entrenamiento total y la intensidad del entrenamiento (Hendy et al. 2017). Además, la duración mínima del entrenamiento, la cual establece que un período mínimo de entre 4-6 semanas o 13-18 sesiones totales, es considerado como el tiempo óptimo para lograr transferencias funcionalmente significativas de la fuerza voluntaria (Manca et al. 2021).

Por otro lado comentan Hendy et al. (2017), que existe otra variable de crucial importancia para la EC, siendo esta el tipo de contracción utilizado durante los entrenamientos, dado que no todas consiguen los mismos beneficios en la extremidad contralateral. La contracción excéntrica, según varios autores, se considera la más indicada para obtener resultados positivos, debido a su mayor capacidad de generar cambios de excitabilidad e inhibiciones a nivel cortical. Sin embargo, este aspecto sigue siendo poco explorado y se requiere de futuras investigaciones para poder concretar la veracidad de su eficiencia.

En general, ratifican Hendy et al. (2017), que la EC demuestra tener resultados positivos en la extremidad contraria/no entrenada; sin embargo, existen ciertas estrategias en el entrenamiento que pueden potenciar los resultados de este método. El entrenamiento de alta intensidad, las contracciones excéntricas y la complementación del entrenamiento con el uso de técnicas de ilusión de espejo (Manca et al. (2021). La inclusión de estímulos de carácter visual durante el trabajo de EC, beneficia el rendimiento motor y las respuestas neurofisiológicas,

produciendo un incremento de la excitabilidad corticoespinal en las vías motoras hacia la extremidad contralateral/no entrenada. Si bien, este efecto es únicamente una hipótesis y al igual que las contracciones excéntricas, se necesita de futuras investigaciones para confirmar por completo la fiabilidad de esta técnica, debido a que existen muchas opiniones sobre que dichos efectos en realidad son producidos por una inhibición intracortical de la corteza motora ipsilateral, también conocida como la iM1. El envejecimiento por otro lado, contrarresta a las variables previamente mencionadas, debido a que a medida que la edad aumenta en el tiempo, los efectos y beneficios del entrenamiento unilateral sobre la extremidad contralateral/no entrenada se ven drásticamente disminuidos (Hendy et al. 2017).

Finalmente, destacan Green et al. (2018), que tanto en hombres como en mujeres, la EC tiene efectos similares. De misma manera, ocurre un proceso parecido en cuanto a las diferencias del beneficio que genera la EC entre el miembro superior y el miembro inferior, quienes según los resultados obtenidos por este autor, son significativamente iguales.

Los programas de entrenamiento unilateral son capaces de aumentar la contracción de las fibras rápidas tanto en la extremidad ipsilateral/entrenada como en la extremidad contralateral/no entrenada según la evidencia reciente, siendo la extremidad entrenada claramente la más beneficiada. Un dato de gran relevancia clínica sobre la EC es su capacidad de reducir los niveles de atrofia muscular en sujetos con inmovilización y/o desuso de una extremidad tras ser sometidos a un entrenamiento unilateral de fuerza. Aunque no se ha logrado demostrar por completo las razones detrás de este fenómeno, la principal hipótesis sugiere que puede ser causado por una respuesta endocrina aguda gracias a la realización de ejercicio de resistencia para expeler factores circulantes tanto anabólicos como catabólicos que buscan conseguir un aumento del ambiente anabólico del cuerpo. Sin embargo, aunque la EC es capaz de disminuir la atrofia muscular de la extremidad contralateral/no entrenada en el sujeto, no se ha observado que esta sea capaz de aumentar el tamaño o

volumen muscular en dicha extremidad, a diferencia del lado que si ha sido sometido al entrenamiento, donde sí que se evidencian incrementos (Hendy et al. 2017).

Dado la alta incidencia de personas afectadas por los ACV en todo el mundo, resulta más que interesante revisar el uso de la EC como método para prevenir la pérdida de fuerza muscular durante la inactividad de la extremidad contralateral/no entrenada. La posible eficacia de esta técnica de entrenamiento puede representar un excelente recurso en la rehabilitación de las personas afectadas.

## **2. Objetivos**

Objetivo principal:

- Comprobar la eficacia del entrenamiento de educación cruzada en pacientes afectados por accidente cerebrovascular.

Objetivos secundarios:

- Examinar la eficiencia del entrenamiento de educación cruzada para reducir la pérdida de fuerza en el miembro contralateral en pacientes afectados por accidente cerebrovascular.
- Diferenciar la efectividad del entrenamiento unilateral de la extremidad no afectada en comparación con el entrenamiento bilateral en pacientes afectados por accidente cerebrovascular.
- Analizar la efectividad de la terapia de espejo como complemento de la educación cruzada para optimizar los resultados de la rehabilitación en pacientes afectados por accidente cerebrovascular.
- Observar la influencia de la educación cruzada en la mejora de la funcionalidad y el rango de movilidad en los pacientes afectados por accidente cerebrovascular.

### **3. Metodología**

#### **3.1. Diseño**

Se ha realizado una revisión bibliográfica sistematizada de artículos de investigación recientes, relacionados con la influencia del entrenamiento de educación cruzada (también conocida como “cross-education”) en sujetos que han sufrido un accidente cerebrovascular. Los investigadores que han llevado a cabo la búsqueda bibliográfica han sido Carlos Gamboa Gutierrez y Diego Jerez Alba, a través de una revisión por pares consensuada por los dos investigadores, el 22 de septiembre de 2023.

#### **3.2. Estrategia de búsqueda**

Se ha realizado una búsqueda bibliográfica usando las siguientes bases de datos:

3.2.1. MEDLINE Complete, Rehabilitation and Sports Medicine Source y SPORTDiscus.

Se utilizaron las siguientes palabras clave en el proceso de búsqueda a la hora de seleccionar los artículos: “(Cross education OR cross transfer OR interlimb transfer OR bilateral transfer OR unilateral transfer) AND (stroke OR cerebrovascular accident OR cva) NOT (review of literature OR literature review OR meta-analysis OR systematic review OR scoping review) ”.

#### **3.3. Criterios de selección**

Una vez finalizado el primer proceso de búsqueda, se llevaron a cabo los filtros pertinentes para llegar a los artículos en cuestión.

Los criterios de inclusión fueron:

- Mes Enero Año 2015 – Mes Diciembre Año 2023
- Texto completo.
- Publicaciones académicas.
- Idioma inglés o castellano.

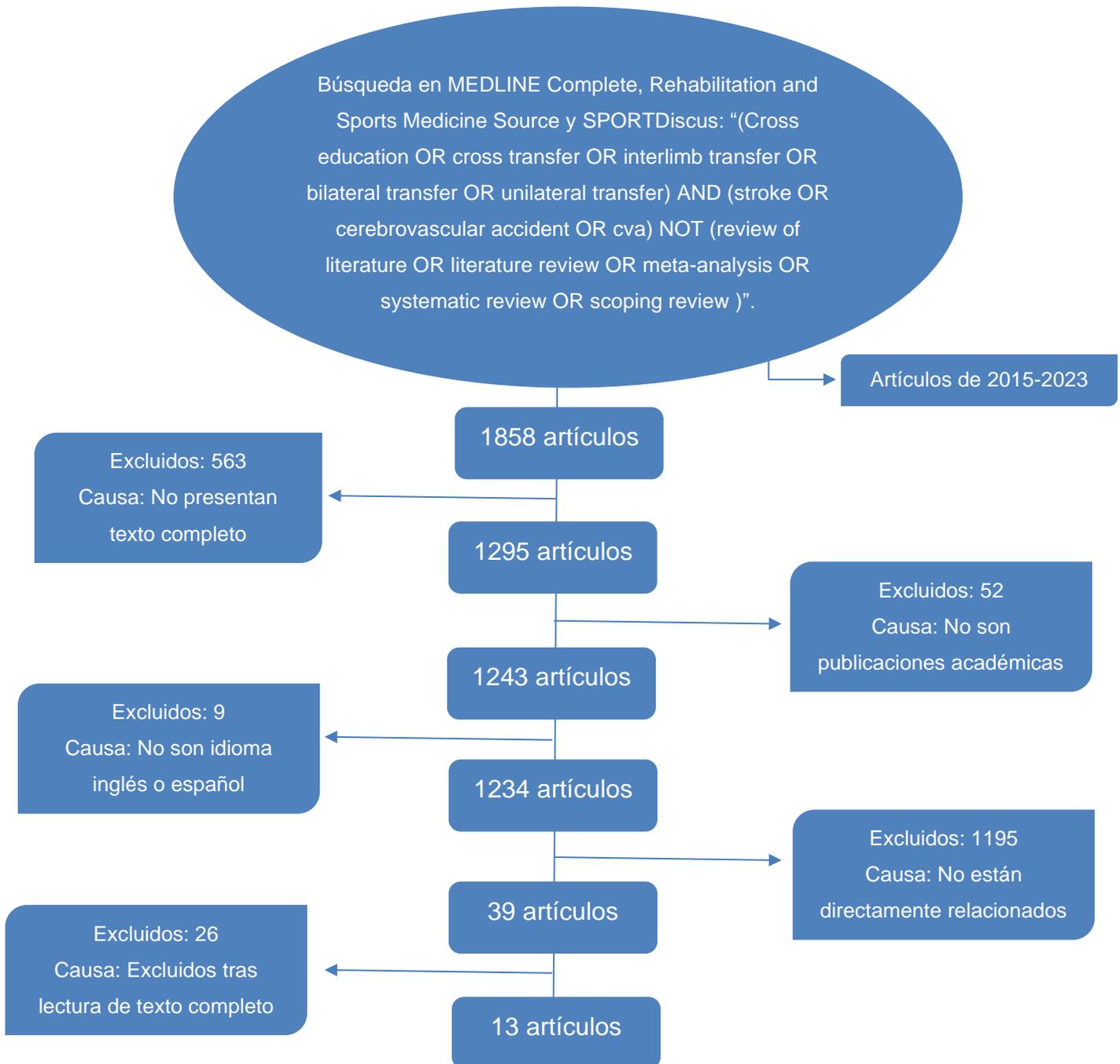
Los criterios de exclusión fueron:

- Artículos repetidos.

**3.4. Diagrama de flujo:**

**Figura 1**

*Diagrama de flujo*



Nota: Elaboración propia

#### 4. Discusión

En relación a la cuestión sobre si el fenómeno de la EC puede suponer un tratamiento efectivo para la rehabilitación de miembros paréticos originados por un ACV, la evidencia reciente nos señala una respuesta clara y de total unanimidad, ya que según autores como Ali Beg et al. (2021) y Yurdakul et al. (2020), la EC induce una transferencia motora hacia el miembro parético tras un entrenamiento en el miembro sano. Se ha verificado, que efectivamente sí que existe un aumento de la fuerza y de la transferencia en la extremidad parética tras un entrenamiento de fuerza en la extremidad sana. En pacientes neurológicamente intactos, las ganancias de fuerza tras la utilización de la EC en el lado parético oscilan únicamente entre un 8-9% (Sun et al. 2018). Si bien, dicha transferencia de fuerza es incluso más significativa en individuos afectados por un ACV que en aquellos sin afectación, observándose ganancias entre el 35-42% en miembros superiores y del 31-34% en miembros inferiores. Además, este efecto beneficioso de la EC, se ha corroborado tanto durante las etapas tempranas del ACV como durante las etapas crónicas. (Ali Beg et al. 2021; Sun et al. 2018; Yurdakul et al. 2020).

Según las estadísticas recopiladas por Yurdakul et al. (2020), la cantidad de fuerza transferida durante el fenómeno de la EC hacia el miembro parético, oscila entre el 3% y 104%, posicionándose como una opción de tratamiento beneficiosa para este tipo de pacientes que padecen de una afectación del miembro superior. Este dato, además de ser de gran valor para la recuperación general de la función del miembro superior, también es extrapolable hacia el miembro inferior. Igualmente, se ha evaluado en los pacientes recientemente afectados por un ACV, su potencia muscular del miembro parético tras la realización de un entrenamiento del miembro no parético mediante la utilización de una herramienta denominada “probador muscular”. Gracias a los resultados obtenidos por el probador muscular, los investigadores pudieron dictaminar que el entrenamiento sobre el lado sano, es capaz de producir efectos beneficiosos. Esta evaluación demostró que el entrenamiento del lado sano generó sobre los músculos homólogos de la

propia extremidad parética efectos beneficiosos y provocó una alteración de la excitabilidad de las vías espinales que se transfirieron hacia el lado de la extremidad parética, mejorando tanto la fuerza como el rendimiento funcional (Lim et al. 2023).

La transferencia del entrenamiento hacia la extremidad parética, también impacta en otras variables motoras más allá de la fuerza. Por ejemplo, el tiempo de reacción se ve significativamente reducido y mejorado después de realizar un entrenamiento intensivo con tareas que involucran el uso de habilidad y fuerza de la extremidad no afectada (Lim et al. 2023; Yurdakul et al. 2020). Por otra parte, Lim et al. (2023), no solamente observaron una mejora inmediata en el tiempo de reacción, sino que también comprobaron que sus beneficios se consiguieron mantener en el tiempo incluso una hora más tarde tras completar las tareas del entrenamiento. La justificación de esta mejora se encuentra en el aumento del desarrollo de la conectividad ipsilateral de la extremidad no parética con la extremidad parética, generando una mayor inhibición transcallosa desde la corteza motora (M1) del lado sano hacia el lado afectado.

Profundizando a nivel neurofisiológico, de acuerdo con Lim et al. (2023), la EC en pacientes afectados por un ACV, especialmente aquellos gravemente afectados, sufren durante el entrenamiento de fuerza un incremento de la activación de la M1 del lado no lesionado, facilitando la inhibición de la corteza del lado lesionado. Este proceso es más evidente durante el entrenamiento de fuerza, mejorando la excitabilidad en el hemisferio no parético y consiguiendo aumentar el rendimiento motor en la extremidad lesionada. Acerca de la ausencia de cambios en dicha excitabilidad corticoespinal de la M1 entrenada, tiene como efecto la participación del hemisferio no entrenado en la EC. También, corrobora que realizar una tarea en las extremidades superiores mejora el efecto de acoplamiento de la corteza motora contralateral en la corteza motora ipsilateral (Xu et al. 2022). En definitiva, todos estos procesos fisiológicos se resumen en una

reorganización de las vías motoras contralaterales del lado parético, permitiendo que la extremidad sana dirija un impulso neuronal óptimo a la extremidad no entrenada. Este fenómeno genera adaptaciones en el área motora del lado parético, teniendo como resultado la mejora del control motor y del rendimiento funcional de dicha extremidad. Se puede demostrar, por tanto, la posibilidad existente de modular la excitabilidad neuronal y la fuerza de la musculatura del lado parético contralateral mediante la EC (Yurdakul et al. 2020).

Tras varios años de investigación sobre cómo conseguir los mejores resultados posibles durante la rehabilitación de un paciente con hemiplejía producida por un ACV, Harjpal et al. (2022) han detectado el error común que la mayoría de fisioterapeutas realizaban con estos pacientes al centrarse únicamente en el entrenamiento de la extremidad afectada, olvidándose por completo de la extremidad sana. Si bien, este estudio ha confirmado la importancia de realizar el entrenamiento con ambas extremidades, tanto la sana como la lesionada. En el caso de estos autores, sus conclusiones apoyan la inclusión de actividades de carácter bilateral durante el entrenamiento de fuerza para la obtención de una mayor EC y en definitiva, una transferencia motora hacia el lado contralateral. No obstante, Kumagai et al. (2022) replican que no existen beneficios significativos del entrenamiento bilateral en el lado afectado en cuanto al nivel de destreza del sujeto, pero que, sí que producía beneficios en el rendimiento funcional de estos, especialmente en aquellos con una hemiparesia izquierda, puesto que, en los pacientes con una hemiparesia derecha no se encuentran diferencias significativas entre el grupo bilateral y el grupo unilateral.

Graef et al. (2016) y Sun et al. (2018) han coincidido que la realización de un programa de entrenamiento de fuerza funcional durante 5 semanas, producía mejoras en el miembro superior parético en pacientes con una hemiparesia crónica y déficit motor moderado, afirmado también por los estudios realizados por Harjpal et al. (2022) y Kumagai et al. (2022). Si bien, hay

estudios que no especifican qué tipo de entrenamiento conlleva más ganancias (bilateral o unilateral), sino que ensalza ambas metodologías por igual. Este resultado se pudo observar mediante evaluaciones inmediatamente después del tratamiento y durante un seguimiento de 10 meses, observándose cómo el entrenamiento de fuerza con pesas de manera unilateral y bilateral, produce en el miembro superior, significativas ganancias tanto en la fuerza de agarre de la mano como en la flexión de hombro (Graef et al. 2016). No obstante, se han encontrado estudios que obtienen las mismas conclusiones pero, con la única diferencia de que utiliza específicamente un tipo de entrenamiento de fuerza unilateral en la extremidad sana (Sun et al. 2018; Urbin et al. 2015). Cabe resaltar los resultados obtenidos en la investigación de Harjpal et al. (2022), donde se utiliza una metodología de entrenamiento de tipo bilateral logrando unos beneficios en la transferencia motora del lado homolateral al lado contralateral.

Por otra parte, se ha visto que una forma de obtener resultados más significativos en la mejora de la fuerza en la extremidad parética se producía tras realizar un entrenamiento de fuerza funcional, y no tanto un entrenamiento de fuerza analítica con ejercicios aislados. Sin embargo, frente a las mejoras observadas en la fuerza y en el control motor tras el entrenamiento funcional, no se evidenció ningún aumento del tono muscular en la extremidad contralateral de dichos sujetos (Graef et al. 2016).

El entrenamiento de fuerza para la mejora de la extremidad contralateral lesionada, parece ser que también genera beneficios en el equilibrio estático y dinámico, además, al mejorar la longitud de la zancada, los sujetos afectados por un ACV son capaces de acelerar la velocidad de la marcha permitiéndoles un mayor nivel de independencia general (Harjpal et al. 2022). Otra variable que aumentó notablemente según los resultados encontrados en Graef et al. (2016) y Urbin et al. (2015) fue la capacidad de mejora que posee la EC sobre el aumento del ROM activo. Dicho ROM se ve

especialmente afectado en pacientes con ACV, debido entre otros a la gran producción de debilidad muscular y la alteración del reclutamiento motor que dicha patología conlleva en estos sujetos, visualizándose una clara pérdida de coordinación en las articulaciones del codo-hombro y el rango de movimiento general en esta articulación tras el accidente. Dicha mejora en el ROM activo se ve plasmada en los resultados de la escala UE-FM con un aumento en la puntuación de 4,25 puntos (Graef et al. 2016).

Respecto a la implementación de la terapia de espejo durante la aplicación de la EC o también llamado en conjunto como terapia combinada, en pacientes afectados por ACV, esta terapia destaca por ser una técnica de bajo costo y muy accesible. La terapia de espejo estimula el sistema de neuronas de espejo, mejorando la excitabilidad bilateral de la M1, logrando una mayor activación del hemisferio no entrenado, lo que resulta en que el entrenamiento tenga un efecto más significativo (Simpson et al. 2019; Wen et al. 2022).

La terapia de espejo consiste en crear una ilusión de funcionamiento normal de la extremidad afectada al visualizar el reflejo de la extremidad no parética en un espejo. Esta retroalimentación visual positiva, estimula la corteza motora principal del cerebro, desencadenando una serie de adaptaciones en la neuroplasticidad cerebral que contribuyen a la recuperación de la función motora. Además, la efectividad de esta recuperación se ve influenciada por la edad del sujeto y por el tiempo transcurrido desde el comienzo de la terapia tras el accidente. Se ha observado en algunos estudios, que aquellos pacientes que sobrepasan los 75 años de edad, experimentan beneficios reducidos de la terapia combinada y, se considera que un periodo óptimo en el que iniciar la terapia para obtener los mejores resultados posibles, está dentro de los 3-6 meses posteriores al ACV (Simpson et al. 2019; Wen et al. 2022). Siguiendo con este razonamiento, en base a este último argumento sobre el momento de inicio de la rehabilitación y el uso de esta metodología de entrenamiento, el estudio realizado por Sun et al. (2018) nos comenta que

la duración del tratamiento debe de rondar entre los 144 y los 158 meses aproximadamente, dependiendo de si realizaron el programa de entrenamiento con el lado afectado o con el no afectado.

Por otra parte, se comparó la terapia combinada con el entrenamiento unilateral de fuerza sin el uso de la terapia de espejo, también conocido como terapia convencional. Se hallaron resultados de que la terapia combinada mejoraba la velocidad de la marcha, reducía la espasticidad y mejoraba la calidad de las actividades de la vida diaria en comparación con aquellos que utilizaron la terapia convencional. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en cuanto a la ganancia de fuerza entre ambos grupos; no obstante, la terapia combinada obtuvo mejores resultados en el aumento de la función motora, conclusión que fue respaldada por las mejoras en las puntuaciones de los test de FMA-UE, ARAT e IADL (Simpson et al. 2019).

Fue identificado otro beneficio que la terapia combinada puede ofrecer a la recuperación de sujetos que han padecido un ACV. La terapia combinada, demostró ser capaz de generar una mayor magnitud de la EC en la musculatura del lado parético en comparación con la terapia convencional. Este aumento de la EC fue del 61% durante la terapia combinada y de un 34% en la terapia convencional. Si bien, este aumento únicamente apareció cuando los sujetos realizaban contracciones de tipo dinámicas durante el entrenamiento, ya que, las isométricas según la estadística del estudio, no produjeron ningún beneficio significativo en comparación con la terapia convencional (Zult et al. 2016; Simpson et al. 2019). Por el contrario, los resultados obtenidos por Urbin et al. (2015) argumentan que no existe una diferencia significativa en el aumento de la fuerza en cuanto a la contracción isométrica y dinámica, así como del grupo muscular pudiendo ser del miembro superior o del miembro inferior.

A continuación, se comprobó que no existía ninguna diferencia significativa en cuanto a la ganancia de fuerza entre el grupo que utilizó el tratamiento

convencional y el grupo que utilizó el tratamiento combinado. Se destacó además, que el entrenamiento dinámico fue el único capaz de generar resultados positivos en la educación cruzada ya que, el entrenamiento isométrico no mostró producir apenas beneficio en los sujetos afectados por un ACV (Zult et al. 2016). Por último, varios estudios coincidieron en que la terapia combinada induce a un mayor efecto de la EC a diferencia de la terapia convencional, facilitando así una recuperación funcional mucho más temprana (Simpson et al. 2019; Zult et al. 2016).

## **5. Futuras líneas de investigación**

En función de los estudios revisados hemos observado que no hay suficientes artículos que analicen la educación cruzada en pacientes que hayan sufrido un accidente cerebrovascular. A pesar de que se trata de una enfermedad con bastante incidencia en la población, no se refleja ni en la calidad ni en la cantidad de estudios que deberían de hacerse sobre este tema.

La principal limitación que hemos encontrado a la hora de revisar los estudios es un tamaño muestral pequeño que hay en dichos artículos, sería importante en futuras investigaciones tener un tamaño de muestra mayor de sujetos que se encuentren en fases agudas y crónicas del ictus, para así conseguir unos mejores resultados. Además, un mayor número de sujetos podría proporcionar un mayor tamaño del efecto y una validez externa del mismo.

Otra limitación encontrada ha sido la falta de grupos control en distintos artículos, lo que nos podría ayudar a la hora de analizar la eficacia de los resultados obtenidos. Además, sería positivo utilizar evaluaciones de depresión, ansiedad y estado de ánimo tanto en el grupo de control como en el experimental para proporcionar información adicional a los investigadores.

También, hemos hallado durante esta revisión que los artículos no diferencian entre ictus isquémicos y hemorrágicos, lo que nos impide distinguir qué tipo de accidente cerebrovascular afecta a cada sujeto. De cara

a futuras investigaciones, sería muy interesante poder diferenciar entre ambos tipos y poder así comparar las similitudes y diferencias que se ven reflejadas durante los resultados de la educación cruzada.

Por último, futuros estudios deberían investigar la efectividad del entrenamiento unilateral en comparación con el entrenamiento bilateral, así como los efectos de la EC del miembro sano al miembro lesionado a la hora de realizar un entrenamiento de fuerza en las extremidades no afectadas sobre la ganancia de fuerza muscular que puedan obtener las extremidades afectadas. Estos estudios nos ayudarían a explorar la posible aplicación de los posibles efectos a la hora de realizar la EC del miembro sano al lesionado en diferentes trastornos musculoesqueléticos o neurológicos y también, poder llegar a una conclusión sobre qué tipo de entrenamiento es el más adecuado.

## **6. Conclusiones**

La principal conclusión a la que hemos llegado tras revisar todos los artículos referenciados en nuestro estudio es que el fenómeno de educación cruzada existe y que su efecto es incluso mayor en pacientes afectados por accidentes cerebrovasculares con daños neurológicos que en aquellos totalmente sanos, por lo que, la inclusión de esta terapia debería tener un mayor peso durante la rehabilitación de pacientes con lesiones de alguna extremidad derivadas de esta patología pero que, si bien, su efecto se vería determinado por la edad de los sujetos y el momento del inicio de la rehabilitación utilizando esta metodología de entrenamiento.

Por otro lado, tras analizar los recientes estudios, pudimos comprobar como la educación cruzada producía una mejora de la fuerza en el miembro contralateral lesionado, generando efectos beneficiosos sobre dicha extremidad, que ayudarían a mejorar en definitiva el rendimiento funcional del sujeto sobre esa articulación. Se encuentran ganancias en los sujetos

afectados por ACV del 35-42% en miembros superiores y del 31-34% en miembros inferiores.

Respecto a la efectividad del entrenamiento unilateral en comparación con el entrenamiento bilateral, no hemos podido llegar a una respuesta final sobre qué tipo de entrenamiento nos aporta más ganancias, debido a los objetivos y los resultados tan distintos que nos hemos encontrado en los estudios revisados, por lo que, necesitaríamos nuevas investigaciones para poder concretar el entrenamiento más rentable.

Además, hemos observado que la educación cruzada junto a la terapia de espejo o también denominada terapia combinada, suponía una mayor obtención de los niveles de educación cruzada sobre la extremidad parética, obteniendo una mejora del 61%, en comparación al 34% de mejora de la terapia convencional, mejorando variables como la velocidad de la marcha, la espasticidad y las actividades de la vida diaria entre otras, mayoritariamente mediante el uso de entrenamientos con contracciones dinámicas, pero sin conseguir incrementar más los niveles de fuerza en los sujetos.

Por último, concluimos que la educación cruzada logra grandes ganancias a nivel funcional para el equilibrio y la marcha permitiendo a los pacientes un mayor grado de independencia. Asimismo, la educación cruzada es beneficiosa para el rango de movimiento activo, generando sobre todo beneficios en las articulaciones del codo y hombro, la cual se ve plasmada en los resultados de la escala UE-FM con un aumento en la puntuación de 4,25 puntos.

## 7. Bibliografía

Ali Beg, R., Shaphe, M. A., Qasheesh, M., Ahmad, F., Anwer, S., & Alghadir, A. H. (2021). Intermanual transfer effects on performance gain following dominant hand training in community-dwelling healthy adults: A preliminary study. *Journal of Multidisciplinary Healthcare*, 14, 1007–1016.

<https://doi.org/10.2147/JMDH.S298991>

Graef, P., Michaelsen, S. M., Dadalt, M. L. R., Rodrigues, D. A. M. S., Pereira, F., & Pagnussat, A. de S. (2016). Effects of functional and analytical strength training on upper-extremity activity after stroke: A randomized controlled trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 20(6), 543–552.

<https://doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0187>

Green, L. A., & Gabriel, D. A. (2018). The cross education of strength and skill following unilateral strength training in the upper and lower limbs. *Journal of Neurophysiology*, 120(2), 468–479. <https://doi.org/10.1152/jn.00116.2018>

Harjpal, P., Qureshi, M. I., Kovala, R. K., & Jain, M. (2022). Efficacy of Bilateral Lower-Limb Training Over Unilateral Lower-Limb Training To Reeducate Balance and Walking in Post-Stroke Survivors: A Randomized Clinical Trial. *Cureus*, 14(10), 1–13. <https://doi.org/10.7759/cureus.30748>

Hendy, A. M., & Lamon, S. (2017). The cross-education phenomenon: Brain and beyond. *Frontiers in Physiology*, 8(MAY), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00297>

Kim, Y. H., & Choi, Y.-A. (2023). Prevalence and risk factors of possible sarcopenia in patients with subacute stroke. *Plos One*, 18(9), e0291452. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0291452>

Kumagai, M., Uehara, S., Kurayama, T., Kitamura, S., Sakata, S., Kondo, K., Shimizu, E., Yoshinaga, N., & Otaka, Y. (2022). Effects of Alternating Bilateral

Training Between Non-Paretic and Paretic Upper Limbs in Patients with Hemiparetic Stroke: A Pilot Randomized Controlled Trial. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 54(7), jrm00336. <https://doi.org/10.2340/jrm.v54.1970>

Lim, H., & Madhavan, S. (2023). Non-paretic leg movements can facilitate cortical drive to the paretic leg in individuals post stroke with severe motor impairment: Implications for motor priming. *European Journal of Neuroscience*, 58(3), 2853–2867. <https://doi.org/10.1111/ejn.16069>

Manca, A., Hortobágyi, T., Carroll, T. J., Enoka, R. M., Farthing, J. P., Gandevia, S. C., Kidgell, D. J., Taylor, J. L., & Deriu, F. (2021). Contralateral Effects of Unilateral Strength and Skill Training: Modified Delphi Consensus to Establish Key Aspects of Cross-Education. *Sports Medicine*, 51(1), 11–20. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01377-7>

Mota, D. M. S., Moraes, Í. A. P., Papa, D. C. R., Fernani, D. C. G. L., Almeida, C. S., Tezza, M. H. S., Dantas, M. T. A. P., Fernandes, S. M. S., Ré, A. H. N., Silva, T. D., & Monteiro, C. B. M. (2023). Bilateral Transfer of Performance between Real and Non-Immersive Virtual Environments in Post-Stroke Individuals: A Cross-Sectional Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph20043301>

Ojaghihaghghi, S., Vahdati, S. S., Mikaeilpour, A., & Ramouz, A. (2017). Comparison of neurological clinical manifestation in patients with hemorrhagic and ischemic stroke. *World Journal of Emergency Medicine*, 8(1), 34. <https://doi.org/10.5847/wjem.j.1920-8642.2017.01.006>

Perna, R., & Temple, J. (2015). Rehabilitation Outcomes: Ischemic versus Hemorrhagic Strokes. *Behavioural Neurology*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/891651>

Scherbakov, N., & Doehner, W. (2011). Sarcopenia in stroke-facts and numbers on muscle loss accounting for disability after stroke. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 2(1), 5–8. <https://doi.org/10.1007/s13539-011-0024-8>

Simpson, D., Ehrensberger, M., Horgan, F., Blake, C., Roberts, D., Broderick, P., & Monaghan, K. (2019). Unilateral dorsiflexor strengthening with mirror therapy to improve motor function after stroke: A pilot randomized study. *Physiotherapy Research International*, 24(4), 1–9. <https://doi.org/10.1002/pri.1792>

Sun, Y., Ledwell, N. M. H., Boyd, L. A., & Zehr, E. P. (2018). Unilateral wrist extension training after stroke improves strength and neural plasticity in both arms. *Experimental Brain Research*, 236(7), 2009–2021. <https://doi.org/10.1007/s00221-018-5275-6>

Urbin, M. A., Harris-Love, M. L., Carter, A. R., & Lang, C. E. (2015). High-intensity, unilateral resistance training of a non-paretic muscle group increases active range of motion in a severely paretic upper extremity muscle group after stroke. *Frontiers in Neurology*, 6(MAY), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fneur.2015.00119>

Wen, X., Li, L., Li, X., Zha, H., Liu, Z., Peng, Y., Liu, X., Liu, H., Yang, Q., & Wang, J. (2022). Therapeutic Role of Additional Mirror Therapy on the Recovery of Upper Extremity Motor Function after Stroke: A Single-Blind, Randomized Controlled Trial. *Genetics Research*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/8966920>

Xu, G., Huo, C., Yin, J., Li, W., Xie, H., Li, X., Li, Z., Wang, Y., & Wang, D. (2022). Effective brain network analysis in unilateral and bilateral upper limb exercise training in subjects with stroke. *Medical Physics*, 49(5), 3333–3346. <https://doi.org/10.1002/mp.15570>

Yurdakul, O. V., Kilicoglu, M. S., Rezvani, A., Kucukakkas, O., Eren, F., & Aydin, T. (2020). How does cross-education affects muscles of paretic upper extremity in subacute stroke survivors? *Neurological Sciences*, *41*(12), 3667–3675. <https://doi.org/10.1007/s10072-020-04506-2>

Zult, T., Goodall, S., Thomas, K., Solnik, S., Hortobágyi, T., & Howatson, G. (2016). Mirror training augments the cross-education of strength and affects inhibitory paths. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *48*(6), 1001–1013. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000871>

## 8. Anexos

### 8.1. Tabla de resultados

AUTOR Y AÑO	OBJETIVOS	MUESTRA	MÉTODO	VARIABLES	RESULTADOS
Ali Beg et al. (2021)	- Evaluar los efectos de la EC del entto de la mano dominante sobre la tarea funcional de la mano no entrenada.	- 60 participantes. - 8 excluidos por criterios de inclusión. - 2 abandonan. - 50 adultos sanos. - 2 grupos (experimental y control).	- 4 semanas. -2 entto/semana. - Grupo experimental: - 15 minutos mano dcha en tablero de clavijas de 16 agujeros.	- Prueba de Jebsen Taylor (JTT). - Prueba de destreza manual con tablero de clavijas.	- Reducción significativa en el tiempo de mov para completar una tarea en el tablero después de un entto intensivo de mano dominante. - Mejora en rendimiento en tareas funcionales similares tanto manos entrenadas como no entrenadas. - Rendimiento de subpruebas mejoró en mano no entrenada, basándose en formación de mecanismo interno en corteza dominante y control ipsilateral de corteza izda o en transferencia de info de corteza dominante a no dominante.
Graef et al. (2016)	- Determinar si un programa domiciliario de 5 semanas de fortalecimiento funcional era más eficaz que el	- 28 Pacientes del Hospital. - Padecido un ACV unilateral hace 6 meses-5 años, comprendiendo instrucciones, NO dolor, debilidad muscular o contracturas, sin	- 15 Sesiones: programa de rehabilitación domiciliario de 30 Min supervisado por terapeuta. - Inicio: estiramiento y ROM pasivo realizado por terapeuta.	- TEMPA. - Fuerza del hombro. - Agarre. - ROM activo de hombro. - Recuperación motora del MMSS.	- Entto de fuerza funcional produce mayores mejoras cuando combinas actividad unilateral y bilateral del MMSS parético.

Eficacia del entrenamiento de educación cruzada en pacientes afectados por accidentes cerebrovasculares

	<p>fortalecimiento analítico para mejorar los niveles de actividad de los MMSS en sujetos con hemiparesia crónica.</p>	<p>rehabilitación de MMSS mientras participa. - Divididos aleatoriamente en dos grupos (Grupo FS y Grupo AS).</p>	<p>-Ambos grupos misma intensidad y nº de sesiones con carga del 60% de su Fmax de ext de hombro. - Grupo FS: alcances y agarre contra resistencia. - Grupo AS: fortalecer MMSS utilizando mov repetitivos sin objetivo funcional.</p>	<p>- Tono muscular.</p>	<p>- Entto con pesas de resistencia mejora la fuerza de agarre manual y ext de hombro en ambos grupos. Además mejora la fuerza muscular del MMSS parético tras ACV crónico, aumentando el control motor. - Aumentó el ROM activo de hombro con mejora de fuerza y función motora MMSS. -Trabajo de fortalecimiento muscular en casa de 5 semanas tuvo mejoras en niveles de actividad MMSS de pacientes con hemiparesia crónica y déficits motores moderados.</p>
<p>Harjpal et al. (2022)</p>	<p>- Estudiar el efecto del entto bilateral de los MMII sobre el entto unilateral de los MMII en el equilibrio y la marcha en supervivientes de ACV.</p>	<p>- 40 pacientes voluntarios de 45-65 años que comprenden instrucciones y estaban en etapa subaguda del 1º ACV. - Grupo UTG: 20 pacientes. - Grupo BTG: 20 pacientes.</p>	<p>- 6 semanas, 5 días/semana. - Grupo UTG: 20 Min entto de aproximación del lado afectado del MMII utilizando MRP y PNF. - Grupo BTG: 20 Min entto de fuerza en MMII en lado no afectado usando Principio de DeLorme + 20 Min entto de aproximación de lado afectado utilizando MRP y PNF.</p>	<p>- FRT. - OLST. - Gait Velocity. - Stride Length. - Cadence. - BBS. - Dynamic Gait Index. - BRS.</p>	<p>- Entto bilateral en MMSS mejor que entto unilateral para recuperar función tras ACV en pacientes con hemiplejía. Además mejora equilibrio y marcha en MMII. - Grupo BTG tuvo mejores resultados en MMII en FRT, OLST, parámetros de marcha, BBS, DGI y BRS.</p>

					- Entto bilateral ayudó a recuperación más temprana, restablecer equilibrio y rehabilitar marcha tras ACV para mejorar independencia.
Kumagai et al. (2022)	- Examinar el efecto del entto bilateral alternado y sus dimensiones en el rendimiento de la destreza del MMSS afectado en pacientes con hemiparesia leve o moderada tras una apoplejía.	- 24 pacientes del hospital. - Grupo ABT: alternando miembro parético con no parético. - Grupo UT: solo lado parético.	- Entto de destreza del MS afectado utilizando el NHPT. - 10 ensayos durante 7 días. - Rehabilitación: 1h de fisio y 1h de terapia ocupacional. - Grupo ABT: NHPT con miembro parético alternando con no parético. - Grupo UT: solo lado parético.	- Rendimiento en tareas. - Prueba del Tablero de Clavijas de Purdue. - Prueba de la Caja y el Bloque.	- Resultados globales no revelaron beneficio significativo del ABT en destreza del MS afectado. - ABT sí mejoró rendimiento en lado afectado, específicamente pacientes con hemiparesia izda. - Pacientes con hemiparesia dcha, tanto grupo ABT y UT mostraron mejora similar. - Grupo ABT aumentó efectos del entto en rendimiento de mano izda parética. - Grupo UT mostró mejora mayor que grupo ABT en prueba de caja y bloques en lado no parético.
Lim et al. (2023)	- Determinar los efectos de los mov no paréticos de los MMII sobre la conectividad corticomotora y el	- 21 participantes. - 4 excluidos por criterios de exclusión y abandono. - 17 participantes finalmente.	- Entto de fuerza y destreza con pierna no paralizada. - 2 ensayos de 1 Min. - 20 Min de entto fuerza. - 16 ensayos de flex plantar y dorsal de 1 Min.	- Estimulación magnética transcraneal. - Tiempo de reacción del tobillo.	- Excitabilidad corticomotora del Tibial Anterior no parético aumentó tras entto de habilidad y fuerza.

	tiempo de reacción del MMII parético en individuos después de un ACV con discapacidad motora grave en los MMII.		- TENS 50% intensidad.		- Conectividad ipsilateral de corteza motora no lesionada con TA parético aumentó tras entto de habilidad, pero no de fuerza. - Entto de destreza y fuerza mejoró tiempo de reacción del TA parético y mantuvieron mejoras a los 60 Min.
Mota et al. (2023)	- Evaluar la transferencia del desempeño motor de los grupos post-ictus y control en dos ambientes diferentes (real y virtual), así como la transferencia bilateral, cambiando la práctica entre los MMSS paréticos y no paréticos.	- 138 participantes de inicio. - 2 abandonan tras inclusión. - 136 participantes: 82 post-ictus y 54 control. - Grupo ACV lado no parético 1º: 34 participantes. - Grupo ACV lado parético 1º: 48 participantes. - Grupo control lado dominante 1º: 54 participantes.	- Tarea de crono y protocolo de aprendizaje motor a corto plazo real o virtual para medir tiempo de ejecución. - Ambos grupos realizaron 1º y 2º práctica, consistía en deslizar el avatar al coincidir con el encendido de la última pelota. - Grupo control realiza mismos ejercicios pero 1º brazo dominante y después brazo no dominante.	- OPS. - FMA. - MMSE. - TUG. - AMAT.	- Grupo control obtiene mejor resultado en ejercicios que pacientes afectados por ACV. - Resultados de MS parético en pacientes con ACV, muy similares a los del grupo control. - Grupo ACV lado parético 1º obtuvieron transferencia bilateral con mejor rendimiento sobre lado no parético. - Grupo ACV lado no parético 1º obtuvieron resultados iguales o similares de lado no parético a lado parético.
Simpson et al. (2019)	- Investigar la viabilidad del entto de fuerza unilateral más terapia de espejo en los MMII después de un ACV. - Investigar la eficacia potencial de	- 36 sujetos totales. - 1 excluido por inclusión. - 4 abandonan (2 ST y 2 MST). - 31 sujetos finales. - Tras evaluación inicial se asignó aleatoriamente	- Realizaron programa de fuerza unilateral isométrico en casa, usando miembro menos afectado bajo supervisión de terapeuta. - 4 semanas, 3 días/semana. Grupo control "ST":	- Contracción max voluntaria del tobillo entrenado. - Contracción max voluntaria del tobillo no entrenado. - TUG. - LHS.	- Sin mejoras significativas de fuerza en miembro entrenado ni en MST ni en ST. - Menos espasticidad y más velocidad de marcha en MMII en MST y ST.

	la EC junto con la terapia de espejo en el rendimiento motor en comparación con la EC sola.	sujetos al grupo control y experimental.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 min de contracciones dinámicas de dorsiflexión a velocidad autoseleccionada sin resistencia + 5 contracciones isométricas submax unilaterales.</li> <li>- Entto: 4 series con 3 Min descanso entre series + 5 repeticiones contracciones isométricas de dorsiflexión de tobillo de 5s con 5s de descanso entre repeticiones.</li> <li>Grupo experimental "MST":</li> <li>- Igual a grupo "ST" + espejo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escala modificada de Asworth (cadera, rodilla y tobillo).</li> <li>- 10 MWT.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En ST no hay mejoras de fuerza en miembro entrenado ni no entrenado.</li> <li>- Se necesitan 6 semanas de entto de fuerza unilateral para conseguir ganancias de fuerza mediante EC en dorsiflexores no entrenados en sujetos con alteraciones neurológicas.</li> <li>- Sólo MST tuvo mejora significativa en impacto auto percibido del ictus (LHS).</li> </ul>
Sun et al. (2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explorar la presencia y el alcance de la EC tras el entto de la fuerza del brazo en el ictus crónico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 24 participantes con ictus crónico (&gt;6 meses tras la lesión) y debilidad de brazo asociada.</li> <li>- 12 participantes entrenaron en Universidad de Victoria.</li> <li>- 12 entrenaron en Universidad de Colombia Británica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5 semanas, 3 días/semana (1 lab, 2 casa).</li> <li>- Calentamiento: 3 series x 5 rep x 5s 50% ext max de muñeca.</li> <li>- Entto: 5 series x 5 rep x 5s ext max de muñeca en lado no parético.</li> <li>- 3s descanso entre rep y 2 Min entre serie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuerza (MVC en supinación y media pronación).</li> <li>-Plasticidad espinal (EMG de ECR y FCR).</li> <li>- Plasticidad cortical (CSP, TCI, SICI e ICF).</li> <li>- FM-UE.</li> <li>- WMFT.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entto de fuerza con extensión unilateral de muñeca no parética puede mejorar fuerza muscular bilateral en ACV crónicos.</li> <li>- Hubo adaptación neuronal bilateral por el entto en vías espinales y corticales.</li> </ul>
Urbin et al. (2015)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Examinar las adaptaciones en la capacidad de generación de fuerza de los ext de muñeca paréticos graves resultantes de contracciones dinámicas de alta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 13 participantes con ACV.</li> <li>- Tener ACV diagnosticado con ≥3 meses tras evento, puntuación de 0-2 en escala de Fuerza del Medical Research Council en extensores paréticos de muñeca.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 8 semanas.</li> <li>- Preintervención 1 (tras obtener consentimiento informado).</li> <li>- Preintervención 2 (tras 4 semanas de preintervención 1).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prueba de fuerza de muñeca del lado no parético.</li> <li>- Prueba de adaptación neural.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entto de resistencia de alta intensidad en músculos no paréticos puede mejorar producción de mov, modera la paresia y ROM activo en músculos paréticos tras ACV.</li> </ul>

	<p>intensidad de los ext de muñeca no paréticos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Probar las adaptaciones neuronales en un subconjunto de participantes de cada muestra utilizando un protocolo de estimulación magnética transcraneal de un solo pulso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 7 pacientes neurológicamente intactos y 6 pacientes <math>\geq 4</math> meses después del ACV .</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intervención (tras 4 semanas de preintervención 2).</li> <li>- 16 Sesiones, 4 Semanas, 4 días/semana.</li> <li>- Entto resistencia, unilateral y progresivo.</li> <li>- Postintervención (semana posterior a intervención).</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grupo control ganó fuerza en muñeca no entrenada.</li> <li>- Hubo cambios neurofisiológicos tras entto hacia musculatura parética en pacientes con ACV.</li> <li>- Mejora del 1RM en extensores de muñeca similar en grupo control y grupo ACV.</li> <li>- Fuerza de contracción dinámica de los flexores de codo mayor en grupo ACV.</li> </ul>
Wen et al. (2022)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigar los efectos de la terapia de espejo adicional en la mejora de la función motora de los MMSS y las actividades de la vida diaria en pacientes con ictus agudo y subagudo, y seguir explorando los efectos de otros factores en la eficacia de la terapia de espejo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 65 participantes.</li> <li>- 13 excluidos por criterios de exclusión y abandono.</li> <li>- 52 participantes finalmente.</li> <li>- 25 Grupo experimental.</li> <li>- 27 Grupo control.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tratamiento de rehabilitación de ictus: 3 semanas, 6 días/semana y 30 Min/día.</li> <li>- Técnicas de facilitación del neurodesarrollo.</li> <li>- Fisioterapia.</li> <li>- Terapia Ocupacional.</li> <li>- Entto del habla y deglución.</li> <li>- Grupo experimental recibió 30 Min de Terapia de Espejo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- FMA-UE.</li> <li>- ARAT.</li> <li>- IADL.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ambos grupos presentaron mejoras en función motora, participación y AVD según escalas FMA-UE, ARAT e IADL.</li> <li>- Pacientes Grupo Experimental mostraron mejoras significativas en FMA-UE e IADL que Grupo Control.</li> <li>- Terapia de Espejo y la Terapia Ocupacional convencional fueron beneficiosas para mejora de función motora del MMSS.</li> </ul>
Xu et al. (2022)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudiar los patrones de activación cerebral y las redes en dos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 32 sujetos de hospital.</li> <li>- Grupo unilateral (lado afectado): 16.</li> <li>- Grupo bilateral: 16.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grupo unilateral: 10 Min reposo + 10 Min entto unilateral MMSS afectado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- FMA-UE.</li> <li>- FMA-LE.</li> <li>- NIHSS.</li> <li>- Tipo de ACV.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grupo unilateral tuvo mejores resultados en efecto de acoplamiento</li> </ul>

	intervenciones, el lado afectado del MMSS y el entto bilateral con ejercicios, utilizando imágenes concurrentes de espectroscopia funcional de infrarrojo cercano.		- Grupo bilateral: 10 Min reposo + 10 Min entto bilateral.		del CMC en IMC a diferencia del bilateral. - Entto de MMSS afectados puede favorecer eficazmente interacción y equilibrio de hemisferios motores bilaterales, así como reorganización plástica del IMC y PFC en pacientes ictus.
Yurdakul et al. (2020)	- Evaluar los beneficios de añadir estimulación electromuscular a los flex de los músculos de la muñeca en la extremidad no parética en el entto convencional del ictus para fortalecer los músculos agonistas y antagonistas homólogos en el lado parético en pacientes con ictus subagudo.	- 45 pacientes totales, 30 seleccionados por criterios de inclusión y disponibilidad. - Divididos en 2 grupos: Grupo TENS (15) y Grupo EMS (15).	- 30 Sesiones, 6 Semanas, 5 entto/semana. - 40 Min MMII (marcha, equilibrio y aeróbico). - 20 Min MMSS (multitarea, habilidades motoras finas, ROM y estiramientos). - 30 Min grupo EMS (EMS en antebrazo lado sano). - 30 Min grupo TENS (TENS antiálgico convencional).	- FMA-UE. - FIM. - Escala Brunstrom. - Lafayette (potencia max&med de flex/ext de muñeca 10s).	- Potencia max&media de flex/ext de muñeca mejoraron significativamente en grupo EMS, pero no en grupo TENS. - Fmax y Fmedia de flex de muñeca de lado parético mejoró significativamente en grupo EMS en comparación con grupo TENS. - Aumento de potencia de musc antagonistas homólogos en grupo EMS. - Beneficioso entto de fuerza en MMSS en pacientes con ictus subagudo.
Zult et al. (2016)	- Evaluar los beneficios de la posibilidad de añadir un espejo en el entto de los flex de	- 24 pacientes totales. - Agrupados en pares con fuerza dinámica max de flex similar en muñeca dcha.	- 18 visitas al lab. - 1 sesión de familiarización, 30 Min (estimulación nerviosa	- Torsión max de flexores de muñeca dominante y no dominante.	- Entto de fuerza unilateral usando espejo dio más educación a

Eficacia del entrenamiento de educación cruzada en pacientes afectados por accidentes cerebrovasculares

	<p>muñeca entrenados a los no entrenados para conseguir la EC.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aleatoriamente uno por pareja recibió entto sin espejo, y la otra realizó con espejo.</li> <li>- 1 persona del Grupo con espejo se retiró por enfermedad.</li> </ul>	<p>periférica y EMT de pulso único).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 15 Sesiones</li> <li>- Entto de fuerza de flexores de muñeca dcha.</li> <li>- Muñeca izda en reposo.</li> <li>- Grupo que usaba entto con espejo miraba la mano dcha durante el ejercicio para crear ilusión de que mano izda estaba realizando el ejercicio.</li> <li>- El otro grupo miraba a ambas manos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluación neurofisiológica mediante estimulación nerviosa periférica y EMT.</li> </ul>	<p>flexores de muñeca en comparación con entto sin espejo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejora de inhibición interhemisférica de lado entrenado a no entrenado.</li> <li>- Entto en espejo no incrementó más ganancias de fuerza en mano entrenada.</li> <li>- Entto de fuerza unilateral con espejo puede aumentar la EC y acelerar recuperación funcional.</li> </ul>
--	--	---	---	--	---

Nota: Entto: entrenamiento; Max: máximo; min: minutos; MMII: miembro inferior; MMSS: miembro superior; Flex: flexión; Ext: extensión; Izda: izquierda; Dcha: derecha; ACV: accidente cerebrovascular; Mov: movimiento; Rep: repeticiones; TA: tibial anterior; Fmax: fuerza máxima; Max&Med: máxima y media; 1RM: repetición máxima; S: segundos; EC: educación cruzada; Submax: submáximas.