

Efecto de la Electroterapia Neuromuscular Asociada a Terapia Neuromotriz sobre la Masa Muscular, Funcionalidad y Espasticidad del Miembro Superior Parético Después de un Ataque Cerebro Vascular. Estudio Piloto

Effect of Neuromuscular Electrotherapy Combined with Neuromotor Therapy on Muscle Mass, Functionality, and Spasticity of the Paretic Upper Limb After a Stroke: A Pilot Study

Patricio Bernedo-Schirmer¹; Fernando Valenzuela-Aedo^{1,4}; Matías Barrera-Sepúlveda¹; Juan Carranza-Leiva^{1,2}; Macarena Artigas-Arias³; Gabriel Nasri Marzuca-Nassr^{1,4} & Arlette Doussoulin-Sanhueza¹

BERNEDO-SCHIRMER, P.; VALENZUELA-AEDO, F.; BARRERA-SEPÚLVEDA, M.; CARRANZA-LEIVA, J.; ARTIGAS-ARIAS, M.; MARZUCA-NASSR, G. N. & DOUSSOULIN-SANHUEZA, A. Efecto de la electroterapia neuromuscular asociada a terapia neuromotriz sobre la masa muscular, funcionalidad y espasticidad del miembro superior parético después de un ataque cerebro vascular. Estudio Piloto. *Int. J. Morphol.*, 43(1):166-174, 2025.

RESUMEN: La terapia neuromotriz es uno de los tratamientos de elección para modular la espasticidad posterior a un ataque cerebro vascular (ACV). Sin embargo, sus beneficios se ven limitados en algunos sujetos, por lo que asociar esta terapia con otras podría traer mayores beneficios. Una opción terapéutica, es la corriente de Hufschmidt, que se basa en la estimulación eléctrica rítmica de baja frecuencia para provocar una contracción muscular. El objetivo de este estudio fue determinar los efectos de la electroterapia neuromuscular asociada a terapia neuromotriz versus terapia neuromotriz, sobre la masa muscular, funcionalidad y espasticidad del miembro superior (MS) parético posterior a un ACV. Es un estudio experimental prospectivo, compuesto por 2 grupos: terapia neuromotriz vs. terapia neuromotriz asociada a electroterapia (CON vs ENM, respectivamente de n=5 cada uno). Al inicio y final, se realizó una evaluación de grosor muscular (ecográfica), prueba de fuerza (dinamómetro) y funcionalidad (Action Research Arm Test). Se evaluó espasticidad (Escala Tardieu), durante los días de intervención. El ACV isquémico crónico fue el más prevalente entre los grupos. Se observó un aumento en el grosor del músculo bíceps braquial parético de 2.89 ± 0.53 a 3.03 ± 0.62 cm en el grupo CON y de 3.27 ± 0.89 a 3.48 ± 0.83 cm en el grupo ENS (efecto tiempo $p < 0,05$; $\eta^2 = 0,386$), sin diferencias entre los grupos. En relación a las variables fuerza y espasticidad de músculos flexores y extensores del MS parético; y masa magra de cuerpo completo y por segmentos corporales, no se observaron diferencias significativas entre los grupos y tampoco cambios posteriores a la intervención ($p > 0,05$). En ambos grupos se observó un aumento en el grosor del músculo bíceps braquial del lado parético posterior a la intervención. No se observaron diferencias significativas entre grupos en fuerza, espasticidad, masa magra de cuerpo completo y por segmentos corporales.

PALABRAS CLAVE: Electroterapia; Masa muscular; Recuperación motora; Espasticidad; Ataque cerebro vascular; Miembro superior.

INTRODUCCIÓN

Del total de personas que sufren un Ataque Cerebro Vascular (ACV), alrededor del 80 % experimenta deterioro sensitivo-motor (Sommerfeld *et al.*, 2004). El mayor determinante de este deterioro es “la espasticidad” (Hu *et al.*, 2015), signo clínico positivo del daño de motoneurona superior definido como un desorden motor caracterizado por el incremento de velocidad dependiente de los reflejos

tónicos como resultado de la pérdida de balance entre las influencias excitatorias e inhibitorias supraespinales, especialmente el tracto reticuloespinal dorsal (Li *et al.*, 2015) y un anormal procesamiento intraespinal del reflejo de estiramiento como resultado de los cambios en las propiedades intrínsecas de la motoneurona espinal (Young *et al.*, 1994). Su prevalencia se estima en un rango de 4 a

¹ Universidad de La Frontera, Facultad de Medicina, Departamento de Ciencias de la Rehabilitación, Chile.

² Clínica Medifis, Temuco, Chile.

³ Universidad de La Frontera, Doctorado en Ciencias mención Biología Celular y Molecular Aplicada, Temuco, Chile.

⁴ Universidad de La Frontera, Doctorado en Ciencias Morfológicas, Temuco, Chile.

43 %, con una incidencia de discapacidad del 2 % al 13 % (Urban *et al.*, 2010). Si bien, la espasticidad puede contribuir de manera positiva y negativa al cuadro clínico, la gran interrogante es determinar si afecta la ejecución del movimiento voluntario y las actividades de la vida diaria. Dado lo anterior, es fundamental identificar sus implicancias en el proceso rehabilitador (Picelli & Smania, 2023).

La terapia neuromotriz es uno de los tratamientos de elección para la espasticidad, se utiliza incluso como medida de profilaxis (Mansoor *et al.*, 2020). Sin embargo, algunas técnicas suelen ser ineficaces y la espasticidad termina por interferir en la calidad de vida.

Una posibilidad terapéutica para aplicar en asociación con la terapia neuromotriz, se refiere al tratamiento a través de la corriente de Hufschmidt, método de electroterapia especializado que se basa en la estimulación eléctrica rítmica de baja frecuencia para provocar una contracción muscular. Estas corrientes actúan mediante la inhibición de las interneuronas premotoras organizadas en red, que son mayormente inhibitorias. Para lograr su objetivo se aplican dos canales de corriente estimulante, sobre el músculo espástico y su antagonista. El objetivo de aplicar la corriente se orienta a abordar la resistencia al estiramiento pasivo y la alteración del tono muscular característica de la espasticidad (Glenting, 1970).

La aplicación de la corriente de Hufschmidt requiere que los terapeutas consideren numerosos parámetros, incluido el posicionamiento de los electrodos, la frecuencia y amplitud del pulso, la intensidad de la corriente, duración y frecuencia de la sesión. Definir estos parámetros es esencial para lograr los efectos deseados. Sin embargo, la literatura es escasa y no reporta los parámetros utilizados (Glenting, 1970; Leyendecker, 1975) generando controversia sobre su aplicación y eficacia en pacientes con espasticidad.

Teniendo en cuenta la limitada efectividad y los efectos adversos de otras intervenciones, la corriente de Hufschmidt puede ser una opción terapéutica para modular la espasticidad, considerando su fundamentación terapéutica y que su aplicación no causa reacciones adversas (Marcolino *et al.*, 2020).

Por lo anterior, el propósito de este estudio fue determinar los efectos de la electroterapia neuromuscular a través de la corriente de Hufschmidt asociada a terapia neuromotriz versus terapia neuromotriz, sobre la masa muscular, funcionalidad y espasticidad del miembro superior parético en usuarios con diagnóstico de ACV.

PACIENTES Y MÉTODO

Diseño. Estudio piloto, experimental prospectivo, simple ciego, compuesto por 2 grupos: el grupo control, expuesto a terapia neuromotriz (CON, n=5) vs. grupo experimental expuesto a electroterapia neuromuscular a través de la corriente de Hufschmidt asociada a terapia neuromotriz (ENM, n=5).

Población. Usuarios con diagnóstico de ACV isquémico o hemorrágico pertenecientes a centros asistenciales de la ciudad de Temuco.

Identificación y Reclutamiento. La identificación de los participantes fue realizada por un kinesiólogo, quien pesquisó los criterios de elegibilidad a través de una ficha de registro electrónica confeccionada para este propósito. Quienes cumplían con los criterios, se explicó las características del estudio y se invitó a firmar el consentimiento informado, aprobado por Comité de Ética del Servicio de Salud Araucanía Sur (Oficio No 148).

Criterios de Inclusión. Personas con edades entre 30 y 80 años, que presenten un evento único de ACV confirmado por tomografía axial computarizada (TAC) con 3 meses de evolución, que tengan la capacidad de sentarse independientemente y puedan seguir instrucciones simples (puntaje mayor a 13 en la escala MiniMental), presencia de espasticidad en bíceps y tríceps evaluados con la Escala de Tardieu.

Criterios de Exclusión. Compromiso cognitivo severo (afasia, déficit de atención, desordenes de razonamiento o memoria) y alteraciones sensitivas (disestesia o alodinia) en el segmento a evaluar.

Muestra de estudio. Fue de tipo intencionada, incluyendo de manera prospectiva a quienes cumplieron con los criterios de elegibilidad. El tamaño muestral final fue de 10 personas (n=5 por grupo).

Variables y mediciones. Fueron realizadas por evaluadores expertos en la aplicación de las escalas y utilización de los equipos (Evaluador 1: Espasticidad y Funcionalidad; Evaluador 2: Masa Magra por segmentos y total; Evaluador 3: Fuerza y grosor muscular de bíceps y tríceps), quienes, además, desconocían a qué grupo pertenecían los participantes.

Espasticidad. Se evaluó en diriamente durante la intervención, a través de la escala de Tardieu, escala clínica, cuyo objetivo es evaluar la espasticidad en el seno de una limitación de amplitud articular posterior a una lesión del sistema nervioso central (Qin *et al.*, 2019).

Cada músculo se evaluó determinando el ángulo de movilización articular máximo que se obtienen a la velocidad más lenta posible (para liberarse en la medida de lo posible del reflejo de estiramiento, velocidad V1). E inmediatamente, se movilizó la articulación a la velocidad más rápida posible para el examinador y se registró el ángulo en el que aparece el enganche, si acaso se produce (velocidad V3). El ángulo de espasticidad es la diferencia entre el ángulo a V1 y el ángulo a V3. Para determinar los grados se utilizó un goniómetro digital metálico, instrumento que evalúa el rango de movimiento (ROM).

Funcionalidad del miembro superior. Fue evaluada en dos ocasiones (PRE: pre intervención; POST: post intervención), a través de la escala ARAT (Action Research Arm Test), que corresponde a una evaluación construida para determinar la funcionalidad del MS en sujetos hemiparéticos posterior a un ACV (Doussoulin *et al.*, 2012). Está compuesta por 19 ítems agrupados en 4 subtest: agarre, tomada, pinza, movimiento grueso. Todos los ítems son evaluados con una escala de 4 puntos desde 0 (sin movimiento) a 3 (movimiento normal).

El puntaje final corresponde a la suma de puntajes de los 19 ítems, que corresponde a 57 puntos. El participante se ubicó en sedente con ambos brazos sobre la mesa, se inicia evaluando el miembro sano y luego el afectado.

Masa magra por segmentos y total. Fue evaluada en 2 ocasiones (PRE: pre intervención; POST: post intervención) utilizando un equipo de absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA) (Horizen® DXA System, Hologic, USA) para medir la composición corporal total y por segmentos. Los participantes se ubicaron en la mesa de exploración en posición supina y se indicó que mantuvieran brazos y piernas fijos. Durante la medición, se indicó a los participantes que se abstuvieran de hablar. El equipo se calibró y administró de acuerdo con los procedimientos de gestión del centro de salud.

Grosor Muscular de los músculos bíceps y tríceps braquial. Fue evaluado en dos ocasiones (PRE: pre intervención; POST: post intervención), a través de ecografía clínica utilizando protocolos estandarizado (Galvao *et al.*, 2006). Se utilizó un equipo LOGIQTM F8, GE Healthcare, (EE.UU.) con un transductor lineal de 10 MHz con gel hidrosoluble colocado sobre la piel, perpendicular a la interfaz del tejido. Al evaluar el grosor del músculo del bíceps braquial y del tríceps braquial, se designaron el acromion y el epicóndilo lateral del húmero como puntos de referencia según lo descrito en publicaciones previas (Galvao *et al.*, 2006). Los participantes permanecieron acostados con la cabeza y los tobillos en posición neutra y los miembros superiores e inferiores completamente extendidos. Las mediciones se realizaron utilizando el modo muscular preestablecido específico para el ecógrafo. El transductor se

colocó en la unión del tercio medio y distal, con una presión mínima sobre el gel para que el grosor del músculo no se redujera debido a la compresión. La imagen se congeló en el punto de referencia y las medidas se registraron en cm utilizando el mismo equipo.

Fuerza muscular. La fuerza de flexores y extensores de codo se midió en dos ocasiones (PRE: pre intervención; POST: post intervención) de forma isométrica con un dinamómetro análogo (Baseline push-pull dynamometer, FEI, EE.UU.). La medición se aplicó posteriormente a la medición de grosor muscular. Se posicionó a los participantes sobre una camilla en posición supina, con rodillas extendidas, con 45° de flexión de codo y 90° de supinación con posicionamiento de la resistencia dos través de dedos proximal al proceso estiloides del radio. Se solicitó una contracción máxima de los flexores de codo por 3 s con un protocolo de motivación verbal. Se realizó la evaluación 3 veces con intervalos de 1 min entre cada medición seleccionando el mejor de 3 intentos. El mismo procedimiento y posición se utilizó para la medición de fuerza máxima isométrica de extensores de codo.

Intervención. Fue realizada por dos profesionales expertos, i) en el uso de la electroterapia y ii) con formación y experiencia en terapia neuromotriz (basado en el Concepto Bobath) (Michielsen *et al.*, 2019).

Grupo control (CON): terapia neuromotriz

Protocolo terapia neuromotriz: ubicación del participante en sedente o bípodo. Se utilizó camilla, banca, balón, bosu, conos y almohadas. La duración de la sesión fue de 30 minutos. Se realizaron 4 ejercicios cada uno a través de 3 series con 10 repeticiones.

Los objetivos fueron:

- Promover alineación postural, carga de peso simétrica y activación de tronco.
- Facilitar flexibilización de tronco en distintos planos (sagital, frontal y transversal), incorporando miembros superiores (MMSS).
- Promover función de MMSS con énfasis en flexo-extensores de codo de MMSS parética.

Ejercicios

- Participante en sedente frente a una camilla elevada a nivel de hombros, se ubicó una almohada entre la camilla y el abdomen del participante, con el objetivo de favorecer postura. Luego, se ubicaron ambos brazos sobre la camilla, buscando estabilizar, posteriormente el terapeuta ubicó sus manos a nivel de caderas con la finalidad de guiar

movimientos de pelvis (retroversión-anteversión), con el objetivo del activar musculatura de tronco inferior y movilizar escápulas.

- Participante en sedente sobre una banca lateral a la camilla, se ubicó el brazo afectado sobre la camilla y la mano sobre un bosu en plano sagital, se solicita al participante que mantenga el codo extendido y el hombro en flexión de 90°, buscando favorecer protracción de hombro. Se ubican sobre la camilla 3 conos de colores a 30°, 45° y 60° desde el borde de la camilla. El paciente desplaza el bosu, buscando llegar a cada cono, sin perder la posición del brazo y del tronco, para luego regresar a la posición inicial (brazo al lado del cuerpo).
- Participante en bípedo, se ubicó frente a un balón de mediano tamaño que está sobre la camilla. La mano débil se ubicó sobre el balón (buscando flexión de hombro de 90° y extensión de codo). Luego movilizó el balón hacia la derecha e izquierda, promoviendo la flexo-extensión de codo y abducción y aducción de hombro.
- Participante en bípedo enfrentando la camilla, se ubicó una silla sobre esta. Se colocó la mano débil sobre el respaldo de la silla sosteniéndola, para luego movilizar en plano sagital, favoreciendo flexo-extensión de codo y flexión de hombro).

Grupo experimental (ENS). Electroterapia + terapia neuro motriz.

Protocolo terapia neuromotriz. Se utilizó el mismo procedimiento descrito en la sección anterior.

Protocolo electroterapia. Se posicionó al participante en sedente con apoyo de tronco, frente a una mesa. Los brazos se ubican sobre la mesa, dejando el músculo a evaluar en posición de acortamiento (bíceps o tríceps). La posición de los electrodos: Canal 1, bipolar sobre músculo espástico

(bíceps o tríceps), cátodo (-) sobre el punto motor del músculo, ánodo (+) proximal sobre la base del músculo. Canal 2, bipolar, sobre los antagonistas del músculo espástico. Se utilizó el equipo BTL serie 4000 Premium (República Checa), terapia combinada. Los parámetros de aplicación fueron: corriente continua, polaridad 1 y 2 positiva, tiempo 1: 0,2 milisegundos, tiempo 2: 0,5 milisegundos y frecuencia de pulso: 0,83 Hz. Tiempo aplicación: 3 minutos. Se realizaron 10 sesiones, con una frecuencia de aplicación de la corriente de 2 veces por sesión, entregando un total de 20 aplicaciones.

Análisis estadístico. Se realizó la prueba de Shapiro–Wilk para determinar la normalidad de la distribución de los datos. Al cumplir con el supuesto de normalidad se presentaron los datos como media ± desviación estándar (SD). Las características basales entre los grupos se compararon mediante una prueba t para muestras independientes.

Las variables de interés se compararon antes y después de la intervención mediante una prueba de ANOVA de medidas repetidas. La significancia estadística se estableció como $p < 0,05$. Los datos fueron analizados a través del software SPSS Statistics versión 25.0 y la figura fue creada en GraphPad Prism 8.2 (software GraphPad, San Diego, CA).

RESULTADOS

Participantes. Las características basales de los participantes se encuentran en la Tabla I. Al inicio de la intervención no hubo diferencias significativas en las variables sociodemográficas y clínicas entre los grupos.

Masa magra por segmentos y total: Las diferencias entre PRE y POST en la masa magra de los participantes que completaron el estudio se encuentran en la Tabla II (CON y ENM, ambos $n = 5$).

Tabla I. Características basales de los participantes.

	CON (n = 5)	ENM (n = 5)	Valor p
Edad (años)	54 ± 18	50 ± 17	0,712
Peso (kg)	77,36 ± 16,06	78,44 ± 21,31	0,930
Estatura (m)	166,20 ± 17,21	167,20 ± 10,85	0,915
IMC (kg·m ⁻²)	27,28 ± 1,02	27,82 ± 6,22	0,852
Tipo de lesión	Isquémico (80%) Hemorrágico (20%)	Isquémico (60%) Hemorrágico (40%)	
Hemicuerpo afectado	Derecho (80%) Izquierdo (20%)	Derecho (40%) Izquierdo (60%)	
Tiempo de evolución ACV	Subagudo (≤6 meses) Crónico (>6 meses) (100%)	Subagudo (≤6 meses) (40%) Crónico (>6 meses) (60%)	

ENM: Grupo electroestimulación neuromuscular; CON: Grupo control; IMC: índice de masa corporal; ACV: Ataque cerebro vascular. Los valores representan medias±DE. Los datos se analizaron utilizando pruebas t de muestras independientes.

Tabla II. Masa magra antes y después de 10 sesiones de intervención.

	CON (n = 5)				ENM (n = 4)				Efectos intra grupal		Efecto intergrupal
	PRE		POST		PRE		POST		TIEMPO	TIEMPO*	GRUPO
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	GRUPO	GRUPO	GRUPO
Masa magra de todo el cuerpo (kg)	44,73 ± 12,56	44,89 ± 12,75	47,88 ± 9,43	48,57 ± 10,00	0,230	0,450	0,671				
Masa magra piernas (kg)	14,07 ± 4,15	14,24 ± 4,36	14,98 ± 3,22	15,41 ± 3,07	0,095	0,433	0,697				
Masa magra pierna parética (kg) [#]	7,23 ± 1,52 (n=4)	7,37 ± 2,15	7,28 ± 1,51	7,51 ± 1,77	0,339	0,802	0,949				
Masa magra pierna no parética (Kg)	7,91 ± 2,16	7,89 ± 2,13	7,33 ± 1,78	7,50 ± 1,93	0,280	0,196	0,769				
Masa magra brazos (kg)	4,77 ± 1,71	5,12 ± 1,88	5,51 ± 1,71	5,50 ± 1,81	0,088	0,082	0,653				
Masa magra brazo parético (kg)	2,51 ± 0,74	2,70 ± 0,97	2,35 ± 0,95	2,43 ± 0,88	0,368	0,727	0,727				
Masa magra brazo no parético (kg)	2,65 ± 1,01	2,85 ± 0,90	2,83 ± 0,98	2,74 ± 1,20	0,607	0,202	0,968				

CON: Grupo control; ENM: Grupo electroterapia neuromuscular; PRE: pre intervención; POST: post intervención; Los valores representan medias ± DE. #Determinado en 4 participantes en CON y 3 participantes en ENM. Los datos se analizaron usando ANOVA de medidas repetidas (tiempo x grupo).

Antes y posterior a 10 sesiones de intervención, no hubo diferencia significativa entre CON vs. ENM en la masa magra de cuerpo completo y por segmentos (efecto tiempo, $p > 0,05$).

Grosor muscular de bíceps y tríceps braquial: Al inicio del estudio, no hubo diferencias significativas entre los grupos en el grosor muscular del bíceps y tríceps braquial en ambos hemisferios ($p > 0,05$).

Posterior a 10 sesiones de intervención, se observó un aumento en el grosor del músculo bíceps braquial en el MS parético (Fig. 1A) de 2.89 ± 0.53 a 3.03 ± 0.62 cm en el grupo control y de 3.27 ± 0.89 al inicio a 3.48 ± 0.83 cm en el grupo que recibió electroterapia neuromuscular (efecto tiempo $p < 0,05$; $\eta^2 = 0,386$) sin diferencias entre grupos (tiempo x grupo: $p = 0,658$; $\eta^2 = 0,026$). Si bien, el aumento relativo del grosor muscular del bíceps braquial fue mayor en el grupo ENM ($+7,52 \pm 7,42$ %) respecto al grupo CON ($+4,72 \pm 10,53$ %) no hubo diferencias significativas entre los grupos ($p = 0,640$; Fig. 1B).

Para el grosor muscular de bíceps braquial no parético y tríceps braquial en ambos miembros superiores, no se observaron diferencias significativas entre los grupos y tampoco cambios posteriores a la intervención (todas $p > 0,05$; Figs. 1C-D y 2).

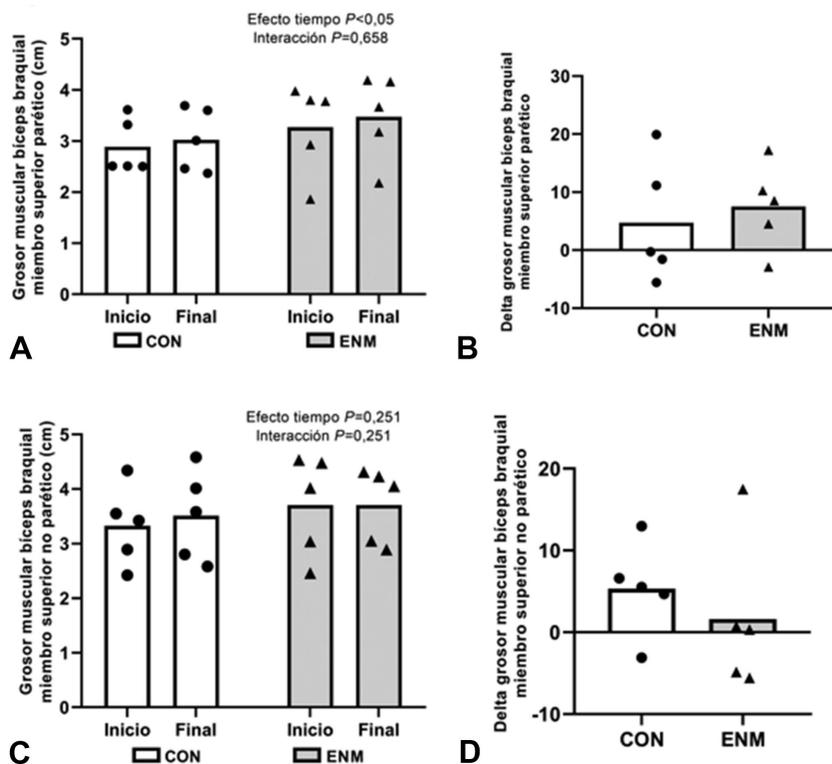


Fig. 1. Grosor muscular del bíceps braquial del miembro superior parético (A y B) y no parético (C y D) antes y después de 10 sesiones de intervención. Los valores representan medias ± DE. Los datos se analizaron usando ANOVA de medidas repetidas (tiempo x grupo). CON: Grupo control, n=5; ENM: Grupo electroterapia neuromuscular, n=5.

Tabla III Fuerza muscular y funcionalidad del miembro superior parético antes y después de 10 sesiones de intervención.

	CON (n = 5)		ENM (n = 5)		Efectos intra grupal		Efecto intergruppal GRUPO
	PRE	POST	PRE	POST	TIEMPO	TIEMPO * GRUPO	
Fuerza muscular flexores de codo miembro superior parético (kg)	7,00 ± 5,15	10,00 ± 4,24	9,00 ± 3,81	9,20 ± 3,27	0,328	0,389	0,787
Fuerza muscular flexores de codo miembro superior no parético(kg)	18,80 ± 6,94	19,00 ± 7,91	17,40 ± 9,94	19,60 ± 8,74	0,351	0,433	0,941
Fuerza muscular extensores de codo miembro superior parético(kg)	6,00 ± 4,06	7,00 ± 4,58	8,00 ± 2,12	12,20 ± 4,15	0,049	0,192	0,134
Fuerza muscular extensores de codo miembro superior no parético (kg)	15,00 ± 6,96	18,80 ± 10,28	20,60 ± 10,64	21,20 ± 10,71	0,189	0,327	0,523
ARAT (puntos)	19,20 ± 11,48	28,80 ± 15,85	8,40 ± 7,80	13,20 ± 12,48	0,004	0,215	0,118

CON: Grupo control; ENM: Grupo electroterapia neuromuscular; PRE: pre intervención; POS: post intervención; ARAT: Action Research Arm Test. Los valores representan medias ± DE. Los datos se analizaron usando ANOVA de medidas repetidas (tiempo x grupo); CON: Grupo control; ENM: Grupo electroestimulación neuromuscular; T1: test basal; T2: test intermedio; T3: test final; V1: Valoración lenta Escala de Tardieu; V3: Valoración rápida Escala de Tardieu. Los valores representan medias ± DE. Los datos se analizaron usando ANOVA de medidas repetidas (tiempo x grupo).

Funcionalidad del miembro superior parético: Al inicio del estudio, no hubo diferencias significativas entre los grupos en la fuerza muscular de flexores y extensores de codo. Tampoco en la recuperación funcional del miembro superior parético evaluado mediante ARAT ($p > 0,05$; Tabla III).

Posterior a las 10 sesiones de intervención, la electroterapia neuromuscular condujo a un incremento de $65,14 \pm 87,44$ % (de $8,00 \pm 2,12$ a $12,20 \pm 4,15$ kg) y la terapia neuromotriz habitual de $16,67 \pm 23,57$ % (de $6,00 \pm 4,06$ a $7,00 \pm 4,58$ kg) en la fuerza muscular de extensores de codo del MS parético, respectivamente (efecto tiempo: $p = 0,049$; $\eta^2 = 0,401$), sin diferencias entre grupos (tiempo x grupo: $p = 0,134$; $\eta^2 = 0,258$).

Para la fuerza muscular de los extensores de codo del miembro superior no parético y flexores de ambos miembros superiores no se observaron diferencias entre los grupos y no se observaron cambios estadísticos a lo largo del tiempo (todas $p > 0,05$).

Por otro lado, la recuperación funcionalidad del miembro superior parético, evaluado mediante ARAT mejoró de $8,40 \pm 7,80$ a $13,20 \pm 12,48$ puntos ($60,69 \pm 42,68$ %) en el grupo ENM y de $19,20 \pm 11,48$ a $28,80 \pm 15,85$ puntos ($45,76 \pm 36,60$ %) en el grupo CON (efecto tiempo: $p = 0,004$; $h^2 = 0,671$). Para la presente variable, no se

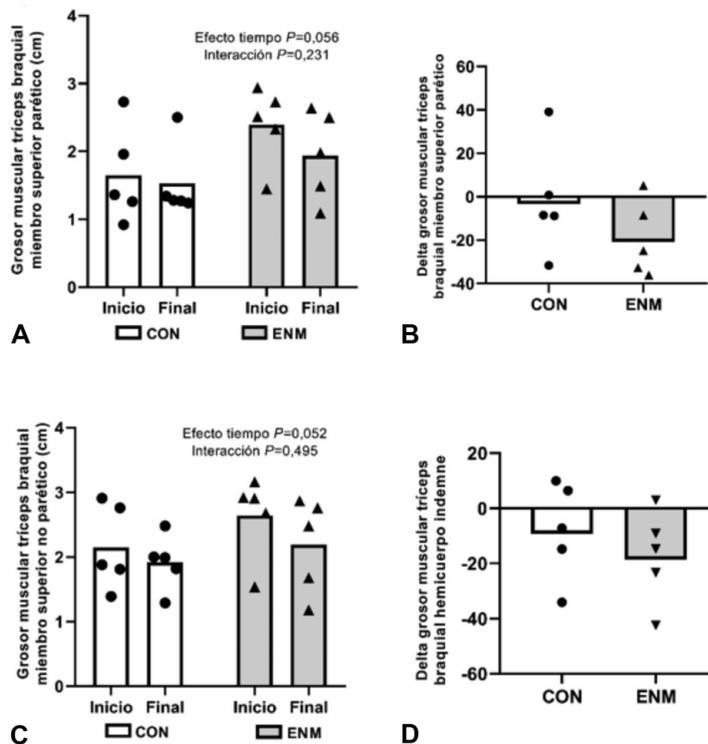


Fig. 2. Grosor muscular del tríceps braquial del miembro superior parético (A y B) y no parético (C y D) antes y después de 10 sesiones de intervención. Los valores representan medias ± DE. Los datos se analizaron usando ANOVA de medidas repetidas (tiempo x grupo). CON: Grupo control, n=5; ENM: Grupo electroterapia neuromuscular, n=5.

Tabla IV. Espasticidad del miembro superior parético antes y después de 10 sesiones de intervención.

	CON (n = 05)				ENM (n = 05)				Efectos intra grupal		Efecto intergrupal	
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	TIEMPO	TIEMPO* GRUPO	GRUPO
Espasticidad bíceps braquial – V1	169,40 ± 5,55	166,80 ± 4,21	165,20 ± 5,07	145,40 ± 36,02	146,80 ± 28,31	150,20 ± 22,47	0,869	0,383	0,167			
Espasticidad bíceps braquial – V3	93,40 ± 23,37	115 ± 22,16	112,20 ± 21,44	108,00±28,53	103,00±8,18	122,80±31,95	0,149	0,222	0,726			
Espasticidad tríceps braquial – V1	128,20 ± 21,67	120,60 ± 12,58	130,80 ± 22,05	137,40 ± 17,10	134,00±19,66	133,20 ± 12,25	0,316	0,377	0,451			
Espasticidad tríceps braquial – V3	106,80 ± 23,39	100 ± 18,55	106,80 ± 20,85	92,60±18,16	94,80±23,78	100,40±15,96	0,237	0,396	0,501			

observaron diferencias estadísticas en el nivel de respuesta al comparar ambas intervenciones para las mejoras absolutas y relativas (tiempo x grupo: todos $p=0,215$; Tabla III).

Espasticidad en miembro superior afectado. Antes y posterior a 10 sesiones de rehabilitación, no hubo diferencias significativas entre CON vs. ENM en la espasticidad de músculos flexores y extensores del miembro superior parético (efecto tiempo, $p > 0,05$; Tabla IV).

DISCUSIÓN

El propósito del estudio fue determinar los efectos de la electroterapia neuromuscular a través de la corriente de Hufschmidt asociada a terapia neuromotriz sobre la masa muscular, funcionalidad y espasticidad del miembro superior parético en usuarios con diagnóstico de ACV.

Masa magra por segmentos y total. La evidencia es clara planteando que en población sin patologías neurológicas la aplicación de estimulación eléctrica en musculatura en desuso evita la disminución de la masa magra por segmentos y total (Karlsen *et al.*, 2020). A su vez, se plantea que el uso de esta modalidad de intervención en musculatura espástica genera aumento de la masa magra luego de 8 semanas de intervención (Carty *et al.*, 2013). Si bien, en este estudio no se evidenciaron diferencias significativas en la masa magra por segmentos o total, es una oportunidad para continuar investigando específicamente los efectos que presenta la corriente de Hufschmidt en este signo clínico de daño de primera motoneurona. Los resultados de este estudio pueden estar vinculados a factores particulares de la fisiopatología del músculo espástico y su evolución (Li & Francisco, 2015) y el limitado conocimiento y modalidad de aplicación de la corriente de Hufschmidt en la práctica clínica.

Grosor muscular de bíceps y tríceps braquial. En el grupo experimental (ENM), se generaron cambios positivos en el grosor del bíceps braquial del MS parético. Sin embargo, para el grosor muscular de bíceps braquial no parético y tríceps braquial en ambos miembros superiores, no se observaron diferencias significativas entre los grupos y tampoco cambios posteriores a la intervención.

La evidencia plantea, que posterior a un ACV, normalmente ocurre una disminución del grosor muscular de los músculos de los miembros paréticos en comparación con los no paréticos y es mucho más acentuado en sujetos de mayor edad (Monjo *et al.*, 2022).

Los resultados post intervención concluyen que se logró aumentar el grosor muscular del bíceps braquial, entregando evidencia clínica, de que, la asociación entre la corriente de Hufschmidt y la terapia neuromotriz genera cambios positivos, coincidiendo con lo reportado en la revisión sistemática realizada por Debeuf (2024), donde existió aumento del grosor muscular posterior a un programa de electroterapia en pacientes post ACV en etapa crónica, sin embargo, la medición fue realizada en miembros inferiores. Lo interesante de este aumento de grosor muscular, sería la relación que tiene con la funcionalidad de los miembros y si este aumento también se ve reflejado en una mayor utilización del hemicuerpo afectado.

Funcionalidad del miembro superior parético. En el grupo experimental, la electroterapia neuromuscular a través de la corriente de Hufschmidt asociada a terapia neuromotriz logró generar cambios positivos en la fuerza muscular del MS parético. Se evidencia clínicamente un aumento de fuerza muscular y contracción visible del tríceps braquial del brazo parético, facilitando la extensión de codo y con esto la carga de peso y apoyos en el lado parético, situación que evita y previene las caídas de los sujetos. Apoyando, el escenario descrito por los clínicos, la evidencia plantea que la estimulación directa del músculo espástico en el brazo parético desencadena auto inhibición pronunciada, en parte por la estimulación de los órganos tendinosos de Golgi (Liu *et al.*, 2022). Por lo tanto, la electroterapia neuromuscular sobre los flexores del

miembro superior espástico podría modular la espasticidad y, en consecuencia, activar la musculatura antagonista.

Es importante recordar que, en algunas circunstancias, tanto agonistas como antagonistas se encuentran en estado de excitación y contracción simultánea por la inervación recíproca (García, 2024).

Sin embargo, en el sujeto espástico parece haber, por un lado, una desviación de la inervación recíproca hacia un exceso de co-contracción, donde músculos espásticos se oponen igualmente y por otro lado, puede también existir una desviación hacia un exceso de inhibición “tónica” recíproca mediante inhibición por antagonistas espásticos (Picelli & Smania, 2023).

En musculatura sana, los antagonistas son inhibidos y relajados de un modo graduado y adaptado, simultáneamente con los agonistas que se contraen. En consecuencia, ejercen una importante influencia estabilizadora y guiadora sobre el movimiento normal de los segmentos, situación que se ve alterada en presencia de espasticidad, dificultando la coordinación de los movimientos del brazo parético en situaciones cotidianas.

Espasticidad en miembro superior parético. La reducción de la espasticidad ha sido citada desde hace varias décadas como producto de la aplicación de electroterapia (Lin & Yan, 2011) y como efecto secundario positivo cuando se asocia a otras intervenciones, como se propone en este estudio (Vodovnik, 1981). Sin embargo, aún la evidencia es limitada considerando la amplia variedad de patrones de estimulación, tipos de corrientes, métodos de aplicación y técnicas terapéuticas asociadas (Seib *et al.*, 1994). Además, se menciona la alta subjetividad al momento de la evaluación, señalando incluso que la espasticidad es un problema clínico pobremente medido (Malhotra *et al.*, 2009). Por esta razón, en este estudio se utilizó la escala de Tardieu, considerando que evalúa realmente la espasticidad según su definición y no el tono muscular (Escala de Ashworth) ya que integra la noción de velocidad como parámetro que participa en la evaluación.

El estudio presenta limitaciones referidas por ejemplo a que corresponde a un estudio piloto con una muestra pequeña. Además, es importante considerar para un futuro estudio factores como la gravedad, tiempo de evolución del ACV y el acceso y características del proceso rehabilitador ya que pueden impactar de manera relevante en los resultados del estudio.

Una valoración rigurosa y cuantitativa en personas con distintos tiempos de evolución y claridad de los tiempos

y manejos terapéuticos aplicados, sería de gran interés en el futuro.

CONCLUSIÓN

Posterior a la aplicación de 10 sesiones de corriente de Hufschmidt más Terapia Neuromotriz vs Terapia Neuromotriz, se observó en ambos grupos un aumento en el grosor del músculo bíceps braquial del lado parético. Aumento en la fuerza en los extensores de codo en miembro superior parético y mejora en la funcionalidad. No se observaron diferencias significativas entre grupos en fuerza, espasticidad, masa magra de cuerpo completo y por segmentos. Futuros estudios con una muestra mayor son necesarios en esta temática.

BERNEDO-SCHIRMER, P.; VALENZUELA-AEDO, F.; BARRERA-SEPÚLVEDA, M.; CARRANZA-LEIVA, J.; ARTIGAS-ARIAS, M.; MARZUCA-NASSR, G.N. & DOUSSOULIN-SANHUEZA, A. Effect of neuromuscular electrotherapy combined with neuromotor therapy on muscle mass, functionality, and spasticity of the paretic upper limb after a stroke: A pilot study. *Int. J. Morphol.*, 43(1):166-174, 2025.

SUMMARY: Neuromotor therapy is one of the treatments of choice to modulate spasticity following stroke. However, its benefits are limited in some subjects, so associating this therapy with others could bring greater benefits. One therapeutic option is the electrotherapy according to Hufschmidt, which is based on low-frequency rhythmic electrical stimulation to provoke muscle contraction. The aim of this study was to determine the effects of neuromuscular electrotherapy associated with neuromotor therapy versus neuromotor therapy on muscle mass, functionality and spasticity of the paretic upper limb after stroke. Prospective experimental study composed of 2 groups: Neuromotor therapy vs. neuromotor therapy associated with electrotherapy (CON vs ENM, respectively n=5 each). At baseline and end, muscle thickness (ultrasound), strength test (dynamometer) and functionality (Action Research Arm Test) were evaluated. Spasticity (Tardieu Scale) was evaluated during the days of intervention. Chronic ischemic stroke was the most prevalent among the groups. An increase in paretic biceps brachii muscle thickness was observed from 2.89 ± 0.53 to 3.03 ± 0.62 cm in the CON group and from 3.27 ± 0.89 to 3.48 ± 0.83 cm in the ENS group (time effect $p < 0.05$; $h^2 = 0.386$), with no differences between groups. In relation to the variable's strength and spasticity of flexor and extensor muscles of the paretic arm, and lean mass of the whole body and by body segments, no significant differences were observed between the groups and no changes were observed after the intervention ($p > 0.05$). In both groups there was an increase in the thickness of the biceps brachii muscle on the paretic side after the intervention. No significant differences were observed between groups in strength, spasticity, whole body lean mass and by body segments.

KEY WORDS: Electrotherapy; Muscle mass; Motor recovery; Spasticity; Stroke; Upper limb.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carty, A.; McCormack, K.; Coughlan, G.; Crowe, L. & Caulfield, B. Alterations in body composition and spasticity following sub-tetanic neuromuscular electrical stimulation training in spinal cord injury. *J. Rehabil. Res. Dev.*, 50(2):193-202, 2013.
- Debeuf, R.; De Vlieger, D.; Defour, A.; Feyen, K.; Guida, S.; Cuypers, L.; Firouzi, M.; Tassenoy, A.; Swinnen, E.; Beckwée, D.; et al. Electrotherapy in stroke rehabilitation can improve lower limb muscle characteristics: a systematic review and meta-analysis. *Disabil. Rehabil.*, 1(1):1-17, 2024.
- Doussoulin, A.; Rivas, R. & Campos, V. Validation of "Action Research Arm Test" (ARAT) in Chilean patients with a paretic upper limb after a stroke. *Rev. Med. Chil.*, 140(1):59-65, 2012.
- Galvao, A.; Nosaka, K.; Taaffe, R.; Spry, N.; Kristjanson, J.; McGuigan, M.; Suzuki, K.; Yamaya, K. & Newton, R. Resistance training and reduction of treatment side effects in prostate cancer patients. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 38(12):2045-52, 2006.
- García, E. Fisioterapia de la espasticidad. Técnicas y métodos. *Fisioterapia*, 26(1):25-35, 2024.
- Glenting, P. Electrotherapy according to Hufschmidt. A new method of treatment for marked hypertonicity in spastics and athetosics. *Nord. Med.*, 83(6):175-6, 1970.
- Hu, X.; Suresh, N.; Chardon, M. & Rymer, W. Contributions of motoneuron hyperexcitability to clinical spasticity in hemispheric stroke survivors. *Clin. Neurophysiol.*, 126(8):1599-606, 2015.
- Karlsen, A.; Cullum, K.; Norheim, K.; Scheel, F.; Zinglensen, A.; Vahlgren, J.; Schjerling, P.; Kjaer, M. & Mackey, A. Neuromuscular electrical stimulation preserves leg lean mass in geriatric patients. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 52(4):773-84, 2020.
- Leyendecker, C. Electrical stimulation therapy and its effects on the general activity of motor impaired cerebral palsied children; a comparative study of the Bobath physiotherapy and its combination with the Hufschmidt electrical stimulation therapy. *Rehabilitation (Stuttg.)*, 14(3):150-9, 1975.
- Li, S. & Francisco, G. New insights into the pathophysiology of post-stroke spasticity. *Front. Hum. Neurosci.*, 9(1):192, 2015.
- Li, S. Spasticity, motor recovery, and neural plasticity after stroke. *Front. Neurol.*, 8(1):120, 2017.
- Lin, Z. & Yan, T. Long-term effectiveness of neuromuscular electrical stimulation for promoting motor recovery of the upper extremity after stroke. *J. Rehabil. Med.*, 43(6):506-10, 2011.
- Liu, Y.; Chen, Y.; Zhang, C.; Zhou, P.; Li, S. & Zhang Y. Motor unit distribution and recruitment in spastic and non-spastic bilateral biceps brachii muscles of chronic stroke survivors. *J. Neural. Eng.*, 19(4):10.1088/1741-2552/ac86f4, 2022.
- Malhotra, S.; Pandyan, A.; Day, C.; Jones, P. & Hermens, H. Spasticity, an impairment that is poorly defined and poorly measured. *Clin. Rehabil.*, 23(7):651-8, 2009.
- Mansoor, S.; Babae, M. & Ahmad Raeissadat, S. *Rehabilitation Medicine Management of Spasticity*. En: Larrive, D. & Mansoor, S. (Eds.). *Neurostimulation and Neuromodulation in Contemporary Therapeutic Practice*. IntechOpen, 2020.
- Marcolino, M.; Hauck, M.; Stein, C.; Schardong, J.; Pagnussat, A. & Plentz, R. Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation alone or as additional therapy on chronic post-stroke spasticity: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Disabil. Rehabil.*, 42(5):623-35, 2020.
- Michielsen, M.; Vaughan-Graham, J.; Holland, A.; Magri, A. & Suzuki, M. The Bobath concept - a model to illustrate clinical practice. *Disabil. Rehabil.*, 41(17):2080-92, 2019.
- Monjo, H.; Fukumoto, Y.; Asai, T.; Ohshima, K.; Kubo, H.; Tajitsu, H. & Koyama, S. Changes in muscle thickness and echo intensity in chronic stroke survivors: a 2-year longitudinal study. *J. Clin. Neurol.*, 18(3):308-14, 2022.
- Picelli, A & Smania, N. *Post-stroke spasticity management*. Torino, Minerva Medica, 2023.
- Qin, W.; Yang, M.; Li, F.; Chen, C.; Zhen, L. & Tian, S. Influence of positional changes on spasticity of the upper extremity in poststroke hemiplegic patients. *Neurosci. Lett.*, 712:134479, 2019.
- Seib, T.; Price, R.; Reyes, M. & Lehmann J. The quantitative measurement of spasticity: effect of cutaneous electrical stimulation. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 75(7):746-50, 1994.
- Sommerfeld, D.; Eek, E.; Svensson, A.; Holmqvist, L. & von Arbin, M. Spasticity after stroke - Its occurrence and association with motor impairments and activity limitations. *Stroke*, 35(1):134-9, 2004.
- Urban, P.; Wolf, T.; Uebele, M.; Marx, J.; Vogt, T.; Stoeter, P.; Bauermann, T.; Weibrich, C.; Goran, D.; Schneider, A.; et al. Occurrence and clinical predictors of spasticity after ischemic stroke. *Stroke*, 41(9):2016-20, 2010.
- Vodovnik, L. Therapeutic effects of functional electrical stimulation of extremities. *Med. Biol. Eng. Comput.*, 19(4):470-8, 1981.
- Young, R. R. Spasticity: a review. *Neurology*, 44(11 Suppl. 9):S12-20, 1994.

Dirección para correspondencia:

Prof. Arlette Doussoulin

Universidad de La Frontera

Facultad de Medicina

Departamento de Ciencias de la Rehabilitación

Temuco

CHILE

E-mail: arlette.doussoulin@ufrontera.cl