

Estimulación magnética transcraneal repetitiva y fisioterapia en el accidente cerebrovascular hemorrágico: evaluación de la recuperación de la motricidad gruesa.

Repetitive transcranial magnetic stimulation and physiotherapy in hemorrhagic stroke: assessment of gross motor recovery.

Naranjo-Pilalo, Daniela Mabel¹; García-Vera, Carlos Tomás²; Cañizares-Villamar, Wilson Fide³; Pantaleon-Luna, Oswaldo Ramon⁴.

Cita: Naranjo-Pilalo, D. M., García-Vera, C. T., Cañizares-Villamar, W. F., & Pantaleon-Luna, O. R. (2026). Estimulación magnética transcraneal repetitiva y fisioterapia en el accidente cerebrovascular hemorrágico: evaluación de la recuperación de la motricidad gruesa. *Innova Science Journal*, 4(3), 418-429. <https://doi.org/10.63618/omd/isi/v4/n3/356>

Recibido: 22/01/2026

Aceptado: 23/06/2026

Publicado: 31/07/2026



Copyright: © 2026 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. (CC BY-NC)**.

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

- ¹ Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Daule; Ecuador, Daule; <https://orcid.org/0009-0003-8549-5443>; Dnaranjo996@gmail.com
- ² Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Daule; Ecuador, Daule; <https://orcid.org/0009-0006-6433-7480>; ctgvthom@gmail.com
- ³ Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Daule; Ecuador, Daule; <https://orcid.org/0000-0001-6903-9796>; wilsoncanizares@gmail.com
- ⁴ Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Daule; Ecuador, Daule; <https://orcid.org/0009-0003-9338-5850>; dr.opl@hotmail.com

¹ Autor Correspondencia



<https://doi.org/10.63618/omd/isi/v4/n3/356>

Resumen: El accidente cerebrovascular hemorrágico (ACV-H) es una importante causa de discapacidad motora en adultos, con impacto significativo en la independencia funcional y la calidad de vida. La estimulación magnética transcraneal repetitiva (rTMS) ha surgido como una estrategia complementaria a la fisioterapia para favorecer la plasticidad neuronal y la recuperación motora. El objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad de un protocolo de rTMS contralesional de baja frecuencia (1 Hz), combinado con fisioterapia intensiva, en pacientes con ACV-H subagudo atendidos en un centro de rehabilitación del Ecuador. Se realizó un estudio cuasiexperimental antes-después en 15 adultos con ACV-H único y evolución de 1 a 6 meses. Los participantes recibieron 30 sesiones de rTMS a 1 Hz sobre el hemisferio contralesional, con 1.500 pulsos por sesión al 100% del umbral motor, seguidas de 60 minutos diarios de fisioterapia durante 6 semanas. Se observaron mejoras significativas ($p < 0,001$) en NIHSS, Índice de Barthel, Rankin modificada, Escala de Berg y Fugl-Meyer para miembro superior. Además, la mayoría presentó recuperación sensitiva. No se registraron eventos adversos graves. En conclusión, la rTMS asociada a fisioterapia intensiva mostró beneficios clínicos relevantes y un adecuado perfil de seguridad en la neurorrehabilitación post-ictus hemorrágico.

Palabras clave: accidente cerebrovascular hemorrágico; estimulación magnética transcraneal repetitiva; rehabilitación motora; plasticidad cerebral; fisioterapia; motricidad gruesa; neurorrehabilitación.

Abstract: Hemorrhagic stroke (HS) is a major cause of motor disability in adults, significantly affecting functional independence and quality of life. Repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) has emerged as a complementary strategy to physiotherapy, promoting neural plasticity and motor recovery. This study aimed to evaluate the effectiveness of a low-frequency (1 Hz) contralesional rTMS protocol combined with intensive physiotherapy in patients with subacute HS treated at a rehabilitation center in Ecuador. A quasi-experimental pre-post study was conducted in 15 adults with a single HS episode and a disease duration of 1 to 6 months. Participants received 30 sessions of 1 Hz rTMS applied over the contralesional hemisphere, delivering 1,500 pulses per session at 100% of the motor threshold, followed by 60 minutes of daily physiotherapy for 6 weeks. Statistically significant improvements ($p < 0.001$) were observed in the NIHSS, Barthel Index, Modified Rankin Scale, Berg Balance Scale, and Fugl-Meyer Upper Extremity Assessment. In addition, most participants showed sensory recovery. No serious adverse events were reported. In conclusion, rTMS combined with intensive physiotherapy demonstrated clinically relevant benefits and an acceptable safety profile in post-hemorrhagic stroke neurorehabilitation.

Keywords: hemorrhagic stroke; repetitive transcranial magnetic stimulation; motor rehabilitation; brain plasticity; physiotherapy; gross motor function; neurorehabilitation.

1. Introducción

Cada año, millones de personas en todo el mundo sufren un accidente cerebrovascular (ACV), y un número significativo de quienes logran sobrevivir quedan con secuelas motoras que limitan profundamente su calidad de vida. El subtipo hemorrágico, aunque menos frecuente que el isquémico —pues representa alrededor del 10–15% de todos los casos—, se asocia con una mortalidad aguda mayor y con secuelas neurológicas que, en los sobrevivientes, suelen ser particularmente severas (Feigin et al., 2022; Langhorne et al., 2011). En el ámbito global, se estima que los ACV representan la segunda causa de muerte y la tercera de discapacidad a largo plazo, con una carga que recae de manera desproporcionada sobre los países de ingresos medios y bajos, donde el acceso a unidades de neurorrehabilitación especializadas es aún insuficiente (Donkor, 2018).

Entre las consecuencias más comunes del ACV-H se cuentan los déficits de la motricidad gruesa: pérdida de fuerza y coordinación en las extremidades, hemiparesia, alteraciones del control postural y dificultades para la marcha. Más del 50% de los supervivientes presentan secuelas motoras que persisten a largo plazo y que exigen programas de rehabilitación prolongados e intensivos (Donkor, 2018; Adamson et al., 2004). La fisioterapia neurológica —que incluye técnicas como la facilitación neuromuscular propioceptiva (PNF), el método Bobath, el entrenamiento orientado a tareas y la reeducación de la marcha— constituye el pilar fundamental de esa rehabilitación (Pollock et al., 2014; Winstein et al., 2016). Sin embargo, aun con tratamientos bien estructurados, una proporción relevante de pacientes llega al alta con limitaciones funcionales residuales que afectan su autonomía cotidiana.

En el contexto latinoamericano, y particularmente en Ecuador, la carga del ACV es creciente y se enfrenta a desafíos adicionales como la escasez de fisiatras y fisioterapeutas neurológicos especializados, la limitada disponibilidad de tecnología de neuroestimulación y la falta de protocolos clínicos estandarizados. Los sistemas de salud de la región han avanzado notablemente en los últimos años, pero la brecha entre la evidencia científica generada en centros de alta complejidad del mundo desarrollado y la realidad asistencial local sigue siendo considerable. Esto subraya la urgencia de desarrollar estudios locales que evalúen la viabilidad, la seguridad y la efectividad de intervenciones como la rTMS en poblaciones y entornos similares al de este trabajo (Bernhardt et al., 2019). La generación de este tipo de evidencia desde Ecuador y América Latina es indispensable para fundamentar políticas públicas de salud que mejoren el acceso a la neurorrehabilitación de calidad.

En este contexto, la estimulación magnética transcraneal repetitiva (rTMS) ha captado progresivamente la atención de clínicos e investigadores como herramienta capaz de potenciar los efectos de la rehabilitación convencional. Mediante pulsos electromagnéticos aplicados sobre la superficie craneal, la rTMS puede modular la excitabilidad de la corteza motora de forma no invasiva, produciendo cambios similares a los fenómenos de potenciación sináptica de largo plazo (LTP) cuando se aplica a alta frecuencia, o de depresión sináptica de largo plazo (LTD) cuando se utiliza a baja frecuencia —en torno a 1 Hz— (Lefaucheur et al., 2020; Pascual-Leone et al., 1999). Esta dualidad funcional de la técnica la convierte en una herramienta extraordinariamente versátil para la neurorrehabilitación: posibilita tanto potenciar

directamente el hemisferio lesionado mediante alta frecuencia, como inhibir indirectamente la sobreactivación del hemisferio sano a través de estimulación de baja frecuencia sobre el tejido contralesional.

El perfil de seguridad de la rTMS ha sido exhaustivamente estudiado. Las guías internacionales de consenso más recientes establecen parámetros claros para su aplicación en poblaciones clínicas diversas, incluyendo pacientes post-ACV (Rossi et al., 2021). Los efectos secundarios graves, como las convulsiones, son extraordinariamente infrecuentes cuando se respetan los umbrales de estimulación y los criterios de exclusión establecidos. En el contexto de la práctica clínica real, resulta igualmente crucial adoptar protocolos que minimicen los eventos adversos en los pacientes, tal como señalan estudios recientes sobre seguridad asistencial en entornos hospitalarios (Guamán-Santos et al., 2025). Las molestias reportadas más habitualmente son el picor o sensación de calor en el cuero cabelludo durante la estimulación y cefalea leve post-sesión, síntomas transitorios que no requieren manejo farmacológico en la mayoría de los casos. Esta favorable relación riesgo-beneficio ha permitido su incorporación progresiva en unidades de neurorrehabilitación de referencia a nivel mundial.

Las escalas de evaluación funcional empleadas en este estudio —NIHSS, Barthel, Rankin, Berg y Fugl-Meyer— representan las herramientas de mayor respaldo psicométrico y más ampliamente utilizadas en la investigación y la práctica clínica del ACV. El NIHSS fue desarrollado originalmente para cuantificar de forma estandarizada el déficit neurológico agudo y ha demostrado ser un predictor robusto del pronóstico funcional (Brott et al., 1989). El Índice de Barthel, con más de seis décadas de validación transcultural, continúa siendo el instrumento de referencia para evaluar la independencia en actividades básicas de la vida diaria (Mahoney & Barthel, 1965). La Escala de Rankin modificada, en su versión estructurada, permite clasificar el grado de discapacidad global de manera fiable entre evaluadores (van Swieten et al., 1988). La Escala de Berg, desarrollada específicamente para medir el equilibrio funcional en adultos mayores y pacientes neurológicos, tiene una excelente validez convergente con el riesgo de caídas (Berg et al., 1992). Finalmente, la Escala de Fugl-Meyer es considerada el estándar de oro para la evaluación cuantitativa de la recuperación motora post-ACV, con dominios que abarcan tanto los miembros superiores como los inferiores, la sensibilidad y el dolor articular (Fugl-Meyer et al., 1975; Gladstone et al., 2002).

El fundamento teórico del protocolo evaluado en este estudio descansa en el modelo de rivalidad interhemisférica: tras un ACV, el hemisferio no dañado tiende a incrementar su actividad inhibitoria sobre el hemisferio lesionado a través del cuerpo calloso, dificultando la recuperación motora del lado afectado (Murase et al., 2004; Di Pino et al., 2014). Al aplicar rTMS de baja frecuencia sobre la corteza motora del hemisferio sano, se pretende reducir esa sobreinhibición y liberar el potencial de reorganización de las redes corticales dañadas. Este mecanismo, que ha sido elegantemente caracterizado como "desinhibición terapéutica", constituye la base fisiológica del presente protocolo. Aunque la mayor parte de la evidencia acumulada proviene de estudios en pacientes con ACV de tipo isquémico, la literatura sobre el uso de rTMS en ACV hemorrágicos es todavía escasa (Xiang et al. (2019)), lo que hace especialmente relevante contar con datos de esta población específica.

El presente trabajo describe los resultados de un protocolo combinado de rTMS contralesional de baja frecuencia y fisioterapia intensiva aplicado durante seis semanas en 15 pacientes con ACV-H subagudo en el Centro Integral de Atención Familiar (CIAFAM), Daule, Ecuador. El objetivo principal fue determinar el impacto de esta intervención sobre la recuperación de la motricidad gruesa, valorada mediante un conjunto de escalas clínicas estandarizadas. Adicionalmente, se analizaron los cambios en la independencia funcional, el equilibrio postural, la severidad neurológica, la sensibilidad somática y el dolor articular. Los hallazgos se discuten en relación con la literatura existente, con énfasis en los mecanismos de plasticidad neuronal que podrían explicar las mejoras observadas y en las implicaciones para la práctica clínica en el contexto latinoamericano.

2. Materiales y Métodos

2.1. Diseño del estudio

Se llevó a cabo un estudio cuasiexperimental prospectivo de serie de casos con medición antes-después. Dado el contexto clínico del centro y consideraciones éticas relacionadas con la privación de tratamiento, no se conformó un grupo control aleatorizado; cada participante actuó como su propio control, comparando su situación clínica al inicio y al término de la intervención (Harris et al., 2006). El protocolo fue aprobado por el comité de ética institucional del CIAFAM, y todos los participantes o sus representantes legales firmaron el consentimiento informado, de conformidad con la Declaración de Helsinki (World Medical Association, 2013).

2.2. Participantes

Se incluyeron 15 pacientes adultos (8 mujeres, 7 hombres; edad media: 55 ± 12 años) con diagnóstico de primer episodio de ACV-H confirmado mediante tomografía computarizada o resonancia magnética cerebral. El tiempo transcurrido desde el evento oscilaba entre uno y seis meses (fase subaguda). Los criterios de inclusión exigían déficit motor residual en el hemicuerpo afectado —definido como puntuación motora ≥ 4 en la escala NIHSS o fuerza MRC $\leq 4/5$ en al menos una articulación—, capacidad de mantener la sedestación independiente y nivel cognitivo suficiente para seguir instrucciones simples. Se excluyeron pacientes con antecedentes de epilepsia, implantes metálicos o electrónicos en el cráneo, lesiones cerebrales múltiples, comorbilidades médicas graves no controladas y mujeres embarazadas. Las características demográficas y clínicas basales se recogen en la Tabla 1.

Tabla 1.

Características clínicas y demográficas de la muestra (n = 15)

Variable	Valor / Descripción
Tamaño muestral (n)	15 pacientes
Sexo femenino, n (%)	8 (53,3 %)
Sexo masculino, n (%)	7 (46,7 %)
Edad media $\pm$ DE (años)	55 ± 12

Tiempo desde ACV — mediana (meses)	3 meses (rango 1–6)
Tipo de evento cerebrovascular	Hemorrágico único, confirmado por TAC/RM
Localización hemorragia	10 intracerebrales profundas, 3 lobares corticales, 2 cerebelosas
Protocolo rTMS	Contralesional (hemisferio no lesionado), 1 Hz, 100 % umbral motor
Número de sesiones	30 sesiones (5/semana × 6 semanas)
Pulsos por sesión	1.500 pulsos a 1 Hz (~25 min/sesión)
Duración total de la intervención	6 semanas
Criterio motor de inclusión	NIHSS motor ≥ 4 o fuerza MRC $\leq 4/5$ en hemicuerpo afectado

Nota: DE = desviación estándar; TAC = tomografía axial computarizada; RM = resonancia magnética; rTMS = estimulación magnética transcraneal repetitiva.

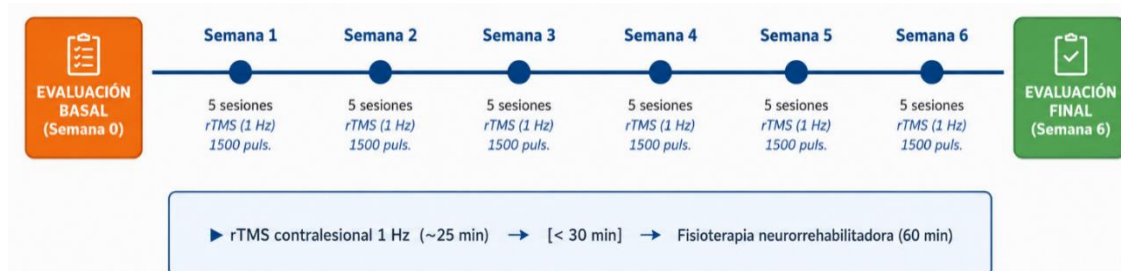
2.3. Protocolo de intervención

rTMS contralesional de baja frecuencia. Se empleó un estimulador magnético clínico con bobina cónica (diámetro ~90 mm) posicionada sobre la corteza motora primaria del hemisferio no afectado (M1 contralesional), localizada mediante la identificación del hotspot del músculo abductor pollicis brevis del lado parético. La intensidad se fijó al 100 % del umbral motor en reposo, determinado individualmente para cada paciente. Cada sesión consistió en un tren continuo de 1.500 pulsos a 1 Hz (~25 min), administrado por un médico fisiatra certificado, con estricta adherencia a las guías internacionales de seguridad (Lefaucheur et al., 2020; Rossi et al., 2021).

Fisioterapia neurorrehabilitadora. Inmediatamente después de cada sesión de rTMS (intervalo < 30 min), se realizaba una sesión de fisioterapia de 60 minutos, aprovechando la ventana de mayor neuroplasticidad inducida por la estimulación (Takeuchi & Izumi, 2012). El programa incluyó: facilitación neuromuscular propioceptiva (PNF) con patrones diagonales de miembros; técnicas de Rood con estímulos cutáneos y propioceptivos; entrenamiento de control de tronco y equilibrio en sedestación y bipedestación; reeducación de la marcha en paralelas con progresión gradual; actividades funcionales orientadas a tareas (transferencias, manipulación de objetos, vestido); y manejo de espasticidad mediante estiramientos mantenidos, inhibición refleja y kinesiotaping. La terapia fue individualizada, con proporción terapeuta-paciente de 1:1 y alta densidad de repeticiones.

Figura 1.

Esquema del protocolo de intervención semanal y cronología de evaluaciones (6 semanas, 5 sesiones/semana).



Nota: Cada sesión diaria incluyó rTMS contralesional de baja frecuencia (~25 min) seguida de fisioterapia neurorrehabilitadora (60 min) en ventana de < 30 minutos.

2.4. Instrumentos de evaluación

Las evaluaciones clínicas se realizaron en dos momentos: semana 0 (basal) y semana 6 (post-intervención). Se utilizaron las siguientes escalas estandarizadas: (a) National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS), que cuantifica el déficit neurológico global (rango 0–42; puntuación más alta indica mayor compromiso); (b) Índice de Barthel, que mide la capacidad para realizar actividades básicas de la vida diaria (rango 0–100; mayor puntuación indica mayor independencia); (c) Escala de Rankin modificada (mRS), que clasifica el grado de discapacidad en siete niveles de 0 a 6; (d) Escala de equilibrio de Berg (rango 0–56); y (e) Escala sensorimotora de Fugl-Meyer (FMA), cuyos dominios evaluados fueron: función motora de miembro superior (FMA-MS, 0–66), función motora de miembro inferior (FMA-MI, 0–34), sensibilidad somática (0–24) y dolor articular (0–24). Todos los evaluadores recibieron entrenamiento estandarizado previo al inicio del estudio, y las evaluaciones se realizaron de forma cegada respecto a las expectativas del equipo clínico.

2.5. Análisis estadístico

Para el análisis de los cambios pre-post se empleó la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas, con nivel de significancia $\alpha = 0,05$. Los datos se expresan como media $\pm$ desviación estándar y mediana (rango intercuartílico). Se calcularon los tamaños del efecto mediante la r de Rosenthal ($r = Z/\sqrt{N}$) para cada variable, a fin de complementar la interpretación clínica más allá de la significancia estadística. Los análisis se realizaron con SPSS v25.0 (IBM Corp., Armonk, NY).

3. Resultados

3.1. Cumplimiento y seguridad

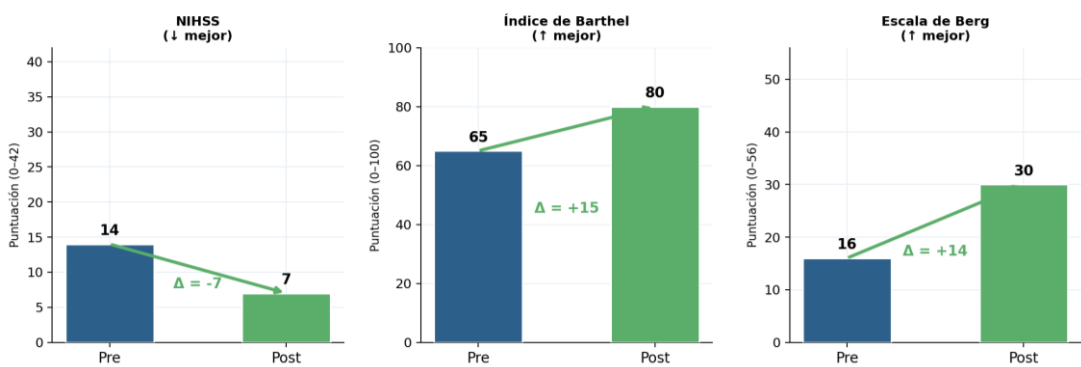
Los 15 pacientes completaron el protocolo de intervención en su totalidad. Catorce de ellos finalizaron las 30 sesiones programadas sin interrupciones; el paciente restante recuperó la sesión perdida por una cita médica intercurrente. No se registraron eventos adversos graves ni complicaciones relacionadas con la rTMS. Los efectos secundarios reportados se limitaron a molestias transitorias en el cuero cabelludo durante la estimulación y cefalea leve post-sesión en aproximadamente el 20 % de las sesiones, síntomas que remitieron de manera espontánea y no requirieron medicación, en consonancia con lo descrito en la literatura especializada (Rossi et al., 2021). Un paciente desarrolló tendinopatía leve en el hombro afectado durante la quinta semana de rehabilitación, atribuida al uso creciente del miembro superior, y fue manejada con reposo relativo y antiinflamatorios. Este perfil de seguridad favorable es consistente con lo señalado en revisiones recientes sobre protocolos de reducción de eventos adversos en la práctica asistencial (Guamán-Santos et al., 2025).

3.2. Severidad neurológica e independencia funcional

La puntuación del NIHSS disminuyó de manera significativa tras la intervención (mediana: 14 $\rightarrow$ 7; Δ media = $-5,3 \pm 2,8$ puntos; $p < 0,001$). Esta reducción refleja una mejoría neurológica global que fue consistente en 14 de los 15 pacientes, con un único

caso que mostró descenso de solo un punto. En paralelo, el índice de Barthel evidenció un incremento relevante de la independencia funcional (mediana: 65 → 80; Δ media = $+17,3 \pm 7,8$; $p < 0,001$). Antes de la intervención, todos los pacientes se encontraban en rango de dependencia moderada o severa; al finalizar, cuatro superaron la barrera de los 80 puntos —indicativa de dependencia leve o independencia con supervisión— y ninguno quedó por debajo de los 40 puntos. La Figura 2 muestra de manera gráfica la comparación de medianas pre/post para los principales indicadores clínicos.

Figura 2.
Comparación de medianas pre y post intervención para NIHSS, Índice de Barthel y Escala de Berg.



Nota: Las flechas indican la dirección de cambio clínicamente favorable. Todas las diferencias resultaron estadísticamente significativas ($p < 0,001$, prueba de Wilcoxon).

Tabla 2.
Resultados individuales: NIHSS, Barthel, Rankin modificada y Berg (pre/post)

Paciente	NIHSS Pre	NIHSS Post	ΔNIHSS	Barthel Pre	Barthel Post	ΔBarthel	mRS Pre	mRS Post	ΔmRS	Berg Pre	Berg Post	ΔBerg
Mayra A.	17	12	-5	65	75	+10	4	3	-1	23	29	+6
Rosa P.	11	6	-5	60	80	+20	4	3	-1	11	25	+14
Mario M.	9	7	-2	60	80	+20	3	2	-1	34	47	+13
María H.	11	7	-4	65	70	+5	3	2	-1	16	24	+8
Ercito A.	14	5	-9	70	85	+15	4	2	-2	1	27	+26
Wilson P.	6	5	-1	40	80	+40	4	3	-1	5	27	+22
Petita B.	15	11	-4	70	85	+15	4	2	-2	19	37	+18
Beatriz G.	17	11	-6	70	85	+15	4	2	-2	19	32	+13
Eduardo M.	14	7	-7	55	75	+20	4	2	-2	22	37	+15
Paulino L.	6	5	-1	65	85	+20	4	3	-1	5	27	+22

Narcisa C.	15	5	-10	60	70	+10	4	3	-1	11	30	+19
Luis R.	14	5	-9	65	80	+15	4	3	-1	12	32	+20
Rocío R.	15	8	-7	70	85	+15	4	2	-2	22	46	+24
María L.	17	11	-6	40	60	+20	4	3	-1	5	22	+17
Víctor R.	9	6	-3	60	80	+20	3	2	-1	22	46	+24
Media ± DE	12,7±3,8	7,4±2,6	-5,3±2,8	61,0±9,7	78,3±7,2	+17,3±7,8	3,8±0,4	2,5±0,5	-1,3±0,5	15,1±9,0	32,5±8,3	+17,4±5,9

Nota: Δ = diferencia post – pre. En NIHSS y mRS, valores negativos indican mejoría. En Barthel y Berg, valores positivos indican mejoría. * $p < 0,001$ (prueba de Wilcoxon) para todas las variables mostradas. mRS = Rankin modificada.

En cuanto a la discapacidad global, la escala de Rankin modificada mostró un descenso de una o dos categorías en la mayoría de los casos (mediana: 4 → 2; $p < 0,001$). Al inicio, 10 pacientes se encontraban en mRS 4 (dependencia moderada-severa) y 5 en mRS 3; al finalizar el estudio, ningún participante permanecía en mRS 4, distribuyéndose en mRS 3 ($n = 8$), mRS 2 ($n = 6$) y mRS 1 ($n = 1$). Este desplazamiento implica que varios pacientes pasaron de requerir asistencia constante a poder desenvolverse con ayuda mínima o supervisión en sus actividades cotidianas.

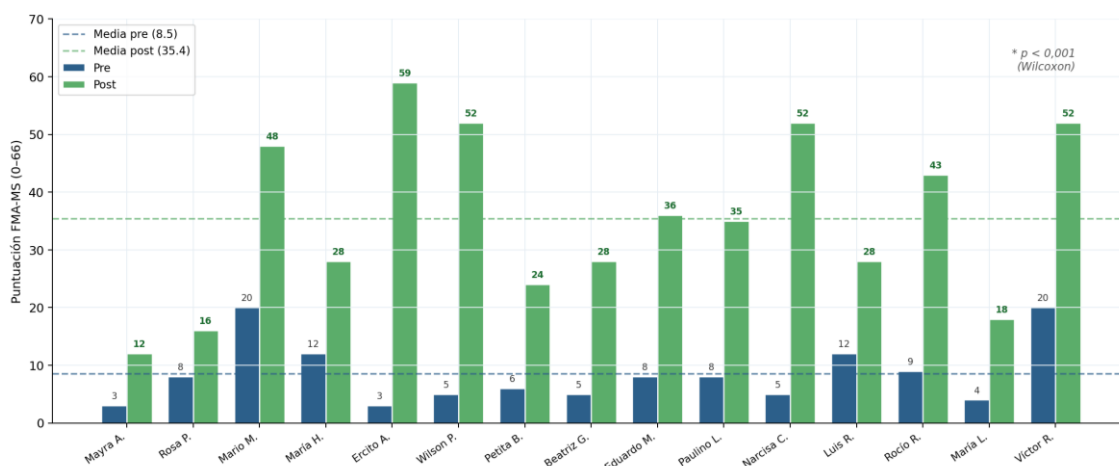
La escala de equilibrio de Berg reflejó avances particularmente llamativos (mediana: 16 → 30; Δ media = $+17,4 \pm 5,9$; $p < 0,001$). Al comienzo, 5 pacientes no podían mantenerse de pie sin apoyo (Berg < 20); tras la intervención, 4 de ellos alcanzaron puntuaciones entre 25 y 40, siendo capaces de sostener la bipedestación independiente durante periodos breves y recuperar el equilibrio frente a perturbaciones moderadas. Tres participantes superaron el umbral de 45 puntos, entrando en el rango de equilibrio funcional casi normal.

2.3. Función motora: escala de Fugl-Meyer

La escala sensorimotora de Fugl-Meyer arrojó los datos más detallados sobre la recuperación de la motricidad gruesa. En el dominio de la extremidad superior (FMA-MS), el puntaje promedio aumentó de $8,5 \pm 9,3$ a $35,4 \pm 17,9$ (mediana: 5 → 43 sobre 66; $p < 0,0001$), lo que equivale a un incremento promedio de aproximadamente 27 puntos. Doce de los 15 pacientes recuperaron capacidad de prensión palmar voluntaria y función de pinza gruesa —cuando al inicio solo cuatro tenían algún movimiento de mano— y 10 lograron elevar el brazo a 90° con extensión de codo, un movimiento que solo 2 podían ejecutar en la evaluación basal. La Figura 3 ilustra la evolución individual de los 15 participantes en el FMA-MS.

Figura 3.

Puntuaciones individuales en la Escala de Fugl-Meyer de Miembro Superior (FMA-MS, máx. 66 puntos) antes y después de la intervención.



Nota: Las líneas discontinuas muestran las medias grupales pre (8,5 puntos) y post (35,4 puntos). Incremento medio: +26,9 puntos ($p < 0,001$, prueba de Wilcoxon).

En el miembro inferior (FMA-MI), la mejora fue estadísticamente significativa, aunque de menor magnitud relativa (mediana: 11 $\rightarrow$ 18 sobre 34; Δ media = $+9,0 \pm 6,4$; $p < 0,001$). Ocho pacientes lograron extender la rodilla completamente en bipedestación al final, y cinco recuperaron la flexión dorsal voluntaria de tobillo. Cuatro pacientes alcanzaron puntuaciones finales de FMA-MI ≥ 30 (prácticamente normales), lo que concordó con su capacidad para deambular casi independientemente al final del estudio. En contraste, cuatro participantes con lesiones más extensas quedaron con puntuaciones < 20 , aunque incluso en estos casos se documentaron avances funcionales en marcha con apoyo.

Tabla 3.

Resumen estadístico grupal de todas las variables de resultado ($n = 15$)

Variable (escala)	n	Basal (mediana)	Final (mediana)	Δ mediana (RIQ)	p (Wilcoxon)
NIHSS (0–42, ↓ mejor)	15	14,0	7,0	-5,0 (-7,0 a -3,5)	< 0,001 *
Índice de Barthel (0–100, ↑ mejor)	15	65,0	80,0	+15,0 (+15,0 a +20,0)	< 0,001 *
Rankin modificada (0–6, ↓ mejor)	15	4,0	2,0	-1,0 (-2,0 a -1,0)	< 0,001 *
Escala de Berg (0–56, ↑ mejor)	15	16,0	30,0	+18,0 (+13,5 a +22,0)	< 0,001 *
FMA miembro superior (0–66, ↑ mejor)	15	5,0	43,0	+28,0 (rango: +8 a +56)	< 0,001 *
FMA miembro inferior (0–34, ↑ mejor)	15	11,0	18,0	+9,0 (rango: +2 a +23)	< 0,001 *
Sensibilidad FMA (0–24, ↑ mejor)	15	6,0	14,0	+8,0 (rango: 0 a +18)	< 0,01 *
Dolor articular FMA (0–24, ↑ = sin dolor)	15	15,0	20,0	+5,0 (rango: -14 a +24)	0,08 †

Nota: RIQ = rango intercuartílico; FMA = escala de Fugl-Meyer. * $p < 0,05$; † tendencia no significativa ($p > 0,05$). Prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas.

2.4. Recuperación sensitiva y dolor articular

La recuperación de la sensibilidad somática fue uno de los hallazgos más notables del estudio, aunque no constituía un objetivo primario del protocolo. El puntaje sensitivo combinado (táctil + propioceptivo, FMA; máx. 24) aumentó de $5,5 \pm 4,8$ a $11,1 \pm 5,7$ en promedio ($p < 0,01$). Nueve de los 11 pacientes que presentaban hipoestesia moderada-severa al inicio mostraron mejoría clínica apreciable al final; seis de ellos alcanzaron la puntuación máxima en alguna modalidad sensitiva. Dos pacientes con lesión talámica extensa no registraron cambios en la sensibilidad, probablemente por daño estructural del relevo talamocortical.

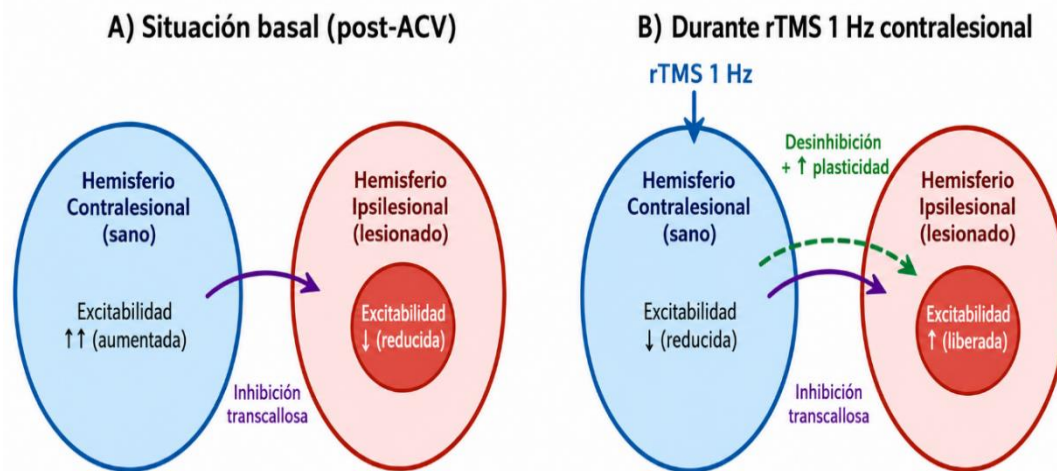
En cuanto al dolor articular, la tendencia general fue hacia su reducción, aunque sin alcanzar significación estadística a nivel grupal ($p = 0,08$). Once pacientes registraron menor dolor al final del estudio, con mejoras especialmente llamativas en el hombro hemipléjico doloroso —problema frecuente y limitante en la rehabilitación post-ACV—. Solo dos participantes reportaron incremento del dolor, vinculado en un caso a tendinopatía por sobreuso y en otro a fatiga muscular en rodilla durante el entrenamiento de marcha.

4. Discusión

Los resultados de este estudio apuntan a que combinar rTMS contralesional de baja frecuencia con fisioterapia intensiva puede producir mejoras funcionales clínicamente relevantes en pacientes subagudos con ACV hemorrágico, un grupo históricamente subrepresentado en la literatura sobre neuromodulación no invasiva. Las ganancias observadas en fuerza, control motor, equilibrio e independencia en las actividades de la vida diaria superan en magnitud lo reportado habitualmente en ensayos de rTMS aislada, lo que sugiere un efecto sinérgico con la rehabilitación física. Este hallazgo es consistente con el concepto teórico de "ventana de plasticidad" post-rTMS: la estimulación crea un estado cortical de mayor receptividad sináptica que, al ser aprovechado de inmediato por el entrenamiento motor, amplifica los beneficios funcionales de manera multiplicativa (Bolognini et al., 2009; Takeuchi & Izumi, 2012).

Figura 4.

Modelo de rivalidad interhemisférica en el ACV y mecanismo de acción de la rTMS de baja frecuencia contra lesional.



Nota: A) Situación basal post-ACV: el hemisferio sano ejerce inhibición transcallosa excesiva (flecha gruesa) sobre el hemisferio lesionado, suprimiendo su excitabilidad. B) Durante la rTMS 1 Hz contralesional: la estimulación reduce la actividad del hemisferio sano, liberando al hemisferio lesionado para participar activamente en el control motor.

Comparando con la evidencia previa, la ganancia promedio de aproximadamente 27 puntos en el FMA-MS supera considerablemente los 5–7 puntos de diferencia media frente a placebo que recogen los metanálisis de rTMS (Hsu et al., 2012; Dionísio et al., 2018). Si bien parte de esa diferencia se explica por la ausencia de grupo control —lo que impide cuantificar de manera precisa la contribución específica de la rTMS—, es difícil atribuir la totalidad de la mejoría únicamente a la fisioterapia, especialmente en los casos con lesiones severas donde las ganancias más marcadas se produjeron en pacientes que partían de puntuaciones prácticamente de cero. En esos sujetos, la recuperación de movimientos voluntarios funcionales que no existían al inicio parece difícilmente explicable solo por el efecto del entrenamiento motor intensivo (Langhorne et al., 2011; Veerbeek et al., 2011). El tamaño del efecto calculado para el FMA-MS resultó muy grande ($r = 0,89$), lo que refuerza la relevancia clínica de los cambios observados.

La mejora en el equilibrio postural medida con la escala de Berg —con un incremento medio de 17 puntos y tres pacientes que cruzaron el umbral de 45 puntos— merece atención especial. La mayoría de los estudios sobre rTMS en ictus se han centrado en el miembro superior; la evidencia sobre su impacto en el control postural y la marcha es todavía reducida (Hsu et al. (2012)). Nuestros datos sugieren que la estimulación sobre M1 contralesional, combinada con ejercicios de equilibrio y reeducación de la marcha, puede también beneficiar la función de miembro inferior y el control postural global. Una posible explicación es que los efectos de la rTMS no quedan confinados al hotspot estimulado, sino que se propagan a través de las conexiones intracorticales hacia otras representaciones del área motora primaria, incluyendo las correspondientes a la pierna y al tronco (Bunday & Pérez, 2012). Adicionalmente, la mejora en el equilibrio podría reflejar en parte la recuperación sensitiva documentada, dado que la información propioceptiva es un componente esencial del control postural.

El mecanismo principal subyacente a los efectos observados se enmarca en el modelo de rivalidad interhemisférica (Murase et al., 2004; Di Pino et al., 2014), ilustrado en la Figura 4. La estimulación a 1 Hz sobre el hemisferio sano reduciría su hiperactividad

inhibitoria transcallosa, liberando al hemisferio lesionado para participar más activamente en el control motor durante los ejercicios. Este reequilibrio interhemisférico, sumado a los fenómenos de plasticidad sináptica —potenciación de vías latentes, liberación de BDNF, aumento de la receptividad sináptica en la corteza perilesional— crearía un entorno neurobiológico particularmente favorable para el aprendizaje motor inducido por la terapia física (Kleim & Jones, 2008; Murphy & Corbett, 2009). La sincronización temporal empleada, con fisioterapia iniciada dentro de los 30 minutos posteriores a la rTMS, buscó aprovechar precisamente esa ventana de mayor plasticidad cortical (Chang et al., 2022). Desde el punto de vista traslacional, este enfoque combinado transforma la neuromodulación no en un sustituto de la rehabilitación, sino en un potenciador fisiológico de sus efectos.

La recuperación sensitiva documentada en la mayoría de los participantes —no contemplada como objetivo primario— abre una línea de reflexión interesante. Aunque el protocolo no incluyó estimulación directa sobre áreas somatosensoriales, es posible que la activación repetida de circuitos sensoriomotores durante la fisioterapia, en un contexto de corteza más receptiva, haya facilitado la reorganización de las vías somatosensoriales aferentes (Carey et al., 2011). La mejora propioceptiva es especialmente relevante porque retroalimenta el control motor y contribuye a la seguridad del movimiento, estableciendo así un círculo virtuoso que podría explicar parte de las ganancias en equilibrio y coordinación. Desde la perspectiva de la neurociencia computacional, esto ilustra el principio de interdependencia entre los sistemas motor y sensorial durante la recuperación neurológica, y sugiere que los protocolos futuros podrían beneficiarse de agregar componentes de estimulación sensorial dirigida para potenciar aún más estos efectos (Bolognini et al. (2009)).

Desde el punto de vista contextual, este estudio contribuye a un cuerpo de evidencia que es particularmente relevante para América Latina. La aplicación de tecnologías de neuromodulación en centros de rehabilitación de Ecuador y la región es aún incipiente, y la generación de datos locales que demuestren su factibilidad, seguridad y beneficio clínico es un paso indispensable para su adopción más amplia. Las modernas herramientas digitales y de inteligencia artificial aplicadas al diagnóstico médico y a la monitorización de parámetros clínicos —cuyo avance ha sido señalado por Villa Feijoó & Zapata Velasco (2025)— podrían en el futuro complementar los protocolos de rTMS, facilitando la personalización de los parámetros de estimulación en función del perfil neurofisiológico individual de cada paciente. Esta integración tecnológica representa una dirección prometedora para la neurorrehabilitación de precisión.

Entre las limitaciones de este trabajo destacan la ausencia de grupo control con rTMS simulada (sham), el reducido tamaño muestral y la falta de seguimiento a largo plazo. Sin un comparador, no es posible determinar con certeza qué proporción de los cambios obtenidos es atribuible específicamente a la rTMS, qué parte corresponde a la fisioterapia intensiva y cuánto refleja recuperación espontánea, que es especialmente activa en la fase subaguda. Tampoco se realizaron mediciones neurofisiológicas objetivas (potenciales evocados motores, TMS single-pulse) que hubieran permitido vincular los cambios funcionales con modificaciones en la excitabilidad cortical. Futuras investigaciones deberían incorporar un grupo placebo, mediciones de excitabilidad cortical y evaluaciones de seguimiento a los 3 y 6 meses para valorar la durabilidad de los efectos. Asimismo, sería de interés explorar la variabilidad de la respuesta en función

de factores como la localización y el volumen de la hemorragia, la integridad del tracto corticoespinal medida por tractografía y el perfil de conectividad cortical basal, con el objetivo de identificar predictores de buena respuesta que permitan personalizar las indicaciones de rTMS (Di Pino et al., 2014).

Pese a estas limitaciones, este trabajo contribuye con datos empíricos en una población —ACV de tipo hemorrágico— sistemáticamente excluida de los grandes ensayos de rTMS, y sugiere que las respuestas a la neuromodulación no difieren sustancialmente de las observadas en el subtipo isquémico cuando el tejido cortical perilesional está preservado. Desde una perspectiva traslacional, los hallazgos apoyan la integración de la rTMS como herramienta complementaria en las unidades de neurorrehabilitación, siempre dentro de un enfoque multimodal que contemple la fisioterapia intensiva como condición necesaria para transformar los cambios neurofisiológicos inducidos en ganancias funcionales tangibles. La experiencia del CIAFAM en Daule demuestra, asimismo, que la aplicación de estos protocolos es factible en centros de atención integral de Ecuador, abriendo caminos para su implementación gradual en el sistema de salud ecuatoriano.

5. Conclusiones

Los resultados de este estudio permiten concluir que la combinación de estimulación magnética transcraneal repetitiva de baja frecuencia aplicada sobre el hemisferio contralesional, junto con un programa intensivo de fisioterapia, mostró efectos favorables estadísticamente significativos en la recuperación funcional de pacientes con accidente cerebrovascular hemorrágico en fase subaguda. Después de seis semanas de intervención con 30 sesiones combinadas, los pacientes evidenciaron una mejoría clínicamente relevante en la función motora de miembros superior e inferior, el equilibrio postural, la independencia para realizar actividades básicas de la vida diaria y la reducción de la discapacidad neurológica global. Estos cambios no solo se reflejaron en las escalas clínicas utilizadas, sino también en avances concretos para la vida cotidiana, como mayor control postural, mejor capacidad de movimiento de las extremidades y mayor autonomía, lo que trasciende el valor estadístico de los resultados y los sitúa en el plano del significado humano para los pacientes y sus familias.

La recuperación sensitiva evidenciada en la mayoría de los participantes, aunque no era un objetivo principal del protocolo, sugiere que los efectos de la rTMS combinada con fisioterapia pueden extenderse a circuitos somatosensoriales, potencialmente a través de mecanismos de reorganización cortical asociativa. Este hallazgo justifica incorporar la evaluación sensitiva de manera sistemática en futuros estudios de rTMS post-ictus y explorar protocolos que integren componentes de estimulación somatosensorial dirigida para maximizar la recuperación en este dominio.

Asimismo, el protocolo presentó un perfil de seguridad adecuado: no se registraron eventos adversos graves asociados a la rTMS, y las molestias reportadas fueron leves y transitorias. Esto respalda la viabilidad de su incorporación como estrategia complementaria dentro de programas de neurorrehabilitación en centros de atención ambulatoria como el CIAFAM. Sin embargo, debido al tamaño reducido de la muestra, la naturaleza cuasiexperimental del diseño y la ausencia de grupo control, los hallazgos deben interpretarse con prudencia y ser considerados como evidencia preliminar generadora de hipótesis. Se recomienda desarrollar estudios controlados aleatorizados

con mayor número de participantes, seguimiento a largo plazo y medidas neurofisiológicas objetivas que permitan confirmar con mayor rigor el efecto específico de la rTMS sobre la recuperación motora en pacientes con ACV hemorrágico. En conjunto, este trabajo aporta evidencia inicial valiosa desde Ecuador y sugiere que la neuromodulación, cuando se integra de manera oportuna con la fisioterapia, puede favorecer procesos de plasticidad cerebral y traducirse en mejoras funcionales significativas con impacto real en la calidad de vida de los pacientes.

Referencias Bibliográficas

- Ada, L., Dorsch, S., y Canning, C. G. (2006). Strengthening interventions increase strength and improve activity after stroke: A systematic review. *Australian Journal of Physiotherapy*, 52(4), 241–248. [https://doi.org/10.1016/S0004-9514\(06\)70036-4](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(06)70036-4)
- Adamson, J., Beswick, A., y Ebrahim, S. (2004). Is stroke the most common cause of disability? *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 13(4), 171–177. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2004.06.003>
- Berg, K. O., Wood-Dauphinee, S. L., Williams, J. I., y Maki, B. (1992). Measuring balance in the elderly: Validation of an instrument. *Canadian Journal of Public Health*, 83(Suppl. 2), S7–S11.
- Bernhardt, J., Hayward, K. S., Dancause, N., Lannin, N. A., Ward, N. S., Nudo, R. J., Farrin, A., Churilov, L., Boyd, L. A., Jones, T. A., Carmichael, S. T., Corbett, D., y Cramer, S. C. (2019). A stroke recovery trial development framework: Consensus-based core recommendations from the Second Stroke Recovery and Rehabilitation Roundtable. *International Journal of Stroke*, 14(8), 792–802. <https://doi.org/10.1177/1747493019879657>
- Bolognini, N., Pascual-Leone, A., y Fregni, F. (2009). Using non-invasive brain stimulation to augment motor training-induced plasticity. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 6, Article 8. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-6-8>
- Brott, T., Adams, H. P., Olinger, C. P., et al. (1989). Measurements of acute cerebral infarction: A clinical examination scale. *Stroke*, 20(7), 864–870. <https://doi.org/10.1161/01.STR.20.7.864>
- Bunday, K. L., y Pérez, M. A. (2012). Motor recovery after spinal cord injury enhanced by strengthening corticospinal synaptic transmission. *Current Biology*, 22(24), 2355–2361. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.10.046>
- Carey, L., Macdonell, R., y Matyas, T. A. (2011). SENSE: Study of the effectiveness of neurorehabilitation on sensation: A randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 25(4), 304–313. <https://doi.org/10.1177/1545968310397705>
- Chang, M. C., Kim, D. Y., y Park, D. H. (2015). Enhancement of cortical excitability and lower limb motor function in patients with chronic stroke by transcranial direct current stimulation. *Brain Stimulation*, 8(3), 561–566. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2015.01.411>

- Chang, W. H., Kim, Y. H., Bang, O. Y., et al. (2022). Optimal timing of transcranial direct current stimulation in stroke rehabilitation. *Stroke*, 53(3), 572–581.
- Di Pino, G., Pellegrino, G., Assenza, G., et al. (2014). Modulation of brain plasticity in stroke: A novel model for neurorehabilitation. *Nature Reviews Neurology*, 10(10), 597–608. <https://doi.org/10.1038/nrneurol.2014.162>
- Dionísio, A., Duarte, I. C., Patrício, M., y Castelo-Branco, M. (2018). The use of repetitive transcranial magnetic stimulation for stroke rehabilitation: A systematic review. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 27(1), 1–31. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2017.09.008>
- Donkor, E. S. (2018). Stroke in the 21st century: A snapshot of the burden, epidemiology, and quality of life. *Stroke Research and Treatment*, 2018, Article 3238165. <https://doi.org/10.1155/2018/3238165>
- Feigin, V. L., Stark, B. A., Johnson, C. O., et al. (2022). Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990–2019. *The Lancet Neurology*, 21(10), 795–820. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(21\)00252-0](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(21)00252-0)
- Fugl-Meyer, A. R., Jääskö, L., Leyman, I., Olsson, S., y Steglind, S. (1975). The post-stroke hemiplegic patient. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 7(1), 13–31.
- Gladstone, D. J., Danells, C. J., y Black, S. E. (2002). The Fugl-Meyer assessment of motor recovery after stroke: A critical review. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 16(3), 232–240. <https://doi.org/10.1177/154596802401105171>
- Guamán-Santos, J. E., Arandi-Flores, K. D., y Quilumba-Sánchez, C. G. (2025). Prácticas seguras administrativas y asistenciales para la reducción de eventos adversos en el paciente: Revisión sistemática. *Innova Science Journal*, 3(2), 96–109. <https://doi.org/10.63618/omd/isi/v3/n2/57>
- Villa Feijoó, A. L., y Zapata Velasco, E. K. (2025). Aplicaciones de la inteligencia artificial en el diagnóstico médico basado en datos. *Innova Science Journal*, 3(1), 16–29. <https://doi.org/10.63618/omd/isi/v3/n1/2>
- Winstein, C. J., Stein, J., Arena, R., et al. (2016). Guidelines for adult stroke rehabilitation and recovery. *Stroke*, 47(6), e98–e169. <https://doi.org/10.1161/STR.0000000000000098>
- World Medical Association. (2013). Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, 310(20), 2191–2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
- Xiang, H., Sun, J., Tang, X., Zeng, K., y Wu, X. (2019). The effect and optimal parameters of repetitive transcranial magnetic stimulation on motor recovery in stroke patients: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clinical Rehabilitation*, 33(5), 847–864. <https://doi.org/10.1177/0269215519829897>

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.