

Intervención integral en el ictus

Comprehensive intervention in stroke

Raquel Balmaseda Serrano^{1*} <https://orcid.org/0000-0003-4421-0248>

Candela Gracia Morilla² <https://orcid.org/0000-0002-8563-3186>

Leidy García Morales³ <https://orcid.org/0000-0003-2627-4790>

Antonio L. Manzanero⁴ <https://orcid.org/0000-0003-2619-4571>

Miguel Ángel Álvarez González^{3,5} <https://orcid.org/0000-0001-8718-8509>

¹Universidad Internacional de la Rioja. España

²Universidad Pablo de Olavide. Sevilla, España

³Instituto de Neurología y Neurocirugía. Cuba

⁴Universidad Complutense de Madrid. España

⁵Universidad de La Habana, Instituto Superior de Diseño Industrial. Cuba

* Autor para la correspondencia: leidy.gmc@gmail.com

RESUMEN

Introducción: se mantiene el debate sobre qué tipos de intervenciones para la recuperación del ictus ofrecen mejores resultados para el paciente.

Objetivo: evaluar el efecto de una intervención integral durante seis meses sobre la recuperación funcional en pacientes con ictus.

Métodos: la muestra estuvo compuesta por 42 participantes con ictus: un grupo experimental (N = 22) con una media de edad de 52,68 años (DE = 14,39) que recibió una intervención integral, intensiva y multidisciplinar, y un grupo control (N = 20) con una media de edad de 56,20 años (DE = 14,82) que no recibió este tipo de intervención. Se valoraron los siguiente índices de severidad del ictus: Escala de Coma de Glasgow, Escala Canadiense, estancia en Unidad de Cuidados Intensivos, signos de enclavamiento uncal, signos de hipertensión endocraneal, volumen del hematoma/área isquémica, desplazamiento de línea media, necesidad de cirugía y tiempo total de hospitalización. Ambos grupos eran equivalentes en estos índices de gravedad. El grado de funcionalidad

fue medido con la aplicación de la escala *Functional Independence Measure and Functional Assessment Measure*. Esta prueba se aplicó al inicio de la intervención y 6 meses después.

Resultados: se observó una evolución positiva en ambos grupos en todas las áreas de la escala. La intervención integral y un menor tiempo total de hospitalización se relacionaron con una mejor recuperación funcional en el ictus.

Conclusiones: se sugiere la necesidad de realizar estrategias de rehabilitación integral en los pacientes con ictus.

Palabras clave: recuperación funcional; ictus; estimulación cognitiva; rehabilitación; hospitalización; plasticidad cerebral.

ABSTRACT

Introduction: debate is currently underway about what types of stroke recovery interventions are more beneficial for patients.

Objective: evaluate the effect of a six-month comprehensive intervention on the functional recovery of stroke patients.

Methods: the study sample was 42 stroke patients: an experimental group (N = 22), mean age 52.68 years (SD = 14.39), who received a comprehensive intensive multidisciplinary intervention, and a control group (N = 20), mean age 56.20 years (SD = 14.82), who did not receive this type of intervention. The following stroke severity indices were applied: Glasgow Coma Scale, Canadian Scale, intensive care unit stay, uncal latching signs, endocranial hypertension signs, hematoma volume / ischemic area, midline displacement, need for surgery and total hospital stay time. These severity indices were similar in the two groups. Degree of functionality was gauged with the scales Functional Independence Measure and Functional Assessment Measure. This test was applied at the start of the intervention and 6 months later.

Results: both groups had a positive evolution in all the areas of the scale. The comprehensive intervention and a shorter total hospital stay were associated to better functional recovery from stroke.

Conclusions: the need is suggested to implement comprehensive rehabilitation strategies in stroke patients.

Key words: functional recovery; stroke; cognitive stimulation; rehabilitation; hospitalization; brain plasticity.

Recibido: 07/11/2019

Aceptado: 06/01/2020

Introducción

Un creciente cuerpo de datos describe los efectos beneficiosos de diferentes tipos de intervenciones sobre la recuperación en el ictus.^(1,2,3,4) Esta información crea expectativas esperanzadoras para el paciente, la familia y la disminución de la carga social por discapacidad.

Sin embargo, se mantiene el problema de cómo poder identificar el efecto diferencial de una intervención de la evolución natural de la enfermedad debido a los mecanismos de plasticidad cerebral, y de cuán diferente es la evolución natural de la enfermedad a la que se asocia a una intervención. Por lo general, la interpretación específica del efecto de cada componente es difícil debido a que los pacientes están siendo sometidos a acciones farmacológicas, cognitivas, fisioterapéuticas, sociales, así como también de nuevas tecnologías.

La respuesta a sobre cuán diferente es la evolución de la enfermedad entre personas que reciben un tratamiento convencional al de las que además, reciben un programa de neurorehabilitación que incluya actividades sociales, físicas, estimulación cognitiva y otras similares, aun permanece sin respuesta.

Aunque existe una fuerte tendencia a la implementación de intervenciones multimodales, la comprensión de la efectividad de estas es insuficiente.^(1,5,6) Todo estudio sobre intervenciones integrales es impreciso si no se conocen los mecanismos que explican la influencia relativa de cada uno de sus componentes. Por otra parte, tampoco es suficiente evaluar la calidad de la intervención en función de las categorías motora y cognitiva indistintamente, porque no siempre la magnitud del impedimento motor se relaciona con la afectación de la calidad de vida de los pacientes.⁽⁷⁾

Esta investigación está encaminada a evaluar el efecto de una intervención integral, intensiva y multidisciplinar durante seis meses sobre la funcionalidad en pacientes que han sufrido un ictus y sus diferencias con el tratamiento rehabilitador convencional.

Métodos

Participantes

Se realizó un estudio analítico durante el período de marzo de 2017 a noviembre 2018.

La muestra consistió en 42 personas que habían sufrido un ictus, divididas en un Grupo Experimental (GE) compuesto de 22 pacientes con una media de edad de 52,68 años ($DE = 14,39$), 11 con ictus isquémico y 11 con ictus hemorrágico; y un Grupo Control, compuesto por 20 pacientes, con una media de edad de 56,20 años ($DE = 14,82$), 10 con ictus isquémico y 10 con ictus hemorrágico.

Para la selección de los participantes del GE se siguieron los siguientes criterios:

- Debían haber sobrevivido al ictus, diagnosticado por el equipo médico que atendió al paciente en la fase aguda. El diagnóstico fue constatado en todos los sujetos en la revisión de los informes médicos y neuroimagen que aportaron antes de comenzar el programa de rehabilitación.
- El ictus debió haber ocasionado en los participantes alteraciones físicas y/o neuropsicológicas. Algunas de estas debían mantenerse al inicio del tratamiento y de esa forma limitar su funcionalidad y la realización de algunas actividades de la vida diaria.
- Debían haber participado en el programa de rehabilitación intensivo, integral y multidisciplinar de 6 meses de duración en el Centro de Rehabilitación de Daño Cerebral (C.RE.CER.) de Sevilla.^(8,9,10)

El Grupo Control estuvo compuesto por 20 participantes que padecieron un ictus de las mismas características que el grupo experimental, excepto que estos no acudieron a un centro especializado para recibir tratamiento intensivo, integral y multidisciplinar. Este grupo fue reclutado de entre los supervivientes a un ictus, facilitado por el Hospital Virgen del Rocío de Sevilla y que habían recibido el alta hospitalaria, acudiendo al hospital tan solo para revisiones rutinarias.

Diseño

Variables predictoras

Los índices de gravedad, que fueron tomados de las historias clínicas hospitalarias de los pacientes, fueron:

- puntuación en la Escala de Coma de Glasgow (ECG)
- puntuación obtenida en la Escala Canadiense (EC)
- estancia en UCI (UCI)
- signos de enclavamiento uncal (SEU)
- signos de hipertensión endocraneal (HEC)
- volumen del hematoma/área isquémica (VH/AI)
- desplazamiento de línea media (DLM), necesidad de cirugía (CIR) y
- tiempo total de hospitalización (TTH).

Variables dependientes

Se empleó la escala *Functional Independence Measure and Functional Assessment Measure* (FIM-FAM)^(11,12,13) para medir el grado de funcionalidad de los pacientes estudiados. Los componentes de esta escala son:

- autocuidado
- control de esfínteres
- movilidad-transferencias
- movilidad-locomoción
- comunicación
- ajuste psicosocial y
- funciones cognitivas

La escala FIM-FAM cuenta con una validez y fiabilidad ampliamente demostrada.^(14,15)

Análisis estadístico

Las pruebas estadísticas usadas fueron diferencia de medias distribución t, Prueba U Mann-Whitney y Modelo Lineal General para el análisis multivariado.

Para garantizar que los dos grupos eran homogéneos al inicio del estudio, se analizaron los índices de gravedad y los valores de la escala FIM-FAM iniciales (Tabla 1).

Tabla 1 - Equivalencia de los grupos.

Parámetros	Grupo Experimental	Grupo Control	p
------------	--------------------	---------------	---

	Media (DS)	Media (DS)	
ECG	11,72 (3,4)	11,75 (3,5)	0,917
EC	3,54 (2,11)	4,52 (2,7)	0,199
VH/AI	58,79 (38,75)	45,75 (38,78)	0,283
DLM	4,64 (6,56)	2,70 (4,35)	0,272
TTH	36,32 (37,22)	48,70 (54,87)	0,393
<i>Parámetros</i>	<i>Frecuencia (porcentaje)</i>	<i>Frecuencia (porcentaje)</i>	<i>p</i>
UCI	8 (36,4)	10 (50)	0,372
SEU	2 (9,1)	3 (15)	0,555
HEC	14 (63,6)	9 (45)	0,226
CIR	3 (13,6)	4 (20)	0,580
FIM-FAM Rangos promedio	23,6	19,10	Z 0,12; p 0,227

Nota: ECG: Escala de Coma de Glasgow. EC: Escala Canadiense. VH/AI: volumen del hematoma/área isquémica. DLM: desplazamiento de línea media. TTH: tiempo total de hospitalización. UCI: estancia en UCI. SEU: signos de enclavamiento uncal. HEC: signos de hipertensión endocraneal. CIR: necesidad de cirugía.

Las primeras filas muestran las comparaciones de diferencias de medias distribución t y la última una prueba de U Mann-Whitney.

Como puede verse los valores de los parámetros neurológicos y de la escala de funcionamiento en ambos grupos al inicio del estudio no difieren significativamente por lo que los grupos son homogéneos y por tanto, comparables.

Resultados

El primer resultado describe la evolución de los dos grupos de estudio en las dos mediciones de la escala con seis meses de diferencia. La tabla 2 muestra las puntuaciones iniciales y finales de la escala FIM-FAM en los grupos experimental y control.

Tabla 2 - Estado funcional de los grupos experimental y control durante el estudio. Valores medios de la escala FIM-FAM

Parámetros	Grupo Experimental				Grupo Control			
	Inicio	6 meses	z	p	Inicio	6 meses	z	p
Autocuidado	3,6299	5,4416	-4,016	0,000	3,6214	4,6214	-3,523	0,000
Control de esfínteres	6,4773	6,7273	-1342	0,180	5,6000	6,1000	-1,604	0,109
Movilidad	3,0568	5,2273	-3,920	0,000	2,4917	4,0375	-3,408	0,001
Traslados	3,2045	5,4091	-3,827	0,000	2,7000	4,1750	-3,301	0,001
Locomoción	2,9091	5,0455	-3,923	0,000	2,2833	3,9000	-3,417	0,001
Comunicación	4,6455	5,5545	-3,182	0,001	4,4300	4,9100	-3,072	0,002
Ajuste psicosocial	3,7727	5,0455	-4,022	0,000	2,8625	3,2750	-2,488	0,013
Funciones cognitivas	5,2000	6,1273	-3,931	0,000	3,9900	4,7700	-3,736	0,000
Total	4,2628	5,6217	-4,107	0,000	3,6410	4,5359	-3,920	0,000

Como puede verse, tanto el grupo experimental como el control mejoraron significativamente sus puntuaciones a los seis meses de evolución en todas las áreas, excepto en el control de esfínteres que no estuvo afectado desde el inicio.

Con el propósito de conocer si el grupo experimental obtuvo mejores resultados que el grupo control y cuáles de las variables de control influyeron en el resultado, se realizó un modelo lineal general en el que se designó como variable dependiente la puntuación final de la escala FIM-FAM y como independientes la edad, Escala de Coma de Glasgow, volumen del hematoma/área de infarto, Escala Canadiense, tiempo total de hospitalización y el grupo de estudio, experimental y control. El resto de las variables predictoras no se incluyeron en el modelo lineal general pues consideramos que redundan en las complicaciones y gravedad dependientes del tamaño del área cerebral comprometida durante el ictus.

Tabla 3 - Resultados del modelo lineal general.

Parámetros	SS	F	p
Edad	191,04	0,46566	0,499480
ECG	2017,78	4,91843	0,550000
VH/AI	414,39	1,01010	0,321778
EC	574,65	1,40075	0,244575
TTH	5804,59	14,14896	0,000619
Grupo	3522,11	8,58532	0,005931

Nota: ECG: Escala de Coma de Glasgow. VH/AI: volumen del hematoma/área isquémica. EC: Escala Canadiense. TTH: tiempo total de hospitalización.

Los resultados indican que dos factores influyen en la recuperación funcional: la pertenencia al grupo experimental y el tiempo de hospitalización. Estos factores influyen de manera independiente ya que no se encontraron interacciones entre ellos.

Del análisis detallado del modelo se obtienen los resultados específicos de las variables tiempo total de hospitalización y la pertenencia a los grupos experimental y control.

La tabla 4 muestra los valores de las puntuaciones totales del cuestionario FIM-FAM en función del grupo, experimental y control.

Tabla 4 - Puntuaciones finales de la escala FIM-FAM en función de tipo de intervención.
 $F(1, 34) = 7,7701, p = 0,00863$

Grupo	FIM-FAM Media	FIM-FAM Std.Err.
experimental	69,65288	4,925039
control	49,56349	5,020065

Como puede verse, se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre los valores finales de la escala FIM-FAM en el grupo experimental comparados con el grupo control.

Por otra parte, el tiempo de hospitalización y la escala FIM-FAM mostró un coeficiente de correlación Beta de -0,54 que es significativo ($p = 0,0006$), indicando que a mayor tiempo en el hospital la funcionalidad a los seis meses es peor.

Discusión

Los resultados de este estudio muestran que la calidad de la funcionalidad después de un ictus depende de dos factores: del tiempo total de hospitalización y del tipo de estimulación rehabilitadora, integral o convencional, recibida.

El tiempo es un concepto clave en neurobiología. Todos los procesos de desarrollo, las afectaciones y las acciones de recuperación en el cerebro, ocurren en ventanas de oportunidad sincrónicas. Como explicación de estos procesos está la plasticidad cerebral como mecanismo, entendida como la habilidad del cerebro para desarrollar nuevas conexiones neuronales, adquirir nuevas funciones y compensar deficiencias.^(16,17)

Este principio es esencial para poder interpretar los resultados de este estudio. A la pregunta simple sobre si son efectivas las acciones de intervención integral, la respuesta es afirmativa. Aunque está descrito que a menudo los pacientes que han experimentado un ictus muestran una recuperación funcional espontánea durante años, tanto en el control motor como en otras áreas.^(18,19,20)

Si la pregunta es más elaborada, como por ejemplo ¿qué es preferible: ejercer intervenciones integrales, dejar que el paciente interactúe con su medio habitual, o ejercer intervenciones no integrales, sino dirigidas a déficits particulares con estrategias específicas? la respuesta es más compleja, porque depende de que la acción de intervención sea plausible dentro de la temporalidad de la plasticidad cerebral.

Se puede formular una hipótesis sobre la razón por la que el grupo experimental tuvo una recuperación más favorable que el grupo control. La estimulación multisensorial (en un ambiente enriquecido, que incluye la socialización) se supone tiene un efecto positivo en la plasticidad neuronal en la zona peri-ictus y áreas cerebrales distantes a esta zona. Este tipo de intervención parte del supuesto de que la estimulación empleada es superior en

calidad y cantidad a la estimulación espontánea a la que está expuesto un paciente en su medio ambiente natural.

La relación entre el tiempo total de hospitalización y la recuperación funcional del ictus pudiera deberse a un mayor período de infra-estimulación por los días de hospitalización. Nuestros resultados alertan sobre la importancia de disminuir el periodo de hospitalización para evitar un ambiente más empobrecido.

Es relativamente fácil definir las consecuencias para el sistema nervioso de un ambiente empobrecido, pero muy difícil apresurar una recuperación aumentando estímulos sin una justificación neurobiológica.⁽²¹⁾ Rosenzweig en la década de 1950 encontró que las ratas que se criaban en ambientes sensoriales más enriquecidos tenían valores más elevados de Acetilcolina en su corteza cerebral. De estos trabajos surgió el concepto de ambientes enriquecidos. Después, con el desarrollo de la imagenología se comprobaron cambios neurales y estructurales en función del grado de estimulación.^(22,23,24) Comparado con el entorno doméstico, la hospitalización carece de las posibilidades de estimulación sensorial, cognitiva y afectiva que se encuentra el paciente en su vida cotidiana. Es posible que, a pesar del resultado sobre el tipo de intervención que presentó mejor recuperación funcional, las intervenciones para la neurorehabilitación en el ictus tiendan a ser cada vez más específicas o modulares (dependientes de sus déficits neurológicos específicos) y menos integrales pues un paciente en su medio habitual, realizando actividades con alto componente afectivo ya se encuentra en un ambiente enriquecido.

Los avances en las tecnologías de interfaz cerebro-computadora en la última década para la rehabilitación de las funciones motoras y del lenguaje ya constituyen herramientas probadas que pueden ser usadas de manera particular en pacientes con este tipo de limitaciones.^(25,26,27,28,29,30) Tal vez las acciones integrales sean quimeras bien intencionadas, pero no generen técnicas altamente eficientes y paulatinamente perfectibles para tratar déficit modulares en los pacientes.

Por otra parte, la propia definición de recuperación es compleja debido a la extensa ventana temporal en la que ocurren la intervención y la recuperación, así como la naturaleza multidisciplinaria y multifacética de este campo.^(19,31)

Un problema adicional es la complejidad instrumental metodológica de este tipo de estudio. Este problema se refiere a la probabilidad de capturar el efecto potencial de la intervención, tanto desde el punto de vista anátomo-funcional como en el temporal. Esto consiste en formular la hipótesis correcta sobre cuál o cuáles procesos cognitivos evaluar y cuándo hacerlo, es decir, la plausibilidad de evaluar el efecto. Esta propiedad se refiere a

que el proceso o función que se quiere intervenir debe estar adecuadamente juzgado desde la neurobiología conocida del cerebro. Esta plausibilidad depende de dos dimensiones, la anátomo-funcional y la calidad de la medición.

La anátomo-funcional consiste en que los procedimientos o técnicas empleados para la evaluación inicial, correspondan en la medida de los conocimientos, con los sustratos anátomo-funcionales que los sustentan.

La calidad de la medición psicológica, es desde el punto de vista metodológico el área más vulnerable. Los cuestionarios de auto-reporte o evaluación, tienen las características de fácil aplicación, relativamente confiables, baratos y con un apreciable carácter predictivo, pero presentan limitaciones tales como las influencias culturales y educativas no controlables.^(32,33,34,35) Sin embargo, si bien los cuestionarios tienen estas limitaciones, también es uno de los puntos fuertes de este estudio al contemplar varios dominios de recuperación y no sólo el motor.

Dos líneas de investigación emergentes deben dominar los próximos años. Una de ellas, metodológica, es que se necesitan sistemas de evaluación de la calidad de las intervenciones más sensibles y específicos, y desarrollar estrategias de neuro-rehabilitación selectivamente dirigidas a déficits posibles de recuperar. La otra, neurobiológica, poco sabemos sobre el momento donde la neuroplasticidad es mayor después de un ictus, el curso del mismo, ni su impacto o relación con la aplicación de un programa de rehabilitación, por lo que es necesario realizar estudios que ayuden a despejar estas incógnitas.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por una beca de formación para la obtención del grado de doctor por la Dirección General de Investigación del Ministerio de Educación y Ciencia dentro del Programa General de Formación y Movilidad del Personal Investigador en España (MIT, modalidad F2).

Referencias bibliográficas

1. Moore SA, Hallsworth K, Jakovljevic DG, Andrew M, Blamire AM, He J, *et al.* Effects of Community Exercise Therapy on Metabolic, Brain, Physical, and Cognitive Function Following Stroke: A Randomized Controlled Pilot Trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair* 2015;29(7):623-35.
2. Obembe AO, Eng JJ. Rehabilitation interventions for improving social participation after stroke: a systematic review and meta-analysis. *Neurorehabilitation and neural repair* 2016;30(4):384-92.
3. Grefkes C, Fink GR. Connectivity-based approaches in stroke and recovery of function. *The Lancet Neurology* 2014;13(2):206-16.
4. Koch P, Schulz R, Hummel FC. Structural connectivity analyses in motor recovery research after stroke. *Annals of clinical and translational neurology* 2016;3(3):233-44.
5. Lawrence M, Pringle J, Kerr S, Booth J, Govan L, Roberts NJ. Multimodal secondary prevention behavioral interventions for TIA and stroke: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 2015;10(3):e0120902.
6. McDonald MW, Hayward KS, Rosbergen I, Jeffers MS, Corbett D. Is Environmental Enrichment Ready for Clinical Application in Human Post-Stroke Rehabilitation? *Front Behav Neurosci* 2018;12:135.
7. Fernández-Concepción O, Ramírez-Pérez E, Álvarez MA, Buergo-Zuáznabar MA. Validation of the stroke-specific quality of life scale (ECVI-38)]. *Rev Neurol* 2008;46(3):147-52.
8. Balmaseda R, Domínguez-Morales MR, León-Carrión J, García-Bernal I. Recuperación funcional de pacientes cerebrovasculares después de tratamiento intensivo. Datos preliminares. *Revista Española de Neuropsicología* 2000;2(3):44-61.
9. Domínguez-Morales MR. El modelo de Rehabilitación CRECER para el daño cerebral adquirido. *Minusval* 2002;2 (num especial):62-70.
10. Domínguez-Morales MR, Rodríguez-Duarte R, Machuca-Murga F, Madrazo-Lazcano M. Rehabilitación neuropsicológica, multidisciplinar, integral y holística del daño cerebral adquirido. *Revista de psicología general y aplicada: Revista de la Federación Española de Asociaciones de Psicología* 2002;55(1):123-38.
11. Hamilton BB, Granger CV, Sherwin FS, Zielesny M, Tashman JS. A Uniform National Data System for Medical Rehabilitation. In: Fuhrer M, ed. *Rehabilitation outcomes: analysis and measurements*. Baltimore: Brooks; 1987: 137-47.

12. Willer B, Rosenthal M, Kreutzer J, Gordon W, Rempel R. Assessment of community integration following rehabilitation for traumatic brain injury. *Journal of Head Trauma Rehabilitation* 1993;8(2):75-87.
13. Hall KM, Hamilton B, Gordon WA, Zasler ND. Characteristics and comparisons of functional assessment indices: disability rating scale, functional independence measure and functional assessment measure. *Journal of Head Trauma Rehabilitation* 1993;8(2):60-74.
14. Bravo G, Richards CL, Corriveau H, Trottier L. Converting Functional Autonomy Measurement System Scores of Patients Post-Stroke to FIM Scores. *Physiotherapy Canada* 2018;70(4):349-55.
15. Nayar M, Vanderstay R, Siegert RJ, Turner-Stokes L. The UK functional assessment measure (UK FIM+ FAM): psychometric evaluation in patients undergoing specialist rehabilitation following a stroke from the national UK clinical dataset. *PLoS One* 2016;11(1):e0147288.
16. Murphy TH, Corbett D. Plasticity during stroke recovery: from synapse to behaviour. *Nat Rev Neurosci* 2009;10:861-72.
17. Quattromani MJ, Pruvost M, Guerreiro C, Blacklund F, Englund E, Aspberg A, *et al.* Extracellular Matrix Modulation is Driven by Experience-Dependent Plasticity During Stroke Recovery. *Mol Neurobiol* 2018;55(3):2196- 213.
18. Cramer SC. Repairing the human brain after stroke: I. Mechanisms of spontaneous recovery. *Annals of neurology* 2008;63(3):272-87.
19. Bernhardt J, Hayward KS, Kwakkel G, Ward NS, Wolf SL, Borschmann K, *et al.* Agreed definitions and a shared vision for new standards in stroke recovery research: the stroke recovery and rehabilitation roundtable task force. *International Journal of Stroke* 2017;12(5):444-50.
20. Zhao LR, Willing A. Enhancing endogenous capacity to repair a stroke-damaged brain: An evolving field for stroke research. *Prog Neurobiol* 2018;163-164:5-26.
21. Kempermann G. Environmental enrichment, new neurons and the neurobiology of individuality. *Nature Reviews Neuroscience* 2019;20(4):235-45.
22. Rosenzweig M. Modification of Brain Circuits through Experience. In: F.Bermúdez-Rattoni, editor. *Neural Plasticity and Memory: From Genes to Brain Imaging*. Boca Raton (FL): CRC Press/Taylor & Francis; 2007.
23. Cassidy JM, Cramer SC. Spontaneous and therapeutic-induced mechanisms of functional recovery after stroke. *Translational stroke research* 2017;8(1):33-46.

24. Hara Y. Brain plasticity and rehabilitation in stroke patients. *Journal of Nippon Medical School* 2015;82(1):4-13.
25. Huster RJ, Mokom ZN, Enriquez-Geppert S, Herrman CS. Brain-computer interfaces for EEG neurofeedback: Peculiarities and solutions. *Int. J. Psychophysiol* 2013;91(1):36-45. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2013.08.011>
26. Smith MC, Stinear CM. Plasticity and motor recovery after stroke: Implications for physiotherapy. *New Zealand Journal of Physiotherapy* 2016;44(3).
27. Laver KE, Lange B, George S, Deutsch JE, Saposnik G, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane database of systematic reviews* 2017;20,11.
28. Guger C, Millán JDR, Mattia D, Ushiba J, Soekadar SR, Prabhakaran V, *et al.* Brain-computer interfaces for stroke rehabilitation: summary of the 2016 BCI Meeting in Asilomar. *Brain- Computer Interfaces* 2018;5(2-3):41-57.
29. Zeiler SR, Krakauer JW. The interaction between training and plasticity in the post-stroke brain. *Current opinion in neurology* 2013;26(6):609.
30. Karthikeyan S, Jeffers MS, Carter A, Corbett D. Characterizing spontaneous motor recovery following cortical and subcortical stroke in the rat. *Neurorehabilitation and neural repair* 2019;33(1):27-37.
31. Coleman ER, Moudgal R, Lang K, Hyacinth HI, Awosika OO, Kissela BM, *et al.* Early Rehabilitation After Stroke: a Narrative Review. *Curr Atheroscler Rep* 2017;19(12):59.
32. Kessel JB, Zimmerman M. Reporting errors in studies of the diagnostic performance of self-administered questionnaires: extent of the problem, recommendations for standardized presentation of results, and implications for the peer review process. *Psychological Assessment* 1993;5(4):395.
33. Turner-Stokes L, Turner-Stokes T. The use of standardized outcome measures in rehabilitation centres in the UK. *Clinical Rehabilitation* 1997;11(4):306-13.
34. Alcott D, Dixon K, Swann R. The reliability of the items of the Functional Assessment Measure (FAM): differences in abstractness between FAM items. *Disability and Rehabilitation* 1997;19(9):355-8.
35. Álvarez MA. Datos blandos para ciencias duras. España: EOS; 2016.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Raquel Balmaseda Serrano: concibió y dirigió la investigación. Selección de la muestra, recolección de datos y aplicación de la Escala FIM-FAM.

Candela Gracia Morilla: recolección de datos y aplicación de la Escala FIM-FAM

Leidy García Morales: colaboró en la discusión neurobiológica de los resultados y la redacción del informe final del estudio.

Antonio L. Manzanero: realizó el análisis estadístico y colaboró en la discusión neurobiológica de los resultados.

Miguel Ángel Álvarez González: realizó el análisis estadístico.