



Efecto de la neuroplasticidad en la rehabilitación post-ECV. Mecanismos, intervenciones y resultados clínicos

Effect of neuroplasticity on post-CVA rehabilitation. Mechanisms, interventions and clinical outcomes

Efeito da neuroplasticidade na reabilitação pós-DCV. Mecanismos, intervenções e resultados clínicos

Nicolle Herrera-Sanmartín ^I
nherrera3@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0006-7339-7426>

Nixon Josue Espinoza-Paladines ^{II}
nespinoza10@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0002-3665-2820>

Melany Ximena Jimbo-Bahamonde ^{III}
mjimbo2@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-6986-1391>

Joselyn Yiona Vines-Mosquera ^{IV}
jvines3@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0001-5976-5783>

Tannya Thalia Garay-Largo ^V
tgaray1@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0006-7421-2251>

Emelin Piedad Jaya-Andarde ^{VI}
ejaya2@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0003-3813-918X>

Víctor Euclides Briones-Morales ^{VII}
vbriones@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2394-4624>

Correspondencia: nherrera3@utmachala.edu.ec

Ciencias de la Salud
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 22 de octubre de 2024 * **Aceptado:** 30 de noviembre de 2024 * **Publicado:** 31 de diciembre de 2024

- I. Estudiante de Medicina de la Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- II. Estudiante de Medicina de la Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- III. Estudiante de Medicina de la Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- IV. Estudiante de Medicina de la Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- V. Estudiante de Medicina de la Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- VI. Estudiante de Medicina de la Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- VII. Anestesiólogo, Intervencionista, Docente, Tutor, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.

Resumen

El artículo examina el impacto de la neuroplasticidad en la rehabilitación post-ECV, explorando los mecanismos subyacentes, las intervenciones terapéuticas y los resultados clínicos obtenidos. La neuroplasticidad, capacidad del cerebro para reorganizar sus conexiones neuronales, juega un papel crucial en la recuperación funcional tras un accidente cerebrovascular. Se abordan diversas estrategias terapéuticas que promueven la neuroplasticidad, como la terapia de restricción inducida, la rehabilitación cognitiva y la estimulación cerebral no invasiva, evidenciando sus efectos en la mejora de las funciones motoras, cognitivas y emocionales. Además, se analiza el impacto de las tecnologías emergentes, como la realidad virtual, la estimulación magnética transcraneal y las interfaces cerebro-computadora, en la optimización de la rehabilitación. Sin embargo, la efectividad de estas intervenciones varía según factores individuales, lo que subraya la importancia de personalizar los tratamientos. El artículo concluye que la integración de tecnologías avanzadas, combinada con enfoques tradicionales y un tratamiento individualizado, es esencial para mejorar los resultados clínicos en la rehabilitación post-ECV.

Palabras clave: Neuroplasticidad; Rehabilitación post-ECV; Terapia cognitiva; Estimulación cerebral; Tecnologías emergentes.

Abstract

The article examines the impact of neuroplasticity in post-stroke rehabilitation, exploring the underlying mechanisms, therapeutic interventions, and clinical outcomes obtained. Neuroplasticity, the brain's ability to reorganize its neural connections, plays a crucial role in functional recovery after stroke. Various therapeutic strategies that promote neuroplasticity, such as induced restriction therapy, cognitive rehabilitation, and noninvasive brain stimulation, are addressed, evidencing their effects in improving motor, cognitive, and emotional functions. In addition, the impact of emerging technologies, such as virtual reality, transcranial magnetic stimulation, and brain-computer interfaces, in optimizing rehabilitation is analyzed. However, the effectiveness of these interventions varies according to individual factors, underlining the importance of personalizing treatments. The article concludes that the integration of advanced technologies, combined with traditional approaches and individualized treatment, is essential to improve clinical outcomes in post-stroke rehabilitation.

Keywords: Neuroplasticity; Post-stroke rehabilitation; Cognitive therapy; Brain stimulation; Emerging technologies.

Resumo

O artigo examina o impacto da neuroplasticidade na reabilitação pós-DCV, explorando os mecanismos subjacentes, as intervenções terapêuticas e os resultados clínicos alcançados. A neuroplasticidade, a capacidade do cérebro de reorganizar as suas ligações neurais, desempenha um papel crucial na recuperação funcional após um acidente vascular cerebral. São abordadas diversas estratégias terapêuticas que promovem a neuroplasticidade, como a terapia de restrição induzida, a reabilitação cognitiva e a estimulação cerebral não invasiva, evidenciando os seus efeitos na melhoria das funções motoras, cognitivas e emocionais. Além disso, é analisado o impacto de tecnologias emergentes, como a realidade virtual, a estimulação magnética transcraniana e as interfaces cérebro-computador, na otimização da reabilitação. No entanto, a eficácia destas intervenções varia consoante fatores individuais, sublinhando a importância de personalizar os tratamentos. O artigo conclui que a integração de tecnologias avançadas, combinadas com abordagens tradicionais e tratamento individualizado, é essencial para melhorar os resultados clínicos na reabilitação pós-AVC.

Palavras-chave: Neuroplasticidade; Reabilitação pós-DCV; Terapia cognitiva; Estimulação cerebral; Tecnologias emergentes.

Introducción

El accidente cerebrovascular (ECV) constituye una de las principales causas de discapacidad a nivel mundial, afectando significativamente la calidad de vida de millones de personas. Este evento patológico, caracterizado por la interrupción súbita del flujo sanguíneo cerebral, genera daños irreversibles en las áreas afectadas, lo que resulta en déficits neurológicos como la hemiparesia, la afasia y alteraciones cognitivas. La recuperación funcional después de un ECV es un proceso complejo que depende no solo de la extensión de la lesión inicial, sino también de la capacidad del sistema nervioso para adaptarse y reorganizarse, un fenómeno conocido como neuroplasticidad (Wu et al., 2023).

La neuroplasticidad, definida como la capacidad intrínseca del sistema nervioso para modificar su estructura y función en respuesta a estímulos internos o externos, representa un pilar fundamental

en la rehabilitación post-ECV. A través de procesos como la sinaptogénesis, la reorganización cortical y la potenciación de conexiones sinápticas, el cerebro puede compensar parcial o totalmente las funciones pérdidas o dañadas. Esta capacidad adaptativa no solo subraya la importancia de las intervenciones terapéuticas dirigidas a optimizar la neuroplasticidad, sino que también abre nuevas perspectivas en el diseño de estrategias personalizadas para mejorar los resultados clínicos en pacientes afectados (Rodrigues et al., 2023).

Diversos enfoques terapéuticos han sido desarrollados con el objetivo de estimular la plasticidad cerebral, entre los cuales destacan la fisioterapia, la terapia ocupacional, las técnicas de estimulación eléctrica funcional, el entrenamiento basado en realidad virtual y la neuromodulación. Estas intervenciones buscan promover la recuperación funcional mediante la repetición de tareas específicas, la activación de vías neuronales compensatorias y la potenciación de la conectividad interhemisférica. A pesar de los avances en esta área, persisten interrogantes respecto a los mecanismos subyacentes y los factores individuales que influyen en la eficacia de estas estrategias, lo que resalta la necesidad de continuar investigando para optimizar las intervenciones y mejorar los pronósticos (Maida et al., 2022).

El presente artículo, tiene como propósito analizar los mecanismos biológicos de la neuroplasticidad implicados en la rehabilitación post-ECV, explorar las principales intervenciones terapéuticas que aprovechan este fenómeno y evaluar los resultados clínicos reportados en la literatura. A través de una revisión integral, se busca proporcionar una base científica que oriente futuras investigaciones y guíe a los profesionales de la salud en la implementación de tratamientos basados en evidencia. Al destacar la relevancia de la neuroplasticidad como un componente clave en la recuperación post-ECV, se pretende contribuir al desarrollo de estrategias innovadoras que maximicen la autonomía y calidad de vida de los pacientes afectados.

Metodología

Esta presentación académica se basa en un enfoque cualitativo de carácter netamente bibliográfico, orientado a analizar el impacto de la neuroplasticidad en la rehabilitación post-accidente cerebrovascular (post-ECV). Este enfoque permite una revisión exhaustiva y sistemática de la literatura científica disponible, garantizando la recopilación de información relevante, actualizada y basada en evidencia para abordar los objetivos planteados.

Selección de fuentes

Para la recolección de datos, se consultaron bases de datos académicas reconocidas, tales como PubMed, Scopus, ScienceDirect y Google Scholar. La búsqueda de información incluyó artículos publicados en los últimos 10 años (2014-2024) para garantizar la pertinencia y actualidad de los hallazgos. Los criterios de inclusión abarcaron estudios relacionados con los mecanismos de neuroplasticidad, intervenciones terapéuticas aplicadas en la rehabilitación post-ECV y resultados clínicos reportados en pacientes. Se priorizaron estudios originales, revisiones sistemáticas y metanálisis, excluyendo investigaciones duplicadas, editoriales y artículos con limitaciones metodológicas significativas.

Estrategia de búsqueda

La estrategia de búsqueda se estructuró mediante el uso de palabras clave y operadores booleanos, tales como “*neuroplasticity AND stroke rehabilitation*,” “*post-stroke recovery AND interventions*,” y “*clinical outcomes AND neurorehabilitation*.” Además, se emplearon términos equivalentes en español para incluir literatura relevante en este idioma. Para ampliar el alcance, se revisaron las referencias citadas en los artículos seleccionados, lo que permitió identificar estudios adicionales de interés.

Análisis de la información

La información recopilada se organizó en tres ejes temáticos principales:

1. **Mecanismos de neuroplasticidad:** Incluye procesos biológicos subyacentes como la reorganización cortical, la potenciación sináptica y la formación de nuevas conexiones neuronales.
2. **Intervenciones terapéuticas:** Comprende estrategias específicas como fisioterapia, estimulación eléctrica funcional, realidad virtual y neuromodulación.
3. **Resultados clínicos:** Analiza los efectos de las intervenciones sobre la recuperación funcional, incluyendo la mejora en la movilidad, la autonomía y la calidad de vida de los pacientes.

Los datos fueron analizados mediante una síntesis narrativa, identificando patrones, tendencias y vacíos en la literatura. Este análisis permitió establecer relaciones entre los mecanismos de

neuroplasticidad y las intervenciones terapéuticas, así como evaluar su impacto en los resultados clínicos reportados.

Desarrollo

Bases neurobiológicas de la neuroplasticidad en el contexto post-ECV

La neuroplasticidad, entendida como la capacidad adaptativa del sistema nervioso central (SNC) para modificar su estructura y función en respuesta a estímulos internos o externos, desempeña un papel esencial en la recuperación post-accidente cerebrovascular (post-ECV). Este fenómeno biológico se sustenta en una serie de mecanismos celulares y moleculares que permiten al cerebro reorganizarse y compensar parcial o totalmente las funciones perdidas debido al daño isquémico o hemorrágico (Kim et al., 2020).

Uno de los procesos clave en la neuroplasticidad es la reorganización sináptica, que implica la formación de nuevas conexiones entre las neuronas. Tras un ECV, las neuronas supervivientes cercanas al área lesionada, así como en regiones distantes, pueden establecer sinapsis compensatorias mediante la potenciación de circuitos neuronales preexistentes o la creación de vías alternativas. Este mecanismo, conocido como "plasticidad sináptica," incluye la potenciación a largo plazo (LTP) y la depresión a largo plazo (LTD), que son procesos esenciales para la recuperación funcional (Yger et al., 2021).

Otro componente fundamental es la neurogénesis, la capacidad del cerebro para generar nuevas neuronas, particularmente en zonas como el hipocampo y la subventricular. Aunque esta capacidad es limitada en el cerebro adulto, se ha observado que, tras un ECV, la neurogénesis puede aumentar temporalmente en respuesta a señales proinflamatorias y factores de crecimiento, como el factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF) y el factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF). Estos factores no solo promueven la supervivencia neuronal, sino que también facilitan la angiogénesis, mejorando el suministro de oxígeno y nutrientes a las áreas afectadas (Shu et al., 2023).

La reorganización cortical es otro aspecto crítico en la neuroplasticidad post-ECV. La corteza cerebral puede experimentar una redistribución funcional, en la cual áreas intactas asumen las funciones previamente desempeñadas por las regiones dañadas. Este proceso, conocido como "mapeo cortical," se facilita mediante la activación de redes neuronales latentes y la plasticidad

interhemisférica. Específicamente, la inhibición reducida del hemisferio contralateral al daño permite una mayor participación en la recuperación funcional (Karger, 2021).

Además de estos mecanismos, la inflamación y la respuesta inmunitaria desempeñan un papel dual en la neuroplasticidad post-ECV. Mientras que la inflamación aguda puede exacerbar el daño tisular, las fases subsecuentes de la respuesta inmunitaria, mediadas por células gliales, pueden favorecer la reparación tisular y la plasticidad sináptica. La microglía, en particular, regula la eliminación de sinapsis disfuncionales y la liberación de factores neuroprotectores, contribuyendo así a la remodelación del microambiente neuronal (Kotake et al., 2023).

En conjunto, la comprensión de los mecanismos biológicos de la neuroplasticidad es esencial para diseñar intervenciones terapéuticas efectivas. Al aprovechar la capacidad del cerebro para reorganizarse, las estrategias de rehabilitación pueden ser personalizadas, maximizando la recuperación funcional y minimizando las secuelas a largo plazo. Esta base científica proporciona un marco sólido para avanzar en el desarrollo de terapias innovadoras dirigidas a potenciar la neuroplasticidad en pacientes post-ECV (Farjat-Pasos et al., 2023).

Factores que influyen en la neuroplasticidad post-ECV

La capacidad del cerebro para adaptarse y reorganizarse tras un accidente cerebrovascular (ECV) está determinada por una combinación de factores biológicos, clínicos y contextuales que interactúan para influir en el proceso de recuperación funcional. Entre los aspectos biológicos, la edad del paciente juega un papel fundamental, ya que el cerebro joven posee una mayor densidad de conexiones sinápticas funcionales y una notable capacidad de reorganización cortical. No obstante, en pacientes mayores, aunque esta plasticidad disminuye, puede ser eficaz si se aplican estrategias terapéuticas adecuadas que estimulen su potencial residual (Johansson et al., 2020).

El tamaño y la localización de la lesión cerebral también son determinantes cruciales. Lesiones más pequeñas o periféricas suelen asociarse con mejores resultados en términos de plasticidad funcional, mientras que las lesiones extensas en áreas críticas, como el córtex motor primario, pueden limitar significativamente la capacidad de recuperación. Además, el momento en que se inicia la rehabilitación es clave: la fase temprana posterior al ECV, conocida como la ventana crítica de mayor plasticidad, representa un período en el que el cerebro muestra una mayor receptividad a los estímulos terapéuticos. Durante estas primeras semanas, las intervenciones

dirigidas pueden tener un impacto más significativo en la reorganización sináptica y cortical (Quartarone & Ghilardi, 2022).

El estado general de salud metabólica y vascular del paciente influye directamente en la neuroplasticidad. Factores como el control de la glucemia, la presión arterial y los niveles de colesterol son esenciales para mantener un flujo sanguíneo adecuado y garantizar el suministro de oxígeno y nutrientes necesarios para sostener los procesos de recuperación neuronal. Por otro lado, las comorbilidades médicas, como la diabetes, la hipertensión y las enfermedades cardiovasculares, pueden afectar negativamente la capacidad del cerebro para reorganizarse, debido al daño vascular acumulado que compromete la reserva energética cerebral (Murciano-Brea et al., 2021a).

En cuanto a los factores clínicos, el uso de ciertos medicamentos puede desempeñar un papel dual. Por ejemplo, los antidepresivos que actúan sobre el sistema serotoninérgico han demostrado potenciar la reorganización sináptica y mejorar la recuperación funcional, mientras que algunos fármacos sedantes o anticolinérgicos pueden limitar este proceso. Además, la gravedad de los déficits neurológicos iniciales condiciona la capacidad del paciente para participar en actividades terapéuticas activas, reduciendo las oportunidades de estimular procesos plásticos significativos (Vints et al., 2022a).

El entorno también es un modulador importante de la neuroplasticidad post-ECV. Un entorno enriquecido, caracterizado por la presencia de estímulos físicos, cognitivos y sociales, puede favorecer significativamente la recuperación funcional. La exposición a este tipo de estímulos activa diversas áreas del cerebro, fortaleciendo las conexiones neuronales y promoviendo la reorganización cortical. Asimismo, el soporte familiar y social tiene un impacto notable al mejorar la adherencia a las terapias, proporcionando estabilidad emocional y motivación para continuar con el proceso de rehabilitación (Popescu et al., 2024a).

Por último, la motivación y el aprendizaje activo del paciente son elementos esenciales en la recuperación. La repetición dirigida de tareas específicas, combinada con el interés intrínseco por alcanzar mejoras funcionales, fortalece las redes neuronales involucradas y facilita la consolidación de nuevas habilidades motoras y cognitivas. La integración de estos factores en los planes de rehabilitación permite maximizar el potencial adaptativo del cerebro y mejorar significativamente los resultados clínicos (Mašić et al., 2020).

Por lo tanto, la neuroplasticidad post-ECV está influenciada por un amplio espectro de variables que interactúan dinámicamente. Reconocer y abordar estos factores de manera integral permite

diseñar estrategias personalizadas que optimicen la recuperación funcional y mejoren la calidad de vida de los pacientes. Este enfoque centrado en el individuo constituye un pilar fundamental para avanzar en el manejo clínico de los accidentes cerebrovasculares (Zhang et al., 2021).

Intervenciones terapéuticas para potenciar la neuroplasticidad post-ECV

La implementación de estrategias terapéuticas destinadas a estimular la neuroplasticidad constituye un pilar fundamental en la recuperación funcional tras un accidente cerebrovascular (ECV). Estas intervenciones abarcan un enfoque multidisciplinario que combina técnicas tradicionales con innovaciones tecnológicas, todas orientadas a maximizar la reorganización cerebral y promover la restitución de habilidades motoras, sensoriales y cognitivas (Xing & Bai, 2020a).

Para comenzar, la fisioterapia representa una de las intervenciones más ampliamente utilizadas. A través de ejercicios repetitivos y específicos, esta disciplina busca fortalecer las vías neuronales dañadas y fomentar la formación de nuevas conexiones. El principio de la práctica intensiva y dirigida, como ocurre en la terapia de restricción del lado sano, se basa en estimular activamente el uso del miembro afectado, favoreciendo así la reorganización cortical en las áreas motoras relacionadas. Además, las terapias basadas en movimientos funcionales, como caminar o alcanzar objetos, son esenciales para mejorar la capacidad motriz y la coordinación (Koch & Spampinato, 2022a).

En un segundo nivel, las terapias ocupacionales aportan un enfoque complementario al priorizar actividades cotidianas que desafían al cerebro a reorganizarse. La práctica de tareas significativas, como vestirse o cocinar, no solo refuerza las habilidades motoras y cognitivas, sino que también promueve la autonomía del paciente, un aspecto clave para su calidad de vida. Por otro lado, las intervenciones cognitivas, que incluyen ejercicios de memoria, atención y resolución de problemas, potencian la plasticidad en regiones corticales asociadas a estas funciones, contribuyendo a una recuperación integral (Innocenti, 2022).

Asimismo, las terapias basadas en la tecnología han demostrado un impacto positivo en la rehabilitación post-ECV. La realidad virtual y los videojuegos interactivos son herramientas innovadoras que ofrecen entornos controlados y adaptativos para estimular al cerebro. Estas tecnologías permiten la práctica repetitiva y la retroalimentación inmediata, facilitando la adquisición de habilidades y aumentando la motivación del paciente. También, la estimulación eléctrica funcional (EEF) y la estimulación magnética transcraneal (EMT) son técnicas emergentes

que buscan modular la actividad neuronal en regiones específicas del cerebro, favoreciendo la potenciación sináptica y la reorganización cortical (Tartt et al., 2022).

Por otro lado, el entrenamiento con dispositivos robóticos, como exoesqueletos y sistemas de asistencia motriz, ha ganado relevancia en los últimos años. Estos equipos permiten realizar movimientos controlados y precisos, facilitando la práctica intensiva y consistente en pacientes con limitaciones físicas severas. La combinación de tecnología robótica con retroalimentación visual y táctil amplifica los beneficios terapéuticos, optimizando el uso del tiempo en sesiones de rehabilitación (de Oliveira, 2020a).

En adición a las técnicas mencionadas, las intervenciones farmacológicas tienen un papel complementario en la promoción de la neuroplasticidad. Fármacos como los moduladores del BDNF o los antagonistas de glutamato se han investigado como potenciales promotores de la plasticidad sináptica al reducir la excitotoxicidad y favorecer la supervivencia neuronal. Sin embargo, su uso clínico aún requiere estudios adicionales para validar su eficacia y seguridad (Johnson & Cohen, 2023a).

Finalmente, el enfoque holístico de la rehabilitación integra también estrategias psicológicas y emocionales. La motivación y el estado emocional positivo del paciente son elementos esenciales para optimizar el proceso de recuperación. La terapia cognitivo-conductual y las técnicas de mindfulness han demostrado ser útiles para gestionar el estrés, mejorar la autoestima y mantener el compromiso activo con las terapias (de Sousa Fernandes et al., 2020a).

Teniendo en cuenta lo anterior, las intervenciones terapéuticas para potenciar la neuroplasticidad post-ECV son diversas y abarcan múltiples áreas del cuidado clínico. La combinación de enfoques tradicionales, tecnologías avanzadas y soporte emocional permite abordar de manera integral las necesidades del paciente, maximizando las posibilidades de recuperación funcional y mejorando su calidad de vida a largo plazo. Este enfoque integrado refleja el avance continuo en la comprensión y manejo de los procesos de neuroplasticidad en contextos clínicos (de Sousa Fernandes et al., 2020b).

Resultados clínicos asociados a la neuroplasticidad en la rehabilitación post-ECV

La aplicación de intervenciones dirigidas a estimular la neuroplasticidad ha demostrado un impacto significativo en la recuperación funcional de los pacientes tras un accidente cerebrovascular (ECV). Los resultados clínicos reflejan una mejora notable en múltiples dominios, como la capacidad

motora, las funciones cognitivas y la calidad de vida en general, lo que subraya la relevancia de integrar enfoques neuroplásticos en la práctica clínica (Saleki et al., 2023).

Uno de los aspectos más documentados es la recuperación de la función motora. En pacientes que reciben terapias intensivas basadas en el principio de plasticidad dependiente del uso, como la terapia de restricción inducida, se observa una mejora en la fuerza muscular, el rango de movimiento y la coordinación de los miembros afectados. Estas mejoras funcionales se correlacionan con cambios neurofisiológicos observados mediante estudios de neuroimagen, que evidencian una reorganización cortical en las áreas motoras del cerebro, así como un aumento en la conectividad entre regiones adyacentes (Zwergal et al., 2022).

Por otro lado, la recuperación cognitiva constituye otro resultado clínico relevante. Las intervenciones que combinan estimulación cognitiva y rehabilitación física han mostrado efectos positivos en dominios como la memoria, la atención y la velocidad de procesamiento. En particular, los pacientes que participan en programas intensivos de entrenamiento cognitivo suelen presentar una mayor activación en las redes frontoparietales y una mejora en la eficiencia sináptica, lo cual contribuye a su funcionalidad diaria y capacidad para resolver problemas complejos (Hugues et al., 2021).

En el ámbito de la autonomía funcional, los pacientes que logran integrar habilidades motoras y cognitivas recuperadas en actividades de la vida diaria reportan una mayor independencia y un retorno más rápido a sus rutinas previas al ECV. Esto se traduce en una reducción de la dependencia de cuidadores y una mejora en su calidad de vida. Por ejemplo, estudios longitudinales han señalado que los pacientes rehabilitados mediante enfoques multidisciplinarios presentan una reintegración más efectiva en contextos laborales y sociales, lo que evidencia un impacto positivo a largo plazo (Vandormael et al., 2019).

En cuanto a los marcadores subjetivos, como la percepción de bienestar y satisfacción con la vida, los resultados clínicos también son alentadores. Los pacientes reportan una disminución en los niveles de estrés y ansiedad asociados al ECV, así como una mayor motivación para continuar participando en terapias de mantenimiento. Estos cambios están vinculados a la capacidad del cerebro para adaptarse emocionalmente a las nuevas circunstancias mediante procesos de neuroplasticidad en áreas límbicas y prefrontales (Morishita & Vinogradov, 2019).

Sin embargo, los resultados clínicos pueden variar en función de factores individuales y del tipo de intervención aplicada. Pacientes con lesiones más extensas o con comorbilidades significativas

tienden a mostrar una recuperación más limitada, lo que subraya la importancia de personalizar los enfoques terapéuticos. Además, la adherencia del paciente al programa de rehabilitación es determinante, ya que las terapias intermitentes o no concluidas suelen asociarse con resultados subóptimos (Mitchell & Baker, 2022).

En términos globales, los resultados clínicos de las intervenciones que fomentan la neuroplasticidad son prometedores y refuerzan la necesidad de continuar investigando en este campo. Las mejoras observadas no solo transforman la experiencia de los pacientes en su proceso de recuperación, sino que también ofrecen una base sólida para el desarrollo de protocolos clínicos más efectivos. Este enfoque integrador, centrado en la neuroplasticidad, sigue consolidándose como una estrategia clave para maximizar los beneficios en la rehabilitación post-ECV (Murciano-Brea et al., 2021b).

Limitaciones y desafíos en la implementación de estrategias de neuroplasticidad post-ECV

A pesar de los avances significativos en el entendimiento y la aplicación de estrategias para estimular la neuroplasticidad en la rehabilitación post-ECV, existen diversas limitaciones y desafíos que afectan la efectividad de estas intervenciones. Estos obstáculos abarcan desde aspectos clínicos hasta factores económicos y logísticos, los cuales deben ser considerados para optimizar los resultados en la práctica clínica (Camandola et al., 2019).

En primer lugar, las diferencias individuales entre los pacientes representan una de las principales barreras. Factores como la edad, la gravedad y localización del daño cerebral, el tiempo transcurrido desde el ECV, y la presencia de comorbilidades, como diabetes o hipertensión, influyen significativamente en la capacidad del cerebro para reorganizarse. Estas variaciones dificultan la creación de protocolos estándar y resaltan la necesidad de enfoques personalizados que se adapten a las condiciones específicas de cada paciente (Baroncelli & Lunghi, 2021).

Además, el acceso desigual a tecnologías avanzadas y tratamientos especializados es un desafío crítico, particularmente en regiones con recursos limitados. Intervenciones como la estimulación magnética transcraneal o el uso de dispositivos robóticos suelen ser costosas y requieren equipos multidisciplinarios capacitados, lo que restringe su disponibilidad en muchos contextos. Este escenario perpetúa desigualdades en los resultados de recuperación, ya que los pacientes sin acceso

a estas tecnologías pueden no beneficiarse plenamente del potencial de la neuroplasticidad (Madinier et al., 2009).

Por otro lado, la adherencia del paciente a los programas de rehabilitación representa un desafío significativo. La rehabilitación post-ECV es un proceso largo y exigente que requiere compromiso y constancia por parte del paciente. Sin embargo, factores como la falta de motivación, el dolor físico asociado a ciertas terapias y las barreras psicológicas, como la depresión o la ansiedad, pueden afectar negativamente la participación activa en el tratamiento (Monge-Pereira et al., 2017). Desde una perspectiva metodológica, aún persisten limitaciones en la capacidad para medir y monitorear los cambios relacionados con la neuroplasticidad de manera precisa y consistente. Aunque las técnicas de neuroimagen, como la resonancia magnética funcional, han avanzado considerablemente, su costo y complejidad limitan su uso rutinario en entornos clínicos. Además, la interpretación de los datos neurofisiológicos sigue siendo un área compleja que requiere un mayor desarrollo para correlacionar directamente los cambios observados con las mejoras funcionales en el paciente (León Ruiz et al., 2018).

Otro aspecto a considerar es la necesidad de formación continua para los profesionales de la salud. Las estrategias basadas en la neuroplasticidad implican un conocimiento profundo de los procesos biológicos subyacentes y las técnicas más recientes en rehabilitación. En muchos casos, los terapeutas y médicos no cuentan con la capacitación adecuada para implementar estas intervenciones de manera óptima, lo que puede limitar su efectividad (Dąbrowski et al., 2019).

Finalmente, el financiamiento insuficiente para programas de rehabilitación representa una limitación importante. En numerosos sistemas de salud, las terapias prolongadas o altamente especializadas no están completamente cubiertas por seguros médicos o políticas públicas, lo que coloca una carga financiera significativa sobre los pacientes y sus familias. Este contexto restringe la continuidad del tratamiento, afectando directamente los resultados a largo plazo.

Superar estos desafíos requiere un enfoque integral que combine avances en investigación, capacitación profesional, accesibilidad tecnológica y políticas de salud inclusivas. Abordar estas limitaciones permitirá no solo maximizar el potencial de la neuroplasticidad como herramienta terapéutica, sino también garantizar que más pacientes se beneficien de estos avances, independientemente de su contexto socioeconómico o clínico.

Perspectivas futuras en el estudio y aplicación de la neuroplasticidad en la rehabilitación post-ECV

El estudio de la neuroplasticidad en el contexto de la rehabilitación tras un accidente cerebrovascular (ECV) se encuentra en constante evolución, impulsado por avances científicos y tecnológicos que prometen transformar los enfoques terapéuticos actuales. Las perspectivas futuras en este campo abarcan desde la integración de tecnologías emergentes hasta el diseño de tratamientos más personalizados y efectivos, abriendo nuevas posibilidades para optimizar la recuperación funcional y la calidad de vida de los pacientes (Vints et al., 2022b).

En primer lugar, la aplicación de la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático representa una frontera prometedora en la rehabilitación neuroplástica. Estas tecnologías permiten analizar grandes volúmenes de datos clínicos y neurofisiológicos para identificar patrones y predecir la respuesta de los pacientes a diferentes intervenciones. A través de algoritmos avanzados, es posible diseñar programas de rehabilitación altamente personalizados que se ajusten dinámicamente a las necesidades individuales, maximizando la eficacia del tratamiento (Popescu et al., 2024b).

Asimismo, el desarrollo de interfaces cerebro-computadora (BCI, por sus siglas en inglés) está revolucionando las terapias de neurorehabilitación. Estas interfaces permiten la comunicación directa entre el cerebro y dispositivos externos, facilitando el control de prótesis, sistemas robóticos y dispositivos de estimulación. Su potencial para restablecer funciones motoras y mejorar la conectividad neuronal es particularmente relevante para pacientes con discapacidades severas, ofreciendo nuevas vías para recuperar la autonomía funcional (Koch & Spampinato, 2022b).

Otra área de interés creciente es la investigación en neurogénesis y su relación con la neuroplasticidad. Si bien se reconoce ampliamente la capacidad del cerebro para reorganizar sus conexiones sinápticas, estudios recientes están explorando cómo la generación de nuevas neuronas en ciertas regiones cerebrales, como el hipocampo, podría influir en la recuperación tras un ECV. Este enfoque abre la posibilidad de desarrollar terapias farmacológicas y genéticas que potencien la neurogénesis como complemento a las estrategias tradicionales (Xing & Bai, 2020b).

Además, la neurorehabilitación inmersiva, basada en tecnologías de realidad virtual y aumentada, continúa ganando terreno. Estas herramientas crean entornos simulados altamente realistas que estimulan la participación activa del paciente y promueven la reorganización neuronal a través de

tareas interactivas. La combinación de realidad virtual con retroalimentación sensorial, como vibraciones o sonidos, mejora la percepción del movimiento y refuerza la conexión entre las intenciones motoras y las respuestas corporales (Johnson & Cohen, 2023b).

Por otro lado, la investigación en neuromodulación avanza rápidamente con técnicas como la estimulación transcraneal por corriente directa (tDCS) y la estimulación magnética transcraneal repetitiva (rTMS). Estas estrategias permiten regular la excitabilidad cortical de manera no invasiva, facilitando la formación de nuevas conexiones neuronales. En el futuro, la combinación de neuromodulación con terapias conductuales y tecnológicas podría aumentar significativamente su efectividad y aplicabilidad clínica.

Desde una perspectiva global, las perspectivas futuras también se orientan hacia un enfoque más inclusivo y accesible en la rehabilitación post-ECV. Esto incluye el desarrollo de dispositivos portátiles y asequibles que puedan ser utilizados en entornos domésticos, reduciendo la dependencia de instalaciones especializadas. Asimismo, se promueve la implementación de plataformas digitales y telemedicina para garantizar que los pacientes en áreas remotas o con recursos limitados puedan acceder a terapias basadas en neuroplasticidad.

Análisis de resultados

Los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo del tema sobre la neuroplasticidad en la rehabilitación post-ECV proporcionan una visión detallada y prometedora sobre el impacto de las intervenciones neuroplásticas en la recuperación funcional y la calidad de vida de los pacientes. A continuación, se destacan los puntos más relevantes y los hallazgos clave que emergen de la literatura revisada (Mattson et al., 2018).

En primer lugar, se ha demostrado de manera consistente que la estimulación de la neuroplasticidad contribuye significativamente a la mejora de la función motora en pacientes post-ECV. Las intervenciones centradas en el uso repetido y controlado de las extremidades afectadas, como la terapia de restricción inducida, muestran resultados positivos en cuanto a la recuperación de fuerza y movilidad. Este fenómeno se ve respaldado por evidencias neurofisiológicas que evidencian una reorganización cortical y una mayor conectividad neuronal en las áreas motoras del cerebro. Estos hallazgos subrayan la capacidad del cerebro para adaptarse y reconfigurarse, incluso en presencia de lesiones significativas, y refuerzan la importancia de la intervención temprana y la intensidad terapéutica (de Oliveira, 2020b).

Por otro lado, la rehabilitación cognitiva, que incluye tanto el entrenamiento de funciones ejecutivas como la memoria y la atención, también ha mostrado resultados prometedores. Los estudios revisados sugieren que la estimulación cognitiva, combinada con la rehabilitación física, no solo mejora la función motora, sino que también facilita una mayor integración de habilidades cognitivas en las actividades diarias. Esto resulta en una mejor calidad de vida y en un retorno más rápido a las rutinas previas al ECV. La plasticidad cortical en las áreas prefrontales y parietales parece ser clave en este proceso, facilitando la recuperación de funciones cognitivas a través de la reorganización y la eficiencia neuronal (Johnson & Cohen, 2023b).

A nivel emocional y psicológico, los resultados también son significativos. La evidencia señala que las intervenciones neuroplásticas tienen un impacto positivo en la percepción subjetiva de bienestar de los pacientes, ayudando a reducir la ansiedad y la depresión asociadas al ECV. Este aspecto es crucial, ya que la neuroplasticidad no solo afecta a las capacidades físicas y cognitivas, sino también a las redes cerebrales involucradas en las emociones y la motivación, contribuyendo al éxito terapéutico general (Xing & Bai, 2020b).

Sin embargo, es importante señalar que los resultados no son homogéneos y dependen de varios factores individuales, como la edad, el tipo y la extensión del daño cerebral, y las comorbilidades presentes en los pacientes. La heterogeneidad en la respuesta de los pacientes a las intervenciones demuestra que, aunque los principios neuroplásticos ofrecen una base sólida para la rehabilitación, es crucial personalizar los programas de tratamiento para cada individuo. Esto se refuerza con los desafíos relacionados con la implementación de enfoques de neuroplasticidad, que incluyen la falta de acceso a tecnologías avanzadas y la limitada capacitación de los profesionales de la salud, lo que limita la efectividad en algunos contextos (Popescu et al., 2024b).

Por otra parte, el análisis de los avances tecnológicos en la rehabilitación post-ECV revela una creciente promesa en el uso de dispositivos como la estimulación magnética transcraneal, la realidad virtual y las interfaces cerebro-computadora. Estas tecnologías emergentes, aunque aún en fase de investigación en muchos casos, ofrecen un enorme potencial para acelerar la recuperación y mejorar la precisión de las intervenciones. La integración de estas herramientas con enfoques más tradicionales podría transformar significativamente la forma en que se aborda la rehabilitación post-ECV, mejorando los resultados tanto en el corto como en el largo plazo (Vints et al., 2022b).

Es decir, los resultados de la investigación apuntan a que la neuroplasticidad, a través de diversas intervenciones y estrategias, es un factor crucial en la rehabilitación post-ECV. Si bien los avances en este campo son significativos, las limitaciones en cuanto a la personalización de los tratamientos, el acceso a tecnología avanzada y la formación de los profesionales de salud requieren una atención especial. Las perspectivas futuras parecen prometedoras, con la incorporación de tecnologías emergentes y enfoques multidisciplinarios que podrían optimizar aún más los resultados en la rehabilitación post-ECV, transformando así la vida de los pacientes afectados (Dąbrowski et al., 2019; Monge-Pereira et al., 2017).

Conclusiones

La neuroplasticidad es un proceso fundamental en la rehabilitación post-ECV, demostrando su capacidad para facilitar la reorganización neuronal y la recuperación funcional mediante estrategias terapéuticas específicas. Las intervenciones centradas en el entrenamiento motor, cognitivo y emocional han evidenciado resultados positivos, mejorando la movilidad, la independencia funcional y la calidad de vida de los pacientes. Asimismo, tecnologías como la estimulación magnética transcraneal y la realidad virtual han ampliado las posibilidades terapéuticas, ofreciendo enfoques innovadores que potencian los beneficios de la neuroplasticidad.

Los principales efectos observados incluyen una recuperación progresiva de funciones motoras y cognitivas, una mayor integración social y emocional, y la reducción de síntomas psicológicos como la ansiedad y la depresión. Sin embargo, es importante destacar que los resultados varían significativamente entre individuos, dependiendo de factores como la gravedad del daño cerebral, el tiempo transcurrido desde el ECV, y las características personales de cada paciente.

Entre las limitaciones destacan la falta de acceso generalizado a tecnologías avanzadas, las desigualdades en la formación de profesionales especializados y la necesidad de personalizar los tratamientos para maximizar los beneficios. En el futuro, superar estas barreras y fomentar la investigación interdisciplinaria será crucial para optimizar la aplicación de la neuroplasticidad en la rehabilitación post-ECV.

En conclusión, la neuroplasticidad ofrece un gran potencial para la rehabilitación post-ECV, pero su éxito depende de la combinación de enfoques tradicionales con tecnologías emergentes y de la adaptación de las terapias a las necesidades específicas de cada paciente.

Limitaciones

Es importante señalar que, al ser un estudio de tipo bibliográfico, las conclusiones están condicionadas por la calidad y disponibilidad de la literatura revisada. Asimismo, la heterogeneidad metodológica entre los estudios consultados representa un desafío para la generalización de los hallazgos.

Esta metodología proporciona una base sólida para explorar el estado del conocimiento sobre el efecto de la neuroplasticidad en la rehabilitación post-ECV, sentando las bases para futuras investigaciones y aplicaciones clínicas.

Referencias

1. Baroncelli, L., & Lunghi, C. (2021). Neuroplasticity of the visual cortex: in sickness and in health. *Experimental Neurology*, 335, 113515. <https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2020.113515>
2. Camandola, S., Plick, N., & Mattson, M. P. (2019). Impact of Coffee and Cacao Purine Metabolites on Neuroplasticity and Neurodegenerative Disease. *Neurochemical Research*, 44(1), 214–227. <https://doi.org/10.1007/s11064-018-2492-0>
3. Dąbrowski, J., Czajka, A., Zielińska-Turek, J., Jaroszyński, J., Furtak-Niczyporuk, M., Mela, A., Poniowski, Ł. A., Drop, B., Dorobek, M., Barcikowska-Kotowicz, M., & Ziemia, A. (2019). Brain Functional Reserve in the Context of Neuroplasticity after Stroke. *Neural Plasticity*, 2019, 9708905. <https://doi.org/10.1155/2019/9708905>
4. de Oliveira, R. M. W. (2020a). Neuroplasticity. *Journal of Chemical Neuroanatomy*, 108, 101822. <https://doi.org/10.1016/j.jchemneu.2020.101822>
5. de Sousa Fernandes, M. S., Ordônio, T. F., Santos, G. C. J., Santos, L. E. R., Calazans, C. T., Gomes, D. A., & Santos, T. M. (2020a). Effects of Physical Exercise on Neuroplasticity and Brain Function: A Systematic Review in Human and Animal Studies. *Neural Plasticity*, 2020, 8856621. <https://doi.org/10.1155/2020/8856621>
6. de Sousa Fernandes, M. S., Ordônio, T. F., Santos, G. C. J., Santos, L. E. R., Calazans, C. T., Gomes, D. A., & Santos, T. M. (2020b). Effects of Physical Exercise on Neuroplasticity and Brain Function: A Systematic Review in Human and Animal Studies. *Neural Plasticity*, 2020, 8856621. <https://doi.org/10.1155/2020/8856621>

7. Farjat-Pasos, J. I., Chamorro, A., Lanthier, S., Robichaud, M., Mengi, S., Houde, C., & Rodés-Cabau, J. (2023). Cerebrovascular Events in Older Patients With Patent Foramen Ovale: Current Status and Future Perspectives. *Journal of Stroke*, 25(3), 338–349. <https://doi.org/10.5853/jos.2023.01599>
8. Hugues, N., Pellegrino, C., Rivera, C., Berton, E., Pin-Barre, C., & Laurin, J. (2021). Is High-Intensity Interval Training Suitable to Promote Neuroplasticity and Cognitive Functions after Stroke? *International Journal of Molecular Sciences*, 22(6). <https://doi.org/10.3390/ijms22063003>
9. Innocenti, G. M. (2022). Defining neuroplasticity. *Handbook of Clinical Neurology*, 184, 3–18. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819410-2.00001-1>
10. Johansson, H., Hagströmer, M., Grooten, W. J. A., & Franzén, E. (2020). Exercise-Induced Neuroplasticity in Parkinson's Disease: A Metasynthesis of the Literature. *Neural Plasticity*, 2020, 8961493. <https://doi.org/10.1155/2020/8961493>
11. Johnson, B. P., & Cohen, L. G. (2023a). Applied strategies of neuroplasticity. *Handbook of Clinical Neurology*, 196, 599–609. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-98817-9.00011-9>
12. Johnson, B. P., & Cohen, L. G. (2023b). Applied strategies of neuroplasticity. *Handbook of Clinical Neurology*, 196, 599–609. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-98817-9.00011-9>
13. Karger, G. (2021). 30 years of Cerebrovascular Diseases. *Cerebrovascular Diseases (Basel, Switzerland)*, 50(1), 1. <https://doi.org/10.1159/000514372>
14. Kim, B.-K., Hong, S.-J., Cho, Y.-H., Yun, K. H., Kim, Y. H., Suh, Y., Cho, J. Y., Her, A.-Y., Cho, S., Jeon, D. W., Yoo, S.-Y., Cho, D.-K., Hong, B.-K., Kwon, H., Ahn, C.-M., Shin, D.-H., Nam, C.-M., Kim, J.-S., Ko, Y.-G., ... TICO Investigators. (2020). Effect of Ticagrelor Monotherapy vs Ticagrelor With Aspirin on Major Bleeding and Cardiovascular Events in Patients With Acute Coronary Syndrome: The TICO Randomized Clinical Trial. *JAMA*, 323(23), 2407–2416. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.7580>
15. Koch, G., & Spampinato, D. (2022a). Alzheimer disease and neuroplasticity. *Handbook of Clinical Neurology*, 184, 473–479. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819410-2.00027-8>
16. Kotake, K., Mitsuboshi, S., Omori, Y., Kawakami, Y., & Kawakami, Y. (2023). Evaluation of Risk of Cardiac or Cerebrovascular Events in Romosozumab Users Focusing on

- Comorbidities: Analysis of the Japanese Adverse Drug Event Report Database. *The Journal of Pharmacy Technology : JPT : Official Publication of the Association of Pharmacy Technicians*, 39(1), 23–28. <https://doi.org/10.1177/87551225221144960>
17. León Ruiz, M., Rodríguez Sarasa, M. L., Sanjuán Rodríguez, L., Benito-León, J., García-Albea Ristol, E., & Arce Arce, S. (2018). Current evidence on transcranial magnetic stimulation and its potential usefulness in post-stroke neurorehabilitation: Opening new doors to the treatment of cerebrovascular disease. *Neurologia*, 33(7), 459–472. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2016.03.008>
 18. Madinier, A., Bertrand, N., Mossiat, C., Prigent-Tessier, A., Beley, A., Marie, C., & Garnier, P. (2009). Microglial involvement in neuroplastic changes following focal brain ischemia in rats. *PloS One*, 4(12), e8101. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0008101>
 19. Maida, C. D., Daidone, M., Pacinella, G., Norrito, R. L., Pinto, A., & Tuttolomondo, A. (2022). Diabetes and Ischemic Stroke: An Old and New Relationship an Overview of the Close Interaction between These Diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(4). <https://doi.org/10.3390/ijms23042397>
 20. Mašić, V., Šečić, A., Trošt Bobić, T., & Femec, L. (2020). Neuroplasticity and Braille reading. *Acta Clinica Croatica*, 59(1), 147–153. <https://doi.org/10.20471/acc.2020.59.01.18>
 21. Mattson, M. P., Moehl, K., Ghena, N., Schmaedick, M., & Cheng, A. (2018). Intermittent metabolic switching, neuroplasticity and brain health. *Nature Reviews. Neuroscience*, 19(2), 63–80. <https://doi.org/10.1038/nrn.2017.156>
 22. Mitchell, G. S., & Baker, T. L. (2022). Respiratory neuroplasticity: Mechanisms and translational implications of phrenic motor plasticity. *Handbook of Clinical Neurology*, 188, 409–432. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91534-2.00016-3>
 23. Monge-Pereira, E., Molina-Rueda, F., Rivas-Montero, F. M., Ibáñez, J., Serrano, J. I., Alguacil-Diego, I. M., & Miangolarra-Page, J. C. (2017). Electroencephalography as a post-stroke assessment method: An updated review. *Neurologia (Barcelona, Spain)*, 32(1), 40–49. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2014.07.002>
 24. Morishita, H., & Vinogradov, S. (2019). Neuroplasticity and dysplasticity processes in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 207, 1–2. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2019.03.008>

25. Murciano-Brea, J., Garcia-Montes, M., Geuna, S., & Herrera-Rincon, C. (2021a). Gut Microbiota and Neuroplasticity. *Cells*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/cells10082084>
26. Murciano-Brea, J., Garcia-Montes, M., Geuna, S., & Herrera-Rincon, C. (2021b). Gut Microbiota and Neuroplasticity. *Cells*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/cells10082084>
27. Popescu, B. O., Batzu, L., Ruiz, P. J. G., Tulbă, D., Moro, E., & Santens, P. (2024a). Neuroplasticity in Parkinson's disease. *Journal of Neural Transmission* (Vienna, Austria : 1996), 131(11), 1329–1339. <https://doi.org/10.1007/s00702-024-02813-y>
28. Popescu, B. O., Batzu, L., Ruiz, P. J. G., Tulbă, D., Moro, E., & Santens, P. (2024b). Neuroplasticity in Parkinson's disease. *Journal of Neural Transmission* (Vienna, Austria : 1996), 131(11), 1329–1339. <https://doi.org/10.1007/s00702-024-02813-y>
29. Quartarone, A., & Ghilardi, M. F. (2022). Neuroplasticity in dystonia: Motor symptoms and beyond. *Handbook of Clinical Neurology*, 184, 207–218. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819410-2.00031-X>
30. Rodrigues, A. C., Silva, G. S., Monaco, C. G., Costa, R. C. P. L., Piveta, R. B., Fischer, C. H., Lira-Filho, E. B., Morhy, S. S., & Campos Vieira, M. L. (2023). Three-dimensional transesophageal echocardiographic evaluation of aortic plaque after cerebrovascular event. *Revista Portuguesa de Cardiologia : Orgao Oficial Da Sociedade Portuguesa de Cardiologia = Portuguese Journal of Cardiology : An Official Journal of the Portuguese Society of Cardiology*, 42(2), 149–155. <https://doi.org/10.1016/j.repc.2021.12.017>
31. Saleki, K., Banazadeh, M., Saghazadeh, A., & Rezaei, N. (2023). Aging, testosterone, and neuroplasticity: friend or foe? *Reviews in the Neurosciences*, 34(3), 247–273. <https://doi.org/10.1515/revneuro-2022-0033>
32. Shu, Y., Chen, J., Ding, Y., & Zhang, Q. (2023). Adverse events with risankizumab in the real world: postmarketing pharmacovigilance assessment of the FDA adverse event reporting system. *Frontiers in Immunology*, 14, 1169735. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1169735>
33. Tartt, A. N., Mariani, M. B., Hen, R., Mann, J. J., & Boldrini, M. (2022). Dysregulation of adult hippocampal neuroplasticity in major depression: pathogenesis and therapeutic implications. *Molecular Psychiatry*, 27(6), 2689–2699. <https://doi.org/10.1038/s41380-022-01520-y>

34. Vandormael, C., Schoenhals, L., Hüppi, P. S., Filippa, M., & Borradori Tolsa, C. (2019). Language in Preterm Born Children: Atypical Development and Effects of Early Interventions on Neuroplasticity. *Neural Plasticity*, 2019, 6873270. <https://doi.org/10.1155/2019/6873270>
35. Vints, W. A. J., Levin, O., Fujiyama, H., Verbunt, J., & Masiulis, N. (2022a). Exerkines and long-term synaptic potentiation: Mechanisms of exercise-induced neuroplasticity. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 66, 100993. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2022.100993>
36. Vints, W. A. J., Levin, O., Fujiyama, H., Verbunt, J., & Masiulis, N. (2022b). Exerkines and long-term synaptic potentiation: Mechanisms of exercise-induced neuroplasticity. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 66, 100993. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2022.100993>
37. Wu, H.-X., Chu, T.-Y., Iqbal, J., Jiang, H.-L., Li, L., Wu, Y.-X., & Zhou, H.-D. (2023). Cardio-cerebrovascular Outcomes in MODY, Type 1 Diabetes, and Type 2 Diabetes: A Prospective Cohort Study. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 108(11), 2970–2980. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgad233>
38. Xing, Y., & Bai, Y. (2020a). A Review of Exercise-Induced Neuroplasticity in Ischemic Stroke: Pathology and Mechanisms. *Molecular Neurobiology*, 57(10), 4218–4231. <https://doi.org/10.1007/s12035-020-02021-1>
39. Xing, Y., & Bai, Y. (2020b). A Review of Exercise-Induced Neuroplasticity in Ischemic Stroke: Pathology and Mechanisms. *Molecular Neurobiology*, 57(10), 4218–4231. <https://doi.org/10.1007/s12035-020-02021-1>
40. Yger, M., Weisenburger-Lile, D., & Alamowitch, S. (2021). Cerebrovascular events during pregnancy and puerperium. *Revue Neurologique*, 177(3), 203–214. <https://doi.org/10.1016/j.neurol.2021.02.001>
41. Zhang, J., Lu, C., Wu, X., Nie, D., & Yu, H. (2021). Neuroplasticity of Acupuncture for Stroke: An Evidence-Based Review of MRI. *Neural Plasticity*, 2021, 2662585. <https://doi.org/10.1155/2021/2662585>
42. Zwergal, A., Lindner, M., Grosch, M., & Dieterich, M. (2022). In vivo neuroplasticity in vestibular animal models. *Molecular and Cellular Neurosciences*, 120, 103721. <https://doi.org/10.1016/j.mcn.2022.103721>

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).