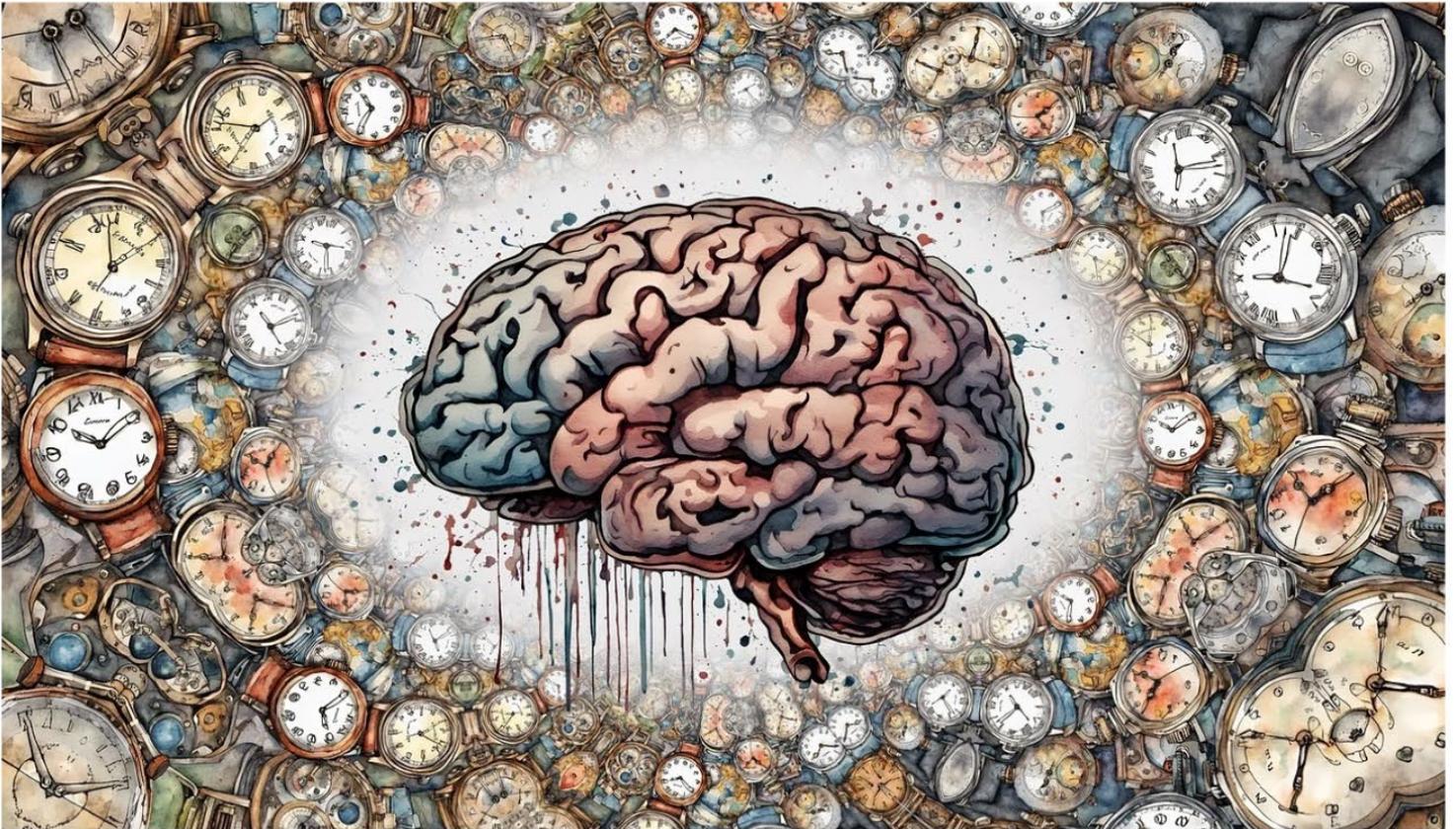




Universidad Nacional
de **Río Negro**



**NEUROPLASTICIDAD Y HEMIPLEJÍA:
IMPLICANCIA DEL TIEMPO EN LA REHABILITACIÓN
DEL APRENDIZAJE MOTOR.
UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA.**

Autor: Gargini, Sandra Gabriela
Directora: Magagna, Silvina
Año 2024

NOTA DE ACEPTACIÓN

Por la presente nota se constata que el Trabajo Final de Carrera: “Neuroplasticidad y hemiplejia: Implicancia del tiempo en la rehabilitación del aprendizaje motor. Una revisión sistemática.” presentado por la estudiante Sandra Gabriela Gargini, ha sido evaluado y aprobado, estando en condiciones de poder presentarse para su posterior defensa ante un jurado.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Silvina Magagna', is centered on the page. The signature is fluid and cursive, with a large loop at the beginning and a horizontal stroke at the end.

Lic. Silvina Magagna

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo marca el final de una etapa y el comienzo de otra en mi vida. La verdad, ha sido un viaje lleno de aprendizajes y desafíos. No fue fácil estar lejos de casa, pero todo esfuerzo tiene su recompensa y nada de esto hubiera sido posible sin el apoyo y la inspiración de muchas personas. A todas ellas, quiero expresarles mi más sincero agradecimiento: GRACIAS POR SER PARTE DEL PROCESO.

- A mi bella madre, Lidia, el pilar más importante de mi vida, quiero agradecerle por ESTAR siempre al pie del cañón, brindándome amor, fortaleza y sabiduría. Sinceramente, este logro no habría sido posible sin su apoyo incondicional. Su sacrificio ha sido mi motor durante todo este viaje. Gracias por cada consejo, por escucharme, por creer en mí cuando yo dudaba. Mamá, todo esto es tan tuyo como mío, te amo.
- Al amor de mi vida, Alfredo, uno de mis pilares más importantes, quiero agradecerle su compromiso desde el primer día, sus consejos, su paciencia, su apoyo incondicional, su comprensión y amor. Gracias por la infinidad de viajes realizados de Trelew a Viedma, por estar siempre a mi lado en todo momento. Simplemente gracias por el aguante a la distancia durante tantos años, te amo.
- A mi adorada amiga Lau, apodada cariñosamente Joaquina, la alegría del hogar, quiero agradecerle por ser mi pilar en Viedma. Su paciencia, apoyo, consejos, honestidad, confianza, enseñanzas y compañía en cada momento que hemos pasado juntas en el transcurso de estos años, sin duda fueron lo mejor. Quiero agradecerle especialmente por su generosidad al compartir conmigo la idea base de este proyecto. Desde febrero del 2019, tuve el honor de poder conocerla y formar un hermoso dúo con ella. Agradezco tantas mañanas y tardes de estudio con sus infusiones y mis cafés de por medio, paseando en 4K por el mundo. ¡Te adoro Joaquina!
- A mis amigas de la vida, Flori, Marlenchu y Valito, que siempre estuvieron a la distancia con una llamada, un mensaje de aliento y su apoyo. Gracias por su amistad incondicional y por estar siempre presente, a pesar de la distancia. ¡Las adoro!

- A Grace y Nico, que siempre tuvieron una palabra de aliento y se preocuparon por mí. Su ayuda y su interés genuino hicieron la diferencia en momentos difíciles.
- A mi directora de tesis, mi profe Silvina Magagna, por aceptar guiarme en esta última parte del viaje, por sus consejos, por su dedicación, por su tiempo, por su buena disposición y sobre todo por el apoyo. ¡Gracias por todo Sil!
- A mis amigos y compañeros de universidad, Gero, Viki y Farid. Agradezco todos los momentos que hemos compartido, ya que fueron un gran aprendizaje y me ayudaron a progresar como persona. Fue un placer haber coincidido con ustedes en esta linda carrera. ¡Los quiero mucho!
- Al personal de salud del Hospital Zonal de Trelew, en especial a Fabricio, Gonzalo, Jairo, Bárbara, Adrián, Marcelo, Pablo, Mónica y Marcos, por recibirme. Agradezco su paciencia, dedicación y disposición para explicarme y enseñarme durante mis prácticas.
- A mis profesores, quienes fueron primordiales en mi formación profesional a través de su guía y educación a lo largo de estos años.
- A todos mis compañeros, fue un placer haber compartido todos estos años con ustedes.
- A todo el personal de la universidad, por su trabajo, su compromiso y dedicación para el buen funcionamiento del establecimiento.
- Y por último, y no menos importante, quiero agradecerme a mí misma por creer en mí, por el arduo trabajo, la disciplina y la constancia a lo largo de todo mi viaje académico. Valoro mi dedicación de querer crecer tanto personal como profesionalmente.

A la memoria de Alvaro Gargini y Concepción Siena.

RESUMEN

Introducción: Desde hace un tiempo, se ha establecido que el cerebro adulto es dinámico y adaptable, desafiando la antigua creencia de que su capacidad para cambiar se limita una vez alcanzado un determinado punto de desarrollo. Esta capacidad que posee el cerebro es conocida como neuroplasticidad, la cual ha revolucionado tanto la rehabilitación tras lesiones cerebrales como el desarrollo de nuevas tácticas para optimizar el aprendizaje motor. Potenciar la neuroplasticidad aprovechando los periodos críticos optimiza la recuperación de la función motora en pacientes que sufrieron un accidente cerebrovascular, se van a intensificar procesos como la sinaptogénesis y la neurogénesis. Los estudios demuestran que el cerebro alcanza su mayor capacidad de adaptación en las primeras semanas posteriores al ACV, y que las intervenciones tempranas y bien estructuradas pueden mejorar significativamente la recuperación motora. La investigación sigue avanzando, descubriendo nuevas técnicas terapéuticas y ofreciendo perspectivas más prometedoras para los sobrevivientes del ACV.

Objetivo general: Analizar y fundamentar la influencia del tiempo de la neuroplasticidad como factor fundamental para optimizar el aprendizaje motor en pacientes que han sufrido un accidente cerebrovascular.

Hipótesis: El aprendizaje motor se optimiza cuando la rehabilitación se inicia dentro de los primeros treinta días posteriores al accidente cerebrovascular.

Metodología: El presente trabajo se basa en una revisión sistemática de carácter descriptivo y cualitativo de corte transversal.

Limitaciones de la investigación: La revisión sistemática tiene varias limitaciones. Primero, la terminología específica utilizada en la búsqueda bibliográfica pudo haber excluido estudios relevantes que no coincidían exactamente con estos términos. También, al ser realizada por un único investigador, podría haber habido sesgos en la selección y evaluación de los estudios. También, el enfoque en investigaciones publicadas entre 2013 y 2023 podría haber excluido estudios importantes fuera de este rango temporal.

Conclusión: Esta revisión proporciona un estudio detallado sobre la importancia de una intervención temprana en la rehabilitación del aprendizaje motor en pacientes que sufrieron un accidente cerebrovascular. Los primeros treinta días son

relevantes para aprovechar la ventana crítica de neuroplasticidad y no se debe limitar a este lapso de tiempo, sino que el cerebro continúa adaptándose hasta un año y medio después del evento, lo que indica que la rehabilitación motora debe ser continua y ajustada a las necesidades individuales para evitar patrones de movimiento no deseados.

Recomendaciones: Luego de realizada la investigación, se proponen las siguientes recomendaciones para la rehabilitación motora a pacientes con ACV: Iniciar la rehabilitación temprana, escucha activa al paciente e inclusión familiar, evaluaciones detalladas, intervenciones de alta intensidad y practicas desafiantes, entrenamiento repetitivo orientado a tareas específicas y dirigidas a objetivos, integración de actividades aeróbicas, practica progresiva, capacitaciones continua para profesionales, fomento del trabajo interdisciplinario y la implementación de telerrehabilitación.

Palabras claves: accidente cerebrovascular, neuroplasticidad, neurorrehabilitación, plasticidad, neurona, ACV, neuroimagen, cerebro, sinapsis, neurogénesis, ictus, fisioterapia, hemiplejia, stroke, neurorehabilitation, stroke rehabilitation, aprendizaje motor, brain plasticity, neuronal plasticity.

ÍNDICE	
RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I	13
ENFOQUE CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
JUSTIFICACIÓN	15
OBJETIVOS	17
Objetivo general	17
Objetivos específicos.....	17
ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	18
CAPÍTULO II	20
MARCO TEÓRICO	20
ACCIDENTE CEREBROVASCULAR	20
Tipos de accidentes cerebrovascular.....	20
Impacto en la función cerebral y las respuestas adaptativas	21
Interrupciones inmediatas	22
Respuestas adaptativas y neuroplasticidad	22
NEUROPLASTICIDAD O PLASTICIDAD CEREBRAL	23
Tipos de neuroplasticidad	23
Mecanismos de plasticidad del sistema nervioso	24
Mecanismos fisiológicos de neuroplasticidad	26
Cambios neuroplásticos después de un ACV	26
Cronograma de las respuestas adaptativas luego de un ACV	28
Secuencia de la plasticidad neuronal después de la lesión	29
Neuroplasticidad maladaptativa.....	29
Tiempo y neuroplasticidad	30
Cronología de la recuperación del accidente cerebrovascular.....	30
Ventana crítica en la rehabilitación motora después de un ACV	30
Factores intervinientes en la plasticidad cerebral.....	32
HEMIPLEJÍA	32

Etapa flácida inicial.....	32
Etapa de espasticidad	33
Etapa de recuperación relativa.....	34
ROL DEL KINESIÓLOGO/A EN LA REHABILITACIÓN DESPUÉS DE UN	
ACV	34
APRENDIZAJE MOTOR	35
TÉCNICAS DE NEURORREHABILITACIÓN	35
Estrategias terapéuticas basadas en el aprendizaje motor	35
Enfoques terapéuticos basados en el aprendizaje motor	36
Técnica del neurodesarrollo (NDT)	36
Terapia de espejo (Mirrow therapy).....	36
Terapia de movimiento inducido por restricción (CIMT).....	37
Suspensión parcial sobre tapiz rodante (SPTR)	38
Realidad virtual	39
Terapia robótica	40
Estimulación magnética transcraneal.....	41
Entrenamiento bilateral	42
INTEGRACIÓN DE CONOCIMIENTOS SOBRE NEUROPLASTICIDAD EN	
LA PRÁCTICA CLÍNICA CONVENCIONAL	42
CAPITULO III.....	44
MARCO METODOLÓGICO	44
Tipo y diseño de investigación.....	44
Materiales y métodos	44
Técnica de recolección de datos.....	44
Criterios de inclusión	45
Criterios de exclusión	45
Selección de artículos	45
Resultados	46
Limitaciones del estudio	46
CAPITULO IV.....	47
CONCLUSIÓN	47

CAPITULO V.....	50
RECOMENDACIONES.....	50
BIBLIOGRAFÍA.....	54

INTRODUCCIÓN

Hace solo 50 años, los investigadores aceptaban que el cerebro inmaduro era maleable, pero también creían que se endurecía gradualmente, y que para el fin de la infancia ya se había convertido en una estructura fija. Se pensaba que nacíamos con todas las células cerebrales que tendríamos y que el cerebro era incapaz de regenerarse; por ende, cualquier daño o lesión se consideraba irreversible.

De hecho, nada podría estar más lejos de la verdad, ya que el cerebro adulto no solo es capaz de cambiar, sino que lo hace continuamente durante toda la vida, en respuesta a todo lo que hacemos y a cada experiencia que tenemos. (Costandi, 2021)

El término "neuroplasticidad" describe la capacidad adaptativa que posee el cerebro y el conocimiento de esta capacidad es una herramienta indispensable para optimizar la rehabilitación después de un daño cerebral, pero también para desarrollar nuevas técnicas de aprendizaje y habilidades. (Cano de la Cuerda et al., 2017, 43)

El accidente cerebrovascular (ACV) es una condición neurológica que puede desencadenar altos grados de discapacidad, causando deficiencias motoras, sensoriales y cognitivas, así como riesgo de caídas y dependencias en actividades de la vida diaria. No obstante, los pacientes con ACV pueden recuperar los patrones de movimiento gracias a la neuroplasticidad que está vigente tras el daño cerebral. (Sánchez-Silverio, Abuín-Porras, & Rodríguez-Costa, 2020)

La neuroplasticidad se manifiesta en varios procesos, incluyendo la neurogénesis, la colateralización y la sinaptogénesis reactiva, así como la regeneración axonal. Estos mecanismos permiten la reparación neuronal y la recuperación funcional, ajustando la eficacia sináptica y modulando la actividad neuronal (Cano de la Cuerda & Collado Vázquez, Neurorehabilitación - Métodos específicos de valoración y tratamiento., 2012) La restauración de la función del cerebro humano después de una lesión neuroanatómica, como un accidente cerebrovascular, es un desafío apremiante no sólo por razones científicas sino también por su profunda importancia clínica. (Dromerick, y otros, 2021) Se ha demostrado que el cerebro alcanza su máximo potencial de adaptación poco

después del ACV. (Guadamuz Delgado, Miranda Saavedra, & Mora Miranda, 2022). Este periodo de máximo potencial se correlaciona con estudios longitudinales que han demostrado que la recuperación motora de la hemiparesia se produce a través de una serie de etapas predecibles durante los primeros 6 meses después del ACV. La recuperación espontánea alcanza su punto máximo aproximadamente en las primeras 4 semanas y luego disminuye a lo largo de los 6 meses. (Li, 2017) Por ende, las intervenciones tempranas, de alta intensidad o repetitivas durante este periodo limitado pueden potenciar la neuroplasticidad, facilitando una recuperación más eficiente.

Varios estudios destacan que el trastorno hemipléjico es una condición neurológica en donde la principal afección es la pérdida del control voluntario del movimiento, debido a que el sistema extrapiramidal es una red nerviosa que tiene relación directa con la coordinación y el movimiento. La hemiplejia es una secuela muy prevalente dentro de los pacientes afectados por un accidente cerebrovascular. (Lozano Larrea, Benalcázar Game, Gurumendi España, & Vélez Almea, 2023). Como se ha mencionado anteriormente, investigaciones en neuroplasticidad demuestran que las estrategias de rehabilitación basadas en la estimulación repetitiva y tareas específicas pueden ser particularmente más efectivas y es por esto donde surge una pregunta simple que en realidad dista mucho de serlo: ¿Cuándo se debe comenzar la rehabilitación después de un accidente cerebrovascular? Hay estudios que describen que luego de una lesión isquémica, se desencadena una cascada de eventos genéticos, moleculares, celulares y electrofisiológicos que promueven la recuperación neuronal y todos estos eventos en conjunto, impulsan la reorganización y regeneración cortical, proporcionando el sustrato neuronal para la recuperación espontánea.

Exámenes en roedores determinaron que la neuroplasticidad comienza dentro de las horas posteriores al accidente cerebrovascular, alcanzando su punto máximo a los 7-14 días y casi se completa a los treinta días. Este lapso de tiempo coincide con el período de recuperación espontánea máxima en roedores, que se ha demostrado en numerosos estudios que ocurre casi en su totalidad dentro del primer mes después del accidente cerebrovascular. Los investigadores han planteado durante mucho tiempo la hipótesis de que la neuroplasticidad durante el

período temprano dinámico después del accidente cerebrovascular puede aumentarse y quizás prolongarse. (Coleman, y otros, 2017)

Comprender y aprovechar los mecanismos de la neuroplasticidad es indispensable para mejorar los resultados de la rehabilitación en pacientes con ACV. Las intervenciones tempranas y bien estructuradas, basadas en un conocimiento profundo de los mecanismos neuroplásticos y del aprendizaje motor, pueden acelerar y hacer más eficiente la recuperación. Si bien, se realizaron avances significativos en las últimas dos décadas, la investigación continúa revelando nuevas posibilidades y enfoques terapéuticos, lo que es primordial para ofrecer mejores perspectivas a los pacientes que han sufrido un accidente cerebrovascular.

}

CAPÍTULO I

ENFOQUE CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según la Organización Mundial de Accidentes Cerebrovasculares, el ACV es la segunda causa de muerte y la primera causa de discapacidad a nivel mundial. Cada año se registran 12.2 millones de nuevos casos, de los cuales 6,6 millones son fatales. El ACV afecta a 1 de cada 4 personas en el mundo.

A escala nacional, según estudios estadísticos en poblaciones puntuales, ocupan aproximadamente 120.000 casos anuales, los cuales representan 40.000 muertes y 40.000 nuevas personas con discapacidad cada año. En concordancia con la tendencia global, en la Argentina el ACV, también constituye la segunda causa de muerte y la primera de discapacidad. (OCAL, 2023)

Desde el punto de vista de la rehabilitación, el ACV es un gran generador de discapacidad, tanto física como cognitiva. De la población que sufre ACV, del 15 al 30%, resulta con un deterioro funcional severo a largo plazo.

A pesar de los avances en el manejo del accidente cerebrovascular, la discapacidad resultante sigue siendo un desafío importante. Investigaciones revelan que el tiempo de inicio e intensidad de la rehabilitación es fundamental, se debe iniciar tan pronto como el paciente esté listo y pueda tolerar las terapias con la intensidad apropiada. (Alessandro, y otros, 2020)

El accidente cerebrovascular tiene consecuencias significativas en la vida de los pacientes, y la rehabilitación es importante para su recuperación, sin embargo, se debe investigar más sobre cómo el cerebro responde y se adapta después de un ACV para determinar los tiempos y enfoques más adecuados en la rehabilitación motora del paciente hemipléjico con el fin de minimizar las secuelas, promover la independencia y potencialmente recuperar el daño funcional.

JUSTIFICACIÓN

El accidente cerebrovascular ha ocupado históricamente un lugar muy importante en los perfiles epidemiológicos, con el agravante de sus devastadoras consecuencias para las personas, entre las cuales la hemiplejía se constituye como una de las consecuencias más importante y que conlleva la afectación de la función motora, la funcionalidad general y la calidad de vida de quienes la presentan. (Valencia-Buitrago, Duque-Alzate, Pinzón-Bernal, & Castellanos-Ruiz, 2018)

Es de suma relevancia comprender el fenómeno de la plasticidad en el sistema nervioso central, el cual se refiere a la propiedad de cambiar estructural o funcionalmente su configuración, a partir de respuestas a estímulos provenientes del mundo exterior.

En el pasado, la plasticidad cerebral se entendía sólo como cambios de reparación que se producían después de haber sufrido algún daño y actualmente se sabe que la neuroplasticidad implica cambios estructurales y funcionales en todo el sistema nervioso. Es un proceso indispensable y se basa, también, en el aprendizaje de nuevas habilidades cuando se modifican las condiciones externas o internas del medio, como consecuencia de alteraciones en el funcionamiento del sistema nervioso. La plasticidad da la posibilidad de adaptarse a las condiciones cambiantes del entorno, la autorreparación, el aprendizaje y la memoria. (Morandín-Ahuerma, 2022)

Así mismo, la neuroplasticidad puede trabajar en dos direcciones: eliminando viejas conexiones o posibilitando la creación de otras. Gracias a este proceso, denominado "poda sináptica", se permite desaparecer a las conexiones ineficientes o que se utilizan raramente, mientras que las neuronas que se disponen en rutas de información muy utilizadas serán preservadas, fortalecidas y aumentará su densidad sináptica. (Marta, Carmen, & Tomas, 2012). Es por esto, que es importante que el paciente con ACV puede recuperarse gracias a la neuroplasticidad preservada tras el daño cerebral.

La recuperación del movimiento puede ocurrir mediante procesos de recuperación real o compensación que requieren aprendizaje. Bajo ese esquema de recuperación, los principios del aprendizaje motor podrían facilitar el aprendizaje

de habilidades motoras en pacientes con ACV y favorecer positivamente su rehabilitación. (Sánchez-Silverio, Abuín-Porras, & Rodríguez-Costa, 2020)

El avance en la comprensión del aprendizaje motor, la neuroplasticidad y la recuperación funcional después de un evento de una lesión cerebral ha marcado un logro destacado en la investigación neurológica. El cerebro revela un espectro de capacidades intrínsecas para reaccionar como un sistema altamente dinámico que puede cambiar las propiedades de sus circuitos neuronales. Esta plasticidad cerebral puede conducir a un grado extremo de recuperación espontánea y el entrenamiento rehabilitador puede modificar y potenciar los procesos de plasticidad neuronal. (Hara, 2015)

Es interesante descubrir que nuestro cerebro alcanza su máximo potencial de adaptación poco después del accidente cerebrovascular. (Guadamuz Delgado, Miranda Saavedra, & Mora Miranda, 2022). Este periodo de máximo potencial se correlaciona con estudios longitudinales que han demostrado que la recuperación motora de la hemiparesia se produce a través de una serie de etapas bastante predecibles durante los primeros 6 meses después del accidente cerebrovascular, independientemente del tipo de intervención terapéutica. Durante este tiempo, hay un proceso de recuperación espontánea que alcanza su punto máximo aproximadamente en las primeras 4 semanas y luego disminuye a lo largo de los 6 meses. Por ende, es importante que los programas de rehabilitación motora incluyan prácticas repetitivas y específicas de tareas de alta intensidad en un entorno multidisciplinario para promover la plasticidad neuronal para la recuperación motora. (Li, 2017)

OBJETIVOS

Objetivo general

- Analizar y describir la influencia del tiempo de la neuroplasticidad como factor fundamental para optimizar el aprendizaje motor en pacientes que han sufrido un accidente cerebrovascular.

Objetivos específicos

- Analizar y fundamentar los principales mecanismos de plasticidad cerebral.
- Identificar los abordajes terapéuticos más efectivos para potenciar la plasticidad neuronal durante la rehabilitación motora.
- Identificar los factores intervinientes en la neuroplasticidad.

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En 1888, Santiago Ramón y Cajal propuso que el cerebro está compuesto por neuronas individuales, mientras que Camilo Golgi veía la estructura cerebral como un sincitio continuo. Estas teorías formaron los fundamentos de la neurociencia moderna.

El término neuroplasticidad, introducido por Ernesto Lugaro en 1906, se refiere a la capacidad del cerebro para adaptarse y cambiar estructuralmente en respuesta a experiencias y lesiones. En 1938, Margaret Kennart demostró que las lesiones cerebrales en la corteza motora tienen un menor impacto en edades tempranas debido a una mayor capacidad de recuperación. En 1947, Donald Hebb postuló que la experiencia lleva a una remodelación sináptica. (Garcés - Vieira & Suárez - Escudero, 2014)

Entre 1960 y 1970, estudios sobre la ultraestructura sináptica y factores de crecimiento neuronal transformaron la comprensión del cerebro de una estructura rígida a una adaptable y plástica. En la década de 1970, trabajos de Merzenich, Kaas y Killakey demostraron la reorganización de la corteza somatosensorial después de un daño nervioso periférico en animales adultos tras una lesión inducida. Edward Taud apoyó la investigación y desarrolló los primeros tratamientos reales y aplicables para los pacientes. Demostró, primero con monos rhesus y luego con humanos, que inmovilizar la mitad sana en caso de hemiplejía "obliga" a la parte dañada del cerebro a una rehabilitación más rápida. (Demarin, Morovic, & Béne, 2014)

Los procedimientos tradicionales en la rehabilitación del accidente cerebrovascular se habían enfocado sobre todo en facilitar la recuperación funcional a través de estrategias compensatorias para aliviar las consecuencias de las deficiencias en lugar de abordar sus causas subyacentes. Sin embargo, en los últimos años varios investigadores concuerdan en el extraordinario potencial transformador de la neuroplasticidad. Generando así un cambio en el paradigma de la rehabilitación en accidentes cerebrovasculares, aprovechando la plasticidad cerebral para facilitar la recuperación funcional y promover mejoras sustanciales y duraderas en los pacientes con accidente cerebrovascular. (Aderinto, AbdulBasit, Olatunji, & Adejumo, 2023)

En las últimas décadas, el concepto de la ventana crítica de neuroplasticidad ha ganado relevancia en el ámbito de la rehabilitación. Este concepto hace referencia a que después de una lesión cerebral, hay periodos críticos durante los cuales el cerebro se encuentra más receptivo a la rehabilitación y a la reorganización funcional. (Bernhardt, y otros, 2017) La importancia de intervenir en las etapas iniciales radica en que el cerebro posee una mayor capacidad para adaptarse y formar nuevas conexiones, proporcionando una ventaja significativa para mejorar el aprendizaje motor.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

ACCIDENTE CEREBROVASCULAR

El accidente cerebrovascular (ACV) es un síndrome caracterizado por el inicio agudo de un déficit neurológico que persiste durante al menos 24 horas, que refleja compromiso focal del SNC y que es un resultado de un trastorno de la circulación cerebral. El sitio de compromiso del SNC se sugiere por la naturaleza de los síntomas. Se delimita con más precisión a través de exploración neurológica y se confirma mediante estudios imagenológicos (tomografía computarizada [TC] o imágenes por resonancia magnética [IRM]). Es posible inferir una etiología vascular a partir del inicio agudo de los síntomas y, a menudo, por la edad del paciente, la presencia de factores de riesgo de ACV y la ocurrencia de síntomas y signos que se pueden referir al territorio de un vaso sanguíneo cerebral específico. (Simon, Greenberg, & Aminoff, 2012)

El accidente cerebrovascular consiste en una alteración brusca, transitoria o permanente, de la circulación cerebral que afecta a una o varias zonas del parénquima encefálico, bien en el sentido de una disminución súbita del flujo sanguíneo producida por una oclusión arterial (ACV isquémico) o bien en el de una extravasación de sangre desde el espacio intravascular al interior del tejido cerebral (ACV hemorrágico). El accidente cerebrovascular isquémico representa el 85% de todos los ACV, mientras que el 15% restante corresponde a los hemorrágicos. (Seco Calvo, 2019)

Tipos de accidentes cerebrovascular

Los accidentes cerebrovasculares (ACV) se clasifican atendiendo a diferentes aspectos: etiología, localización o forma de instauración. Según estos criterios, los ACV se dividen en dos grandes grupos: ACV isquémicos y ACV hemorrágicos. Dentro del grupo isquémico, se distingue entre accidente isquémico transitorio (AIT) e infarto cerebral, y es importante conocer sus diferencias. (Seco Calvo, 2019)

El AIT es un episodio transitorio de disfunción neurológica causado por isquemia cerebral focal, de la médula espinal o de la retina, sin infarto cerebral.

El infarto cerebral conlleva otras implicaciones, ya que habitualmente condiciona secuelas y repercusiones en el pronóstico funcional, su duración es mayor de 24 horas y se clasifica en diferentes subtipos en función de la etiología.

El ictus hemorrágico se clasifica atendiendo a su localización; así, en función de donde se localice la sangre extravasada, se hablará fundamentalmente de hemorragia intracerebral, subaracnoidea, epidural o subdural. En las hemorragias intracerebrales es importante lucidar si se trata de una hemorragia primaria, que suele estar en relación con pacientes hipertensos y en localizaciones típicas como los ganglios basales, el tálamo y el cerebelo, o bien si son hemorragias secundarias. Tabla 1 (Seco Calvo, 2019)

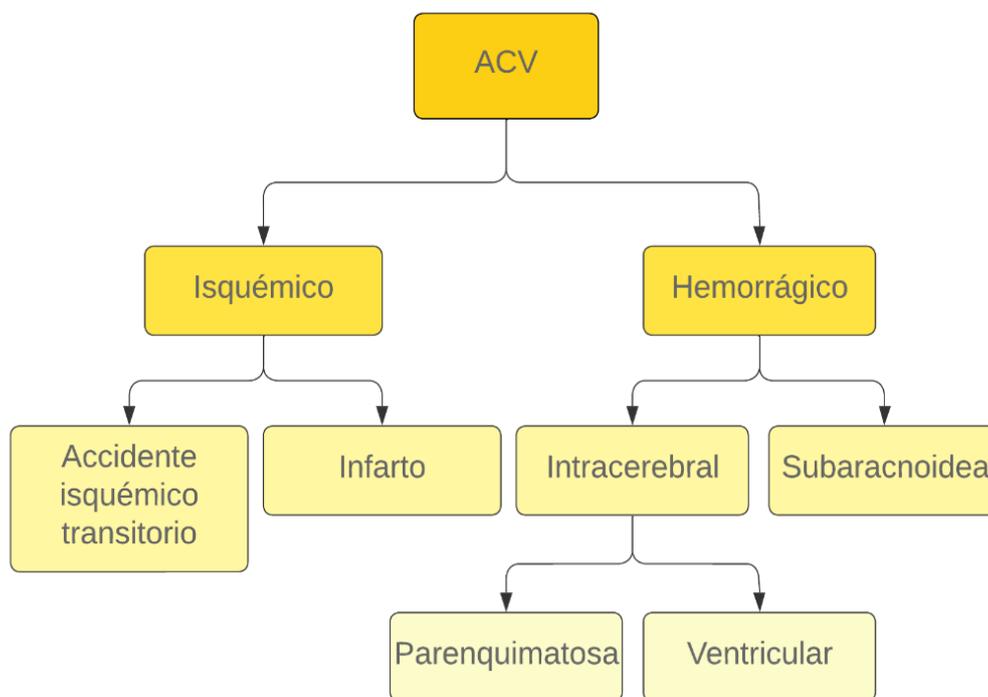


Tabla 1. Clasificación de la enfermedad cerebrovascular según su naturaleza. (Seco Calvo, 2019)

Impacto en la función cerebral y las respuestas adaptativas

El impacto de un derrame cerebral en la función cerebral es una interacción matizada de interrupciones inmediatas y las respuestas adaptativas posteriores del cerebro. A medida que se desarrolla la lesión vascular, la región afectada experimenta una privación repentina de oxígeno y nutrientes, lo que lleva al deterioro de la función neuronal. La gravedad del impacto varía según factores como la ubicación y la extensión del accidente cerebrovascular, lo que contribuye

aún más a la complejidad de las consecuencias neurológicas posteriores al accidente cerebrovascular. (Du, Shen, & Su, 2023)

Interrupciones inmediatas

1. Muerte y disfunción neuronal:

- Los ACV isquémicos a menudo provocan la muerte de las neuronas debido a la falta de oxígeno (hipoxia) y posterior fallo energético.
- Los ACV hemorrágicos, por otro lado, causan daño a través de la liberación de sangre y sus componentes desencadenando inflamación y alterando el entorno celular local.

2. Neurotransmisión alterada:

- La interrupción del flujo sanguíneo compromete la liberación de neurotransmisores, esenciales para la comunicación entre las neuronas, lo que lleva a un deterioro de la señalización y el funcionamiento.

3. Respuesta inflamatoria:

- Ambos tipos de accidentes cerebrovasculares provocan una respuesta inflamatoria, lo que exacerba el daño y contribuye a un microambiente hostil que dificulta la recuperación. (Du, Shen, & Su, 2023)

Respuestas adaptativas y neuroplasticidad

1. Cambios neuroplásticos:

- Capacidad inherente del cerebro para adaptarse, conocida como neuroplasticidad, entra en juego como respuesta al entorno alterado después de un ACV.
- Las neuronas circundantes pueden sufrir cambios estructurales y funcionales para compensar la función perdida con el objetivo de restablecer el equilibrio.

2. Reorganización de redes neuronales:

- En un esfuerzo por mantener la funcionalidad, las neuronas supervivientes pueden establecer nuevas conexiones y reorganizarse redes neuronales existentes, un proceso crucial para la rehabilitación.

3. Compensación funcional:

- Las respuestas adaptativas implican una compensación funcional, donde las regiones no dañadas asumen las responsabilidades de las áreas afectadas para mitigar el impacto en las funciones cognitivas y motoras generales. (Du, Shen, & Su, 2023)

NEUROPLASTICIDAD O PLASTICIDAD CEREBRAL

Por neuroplasticidad se entiende a la capacidad de cambio que tiene el sistema nervioso central (SNC) en respuesta a diferentes lesiones, modificaciones del entorno y demandas fisiológicas. Esta respuesta o adaptación a los retos externos puede consistir en la remodelación neuronal, formación de nuevas sinapsis e incluso nacimiento de nuevas neuronas. La neurociencia moderna propugna, pues, la idea de cerebro constantemente plástico, susceptible de modificar su función y su estructura según las influencias endógenas o exógenas, las cuales pueden ocurrir en cualquier momento de la vida.

Un proceso continuo que permite remodelar el mapa neurosináptico a corto, medio y largo plazo para optimizar el funcionamiento de las redes neuronales. (Cano de la Cuerda, Piédrola Rosa, & Miangolarra Page, Control y Aprendizaje Motor, 2016)

Tipos de neuroplasticidad

- **Plasticidad estructural:** se refiere a la capacidad del cerebro para cambiar realmente su estructura física como resultado del aprendizaje. Se denomina también "plasticidad por crecimiento" e incluye fenómenos como la regeneración axonal, la colateralización o gemación lateral, la sinaptogénesis reactiva y la neurogénesis.
- **Plasticidad funcional o sináptica:** se refiere a la capacidad del cerebro para desplazar las funciones de un área dañada del cerebro a otras áreas no

dañadas. (Cano de la Cuerda & Collado Vázquez, Neurorehabilitación - Métodos específicos de valoración y tratamiento., 2012)

Mecanismos de plasticidad del sistema nervioso

- **Neurogénesis:** consiste en la producción de nuevas células del SNC (neuronas y células gliales). En seres humanos, la generación de nuevas neuronas se ha constatado y descrito en diferentes zonas del sistema nervioso: el bulbo olfatorio, el hipocampo y diferentes áreas de la corteza cerebral. Las células nerviosas también pueden ser formadas en respuesta a una lesión del sistema nervioso y pueden migrar a regiones distales (Fig. 1). (Cano de la Cuerda & Collado Vázquez, Neurorehabilitación - Métodos específicos de valoración y tratamiento., 2012)

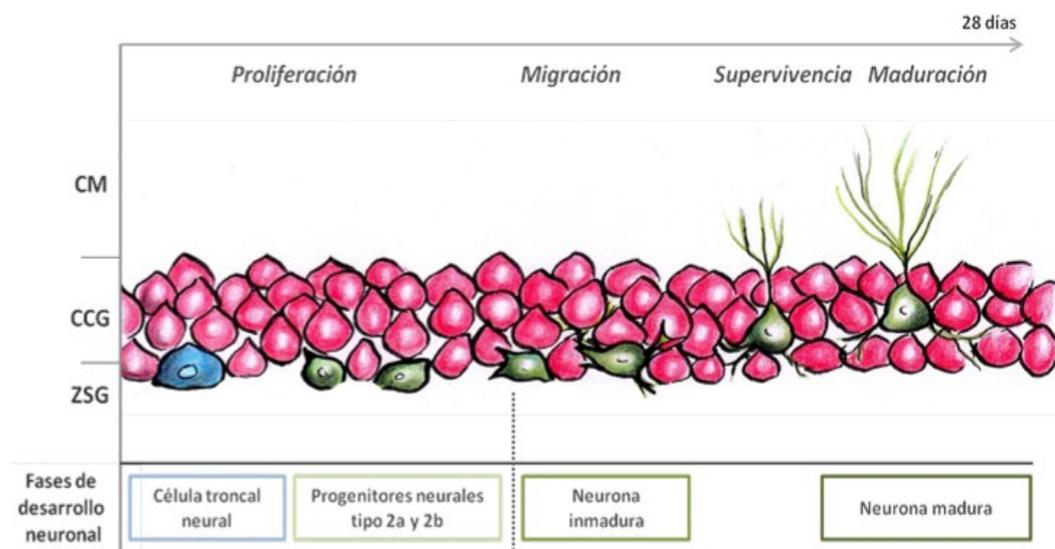


Fig. 1 - Representación de las etapas del proceso de la neurogénesis. (Olivares Hernández, Juárez Aguilar, & García García, 2015)

- **Colateralización y sinaptogénesis reactiva:** estos dos términos forman parte de un único proceso que consiste en la formación de ramificaciones nerviosas a partir de axones intactos e ilesos después del traumatismo (colateralización, sprouting o brotamiento axonal). La colateralización puede ocurrir a partir de axones del mismo tipo de los dañados (homotípica) o de otro tipo (heterotípica). Una vez concluida la colateralización, se produce la formación de nuevas sinapsis que reemplazan a las que se han perdido

(sinaptogénesis reactiva) (Fig. 2). (Cano de la Cuerda & Collado Vázquez, Neurorehabilitación - Métodos específicos de valoración y tratamiento., 2012)

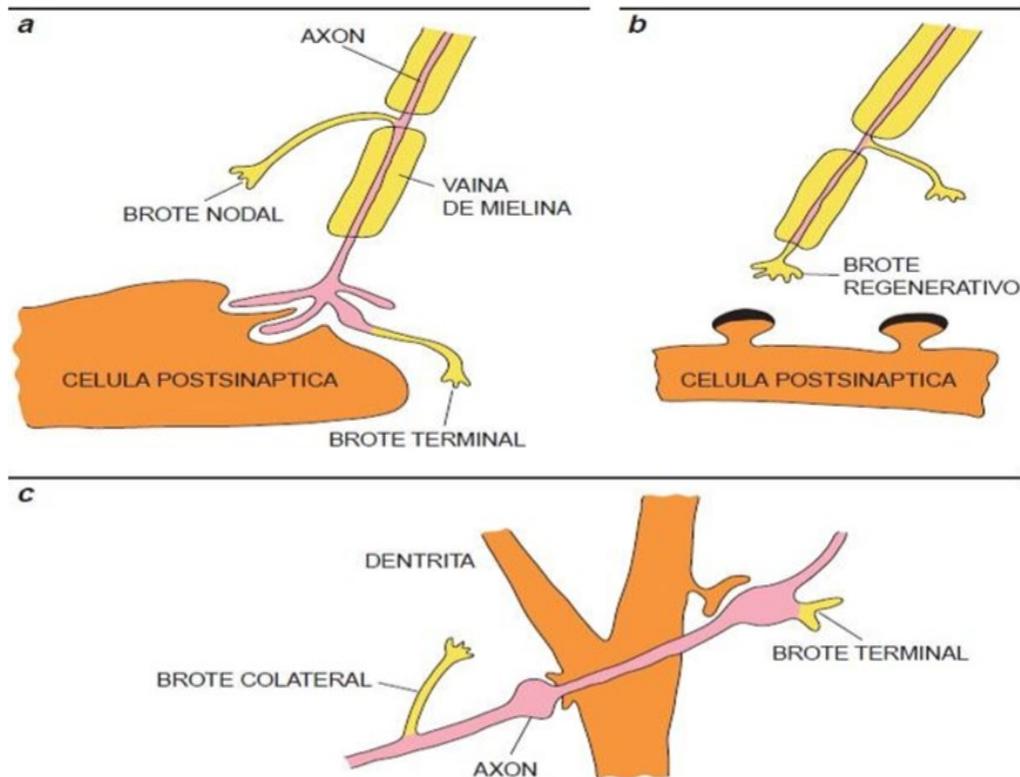


Fig. 2 – Brotes axonales del sistema nervioso de mamíferos adultos. La figura esquematiza su apariencia en dos casos: a) en la unión neuromuscular; c), en una sinapsis típica del SNC, formada entre un axón y una espina dendrítica. Si un axón es interrumpido por una lesión, el muñón terminal puede dar lugar a brotes regenerativos (b). (Sierra Benítez & León Pérez, 2019)

- **Regeneración axonal:** consiste en la reparación y el crecimiento de los axones dañados tras la lesión. El sistema nervioso periférico puede regenerarse lentamente de forma espontánea a partir del muñón proximal. Aunque estos mecanismos también han sido identificados en el SNC, están sujetos a un control endógeno de sustancias inhibitoras del crecimiento asociadas a la mielina y a otros factores, por lo que en el SNC los axones presentan una capacidad neurorregenerativa limitada. (Cano de la Cuerda & Collado Vázquez, Neurorehabilitación - Métodos específicos de valoración y tratamiento., 2012)

Mecanismos fisiológicos de neuroplasticidad

- **Plasticidad sináptica a corto plazo:** la comunicación entre neurona y neurona se produce a través de las sinapsis. Las investigaciones básicas han demostrado que la plasticidad neuronal puede ser expresada como cambios en la eficacia de las sinapsis en función de la actividad desarrollada. De esta forma, las sinapsis silentes (aquellas conexiones que normalmente permanecen en estado inerte) pueden activarse funcionalmente en situaciones excepcionales como el neurotraumatismo, pudiendo llegar a influir en la recuperación del paciente.
- **Plasticidad sináptica a largo plazo:** la eficacia sináptica puede ser facilitada mediante mecanismos vinculados al proceso de potenciación a largo plazo (LPL). Aunque originalmente este proceso se ha relacionado con procesos de memoria, en la actualidad se propone como mecanismo básico implicado en la neuroplasticidad tras la lesión. Por otra parte, la depresión a largo plazo (LTD) es un mecanismo contrario que sirve para reducir la eficacia sináptica. Tanto la LTP como la LTD pueden ocurrir en la misma sinapsis, según la frecuencia a la que el axón sea estimulado.
- **Cambios en los circuitos neuromodulatorios:** la actividad neuronal presente durante condiciones normales, o como respuesta a la lesión, puede ser modulada por mecanismos neurofisiológicos dirigidos a controlar su actividad presináptica o postsináptica (facilitando o inhibiendo), lo que acaba repercutiendo sobre la función del SNC. (Cano de la Cuerda & Collado Vázquez, Neurorehabilitación - Métodos específicos de valoración y tratamiento., 2012)

Cambios neuroplásticos después de un ACV

- **Reorganización cortical**

Uno de los elementos fundamentales de la neuroplasticidad posterior a un accidente cerebrovascular es la reorganización cortical, un proceso en el que las funciones del cerebro dañado migran a otras regiones cerebrales ilesas. Entre 1 y 2 semanas después del accidente cerebrovascular, la actividad regresa al hemisferio lesionado, y la corteza perilesional

preservada asume funciones del cerebro dañado- Algunos estudios de resonancia magnética funcional sugieren que la reorganización cortical con la actividad comienza a regresar al hemisferio lesionado aproximadamente 2 semanas después del accidente cerebrovascular. (Coleman, y otros, 2017)

- **Cambio estructural y regeneración**

La plasticidad neuronal y la recuperación funcional después de un accidente cerebrovascular están respaldadas por cambios estructurales del cerebro. En estudios realizados en animales, la isquemia induce la aparición de nuevas dendritas y axones, principalmente en la corteza perilesional pero también en regiones alejadas de la lesión. Las señales de los factores de crecimiento que promueven la sinaptogénesis se pueden detectar tan pronto como 3 días después del ACV y alcanzan su punto máximo entre los 7 y 14 días. (Coleman, y otros, 2017)

- **Cambios genéticos y epigenéticos**

El factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF) es un gen clave en la recuperación después de un accidente cerebrovascular. Pertenece a la familia de proteínas del factor de crecimiento nervioso y tiene efectos significativos, como la neurogénesis, la diferenciación neuronal, la supervivencia celular y la reducción de la apoptosis tras una agresión isquémica. El BDNF también influye en la plasticidad sináptica y en la recuperación cognitiva. En modelos experimentales de accidente cerebrovascular, la administración de BDNF ha demostrado reducir el volumen del infarto y mejorar la función sensoriomotora.

La epigenética ha cobrado importancia en la recuperación luego de un evento cerebrovascular, especialmente los microARN (miARN), que regulan la expresión genética al unirse al ARN mensajero. Un miARN relevante en este contexto es el MeCP2, que regula la transcripción en neuronas y está implicado en el crecimiento y la maduración neuronal. En estudios con ratones, la ausencia de MeCP2 se asoció con un mayor tamaño del infarto, destacando su papel en la respuesta a un accidente cerebrovascular. (Coleman, y otros, 2017)

Cronograma de las respuestas adaptativas luego de un ACV

Después de un accidente cerebrovascular, el cerebro inicia una serie de respuestas adaptativas, lo que demuestra su notable capacidad de cambio y recuperación. Estas respuestas se desarrollan en distintas líneas de tiempo, lo que refleja la naturaleza dinámica de la neuroplasticidad posterior al accidente cerebrovascular. (Du, Shen, & Su, 2023)

- **Respuestas inmediatas (0-72 horas): inmediatamente**

- **Daño celular e inflamación:** dentro de las primeras horas, las neuronas del área afectada pueden sufrir daño celular debido a la falta de oxígeno y nutrientes. Al mismo tiempo, se desencadena la respuesta inflamatoria, exacerbando el daño inicial.
- **Formación de edema:** a menudo se produce hinchazón o edema, lo que contribuye al aumento de la presión intracraneal y complicando aún más el entorno inmediato posterior al ACV.

- **Respuestas adaptativas tempranas (días a semanas):**

En los días y semanas posteriores a un derrame cerebral, las respuestas adaptativas se vuelven más pronunciadas, con el objetivo de mitigar el impacto del evento cerebrovascular.

- **Reconexión sináptica:** las neuronas supervivientes comienzan a establecer nuevas conexiones, un proceso conocido como reconexión sináptica. Este mecanismo adaptativo tiene como objetivo compensar las conexiones perdidas y mantener la comunicación entre las neuronas.
- **Brote axonal:** las neuronas experimentan un brote axonal, generando nuevas ramas a partir de los axones supervivientes. Este proceso contribuye a la formación de vías neuronales alternativas, facilitando la recuperación funcional.
- **Reorganización cortical:** las adaptaciones en las regiones corticales se hacen evidentes, y las áreas adyacentes asumen funciones que antes eran administradas por las dañadas. Esta reorganización cortical es fundamental para adaptarse a las redes neuronales alteradas.

- **Adaptaciones a largo plazo (meses a años):**

A medida que avanza la recuperación, las respuestas adaptativas persisten durante un periodo prolongado lo que contribuye a mejoras continuas.

- **Compensación funcional:** el cerebro participa en una compensación funcional, redistribuyendo tareas entre redes neuronales intactas para compensar la pérdida de función en áreas dañadas. Este mecanismo compensatorio continúa evolucionando a lo largo de meses y años.
- **Plasticidad sináptica persistente:** el proceso de plasticidad sináptica persiste, lo que permite una continuidad refinamiento de las conexiones neuronales y mejora funcional. (Du, Shen, & Su, 2023)

Secuencia de la plasticidad neuronal después de la lesión

Inmediatamente después de la lesión, se produce la muerte celular junto con una disminución de las vías inhibitoras corticales durante 1 a 2 días, lo que se cree que recluta o desenmascara redes neuronales nuevas y secundarias. Con el tiempo, la actividad de las vías corticales cambia de inhibitora a excitadora, seguido de proliferación neuronal y sinaptogénesis. Se reclutan células tanto neuronales como no neuronales para reemplazar las células dañadas, facilitar el tejido cicatricial gliótico y revascularizar. Semanas después de la lesión, se regulan positivamente nuevos marcadores sinápticos y brotes axonales, lo que permite la remodelación y los cambios corticales para la recuperación. (Puderbaugh & Emmady, 2023)

Neuroplasticidad maladaptativa

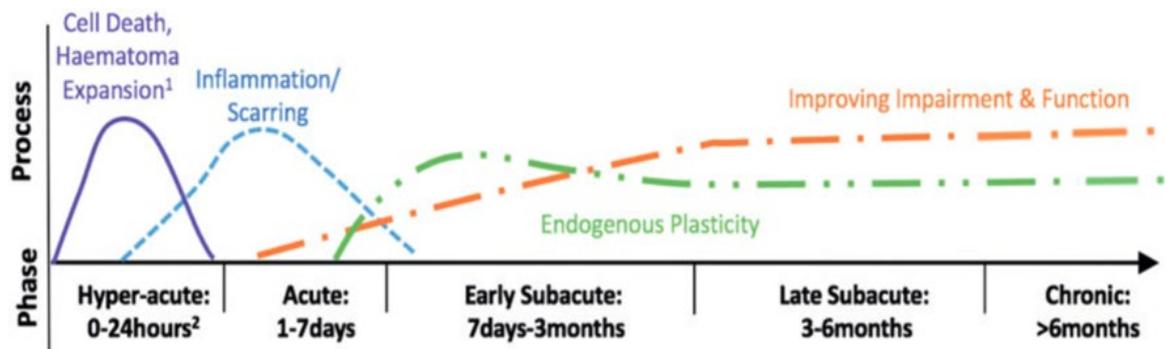
La plasticidad maladaptativa son los cambios producidos en el cerebro que no contribuyen a la recuperación funcional deseada después de una lesión, sino que pueden obstaculizar la rehabilitación o desarrollar síntomas no deseados. En un accidente cerebrovascular, la plasticidad maladaptativa puede manifestarse de varias maneras, incluyendo patrones de movimiento compensatorio (CMP), movimientos anormales involuntarios de aparición tardía (IAM) y el uso de la vía motora ipsilateral como mecanismo de recuperación. Estos cambios pueden resultar en una recuperación menos efectiva y en la perpetuación de déficits

motrices, por ende, para lograr una rehabilitación exitosa, hay que reconocer y abordar con precisión la plasticidad maladaptativa mediante una evaluación exhaustiva del estado neurológico y la implementación de estrategias para prevenir o manejar estos efectos negativos. (Sung Ho, 2013)

Tiempo y neuroplasticidad

Cronología de la recuperación del accidente cerebrovascular

Uno de los desafíos para nuestro campo es determinar el momento óptimo para implementar intervenciones centradas en la recuperación y reparación. El tiempo después de un derrame cerebral a menudo se divide en fases. El Stroke Roundtable Consortium propuso designar las primeras 24 horas como fase hiperaguda, los primeros 7 días como fase aguda, los primeros 3 meses como fase subaguda temprana, los meses 4 a 6 como fase subaguda tardía, y a partir de los 6 meses como fase crónica (Fig. 3). (Grefkes & Fink, 2020)



¹ Haemorrhagic stroke specific. ² Treatments extend to 24 hours to accommodate options for anterior and posterior circulation, as well as basilar occlusion.

Fig. 3 - Gráfico que resume las definiciones de momentos críticos posteriores al accidente cerebrovascular que se vinculan con la biología de la recuperación actualmente conocida. (Bernhardt, y otros, 2017)

Ventana crítica en la rehabilitación motora después de un ACV

La recuperación motora posterior al accidente cerebrovascular sigue en su mayor parte una trayectoria no lineal que alcanza niveles asintóticos unos meses después de la lesión. Este modelo sugiere la existencia de un período de mayor plasticidad en el que el paciente parece responder mejor al tratamiento, la llamada "ventana crítica" para la recuperación. Con el objetivo de caracterizar la estructura

temporal de la recuperación, los modelos animales, y la investigación clínica han identificado una combinación de mecanismos subyacentes a la reparación neurológica que parece ser exclusiva del cerebro lesionado, incluyendo la neurogénesis, la gliogénesis, el brote axonal, el reequilibrio de la excitación y la inhibición en las redes corticales. (Ballester, y otros, 2019)

Estudios en roedores identificaron que el entrenamiento motor intensivo realizado durante esta ventana crítica puede conducir a una recuperación casi completa. Estos hallazgos se han trasladado a investigaciones en humanos adultos que han sufrido un accidente cerebrovascular. En estos estudios, se proporcionó a los pacientes 20 horas adicionales de terapia motora específica, en diferentes fases del proceso de recuperación: ≤ 30 días (fase aguda), 2 a 3 meses (fase subaguda) o ≥ 6 meses (fase crónica). Los resultados indicaron que la intervención realizada en la fase subaguda produjo una mejora considerable en la recuperación motora, que no solo fue estadísticamente significativa, sino también funcionalmente relevante para los participantes. Paralelo a esto, la intervención en la fase aguda también mostró mejoras, pero estas no fueron tan pronunciadas como las observadas en la fase subaguda y finalmente, la intervención en la fase crónica no mostró mejoras significativas. (Dromerick, y otros, 2021)

Cabe destacar que, aunque la ventana crítica marca un período óptimo para la rehabilitación motora a partir de las 24 horas posteriores al ACV hasta los 6 meses aproximadamente, estudios recientes sugieren que esta ventana no debe ser estrictamente limitada a ese periodo inicial. Una investigación llevada a cabo en el año 2019 analizó diversas dinámicas de recuperación después de un accidente cerebrovascular, unificando los resultados de 11 estudios piloto de rehabilitación. Los resultados arrojaron mejoras en la función a lo largo de todas las etapas posteriores al evento. Este efecto mostró un gradiente específico de recuperación que disminuyó exponencialmente y alcanzó niveles asintóticos alrededor de un año y medio después del ACV. Estos resultados resaltan la necesidad urgente de reevaluar la ventana crítica para la recuperación y destacan la importancia de extender la terapia más allá del período óptimo inicial, incluyendo las fases crónicas posteriores al accidente cerebrovascular. (Ballester, y otros, 2019)

Factores intervinientes en la plasticidad cerebral

Existen diferentes factores genéticos y no genéticos que pueden influir en la plasticidad cerebral. Con respecto a los factores genéticos, el genoma humano tiene un número de polimorfismos o variantes para diferentes genes que pueden tener participación en los mecanismos de plasticidad, ya sea de manera directa o mediante la modulación de otros procesos involucrados.

Dentro de los factores no genéticos se mencionan la edad, la educación, las características conductuales, la carga lesional presente en el SNC y los tratamientos farmacológicos que recibe el individuo. Tanto en individuos sanos o con alguna patología, las modificaciones sinápticas pueden verse influenciadas por la experiencia, el ambiente y el entrenamiento. (Demey, Allegri, & Barrera-Valencia, 2014)

HEMIPLEJÍA

La hemiplejía es una patología neurológica que se da como resultado de eventos cerebrovasculares como también de eventos hemorrágicos y traumáticos; este trastorno neurológico produce la reducción de la motilidad en el hemicuerpo del adulto que lo padece. La hemiplejía es la consecuencia de una lesión producida en centros o vías piramidales, de manera que el individuo va a presentar una dificultad en el control voluntario del movimiento. (Lozano Larrea, Benalcázar Game, Gurumendi España, & Vélez Almea, 2023)

Durante la hemiplejía se dan tres etapas

Etapa flácida inicial

Esta etapa se descubre poco después del inicio de la hemiplejía y dura desde algunos días hasta varias semanas incluso más. El paciente no puede mover el lado afectado y, a menudo, no aprecia que tiene un brazo o una pierna de ese lado. Debe utilizar ahora su lado sano en forma diferente, en esta etapa no existe ninguna restricción del rango articular a los movimientos pasivos del lado afecto. Si bien puede no tener aún signos de espasticidad, se puede observar retracción escapular, los dedos y la muñeca pueden estar ligeramente flexionados y con una extensión pasiva y rápida, se puede presentar cierta resistencia a la supinación

completa del antebrazo y de la muñeca, cuando se efectúa con el codo extendido. Los primeros signos de espasticidad se sienten cuando se efectúa la dorsiflexión del tobillo y los dedos del pie, con la cadera y rodilla en extensión. El usuario no puede girar hacia el lado sano, no se puede sentar sin apoyo, ni pararse o caminar, suele caerse hacia el lado afecto y no tiene orientación respecto a la línea media. El brazo y la pierna del lado enfermo pierden su tono, a la par que la boca se desvía hacia el lado sano bajo la acción de los músculos indemnes. (Bobath, 1993)

Etapa de espasticidad

La espasticidad suele desarrollarse lentamente con predilección por los músculos flexores de los miembros superiores y los extensores de los miembros inferiores. La espasticidad suele aumentar con las actividades y con el esfuerzo durante los primeros 18 meses. No obstante, algunos pacientes desarrollan fuerte espasticidad bastante rápido, es decir, en algunos días. A medida que se desarrolla la espasticidad existe una resistencia creciente a ciertos músculos pasivos, los grupos musculares más afectados son los depresores de la cintura escapular y el brazo, los fijadores y retractores de la escápula, los flexores laterales del tronco, los abductores y rotadores internos del brazo, los flexores y pronadores del codo y la muñeca y los flexores y aductores de los dedos.

Si bien la espasticidad es transitoria durante la etapa flácida, se observa la hipertonía, pero en la segunda etapa, el brazo y la pierna adquieren una postura permanente y bastante típica, el brazo y la mano en flexión, rotación interna y pronación, la pierna en extensión con el pie en flexión plantar y supinación. Cuando está sentado el usuario lleva más peso sobre la cadera sana que sobre la afectada, existe una flexión lateral del tronco, el hombro del lado afecto se mantiene más bajo que el del lado sano y todo el peso lo lleva sobre la pierna sana, mientras el usuario se empuja hacia arriba con el brazo sano. Puede pararse, pero todo su peso está sobre la pierna sana y no puede permanecer de pie sobre una base pequeña. (Bobath, 1993)

Etapa de recuperación relativa

Los pacientes que alcanzan la tercera etapa de recuperación relativa serán aquellos que no estaban gravemente afectados al inicio y que han logrado una buena recuperación. Estos pacientes pueden caminar sin ayuda, pueden utilizar el brazo afectado como apoyo o sostener un objeto en la mano si se lo colocan en ella. En esta etapa la espasticidad es ligera y, en consecuencia, no impide el movimiento. No obstante, aún ocurre un aumento transitorio de la espasticidad cuando el paciente realiza un esfuerzo, camina rápidamente o se excita; la coordinación luego se deteriora. La rodilla y el pie se vuelven rígidos, y aumenta la flexión del brazo y la mano, lo que vuelve difícil, torpe y lento el uso de los dedos para la manipulación. En la mayoría de los pacientes, los pequeños movimientos localizados del codo, la muñeca y los dedos, y los de la rodilla, el tobillo y los dedos del pie son imposibles. (Bobath, 1993)

ROL DEL KINESIÓLOGO/A EN LA REHABILITACIÓN DESPUÉS DE UN ACV

El objetivo de la rehabilitación después de un accidente cerebrovascular es maximizar la recuperación del movimiento y la independencia en la vida cotidiana para minimizar las complicaciones secundarias, en especial las que conllevan riesgo de lesión.

El kinesiólogo/a tiene un papel principal en la rehabilitación de una persona después de un ACV. Debe desempeñar distintas funciones y precisa un conocimiento de las técnicas científicas de medición, valoración y manipulación, así como del tratamiento basado en la evidencia. Como asesor, el kinesiólogo/a utiliza habilidades de observación y conocimiento científico para registrar y analizar el movimiento y la capacidad funcional como así también debe ser capaz de desarrollar la pericia para reconocer respuestas positivas y negativas a las intervenciones terapéuticas, para evitar así resultados negativos y conseguir resultados positivos. (Stokes & Stack, 2013)

El tratamiento demanda esfuerzo por parte del paciente y la calidad del proceso de rehabilitación depende de la calidad de la asociación operativa entre el kinesiólogo/a y la persona con accidente cerebrovascular. La destreza del kinesiólogo/a consiste en comprender el problema de movimiento y en responder

apropiadamente a las respuestas del paciente frente a la intervención terapéutica. El kinesiólogo/a debe aprender a considerar las capacidades y discapacidades de la persona con accidente cerebrovascular y a supervisar las fluctuaciones en el control y en el tono motores como consecuencia de la recuperación, la independencia y el tratamiento. (Stokes & Stack, 2013)

APRENDIZAJE MOTOR

El aprendizaje motor es un conjunto de procesos asociados a la práctica y la experiencia que conducen a cambios relativamente permanentes en la capacidad de producir movimientos.

El paciente con ACV puede recuperarse gracias a la neuroplasticidad preservada tras el daño cerebral. La recuperación del movimiento puede ocurrir mediante procesos de recuperación real o compensación que requieren aprendizaje. Bajo este esquema de recuperación, los principios del aprendizaje motor podrían facilitar el aprendizaje de habilidades motoras en pacientes con ACV y favorecer positivamente su rehabilitación.

Autores establecen que la capacidad de aprendizaje motor no está abolida tras un accidente cerebrovascular. Debido a su asociación con la reorganización funcional en áreas corticales y a su distribución generalizada entre diferentes áreas cerebrales, la capacidad de aprendizaje motor no se pierde completamente después del ACV. Se ha catalogado al aprendizaje motor como un componente indispensable en la recuperación motora del paciente con ACV.

En el cerebro afectado por un ACV, el entrenamiento motor puede inducir neuroplasticidad y generar un proceso de aprendizaje motor. (Sánchez-Silverio, Abuín-Porras, & Rodríguez-Costa, 2020)

TÉCNICAS DE NEURORREHABILITACIÓN

Estrategias terapéuticas basadas en el aprendizaje motor

Existen estrategias que pueden ser utilizadas para promover procesos asociados al aprendizaje motor. Una de las más frecuentemente utilizadas es la práctica. El diseño de mejores prácticas no solo promueve efectos inmediatos en el desempeño motor, sino que garantiza el aprendizaje a largo plazo al promover la

retención y la transferencia de habilidades. (Sánchez-Silverio, Abuín-Porras, & Rodríguez-Costa, 2020)

Enfoques terapéuticos basados en el aprendizaje motor

Técnica del neurodesarrollo (NDT)

Una de las estrategias terapéuticas más reconocidas a nivel mundial es el Concepto Bobath que se conoce como la técnica del neurodesarrollo (NDT). Esta técnica implica que los pacientes con ictus participarán activamente en ejercicios asistidos por el kinesiólogo/a que utilizará puntos claves de manipulación y patrones de inhibición de reflejos para realizar ejercicios. El enfoque Bobath trabaja en diferentes tipos de disfunciones del movimiento y se basa en la implicación activa de los pacientes para que puedan desarrollar el control motor (Fig. 4). (Pathak, Gyanpuri, Dev, & Dhiman, 2021)



Fig. 4 - Facilitación del paso de sedestación a bipedestación. (Seco Calvo, 2019)

Terapia de espejo (Mirror therapy)

La terapia con espejo, también denominada mirror therapy o visual mirror feedback. La técnica consiste en situar un espejo en la línea media del cuerpo para ofrecer una imagen reflejada del miembro sano, que se superpone a la del miembro afectado. El paciente realiza movimientos con la extremidad sana, y gracias a la imagen reflejada por el espejo, el movimiento se percibe como si lo estuvieses haciendo con el miembro afectado.

Existen pruebas de que esta ilusión visual producida por la imagen del espejo activa áreas cerebrales específicas del hemisferio afectado que tienen un efecto positivo en la recuperación motora y sensitiva (Fig. 5). (Bisbe Gutiérrez, Santoyo Medina, & Segarra Vidal, 2012)



Fig. 5 - (Terapia en espejo, 2016)

Terapia de movimiento inducido por restricción (CIMT)

La terapia inducida por restricción inducida del movimiento es una técnica en la que se busca el uso forzado e intensivo de la extremidad afectada tras una lesión neurológica. Después de sufrir un ictus, el paciente tiende a recurrir a estrategias compensatorias para no utilizar las extremidades afectadas (aprendizaje del no uso); así, la persona afectada carga el peso corporal sobre la pierna sana y realiza la mayor parte de las actividades de la vida diaria con el brazo sano. Existen evidencias de que, tras un accidente cerebrovascular, el reentrenamiento físico intensivo de las partes afectadas favorece la reparación de las áreas motoras corticales que resultaron dañadas por la lesión.

La terapia consiste en limitar el uso de la extremidad menos afectada durante el 90% de las horas diurnas durante dos semanas. De esta forma se produce el sobreuso forzado de la extremidad más afectada, que incrementa el área cortical involucrada en el movimiento de ese miembro (Fig. 6). (Bisbe Gutiérrez, Santoyo Medina, & Segarra Vidal, 2012)



Fig. 6 - (Terapia de movimiento inducido por restricción del lado sano en daño cerebral, 2021)

Suspensión parcial sobre tapiz rodante (SPTR)

Por otra parte, la marcha en suspensión parcial sobre tapiz rodante (SPTR) permite a las personas que no pueden deambular o que tiene diferentes grados de limitación para hacerlo practicar repetidamente el ciclo de la marcha para su mejora y optimización. Se demostró que un estímulo sensorial específico, asociado a la locomoción, era integrado e interpretado por un conjunto de circuitos neuronales en la médula espinal (el centro reflejo de la marcha) para generar una respuesta motora coordinada (Fig. 7). (Cano de la Cuerda, Piédrola Rosa, & Miangolarra Page, Control y Aprendizaje Motor, 2016)



Fig. 7 - (Entrenamiento con suspensión de peso en neurorrehabilitación • Neuraxis)

El gran auge del aprendizaje motor en la neurorehabilitación ha servido como fundamento para enfoques terapéuticos que buscan facilitar el aprendizaje de habilidades y la recuperación en el ACV.

Los principios del aprendizaje motor han sido estudiados no solo con protocolos de rehabilitación estandarizados, sino también mediante equipos terapéuticos de estimulación y nuevas tecnologías como, por ejemplo: realidad virtual, terapia robótica, estimulación cerebral no invasiva, entrenamiento bilateral, etc. (Sánchez-Silverio, Abuín-Porras, & Rodríguez-Costa, 2020)

Realidad virtual

La realidad virtual es una tecnología en continuo desarrollo clínicamente utilizada para optimizar el aprendizaje motor. Esta tecnología genera un entorno virtual y multisensorial que permite experimentar eventos simulados en el mundo real. La realidad virtual crea un entorno interactivo y motivador donde la intensidad de la práctica y la retroalimentación se pueden manipular para idear tratamientos individualizados para entrenar el movimiento. Estos equipos habitualmente constan de una pantalla virtual, montada en la cabeza o en un monitor estándar, un dispositivo de rastreo de movimiento y un sistema de retroalimentación sensorial.

La idea principal detrás de la realidad virtual es suscitar una mayor motivación en el paciente que garantice una mayor participación en la rehabilitación. Esta motivación de los pacientes permite aplicar periodos y dosis de prácticas más prolongadas que conducen a una mayor práctica repetitiva que estimula el aprendizaje motor.

A pesar de las ventajas que ofrece la realidad virtual, los costos en algunos equipos podrían limitar su aplicación en contextos clínicos. Aunque estos sistemas podrían facilitar el aprendizaje motor al promover una mayor motivación en pacientes con ACV, se ha sugerido continuar investigando sus aportes en el campo de la rehabilitación (Fig. 8). (Sánchez-Silverio, Abuín-Porras, & Rodríguez-Costa, 2020)



Fig. 8 - (FIT INCLUSIVE, 2022)

Terapia robótica

Recientemente los dispositivos robóticos han sido catalogados como instrumentos ideales para abordar los desafíos de la neurorrehabilitación. Estos dispositivos, que poseen sensores que registran el movimiento, pueden tener la forma de un brazo robótico accionado o un traje robótico que encierra la extremidad afectada constituyendo un exoesqueleto. Una gran ventaja de estos dispositivos es que pueden asistir al paciente durante la ejecución de patrones de movimiento.

El entrenamiento robótico ofrece potenciales ventajas en la rehabilitación del ACV por incluir la asistencia controlable durante los movimientos y las cuantificables medidas del desempeño motor del paciente. De igual manera, los dispositivos robóticos pueden facilitar un entrenamiento intensivo y orientado a las tareas que puede promover el aprendizaje motor y beneficiar la recuperación motora tras un ACV. Por el contrario, a sus beneficios, el uso de robots a nivel cotidiano puede ser muy limitado por los elevados costos de sus equipos (Fig. 9). (Sánchez-Silverio, Abuín-Porras, & Rodríguez-Costa, 2020)

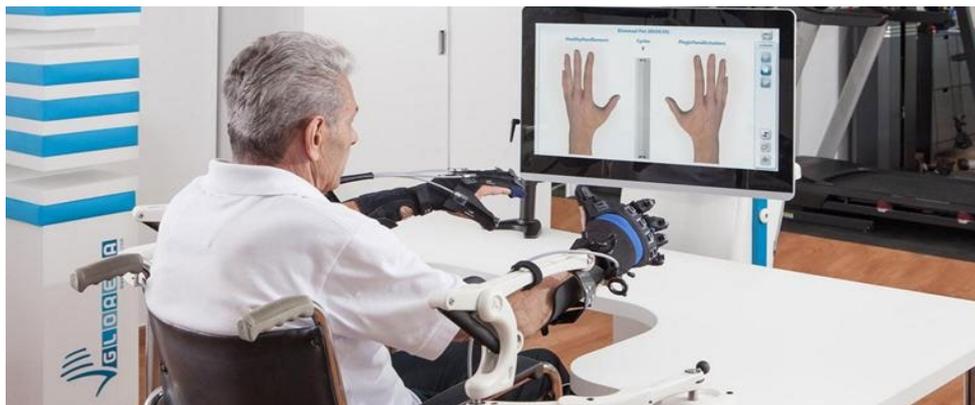


Fig. 9 - (Robot para la rehabilitación del miembro superior neurológico., 2018)

Estimulación magnética transcraneal

Esta técnica permite la estimulación del tejido nervioso de la corteza, la médula espinal y los nervios periféricos de una forma no invasiva e indolora, y permite interferir en la actividad normal del cerebro si se aplica de una manera repetitiva. Cuando se aplica la estimulación magnética transcraneal, una corriente eléctrica pasa a través de una bobina de estimulación situada sobre el cuero cabelludo, de modo que, si esta tiene la fuerza y la duración adecuadas, se generan campos magnéticos que penetran en el cráneo y las meninges y alcanzan el cerebro sin casi atenuarse. Los campos magnéticos generados inducen una corriente eléctrica en el tejido neural. El éxito terapéutico de esta técnica se debe a que permite modular la actividad cerebral en regiones corticales afectadas por una lesión de una forma duradera, y producir cambios deseables en la actividad cerebral para normalizar las alteraciones (Fig. 10). (Bisbe Gutiérrez, Santoyo Medina, & Segarra Vidal, 2012)

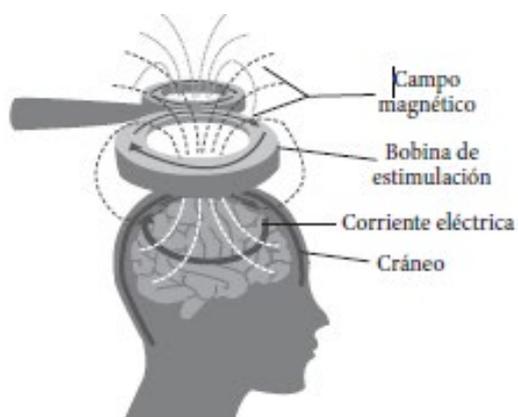


Fig. 10 - Representación gráfica de la aplicación de un protocolo de estimulación magnética transcraneal. (Hevia Orozco et al., 2022)

Entrenamiento bilateral

El entrenamiento bilateral, conocido como transferencia bimanual, es un proceso donde el sistema neuromotor recupera información relevante para el aprendizaje de la extremidad entrenada, y la transfiere a la extremidad opuesta no entrenada. Mediante este fenómeno la experiencia obtenida en un miembro entrenado tiene un impacto beneficioso sobre el miembro contralateral no entrenado. Este es un enfoque de gran relevancia para la rehabilitación del ACV, ya que el paciente puede analizar las características de habilidad entrenada y utilizar esa experiencia para favorecer la práctica del lado afectado. (Sánchez-Silverio, Abuín-Porras, & Rodríguez-Costa, 2020)

INTEGRACIÓN DE CONOCIMIENTOS SOBRE NEUROPLASTICIDAD EN LA PRÁCTICA CLÍNICA CONVENCIONAL

Aunque la neuroplasticidad es muy prometedora, no es fácil incorporar estos conocimientos a la práctica terapéutica. Algunos profesionales pueden entender sólo parcialmente los hallazgos más recientes sobre la neuroplasticidad y sus implicaciones. La educación y la capacitación continuas son fundamentales para cerrar la brecha entre la investigación y la práctica. Un problema que debe resolverse es la creación de técnicas estandarizadas para evaluar la neuroplasticidad y la capacidad de respuesta a las terapias.

Se requiere una gestión cuidadosa del tiempo y los recursos para la incorporación de los descubrimientos de la neuroplasticidad en la práctica clínica aceptada. Se necesitan sesiones de rehabilitación frecuentes y prolongadas para la mejor recuperación con la rehabilitación basada en la neuroplasticidad, que a veces requiere un compromiso de tiempo significativo por parte de los pacientes y los proveedores de atención médica. Se requiere proporcionar recursos para programas de capacitación especializados, ya que garantizar que los profesionales de la salud reciban la capacitación adecuada es necesario para implementar con éxito estas medidas. Aunque se debe considerar la relación costo-efectividad y la asignación de recursos, las instalaciones y la tecnología especializadas pueden ser esenciales para respaldar las terapias centradas en la neuroplasticidad. Para implementar con éxito la rehabilitación basada en la neuroplasticidad, se debe

optimizar la utilización de los recursos considerando la motivación y la participación activa del paciente. (Zotey, Andhale, Shegekar, & Juganavar, 2023)

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

Tipo y diseño de investigación

La presente investigación se basa en una revisión sistemática de carácter descriptivo y cualitativo de corte transversal. Se busca recopilar, describir y analizar datos en un momento determinado después de un accidente cerebrovascular (ACV) para entender mejor la rehabilitación del aprendizaje motor en pacientes con hemiplejía desde el punto de vista de la neuroplasticidad.

Para realizar esta revisión sistemática, se llevaron a cabo búsquedas en diversas bases de datos como Elsevier, Scielo, PubMed, Google académico, Dialnet, Science Direct, Medigraphic, NIH y en libros destacados en neurorrehabilitación, control y aprendizaje motor. Los criterios de inclusión y exclusión establecidos guiaron la selección de los estudios analizados, garantizando que los artículos fueran relevantes para el tema y cumplieron con los requisitos pautados.

Materiales y métodos

Para evaluar la relevancia del tiempo en la rehabilitación del aprendizaje motor en pacientes con hemiplejía tras un evento cerebrovascular, se realizó una revisión bibliográfica científica publicada entre los años 2013 y 2023. Esta revisión tuvo un enfoque en los mecanismos de la neuroplasticidad y su relación con la rehabilitación motora, particularmente de la ventana crítica de la neuroplasticidad.

Técnica de recolección de datos

En esta investigación la técnica de recolección de datos será a través de las plataformas Elsevier, Scielo, PubMed, Google académico, Dialnet, Science Direct, Medigraphic, NIH y en libros destacados en neurorrehabilitación, control y aprendizaje motor.

Las palabras claves utilizadas para la búsqueda son tales como: accidente cerebrovascular, neuroplasticidad, neurorrehabilitación, plasticidad, neurona, ACV, neuroimagen, cerebro, sinapsis, neurogénesis, ictus, fisioterapia, hemiplejía,

stroke, neurorehabilitation, stroke rehabilitation, aprendizaje motor, neurorehabilitation, brain plasticity, neuronal plasticity.

Criterios de inclusión

Para asegurar la relevancia de los estudios en esta revisión sistemática, se definieron los siguientes criterios de inclusión:

- Artículos científicos publicados entre el año 2013 y 2023
- Artículos científicos en idioma español, inglés y portugués.
- Artículos científicos del tema en estudio en pacientes masculinos con edades comprendidas entre 40 y 65 años de edad.

Criterios de exclusión

Para asegurar la relevancia de los estudios en esta revisión sistemática, se definieron los siguientes criterios de exclusión:

- Artículos científicos que no estén en idioma español, inglés y portugués.
- Artículos que indiquen un seguimiento de casos.
- Artículos científicos de pacientes fuera del rango etario estudiado.
- Artículos científicos que incluyan a pacientes pediátricos.
- Artículos científicos con pacientes que tengan otra condición neurológica o psiquiátrica asociada.

Selección de artículos

El proceso inicial de selección se realizó examinando títulos y resúmenes, utilizando los criterios de selección establecidos en las diferentes bases de datos. Seguidamente, se efectuó una evaluación para eliminar artículos duplicados. Posteriormente, se implementó una segunda fase de selección en la cual se leyeron los estudios seleccionados a texto completo para confirmar su cumplimiento con los criterios de inclusión y exclusión establecidos para determinar por medio de una lectura crítica los artículos científicos que pasarían a formar parte de esta revisión.

Resultados

Tras realizar la búsqueda bibliográfica se han obtenido un total de 161 resultados que proceden de las bases de datos consultadas. Una vez aplicados los filtros de búsqueda, se han excluido 39 artículos, manteniendo 122 del total. Después de una lectura simple del título y resumen, se han eliminado 57 artículos. De los 65 artículos restantes, 13 fueron eliminados por encontrarse duplicados. Finalmente, tras la lectura completa de los 52 artículos mantenidos, 25 de ellos fueron eliminados por cumplir los criterios de exclusión. De esta forma, son 27 los artículos seleccionados para desarrollar esta revisión sistemática.

Limitaciones del estudio

La presente revisión sistemática no está exenta de limitaciones. El empleo de terminología específica para la búsqueda bibliográfica puede haber llevado a la exclusión de estudios relevantes que no coinciden exactamente con estos términos. También, la búsqueda bibliográfica, la selección de artículos científicos, la evaluación de la calidad metodológica fue realizada por un único investigador, lo que puede haber introducido sesgos en la selección y evaluación de los estudios. Finalmente, haber seleccionado artículos solo en idioma español, inglés y portugués, junto con la limitación a publicaciones posteriores al 2013, ha podido excluir estudios de gran relevancia.

CAPITULO IV

CONCLUSIÓN

Este trabajo tuvo como objetivo investigar la relevancia del tiempo en la rehabilitación del aprendizaje motor en pacientes con hemiplejia tras un evento cerebrovascular, centrándose en la ventana crítica de la neuroplasticidad. Los estudios revelan que la intervención temprana, a partir de las 24 horas posteriores al evento, dependiendo del estado clínico del paciente, tiene un impacto significativo en la posterior recuperación. Es importante adaptar la rehabilitación motora a las necesidades de cada paciente, teniendo en cuenta la edad, las comorbilidades, la gravedad del accidente, el tipo de deficiencias motoras y el estado de conciencia.

La bibliografía indica que el cerebro alcanza su máximo potencial de adaptación tras el accidente cerebrovascular durante ciertos períodos óptimos, conocidos como ventana crítica de neuroplasticidad, donde se promueven el crecimiento dendrítico, la brotación axonal y la formación de nuevas sinapsis. Por eso, aprovechar esta fase inicial es primordial para lograr una mayor recuperación funcional.

Una de las investigaciones analizadas sugiere que la neuroplasticidad no se limita a los primeros treinta días después de ocurrido el evento. Esta investigación demuestra que, aunque la intervención temprana es importante, los procesos adaptativos del cerebro pueden continuar hasta un año después del accidente cerebrovascular, mostrando un gradiente específico de recuperación que disminuye exponencialmente y alcanza niveles asintóticos después de un año y medio, lo que indica que la ventana crítica no es tan estrecha como se pensaba inicialmente, y que la rehabilitación debe continuar a lo largo de las distintas etapas de recuperación para mejorar los resultados.

Adaptar las intervenciones terapéuticas a las necesidades y características individuales de los pacientes con accidente cerebrovascular se vuelve imperativo para optimizar su recuperación y capitalizar los beneficios que ofrece la neuroplasticidad. Estas intervenciones deben contar con programas de rehabilitación que se focalicen en la intensidad, duración y calidad de los ejercicios, así como integrar actividades aeróbicas en el plan de tratamiento, cada

planificación debe ser adaptada a las necesidades individuales para optimizar la recuperación funcional del paciente.

El aprendizaje motor y sus diversas estrategias poseen un rol importante en la rehabilitación del accidente cerebrovascular. La práctica, el entrenamiento repetitivo y la retroalimentación son principios con beneficios significativos que pueden desencadenar una reorganización cerebral y favorecer el reaprendizaje de habilidades motoras en pacientes con ACV. Sumado a esto, los enfoques terapéuticos, tanto estandarizados como emergentes, han incorporado estos principios dentro de sus protocolos para promover el aprendizaje motor en esta población neurológica.

Movilizar a los pacientes cuanto antes es importante para evitar complicaciones como rigidez, pérdida de tono muscular, trastornos circulatorios, úlceras por presión, deformidades, entre otras. Atrás queda la idea de indicar que los pacientes queden inmovilizados en cama por mucho tiempo luego de un evento cerebrovascular, ya que, como se mencionó anteriormente es perjudicial. Comenzar con la rehabilitación motora temprana no solo permite aprovechar mejor la ventana crítica de neuroplasticidad, sino que también mejora el estado general del paciente.

Por otra parte, es necesario que la rehabilitación sea acorde a las necesidades de la persona, con una buena planificación y objetivos claros. Una práctica inadecuada puede fomentar la plasticidad maladaptativa, es decir, la formación de patrones de movimiento compensatorios disfuncionales que resultan en una recuperación deficiente. Estos patrones alterados pueden aparecer cuando el abordaje no se realiza en los tiempos apropiados o no hay una planificación adecuada, lo que refuerza comportamientos compensatorios que, con el tiempo, se vuelven más difíciles de corregir. Debido a esto se debe llevar a cabo un seguimiento y una planificación basada en la repetición y la intensidad, para evitar la consolidación de los patrones maladaptativos y promover una buena recuperación funcional.

De cara al futuro, las estrategias de precisión, los avances tecnológicos como la realidad virtual, la terapia robótica, la estimulación cerebral no invasiva, etc. y la colaboración interdisciplinaria están preparados para redefinir el panorama

de la neuroplasticidad aplicada a la recuperación. Es por esto, por lo que la relevancia del tiempo es importante, ya que aprovecha los momentos óptimos del cerebro después de la lesión. La participación activa del paciente, la toma de decisiones basada en datos y las intervenciones específicas por edad señalan un cambio de paradigma hacia un enfoque más personalizado y eficaz, contribuyendo así a una mejor calidad de vida para el paciente.

Finalmente, en este panorama en evolución, el papel de los enfoques individualizados es primordial. Al reconocer la singularidad del perfil neuroplástico de cada paciente, la rehabilitación se puede adaptar para optimizar los resultados, esto no solo maximiza el potencial de la neuroplasticidad del paciente, sino que también garantiza que los esfuerzos de recuperación sean significativos, sostenibles y estén alineados con los objetivos y aspiraciones de las personas en su camino hacia la recuperación después del accidente cerebrovascular.

CAPITULO V

RECOMENDACIONES

Una creciente comprensión dentro de las comunidades científica y médica ha subrayado el extraordinario potencial transformador inherente a la neuroplasticidad. Este reconocimiento ha provocado un cambio de paradigma en la rehabilitación de accidentes cerebrovasculares, enfatizando el aprovechamiento de la neuroplasticidad para facilitar la recuperación funcional y promover mejoras sustanciales y duraderas en los resultados a largo plazo para los sobrevivientes de accidentes cerebrovasculares.

Por lo expuesto anteriormente, se sugieren las siguientes recomendaciones:

- **Comenzar con la rehabilitación posterior a las 24 horas del evento cerebrovascular con el paciente estable**

En las primeras horas después del inicio de la isquemia cerebral, se activan mecanismos que promueven la plasticidad cerebral, como la formación dendrítica, el crecimiento axonal y la creación de nuevas sinapsis. La rehabilitación en la fase aguda resulta en mejoras significativas en el aprendizaje motor.

A pesar de que la rehabilitación motora debe iniciarse de forma temprana, es importante saber que los procesos adaptativos del cerebro pueden continuar durante un lapso de tiempo más extenso luego del evento. Estudios demuestran que la recuperación disminuye exponencialmente y alcanza niveles asintóticos alrededor del año y medio, lo que significa que la ventana crítica para la plasticidad cerebral no es tan estrecha como se pensaba en un comienzo, por ende, la rehabilitación debe continuar a lo largo de las distintas etapas de recuperación para mejorar los resultados.

- **Escucha activa e inclusión familiar**

Un buen feedback con el paciente tiene un efecto positivo en su estado de ánimo. Los elogios pueden generar un estado de ánimo positivo y aumentar la motivación para realizar una habilidad motora. Investigaciones revelan que las habilidades de comunicación entre los profesionales de salud, el entorno de rehabilitación, el establecimiento de objetivos, el

suministro de información y la presencia de miembros de la familia durante la práctica afectan la motivación del paciente con respecto a la rehabilitación.

- **Realizar evaluaciones detalladas del estado del paciente**

Es importante identificar en qué etapa de recuperación se encuentra el paciente, las evaluaciones deben incluir gravedad del daño neurológico, así como un seguimiento continuo de la progresión de la recuperación y los cambios en las capacidades funcionales del paciente.

- **Las intervenciones de rehabilitación deben realizarse a alta intensidad (dosis, frecuencia y duración del entrenamiento) e implicar una práctica desafiante.**

Estos elementos de la práctica son necesarios para activar mecanismos plásticos que facilitan la reorganización cerebral. Se requieren muchas repeticiones de las tareas motoras para asegurar una estimulación neuronal duradera y efectiva.

- **Realizar entrenamiento repetitivo orientado a tareas específicas y dirigidas a objetivos.**

El entrenamiento repetitivo de alta dosis es efectivo para mejorar los movimientos específicos que se practican, pero estas mejoras suelen estar limitadas a esos movimientos, y la capacidad de aplicar estas habilidades a otros patrones de movimiento no entrenados es limitada. Hay que centrarse en tareas y objetivos específicos para maximizar los resultados.

- **Integración de actividades aeróbicas en el plan de rehabilitación.**

El ejercicio aeróbico puede ser un medio particularmente eficaz para mejorar la capacidad del sistema motor para la plasticidad. Se debe destacar que el ejercicio aeróbico por sí solo no induce neuroplasticidad, sino que promueve el desarrollo de un entorno neuronal que apoya la plasticidad.

El ejercicio aeróbico facilita la neuroplasticidad de múltiples maneras, promueve la compensación de las áreas cerebrales supervivientes; mejora las conexiones interhemisféricas; aumenta la plasticidad sináptica mediante la regulación de las neurotrofinas, la actividad sináptica y la estructura; y acelera la reorganización y regeneración neuronal.

- La práctica debe ser progresiva y adaptarse de manera óptima a la capacidad del individuo y al contexto ambiental

La práctica debe ajustarse a las habilidades actuales del paciente y se deben adaptar a su entorno cotidiano. La práctica progresiva asegura que el paciente no se sienta frustrado debido a que los desafíos aumentan de forma controlada.

- Promover las prácticas actualizadas mediante el desarrollo profesional continuo en salud.

El desarrollo profesional continuo es la base para garantizar que los profesionales de la salud mantengan sus conocimientos y habilidades actualizados. Esto no solo mejora la atención al paciente, sino que también eleva el nivel de cuidado y contribuye a una mayor satisfacción del paciente.

- Fomentar el trabajo de un equipo interdisciplinario coordinado, con estrecha comunicación entre sus integrantes y centrado en el paciente.

Trabajar en equipo de manera coordinada y con una buena comunicación entre todos los miembros, es importante para proporcionar una atención integral al paciente. La colaboración entre profesionales ayuda a planificar de manera más eficaz el abordaje al paciente. Esto va a ayudar a evitar errores y asegurar que las necesidades del paciente estén cubiertas buscando mejorar la experiencia y los resultados de su tratamiento.

- Facilitar la transición y el acceso temprano a la rehabilitación mediante telerrehabilitación

Es importante reducir el tiempo que pasa entre el accidente cerebrovascular y el comienzo de la rehabilitación. Actualmente, uno de los mayores retos es la atención de transición, que suele ser limitada y fragmentada, lo que genera retrasos desde la hospitalización inicial hasta que el paciente puede empezar su rehabilitación en un centro o en su casa. La telerrehabilitación se presenta como una solución que puede ayudar a superar estos obstáculos, permitiendo que los pacientes accedan a la rehabilitación de manera más rápida y con una continuidad en el cuidado. Por otro lado, es importante evaluar previamente la situación económica del

paciente, ya que no todos tienen las mismas posibilidades de acceso a la tecnología para realizar la telerrehabilitación.

BIBLIOGRAFÍA

- Aderinto, N., AbdulBasit, M., Olatunji, G., & Adejumo, T. (Septiembre de 2023). *Exploring the transformative influence of neuroplasticity on stroke rehabilitation: a narrative review of current evidence*. Recuperado el 08 de 07 de 2024, de Annals of medicine & surgery: https://journals.lww.com/annals-of-medicine-and-surgery/fulltext/2023/09000/exploring_the_transformative_influence_of.38.aspx
- Alessandro, L., Olmos, L., Bonamico, L., Muzio, D. M., Ahumada, M. H., Russo, M. J., . . . Ameriso, S. F. (Febrero de 2020). *Rehabilitación multidisciplinaria para pacientes adultos con accidente cerebrovascular*. Recuperado el 04 de Marzo de 2024, de SciELO Argentina: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0025-76802020000100008&script=sci_arttext
- Arango Lasprilla, J., & Olabarrieta Landa, L. (2019). *Daño cerebral* (1ra ed.). Editorial El Manual Moderno S.A. de C.V.
- Ballester, B., Maier, M., Duff, A., Cameirao, M., Bermúdez, S., Duarte, E., . . . Verschure, P. (11 de Julio de 2019). *A critical time window for recovery extends beyond one-year post-stroke*. Recuperado el 05 de Julio de 2024, de JNP: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jn.00762.2018?fbclid=IwAR0-AhxptXQ2vGKmCWLebhEwCFwKIYO-MyqifjPkMEgY9L7InTLNUEaKuTI>
- Bernhardt, J., Hayward, K., Cramer, S., Kwakkel, G., Ward, N., Wolf, S., . . . Corbett, D. (12 de Julio de 2017). *Agreed definitions and a shared vision for new standards in stroke recovery research: The Stroke Recovery and Rehabilitation Roundtable taskforce*. Recuperado el 10 de 07 de 2024, de Sage Journals: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1747493017711816>
- Bisbe Gutiérrez, M., Santoyo Medina, C., & Segarra Vidal, V. (2012). *Fisioterapia en neurología* (1ra ed.). Editorial Médica Panamericana.
- Bobath, B. (1993). *Hemiplejía del adulto*. Editorial Médica Panamericana.

- Cano de la Cuerda, R., & Collado Vázquez, S. (2012). *Neurorehabilitación - Métodos específicos de valoración y tratamiento*. (1ra ed.). Editorial Medica Panamerica.
- Cano de la Cuerda, R., Piédrola Rosa, M. M., & Miangolarra Page, J. C. (2016). *Control y Aprendizaje Motor*. Editorial Médica Panamericana.
- Coleman, E., Moudgal, R., Lang, K., Hyacinth, H., Awosika, O., Kissela, B., & Feng, W. (07 de Noviembre de 2017). *Early Rehabilitation After Stroke: a Narrative Review*. Recuperado el 09 de 08 de 2024, de Springer Link: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11883-017-0686-6>
- Costandi, M. (2021). *Neuroplasticidad* (1ra ed.). Ediciones UC.
- Demarin, V., Morovic, S., & Béne, R. (2014). *Neuroplasticity*. Recuperado el 11 de 07 de 2024, de Hrcak: <https://hrcak.srce.hr/126369>
- Demey, I., Allegri, R. F., & Barrera-Valencia, M. (Junio de 2014). *Bases Neurobiológicas de la Rehabilitación*. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S2011-30802014000100011&script=sci_arttext
- Dromerick, A., Geed, S., Barth, J., Brady, K., Giannetti, M., Mitchell, A., . . . Edwards, D. (20 de Septiembre de 2021). *Critical Period After Stroke Study (CPASS): A phase II clinical trial testing an optimal time for motor recovery after stroke in humans*. Recuperado el 22 de Julio de 2024, de NCBI: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8488696/>
- Du, W., Shen, J., & Su, T. (Noviembre de 2023). *Neuroplasticity in Stroke Rehabilitation: Harnessing Brain's Adaptive Capacities for Enhanced Recovery*. Recuperado el 03 de 08 de 2024, de Journal of Innovation in medicar research: <https://www.paradigmpress.org/jimr/article/view/900>
- Entrenamiento con suspensión de peso en neurorrehabilitación • Neuraxis*. (s.f.). Recuperado el 11 de Agosto de 2024, de Neuraxis: <https://neuraxis.es/entrenamiento-con-suspension-de-peso-en-neurorrehabilitacion/>
- FIT INCLUSIVE. (23 de Mayo de 2022). *Realidad virtual en ACV. jercicios para ICTUS*. Recuperado el 06 de 08 de 2024, de Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=91agJKJoTx0>

- Garcés - Vieira, M. V., & Suárez - Escudero, J. C. (Junio de 2014). *Neuroplasticidad: aspectos bioquímicos y neurofisiológicos*. Recuperado el 18 de Mayo de 2024, de SciELO Colombia: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-87052014000100010&script=sci_arttext
- Grefkes, C., & Fink, G. (16 de Junio de 2020). *Recovery from stroke: current concepts and future perspectives*. Recuperado el 16 de Julio de 2024, de Springer Link: <https://link.springer.com/article/10.1186/s42466-020-00060-6>
- Guadamuz Delgado, J., Miranda Saavedra, M., & Mora Miranda, N. (30 de Abril de 2022). *Actualización sobre neuroplasticidad cerebral*. Recuperado el 19 de June de 2024, de Medigraphic: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=105555>
- Gutiérrez, M. B., Santoyo Medina, C., & Segarra Vidal, V. T. (2012). *Fisioterapia en Neurología*. Editorial Medica Panamericana.
- Hara, Y. (2015). *Brain plasticity and rehabilitation in stroke patients*. Obtenido de Pubmed: <https://doi.org/10.1272/jnms.82.4>
- Hevia Orozco, J., Barbosa Luna, M., & Armas Castañeda, G. (2022). *EFFECTOS COGNITIVOS Y CONDUCTUALES DE LA ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA TRANSCRANEAL EN PACIENTES PSIQUIÁTRICOS Y PARTICIPANTES SANOS*. Recuperado el 11 de 08 de 2024, de Researchgate: https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Hevia/publication/343728890_Efectos_cognitivos_y_conductuales_de_la_estimulacion_magnetica_transcraneal_en_pacientes_psiquiaticos_y_participantes_sanos/links/60da0522a6fdccb745ee896c/Efectos-cognitivos-y-conductu
- Li, S. (03 de Abril de 2017). *Spasticity, Motor Recovery, and Neural Plasticity after Stroke*. Recuperado el 19 de June de 2024, de Frontiers: <https://www.frontiersin.org/journals/neurology/articles/10.3389/fneur.2017.00120/full>
- Lozano Larrea, R. N., Benalcázar Game, J. G., Gurumendi España, I. E., & Vélez Almea, M. D. (20 de Diciembre de 2023). *Ortesis del miembro superior para hemipléjicos - Dialnet*. Recuperado el 20 de June de 2024, de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9255005>

- Marta, B. G., Carmen, S. M., & Tomas, S. V. (2012). *Fisioterapia en neurología*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Morandin-Ahuerma, F. (2022). *Neuroplasticidad: reconstrucción, aprendizaje y adaptación*. Obtenido de Philpapers: <https://philpapers.org/rec/MORNRA-7>
- Muñiz, A. (2 de Octubre de 2021). *PLASTICIDAD CEREBRAL, MECANISMOS CELULARES Y MOLECULARES | SITUA*. Recuperado el 05 de Junio de 2024, de revista unsaac: <https://revistas.unsaac.edu.pe/index.php/SITUA/article/view/797>
- OICAL. (03 de 16 de 2023). *Impactos del ataque cerebrovascular en Argentina*. Obtenido de https://www4.hcdn.gob.ar/archivos/observatorio-ocal/informes/Informe_ACV.pdf
- Olivares Hernández, J., Juárez Aguilar, E., & García García, F. (23 de Abril de 2015). *El hipocampo: neurogénesis y aprendizaje*. Recuperado el 26 de Julio de 2024, de Medigraphic.com: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=61286Pascual>
- Pathak, A., Gyanpuri, V., Dev, P., & Dhiman, N. R. (29 de Noviembre de 2021). *The Bobath Concept (NDT) as rehabilitation in stroke patients: A systematic review*. Obtenido de Pubmed: https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_528_21
- Puderbaugh, M., & Emmady, P. D. (01 de Mayo de 2023). *Neuroplasticity*. Obtenido de NIH: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557811/>
- Robot para la rehabilitación del miembro superior neurológico*. (20 de Noviembre de 2018). Recuperado el 20 de Agosto de 2024, de RhbNeuromad: <https://rhnneuromad.com/2018/11/20/gloreha-sinfonia-un-robot-para-la-rehabilitacion-del-miembro-superior-neurologico/>
- Sánchez-Silverio, V., Abuín-Porras, V., & Rodríguez-Costa, I. (Sep/Dic de 2020). *Principios del aprendizaje motor: una revisión sobre sus aplicaciones en la rehabilitación del accidente cerebrovascular*. Obtenido de Scielo: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2631-25812020000300084
- Seco Calvo, J. (2019). *Sistema Nervioso - Métodos, fisioterapia clínica y afecciones para fisioterapeutas*. Editorial Médica Panamericana.

- Sierra Benítez, E., & León Pérez, M. (01 de Julio de 2019). *Plasticidad cerebral, una realidad neuronal*. Recuperado el 09 de Agosto de 2024, de SciELO Cuba: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-31942019000400599
- Simon, R. P., Greenberg, D. A., & Aminoff, M. J. (2012). *Neurología clínica*. Mc. Graw Hill .
- Stokes, M., & Stack, E. (2013). *Fisioterapia en la rehabilitación neurológica*. Elsevier.
- Sung Ho, J. (11 de Abril de 2013). *Motor function-related maladaptive plasticity in stroke: A review*. Recuperado el 26 de Julio de 2024, de IOS Press Content Library: <https://content.iospress.com/articles/neurorehabilitation/nre849>
- Terapia de movimiento inducido por restricción del lado sano en daño cerebral*. (24 de Mayo de 2021). Recuperado el 22 de Agosto de 2024, de Neurosens: <https://www.neurosens.es/blog/terapia-de-movimiento-inducido-por-restriccion-del-lado-sano-en-dano-cerebral/>
- Terapia en espejo*. (24 de Febrero de 2016). Recuperado el 22 de Agosto de 2024, de Sanidad: <https://isanidad.com/64170/la-terapia-en-espejo-permite-que-todos-los-pacientes-que-sufrieron-un-ictus-grave-recuperen-la-movilidad-en-el-brazo/>
- Valencia-Buitrago, M., Duque-Alzate, A., Pinzón-Bernal, M., & Castellanos-Ruiz, J. (12 de Marzo de 2018). *Effectiveness of a motor relearning programme for recovery of the spastic hand in adults with hemiplegia. Systematic review and meta-analysis*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048712018300069>
- Zotey, V., Andhale, A., Shegekar, T., & Juganavar, A. (24 de September de 2023). *Adaptive Neuroplasticity in Brain Injury Recovery: Strategies and Insights*. Recuperado el 21 de Julio de 2024, de NCBI: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10598326/>