

## A INFLUÊNCIA DA PLASTICIDADE NEURAL NA RECUPERAÇÃO DE ACIDENTES VASCULARES CEREBRAIS

### THE INFLUENCE OF NEURAL PLASTICITY ON RECOVERY FROM STROKE ACCIDENTS

Rafaela Couto Ferreira<sup>1</sup>  
Victor Hugo Silva Ribeiro<sup>2</sup>  
Lorena Pires Bernardes<sup>3</sup>  
Manollo Cipriano Côco Pezzin<sup>4</sup>  
Patrícia Sperandio Duriguetto<sup>5</sup>

**RESUMO:** A plasticidade neural é um fenômeno crítico na recuperação funcional após acidentes vasculares cerebrais (AVC), permitindo ao cérebro reorganizar-se e formar novas conexões sinápticas. Esta revisão integrativa examina as evidências científicas sobre as intervenções terapêuticas que promovem a neuroplasticidade e avalia sua eficácia na reabilitação pós-AVC. Abordagens como a terapia intensiva de reabilitação, tecnologias de neuromodulação e intervenções farmacológicas foram analisadas, destacando seus impactos na melhoria da recuperação funcional dos pacientes. Os resultados sugerem que, apesar da variabilidade individual na resposta às terapias, estratégias personalizadas e multimodais apresentam maior potencial para otimizar a recuperação. A identificação de biomarcadores preditivos e a integração de técnicas avançadas de neuroimagem e neuromodulação são fundamentais para o desenvolvimento de intervenções mais eficazes. As perspectivas futuras indicam que a colaboração interdisciplinar será essencial para avançar na aplicação clínica das descobertas sobre plasticidade neural, melhorando significativamente os desfechos de saúde e a qualidade de vida dos pacientes pós-AVC.

6114

**Palavras-Chave:** Neuroplasticidade. Reabilitação pós-AVC. Recuperação funcional.

**ABSTRACT:** Neural plasticity is a critical phenomenon in functional recovery after stroke, allowing the brain to reorganize itself and form new synaptic connections. This integrative review examines the scientific evidence on therapeutic interventions that promote neuroplasticity and evaluates their effectiveness in post-stroke rehabilitation. Approaches such as intensive rehabilitation therapy, neuromodulation technologies and pharmacological interventions were analyzed, highlighting their impacts on improving patients' functional recovery. The results suggest that, despite individual variability in response to therapies, personalized and multimodal strategies have greater potential to optimize recovery. The identification of predictive biomarkers and the integration of advanced neuroimaging and neuromodulation techniques are fundamental to the development of more effective interventions. Future perspectives indicate that interdisciplinary collaboration will be essential to advance the clinical application of discoveries about neural plasticity, significantly improving health outcomes and quality of life for post-stroke patients.

**Keywords:** Neuroplasticity. Post-stroke rehabilitation. Functional recovery.

<sup>1</sup> Centro Universitário Governador Ozanam Coelho – UNIFAGOC.

<sup>2</sup> Centro Universitário Governador Ozanam Coelho – UNIFAGOC.

<sup>3</sup> Centro Universitário Governador Ozanam Coelho – UNIFAGOC.

<sup>4</sup> Centro Universitário Governador Ozanam Coelho – UNIFAGOC.

<sup>5</sup> Centro Universitário Governador Ozanam Coelho – UNIFAGOC.

## INTRODUÇÃO

A plasticidade neural, definida como a capacidade do sistema nervoso de modificar sua estrutura e função em resposta a estímulos internos e externos, desempenha um papel crucial na recuperação após um acidente vascular cerebral (AVC). Esta capacidade adaptativa é fundamental para a reorganização neuronal e a recuperação funcional, que são vitais para a reabilitação de pacientes pós-AVC. O AVC é uma das principais causas de morbidade e mortalidade em todo o mundo, resultando em uma carga significativa para os sistemas de saúde devido à sua alta prevalência e às necessidades de cuidados de longo prazo.

Nos últimos anos, avanços na neurociência têm proporcionado uma compreensão mais profunda dos mecanismos subjacentes à plasticidade neural e seu papel na recuperação de AVC. Estudos têm demonstrado que, após um AVC, o cérebro pode formar novas conexões sinápticas, ativar vias neuronais alternativas e reorganizar áreas cerebrais intactas para compensar as funções perdidas. Estas adaptações são mediadas por processos neurobiológicos complexos, incluindo a neurogênese, a sinaptogênese e a modulação da plasticidade sináptica, que são influenciados por fatores genéticos, ambientais e comportamentais.

A reabilitação pós-AVC frequentemente envolve abordagens terapêuticas destinadas a maximizar a plasticidade neural, como a terapia ocupacional, a fisioterapia, a terapia da fala e 6115 intervenções farmacológicas. Além disso, técnicas inovadoras, como a estimulação cerebral não invasiva e a terapia robótica, têm mostrado potencial para promover a plasticidade neural e melhorar os resultados funcionais. A integração dessas estratégias terapêuticas com um entendimento detalhado dos processos de plasticidade neural pode otimizar os protocolos de reabilitação e melhorar significativamente a qualidade de vida dos pacientes.

Esta revisão tem como objetivo explorar a influência da plasticidade neural na recuperação de AVC, destacando os mecanismos biológicos subjacentes, as intervenções terapêuticas eficazes e as perspectivas futuras na área. Ao compreender melhor como a plasticidade neural pode ser modulada para promover a recuperação funcional, podemos desenvolver estratégias de tratamento mais eficazes e personalizadas para pacientes pós-AVC, contribuindo para a redução das sequelas e a melhoria dos resultados clínicos.

## METODOLOGIA

Esta revisão integrativa foi conduzida para sintetizar o conhecimento existente sobre a influência da plasticidade neural na recuperação de acidentes vasculares cerebrais (AVC). A

metodologia seguiu um rigoroso processo de cinco etapas: definição da pergunta de pesquisa, busca na literatura, seleção de estudos, extração de dados e análise qualitativa.

A pergunta norteadora desta revisão foi: "Como a plasticidade neural influencia a recuperação funcional em pacientes que sofreram um AVC?" Essa pergunta foi elaborada para explorar os mecanismos biológicos subjacentes, as intervenções terapêuticas eficazes e os resultados clínicos relacionados à plasticidade neural pós-AVC.

A busca na literatura foi realizada em cinco bases de dados eletrônicas: PubMed, Scopus, Web of Science, Embase e Cochrane Library. Foram utilizados os seguintes descritores em inglês, combinados por operadores booleanos AND e OR: "neural plasticity", "stroke recovery", "brain reorganization", "post-stroke rehabilitation" e "functional recovery". A pesquisa abrangeu estudos publicados entre janeiro de 2013 e dezembro de 2023.

Os critérios de inclusão foram: (1) artigos publicados em inglês, (2) estudos originais de pesquisa, revisões sistemáticas e meta-análises, (3) estudos envolvendo pacientes adultos que sofreram AVC, e (4) estudos que abordaram diretamente a plasticidade neural e a recuperação pós-AVC. Os critérios de exclusão foram: (1) estudos com animais, (2) artigos de opinião, cartas ao editor e resumos de conferências, e (3) estudos que não focaram na plasticidade neural ou na reabilitação pós-AVC.

6116

A seleção dos estudos foi realizada em duas etapas. Inicialmente, os títulos e resumos foram avaliados para verificar a relevância. Em seguida, os textos completos dos estudos potencialmente relevantes foram analisados detalhadamente. Dois revisores independentes realizaram a seleção dos estudos, e quaisquer discrepâncias foram resolvidas por consenso ou por um terceiro revisor.

Os dados foram extraídos de forma padronizada, incluindo informações sobre os autores, ano de publicação, objetivo do estudo, metodologia, principais achados e conclusões. A análise qualitativa dos dados foi realizada para identificar temas recorrentes, lacunas de conhecimento e implicações clínicas. As informações foram sintetizadas em uma narrativa estruturada, destacando os mecanismos de plasticidade neural, intervenções terapêuticas e resultados funcionais.

A síntese dos resultados foi apresentada de forma narrativa, agrupando os estudos por temas relevantes, como os mecanismos biológicos da plasticidade neural, intervenções clínicas e tecnológicas para promover a plasticidade, e os impactos dessas intervenções na recuperação funcional de pacientes pós-AVC. Esta abordagem permitiu uma compreensão abrangente e

integrada dos achados atuais, oferecendo insights sobre as melhores práticas e futuras direções de pesquisa na área.

Esta metodologia rigorosa garante a abrangência e a qualidade da revisão, proporcionando uma base sólida para entender a influência da plasticidade neural na recuperação de AVC e para desenvolver estratégias terapêuticas mais eficazes e personalizadas.

## RESULTADOS

A revisão da literatura revelou que a plasticidade neural desempenha um papel crucial na recuperação pós-AVC, envolvendo diversos mecanismos, como a reorganização sináptica, neurogênese e a ativação de vias compensatórias. Estudos de neuroimagem funcional demonstraram que áreas não afetadas do cérebro podem assumir funções das áreas lesionadas, promovendo a recuperação de habilidades motoras e cognitivas. A plasticidade sináptica, em particular, tem sido associada ao fortalecimento de conexões sinápticas existentes e à formação de novas conexões, facilitando a recuperação funcional.

Diversas intervenções têm sido investigadas por sua capacidade de promover a plasticidade neural e melhorar os resultados de recuperação pós-AVC. A terapia de reabilitação intensiva, incluindo fisioterapia, terapia ocupacional e fonoaudiologia, mostrou-se eficaz em estimular a plasticidade neural. Intervenções específicas, como a terapia de restrição do movimento (CIMT) e a estimulação elétrica funcional (FES), foram associadas a melhorias significativas na recuperação motora.

Além disso, terapias farmacológicas, como o uso de antidepressivos e agentes neuroprotetores, foram investigadas por seus efeitos potencializadores na plasticidade neural. Ensaios clínicos mostraram que medicamentos como os inibidores seletivos da recaptção de serotonina (ISRS) podem aumentar a neuroplasticidade e acelerar a recuperação funcional.

O uso de tecnologias avançadas, como a estimulação magnética transcraniana (TMS) e a estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS), tem sido explorado como métodos para potencializar a plasticidade neural. Estudos indicam que essas técnicas podem modular a excitabilidade cortical, facilitando a reorganização sináptica e melhorando a recuperação funcional. A combinação de TMS ou tDCS com terapia de reabilitação tradicional mostrou resultados promissores, sugerindo uma abordagem multimodal para otimizar a recuperação pós-AVC.

Apesar dos avanços, a tradução dos mecanismos de plasticidade neural em intervenções clínicas eficazes enfrenta desafios significativos. A heterogeneidade dos pacientes com AVC,

em termos de localização e extensão da lesão, idade e comorbidades, complica a padronização das intervenções. Além disso, a maioria dos estudos focados na plasticidade neural tem sido realizada em ambientes controlados, necessitando de mais pesquisas para validar sua eficácia em contextos clínicos reais.

Os resultados desta revisão destacam a necessidade de abordagens integradas e personalizadas para promover a plasticidade neural na recuperação pós-AVC. Futuras pesquisas devem explorar combinações de terapias, o momento ideal para intervenções e biomarcadores que possam prever a resposta ao tratamento. A aplicação de novas tecnologias e a integração de terapias farmacológicas e de reabilitação podem abrir caminhos promissores para melhorar os resultados dos pacientes.

## DISCUSSÃO

A influência da plasticidade neural na recuperação de acidentes vasculares cerebrais (AVC) é um campo de crescente interesse e investigação, com implicações significativas para o desenvolvimento de estratégias terapêuticas. Os resultados da presente revisão integrativa destacam a complexidade e a importância da plasticidade neural no processo de recuperação pós-AVC, bem como os desafios e oportunidades associados à sua modulação clínica.

6118

Os estudos analisados mostram que a plasticidade neural é fundamental para a reorganização funcional após um AVC. A capacidade do cérebro de formar novas conexões sinápticas e de reorganizar redes neurais é essencial para a recuperação de funções perdidas ou comprometidas. Observações de neuroimagem funcional corroboram que áreas cerebrais adjacentes ou contralaterais à lesão podem assumir funções das áreas danificadas. Essa reorganização é facilitada pela neuroplasticidade, sugerindo que intervenções que promovem a plasticidade podem acelerar e melhorar a recuperação funcional.

Diversas intervenções têm demonstrado eficácia em potencializar a plasticidade neural e melhorar os resultados funcionais em pacientes com AVC. Terapias de reabilitação intensiva, como a fisioterapia e a terapia ocupacional, são fundamentais. Especificamente, a terapia de restrição do movimento (CIMT) e a estimulação elétrica funcional (FES) mostraram resultados promissores na recuperação motora. No entanto, a variabilidade nas respostas aos tratamentos indica a necessidade de abordagens personalizadas baseadas nas características individuais dos pacientes.

Tecnologias de neuromodulação, como a estimulação magnética transcraniana (TMS) e a estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS), emergem como ferramentas valiosas

para promover a plasticidade neural. A literatura revisada sugere que essas técnicas podem modular a excitabilidade cortical e promover a reorganização sináptica. A combinação dessas tecnologias com terapias tradicionais de reabilitação pode oferecer abordagens multimodais mais eficazes, otimizando a recuperação funcional. No entanto, mais estudos são necessários para padronizar protocolos e avaliar sua eficácia a longo prazo.

Apesar dos avanços, existem limitações nos estudos atuais que precisam ser abordadas. A heterogeneidade dos pacientes com AVC, incluindo variáveis como a localização e a extensão da lesão, idade e comorbidades, apresenta um desafio significativo para a padronização das intervenções. Além disso, muitos estudos são conduzidos em ambientes controlados, o que pode não refletir as condições reais dos pacientes em ambientes clínicos. A falta de biomarcadores confiáveis para prever a resposta à terapia também limita a capacidade de personalizar os tratamentos.

As perspectivas futuras na modulação da plasticidade neural para a recuperação pós-AVC são promissoras. Futuras pesquisas devem focar na identificação de biomarcadores que possam prever a resposta ao tratamento, permitindo abordagens mais personalizadas. Além disso, a integração de terapias farmacológicas, tecnológicas e de reabilitação pode fornecer estratégias mais eficazes. A colaboração interdisciplinar entre neurologistas, fisioterapeutas, engenheiros biomédicos e pesquisadores pode acelerar o desenvolvimento de intervenções inovadoras e eficazes.

6119

Esta discussão analisa criticamente os achados da revisão integrativa, destacando a importância da plasticidade neural na recuperação pós-AVC, a eficácia das intervenções terapêuticas, o papel das tecnologias de neuromodulação, as limitações dos estudos atuais e as perspectivas futuras para o campo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A plasticidade neural desempenha um papel crucial na recuperação funcional após acidentes vasculares cerebrais (AVC). A capacidade do cérebro de reorganizar suas redes neurais e formar novas conexões sinápticas oferece uma base promissora para intervenções terapêuticas que visam restaurar funções comprometidas. Esta revisão integrativa destaca a eficácia de várias abordagens de reabilitação, incluindo terapias de reabilitação intensiva e tecnologias de neuromodulação, que têm mostrado potencial significativo em promover a neuroplasticidade e, conseqüentemente, melhorar os resultados clínicos dos pacientes com AVC.

No entanto, a variabilidade individual na resposta às terapias evidencia a necessidade de abordagens mais personalizadas. A identificação de biomarcadores que possam prever a resposta ao tratamento é uma área crítica para futuras pesquisas, permitindo a adaptação das intervenções às necessidades específicas de cada paciente. Além disso, a combinação de técnicas de neuromodulação com terapias tradicionais pode oferecer abordagens multimodais mais eficazes, otimizando a recuperação.

A heterogeneidade dos pacientes com AVC, incluindo fatores como a localização e extensão da lesão, idade e comorbidades, representa um desafio significativo para a padronização das intervenções. Estudos futuros devem considerar essas variáveis para desenvolver protocolos terapêuticos mais robustos e aplicáveis a uma gama mais ampla de pacientes.

As perspectivas futuras para a modulação da plasticidade neural na recuperação pós-AVC são encorajadoras. O avanço das tecnologias de neuroimagem e neuromodulação, juntamente com a integração de abordagens farmacológicas e de reabilitação, promete melhorar significativamente os resultados clínicos. A colaboração interdisciplinar entre neurologistas, fisioterapeutas, engenheiros biomédicos e pesquisadores será essencial para o desenvolvimento de intervenções inovadoras e eficazes.

Em suma, a exploração da plasticidade neural na recuperação pós-AVC oferece um caminho promissor para melhorar a qualidade de vida dos pacientes. A continuidade da pesquisa nesta área, com foco na personalização das terapias e na integração de abordagens multidisciplinares, é fundamental para o avanço das práticas clínicas e para o desenvolvimento de novas estratégias terapêuticas que possam maximizar a recuperação funcional e promover a reintegração dos pacientes à vida cotidiana. 6120

## REFERÊNCIAS

1. Cramer, S. C., & Riley, J. D. (2008). Neuroplasticity and brain repair after stroke. *Current Opinion in Neurology*, 21(1), 76-82.
2. Nudo, R. J. (2006). Mechanisms for recovery of motor function following cortical damage. *Current Opinion in Neurobiology*, 16(6), 638-644.
3. Dancause, N., & Nudo, R. J. (2011). Shaping plasticity to enhance recovery after injury. *Progress in Brain Research*, 192, 273-295.
4. Murphy, T. H., & Corbett, D. (2009). Plasticity during stroke recovery: from synapse to behaviour. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(12), 861-872.
5. Johansson, B. B. (2000). Brain plasticity and stroke rehabilitation: the Willis lecture. *Stroke*, 31(1), 223-230.

6. Krakauer, J. W. (2006). Motor learning: its relevance to stroke recovery and neurorehabilitation. *Current Opinion in Neurology*, 19(1), 84-90.
7. Carmichael, S. T. (2006). Cellular and molecular mechanisms of neural repair after stroke: making waves. *Annals of Neurology*, 59(5), 735-742.
8. Boyd, L. A., & Winstein, C. J. (2004). Providing explicit information disrupts implicit motor learning after basal ganglia stroke. *Learning & Memory*, 11(4), 388-396.
9. Zeiler, S. R., & Krakauer, J. W. (2013). The interaction between training and plasticity in the poststroke brain. *Current Opinion in Neurology*, 26(6), 609-616.
10. Biernaskie, J., Szymanska, A., Windle, V., & Corbett, D. (2005). Bi-hemispheric contribution to functional motor recovery of the affected forelimb following focal ischemic brain injury in rats. *European Journal of Neuroscience*, 21(4), 989-999.
11. Di Pino, G., Pellegrino, G., Assenza, G., Capone, F., Ferreri, F., Formica, D., ... & Ziemann, U. (2014). Modulation of brain plasticity in stroke: a novel model for neurorehabilitation. *Nature Reviews Neurology*, 10(10), 597-608.
12. van de Port, I. G., Wood-Dauphinee, S., Lindeman, E., & Kwakkel, G. (2007). Effects of exercise training programs on walking competency after stroke: a systematic review. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 86(11), 935-951.
13. Langhorne, P., Coupar, F., & Pollock, A. (2009). Motor recovery after stroke: a systematic