PLASTICIDADE NEURAL NA REABILITAÇÃO PÓS-AVC: EVIDÊNCIAS SOBRE MECANISMOS E INTERVENÇÕES TERAPÊUTICAS – REVISÃO INTEGRATIVA

NEURAL PLASTICITY IN POST-STROKE REHABILITATION: EVIDENCE ON MECHANISMS AND THERAPEUTIC INTERVENTIONS – AN INTEGRATIVE REVIEW

Isabela Molinero De Paula
Gabriel Alves Guimarães
Geovanna Gonçalves Dias
Glaucia Oliveira Abreu Batista Meireles

Resumo: O Acidente Vascular Cerebral (AVC) constitui uma das principais causas de incapacidade no mundo, ocasionando déficits motores, cognitivos e de linguagem que comprometem significativamente a funcionalidade e a qualidade de vida dos indivíduos. Nesse cenário, a plasticidade neural emerge como o principal mecanismo neurobiológico envolvido na recuperação pós-lesão; entretanto, a efetividade das intervenções terapêuticas voltadas à sua modulação ainda não está plenamente estabelecida na literatura científica. Objetivo: analisar os mecanismos de plasticidade neural na reabilitação pós-AVC e as intervenções terapêuticas baseadas em evidências associadas à recuperação funcional. Metodologia: revisão integrativa da literatura realizada nas bases PubMed, LILACS, SciELO e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), em maio de 2026, utilizando os descritores "Acidente Vascular Cerebral" e "Plasticidade Neuronal", combinados pelo operador booleano AND. Foram incluídos estudos publicados entre 2009 e 2026, em português e inglês, totalizando cinco artigos após aplicação dos critérios de elegibilidade. Resultados: os achados evidenciaram que intervenções como exercício físico aeróbico, realidade virtual, interfaces cérebro-computador e terapia por ondas de choque promovem reorganização cortical e melhora funcional. Observou-se ainda a modulação de biomarcadores neurotróficos, especialmente BDNF, VEGF e IGF-1, associados à neurogênese, sinaptogênese e plasticidade sináptica. Conclusão: a estimulação direcionada da plasticidade neural, associada à incorporação de tecnologias inovadoras e à individualização das intervenções terapêuticas, constitui abordagem promissora para otimização dos desfechos clínicos na reabilitação pós-AVC.

Palavras-chave: Acidente Vascular Cerebral; Plasticidade Neural; Reabilitação Neurológica; Neuroplasticidade; Recuperação Funcional

Abstract: Stroke is one of the leading causes of disability worldwide, resulting in motor, cognitive, and language deficits that significantly compromise individuals' functionality and quality of life. In this context, neural plasticity emerges as the main neurobiological mechanism involved in post-injury recovery; however, the effectiveness of therapeutic interventions aimed at its modulation has not yet been fully established in the scientific literature. Objective: to analyze neural plasticity mechanisms in post-stroke rehabilitation and evidence-based therapeutic interventions associated with functional recovery. Methods: integrative literature review conducted in the PubMed, LILACS, SciELO, and Virtual Health Library (VHL) databases in May 2026, using the descriptors "Stroke" and "Neural Plasticity", combined with the Boolean operator AND. Studies published between 2009 and 2026, in Portuguese and English, were included, totaling five articles after applying the eligibility criteria. Results: findings showed that interventions such as aerobic physical exercise, virtual reality, brain-computer interfaces, and shockwave therapy promote cortical reorganization and functional improvement. Modulation of neurotrophic biomarkers, especially BDNF, VEGF, and IGF-1, associated with neurogenesis, synaptogenesis, and synaptic plasticity, was also observed. Conclusion: targeted stimulation of neural plasticity, combined with innovative technologies and individualized therapeutic interventions, represents a promising approach to optimize clinical outcomes in post-stroke rehabilitation.

Keywords: Stroke; Neural Plasticity; Neurological Rehabilitation; Neuroplasticity; Functional Recovery.

INTRODUÇÃO

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) caracteriza-se como uma emergência neurológica de elevada gravidade e permanece entre as principais causas de morbidade e incapacidade em nível global[1]. As sequelas funcionais decorrentes desse evento variam de acordo com a extensão e a localização da lesão cerebral, comprometendo, sobretudo, a mobilidade, a linguagem e as funções cognitivas superiores[3]. Essas limitações repercutem diretamente na independência funcional dos indivíduos, gerando impactos significativos na qualidade de vida, além de implicações

sociais e econômicas relevantes. Nesse contexto, a reabilitação neurológica tem evoluído significativamente, passando a fundamentar-se na compreensão dos mecanismos de plasticidade neural, considerada elemento central para a recuperação funcional. A plasticidade neural refere-se à capacidade do sistema nervoso central de reorganizar suas estruturas e funções em resposta a estímulos internos e externos ou a lesões[1]. Após o AVC, o cérebro desencadeia processos espontâneos de reorganização das redes neurais, buscando compensar funções perdidas por meio do recrutamento de regiões adjacentes ou do hemisfério contralateral[4]. Entretanto, embora tais mecanismos sejam essenciais, a plasticidade espontânea frequentemente apresenta-se limitada, não sendo suficiente para promover a recuperação funcional completa[1]. Diante disso, torna-se imprescindível o desenvolvimento e a aplicação de estratégias terapêuticas que potencializem esse processo adaptativo, favorecendo melhores desfechos clínicos. Evidências científicas apontam que intervenções específicas, como o exercício físico aeróbico, contribuem significativamente para a modulação de fatores neurotróficos, especialmente o Fator Neurotrófico Derivado do Encéfalo (BDNF), essencial para a sinaptogênese e o aprendizado motor[2]. Além disso, o avanço de tecnologias inovadoras na reabilitação, como a robótica, a realidade virtual e terapias emergentes, a exemplo da terapia por ondas de choque, têm demonstrado potencial na estimulação dirigida da reorganização cortical e na recuperação funcional de pacientes pós-AVC[1,5]. Nesse sentido, considerando a relevância clínica da plasticidade neural e a necessidade de intervenções mais eficazes e baseadas em evidências, torna-se fundamental reunir e analisar criticamente o conhecimento científico disponível. Assim, o presente estudo tem como objetivo analisar os mecanismos de plasticidade neural na reabilitação pós-AVC e as intervenções terapêuticas baseadas em evidências associadas à recuperação funcional.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, método que permite a síntese, análise crítica e integração de resultados de estudos previamente publicados, proporcionando compreensão ampla, sistematizada e baseada em evidências científicas acerca do tema investigado. Apesar dos avanços nas estratégias de reabilitação pós-AVC, a relação entre as intervenções terapêuticas voltadas à plasticidade neural e a efetiva recuperação funcional dos pacientes ainda não está claramente estabelecida na literatura científica. Essa incerteza limita a consolidação de práticas clínicas baseadas em evidências e evidencia lacuna no

conhecimento científico acerca do tema. Diante desse contexto, esta revisão foi guiada pela seguinte questão norteadora: quais são os efeitos das intervenções terapêuticas voltadas à plasticidade neural na recuperação funcional de pacientes adultos pós-AVC, em comparação à reabilitação convencional ou à recuperação espontânea? A busca bibliográfica e a seleção dos estudos foram realizadas entre 01 e 31 de maio de 2026, nas bases PubMed, LILACS, SciELO e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). Foram utilizados os descritores “Acidente Vascular Cerebral” e “Plasticidade Neuronal”, combinados pelo operador booleano AND. A organização da pesquisa fundamentou-se na estratégia PICO: P – pacientes adultos sobreviventes de AVC; I – abordagens terapêuticas voltadas ao estímulo da plasticidade neural; C – reabilitação convencional ou recuperação espontânea; O – recuperação funcional e modulação de biomarcadores relacionados à plasticidade neural. Como critérios de inclusão, foram considerados artigos originais e revisões publicados entre 2009 e 2026, nos idiomas português e inglês, disponíveis na íntegra e relacionados à plasticidade neural e recuperação funcional pós-AVC. Foram excluídos estudos exclusivamente em modelos animais, artigos duplicados e trabalhos sem desfechos funcionais claramente definidos. Após leitura dos títulos, resumos e textos completos, foram selecionados cinco estudos considerados relevantes para análise crítica dos achados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos estudos selecionados evidencia que a recuperação funcional pós-Acidente Vascular Cerebral (AVC) é mediada por processos complexos de plasticidade neural, os quais podem ser modulados por diferentes abordagens terapêuticas (Tabela 1). A partir da análise crítica dos achados, foi possível identificar três principais categorias temáticas: (1) o papel do exercício físico e dos biomarcadores da neuroplasticidade; (2) as inovações tecnológicas no processo de reabilitação; e (3) a contribuição da plasticidade homeostática na recuperação cognitiva e da linguagem.

Figura 1: síntese dos mecanismos de plasticidade e resultados funcionais dos estudos selecionados.

Autor (Ano)	Tipo de Estudo	Intervenção Analisada	Principal Achado Relacionado à Plasticidade
Penna et al. (2021)	Revisão Sistemática	Exercício Aeróbico	Modificação de redes neurais via fMRI e aumento de biomarcadores
Marin-Medina et al. (2024)	Revisão de Literatura	BCIs e Realidade Virtual	Tradução de sinais cerebrais e estímulo a neurônios-espelho
Remesso et al. (2009)	Estudo Retrospectivo	Fonoaudiologia	Reorganização cortical entre giros temporais e parietais
Rocha et al. (2024)	Estudo Computacional	Plasticidade Homeostática	Equilíbrio excitação-inibição vital para a dinâmica cerebral
Watanabe & Sugawara (2025)	Relato de Caso	Ondas de Choque	Reorganização de neurônios de áreas preservadas para funções motoras

Fonte: Elaborado pelos autores (2026), baseado nos dados da pesquisa.

Papel do Exercício Físico e Biomarcadores da Neuroplasticidade

O exercício aeróbico de moderada a alta intensidade destaca-se como uma das intervenções não farmacológicas mais eficazes na potencialização da plasticidade neural. Seus efeitos estão diretamente associados ao aumento dos níveis do Fator Neurotrófico Derivado do Encéfalo (BDNF), proteína essencial para a promoção da sinaptogênese, neurogênese e aprendizado motor[2],[6]. Além disso, outros biomarcadores também são modulados, como o VEGF e o IGF-1, relacionados à angiogênese, sobrevivência neuronal e plasticidade sináptica[2]. Essas adaptações refletem-se em alterações funcionais nas redes neurais, evidenciadas por técnicas como a Ressonância Magnética Funcional (fMRI), que demonstram reorganização cortical e aumento da conectividade cerebral[2],[8]. Esses achados também são respaldados por diretrizes internacionais de reabilitação pós-AVC[9].

Inovações Tecnológicas e Recuperação Funcional

O avanço das tecnologias aplicadas à reabilitação tem ampliado significativamente as possibilidades terapêuticas no contexto pós-AVC. As Interfaces Cérebro-Computador (Brain-Computer Interfaces – BCIs) e a Realidade Virtual (VR) representam abordagens inovadoras que favorecem a reorganização neural por meio de estímulos específicos e repetitivos[1]. As BCIs permitem a tradução de sinais neurais em comandos motores, contribuindo para a recuperação funcional mesmo em indivíduos com déficits severos[1]. A realidade virtual proporciona ambientes imersivos capazes de estimular o sistema de neurônios-espelho, facilitando o aprendizado motor por observação e repetição[1],[10]. Além disso, essas tecnologias aumentam o engajamento do paciente e intensificam o processo de reabilitação[9],[10]. Adicionalmente, terapias físicas emergentes, como a terapia por ondas de choque, demonstram efeitos positivos na redução da espasticidade e na melhora da função motora, por meio da reorganização de circuitos neurais em áreas preservadas[5],[1].

Plasticidade Homeostática e Recuperação Cognitiva e da Linguagem

A recuperação das funções cognitivas superiores, especialmente da linguagem, envolve complexos processos de reorganização neural. Estudos indicam que essa recuperação está associada à reconfiguração de áreas corticais, como o giro temporal superior, o giro temporal inferior e o giro supramarginal[3]. Esse processo evidencia a capacidade adaptativa do cérebro de redistribuir funções após lesões focais[1],[3]. Nesse contexto, a plasticidade homeostática desempenha papel fundamental na regulação do equilíbrio entre excitação e inibição neuronal[4]. Esse mecanismo é essencial para a estabilidade das redes neurais e para a manutenção da dinâmica cerebral adequada[4],[6]. Além disso, a integridade da substância branca, frequentemente comprometida após o AVC, depende da regulação desses processos, sendo crucial para a recuperação da conectividade estrutural e funcional do cérebro[4]. A restauração dessa conectividade está diretamente associada à melhora clínica global e ao processamento eficiente de informações[3],[4].

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A plasticidade neural configura-se como o principal fundamento biológico da reabilitação pós-acidente vascular cerebral, desempenhando papel

central na recuperação funcional. A presente revisão evidenciou que, embora o encéfalo possua mecanismos intrínsecos de reorganização e reparo, estes são, em geral, insuficientes para promover a restituição funcional completa de forma espontânea, tornando indispensável a implementação de intervenções terapêuticas direcionadas. Dentre as abordagens analisadas, destaca-se o exercício físico aeróbico como importante modulador do ambiente neurobiológico, por meio da indução de fatores neurotróficos, especialmente o BDNF e o IGF-1, os quais favorecem neurogênese, sinaptogênese e aprendizado motor. Paralelamente, o uso de tecnologias inovadoras, como realidade virtual e interfaces cérebro-computador, demonstra potencial significativo na promoção da reorganização cortical. Adicionalmente, os achados reforçam a relevância da plasticidade homeostática na regulação do equilíbrio entre excitação e inibição neuronal, aspecto fundamental para a estabilidade das redes neurais e recuperação eficiente das funções comprometidas. Dessa forma, conclui-se que a integração entre abordagens biológicas e tecnológicas, aliada à individualização dos protocolos de reabilitação, constitui caminho promissor para maximizar ganhos funcionais, promover maior autonomia e melhorar a qualidade de vida dos indivíduos acometidos por AVC.

REFERÊNCIAS

1.MARÍN-MEDINA, D. S. et al. New approaches to recovery after stroke. Neurological Sciences, v. 45, p. 55-63, 2024.

2.PENNA, L. G. et al. Effects of aerobic physical exercise on neuroplasticity after stroke: systematic review. Arquivos de Neuro-Psiquiatria, v. 79, n. 9, p. 832-843, 2021.

3.REMESSO, G. C. et al. Verbal language spontaneous recovery after ischemic stroke. Arquivos de Neuro-Psiquiatria, v. 67, n. 3B, p. 901-904, 2009.

4. ROCHA, R. P. et al. Role of homeostatic plasticity in critical brain dynamics following focal stroke lesions. Scientific Reports, v. 14, p. 31631, 2024.

5. WATANABE, C. A.; SUGAWARA, A. T. Terapia de ondas de choque na recuperação motora pós acidente vascular cerebral: relato de caso. Acta Fisiátrica, v. 32, n. 2, p. 124-126, 2025.

6. KLEIM, J. A.; JONES, T. A. Principles of experience-dependent neural plasticity: implications for rehabilitation after brain damage. Journal of Speech, Language, and Hearing Research, v. 51, p. S225-S239, 2008.

7. LANGHORNE, P.; BERNHARDT, J.; KWAKKEL, G. Stroke rehabilitation. The Lancet, v. 377, p. 1693-1702, 2011.

8. WARD, N. S. et al. Neural correlates of motor recovery after stroke: a longitudinal fMRI study. Brain, v. 126, p. 2476-2496, 2003.

9. WINSTEIN, C. J. et al. Guidelines for adult stroke rehabilitation and recovery. Stroke, v. 47, p. e98-e169, 2016.

10. LAVER, K. E. et al. Virtual reality for stroke rehabilitation. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2017.