

PAPEL DAS TERAPIAS INOVADORAS NA NEUROPLASTICIDADE E REABILITAÇÃO PÓS-AVC

ROLE OF INNOVATIVE THERAPIES IN NEUROPLASTICITY AND POS-STROKE REHABILITATION

PAPEL DE LAS TERAPIAS INNOVADORAS EN LA NEUROPLASTICIDAD Y LA REHABILITACIÓN POS-ICTUS

Jaqueleine Rissó¹
Lívia Araújo Gonçalves²
Ramon Fraga de Souza Lima³

RESUMO: Este artigo analisa abordagens terapêuticas na reabilitação pós-AVC e sua relação com a neuroplasticidade. A revisão integrativa incluiu 14 estudos das bases PubMed e BVS (2020-2025), selecionados por critérios de elegibilidade. Os achados destacam que a neuroplasticidade pode ser adaptada por meio de estimulação cerebral não invasiva (rTMS e tDCS), terapia do espelho, realidade virtual e reabilitação robótica. Técnicas como exoesqueletos e treinamento orientado por tarefas se mostraram benéficos na recuperação motora e no equilíbrio. Evidências propõem que a combinação de estratégias pode potencializar a reorganização neural e melhorar os desfechos funcionais. Conclui-se que a reabilitação pós-AVC deve integrar diferentes abordagens para otimizar a recuperação. No entanto, são necessários mais estudos para validar a eficácia e personalizar os protocolos terapêuticos. 674

Palavras-chave: Neuroplasticidade. Reabilitação Pós-AVC. Estimulação Cerebral.

ABSTRACT: This article analyzes therapeutic approaches in post-stroke rehabilitation and their relationship with neuroplasticity. The integrative review included 14 studies from the PubMed and BVS databases (2020-2025), selected by eligibility criteria. The findings highlight that neuroplasticity can be adapted through non-invasive brain stimulation (rTMS and tDCS), mirror therapy, virtual reality, and robotic rehabilitation. Techniques such as exoskeletons and task-oriented training have shown to be beneficial in motor recovery and balance. Evidence suggests that the combination of strategies can enhance neural reorganization and improve functional outcomes. It is concluded that post-stroke rehabilitation should integrate different approaches to optimize recovery. However, further studies are needed to validate the efficacy and customize therapeutic protocols.

Keywords: Neuroplasticity. Post-Stroke Rehabilitation. Brain Stimulation.

¹Discente da Universidade de Vassouras. rissojaqueline@gmail.com

²Discente da Universidade de Vassouras. liviaaraujog@yahoo.com.br

³Especialista em Medicina da Família e Comunidade e Mestre em Ciências Médicas Pré Hospitalar pela Universidade de Vassouras – orientador Docente da Universidade de Vassouras. ramonlima2112@gmail.com

RESUMEN: Este artículo analiza los enfoques terapéuticos en la rehabilitación post-ictus y su relación con la neuroplasticidad. La revisión integradora incluyó 14 estudios de las bases de datos PubMed y BVS (2020-2025), seleccionados según criterios de elegibilidad. Los hallazgos destacan que la neuroplasticidad puede adaptarse mediante estimulación cerebral no invasiva (rTMS y tDCS), terapia de espejo, realidad virtual y rehabilitación robótica. Se ha demostrado que técnicas como los exoesqueletos y el entrenamiento orientado a tareas son beneficiosas para la recuperación motora y el equilibrio. La evidencia sugiere que la combinación de estrategias puede mejorar la reorganización neuronal y mejorar los resultados funcionales. Se concluye que la rehabilitación post accidente cerebrovascular debe integrar diferentes enfoques para optimizar la recuperación. Sin embargo, se necesitan más estudios para validar la eficacia y personalizar los protocolos terapéuticos.

Palabras clave: Neuroplasticidad. Rehabilitación Post-Ictus. Estimulación Cerebral.

INTRODUÇÃO

O acidente vascular cerebral (AVC) é uma das principais causas de incapacidade no mundo, levando a déficits motores significativos que prejudicam a qualidade de vida dos pacientes. No entanto, a plasticidade neural — a capacidade do sistema nervoso de se reorganizar estruturalmente e funcionalmente em resposta a danos — desempenha um papel importantíssimo na recuperação pós-AVC (LIU, H. et al., 2020). A reabilitação pós-AVC tem como objetivo potencializar essa plasticidade, utilizando diferentes abordagens terapêuticas para restaurar a função motora e promover a independência dos pacientes.

675

Estudos recentes relatam que os padrões de recuperação motora estão diretamente relacionados a alterações estruturais na substância branca e cinzenta do cérebro, especialmente em áreas como os gânglios da base, que desempenham um papel essencial no controle do movimento (LIU et al., 2020). Essas descobertas reforçam a importância de estratégias que estimulem a reorganização neural durante a fase de recuperação.

Outro aspecto essencial na reabilitação pós-AVC é a identificação de um "período crítico" para a recuperação motora, no qual o cérebro apresenta maior capacidade de adaptação e resposta às intervenções terapêuticas (DROMERICK et al., 2021). Evidências sugerem que intervenções precoces podem fortificar a plasticidade neural e levar a melhores desfechos funcionais, tornando essencial a definição do momento ideal para a implementação de diferentes abordagens de reabilitação.~

Diante disso, novas estratégias terapêuticas vêm sendo investigadas para otimizar a recuperação pós-AVC, incluindo tecnologias avançadas e métodos que modulam a plasticidade neural, como a estimulação cerebral não invasiva, a reabilitação robótica e o treinamento

orientado por tarefas (MARÍN-MEDINA et al., 2023). O avanço dessas abordagens tem ampliado as possibilidades de tratamento, proporcionando maior eficácia na recuperação motora e melhor qualidade de vida para os pacientes.

Dessa forma, a presente revisão tem objetivo explorar os mecanismos de neuroplasticidade relacionados à reabilitação pós-AVC, destacando as principais estratégias terapêuticas utilizadas para otimizar a recuperação funcional dos pacientes. Apesar de alguns desses estudos ainda possuírem limitações, essa revisão pode ser fundamental para estimular pessoas a usar essas técnicas descritas em novos estudos com amostras e períodos maiores, na procura de adicionar no manejo desses pacientes que perderam sua funcionalidade pós AVC.

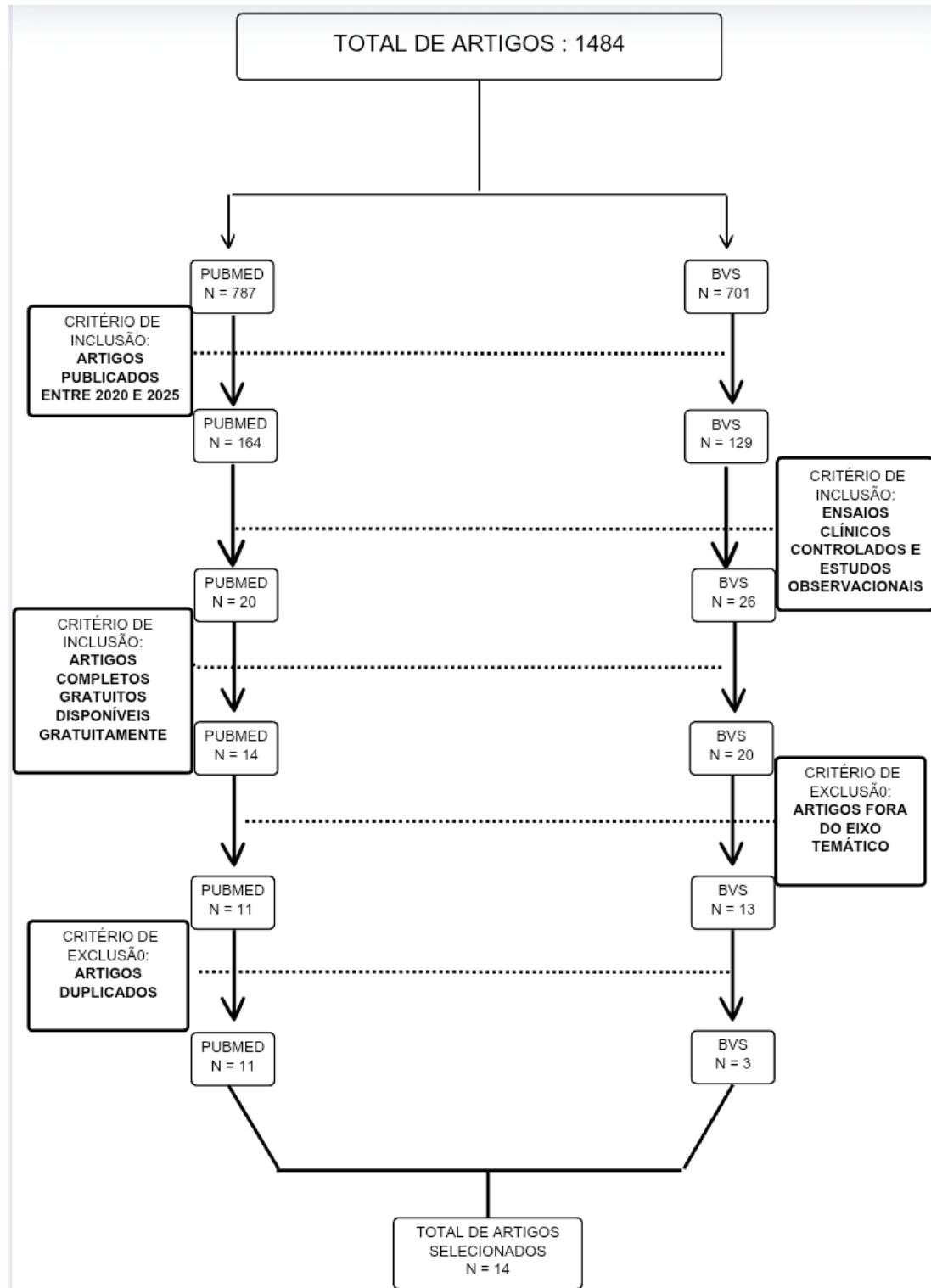
MÉTODOS

Trata-se de um estudo de abordagem qualitativa, retrospectiva e transversal executado por meio de uma revisão integrativa da literatura. As bases de dados utilizadas foram National Library of Medicine (PubMed) e o Portal Regional da Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). A busca pelas publicações foi realizada considerando os descritores disponíveis do DeCS (Descritores em Saúde) da seguinte forma: Neuronal Plasticity AND Rehabilitation after Stroke. A revisão de literatura foi realizada seguindo as seguintes etapas: estabelecimento do tema; definição dos parâmetros de elegibilidade; definição dos critérios de inclusão e exclusão; exame das informações encontradas; análise dos estudos encontrados e exposição dos resultados. Foram incluídos no estudo artigos publicados entre 2020 e 2025; artigos cujos estudos eram do tipo ensaio clínico controlado ou estudo observacional e cujo texto completo estava disponível gratuitamente. Foram excluídos os artigos que não apresentavam uma fundamentação teórica bem definida ou cujo conteúdo não demonstrava alinhamento adequado com os objetivos deste estudo, artigos fora do eixo temático abordado, artigos de revisão de literatura e, também, aqueles duplicados.

RESULTADOS

A busca resultou em um total de 1.488 artigos. Foram encontrados 787 estudos na base de dados PubMed e 701 na base de dados BVS. Após os critérios de inclusão e exclusão foram selecionados 3 artigos na base de dados BVS e 11 artigos na base de dados PubMed (Figura 1). Foi gerada uma tabela com os principais achados dos artigos analisados (Tabela 1).

Figura 1: Fluxograma de identificação e seleção dos artigos escolhidos nas bases de dados PubMed e BVS.



Fonte: Autoral

Tabela 1: Mostra os autores principais achados dos artigos; amostra utilizada e ano da publicação.

Autores	Ano	Amostra	Tipo de Estudo	Principais achados
ZHANG, J. et al	2023	N=40	Ensaio Clínico	Este estudo demonstrou que uso de acupuntura auricular facilita neuroplasticidade e tem uma boa resposta na reabilitação pós- AVC por apresentar melhora na função motora do membro superior pela escala FMA; reduzir desequilíbrio excitatório entre hemisférios cerebrais; além de fazer ativação na região M1 por aumentar oxigenação nesta área
HILL, G. et al.	2023	N=33	Ensaio Clínico	Estudo observou aumento na amplitude MEP após iTBS no grupo que praticou exercício aeróbio. O uso de exercícios cardiovasculares leva a um preparo do cérebro para treinamento posterior. Também foi constatado que ciclismo com intervalos de alta intensidade teve um efeito de potencialidade a longo prazo
HUO, C. et al.	2024	N=40	Ensaio Clínico	O uso de robô de reabilitação de exoesqueleto unilateral de membro inferior foi eficiente ao promover equilíbrio e recuperação da marcha nos pacientes com AVC subagudo, permitindo uma marcha mais coordenada e eficiente, além de promover reorganização da rede motora bilateral.
LIEB, A. et al.	2023	N=144	Ensaio Clínico	Estudo BOSS-STROKE que investiga o uso de rTMS sincronizada com oscilação cerebral personalizando para coincidir com estados de alta excitabilidade corticoespinhal. Abordagem visa melhora da funcionalidade do braço e mão em pacientes com AVC subagudo inicial. Caso se mostre bem sucedido, ele pode levar à adoção de protocolos de estimulação cerebral personalizada.
Liu, Y. et al.	2024	N=136	Ensaio Clínico	Estudo ainda em andamento, explorando o potencial da combinação de Realidade Virtual (RV) e Estimulação Magnética Transcraniana Repetitiva (rTMS) na reabilitação motora e plasticidade neural nos pacientes pós AVC. Caso seja confirmado esse estudo representará um avanço significativo na terapia do equilíbrio e recuperação da função.

WANG, C. et al	2024	N= 28	Ensaio Clínico	O presente estudo utilizou Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua nos pacientes com AVC para levar a conectividade basal e ganhos motores. Foi observado que o uso de atDCS levou a um ganho motor quando aplicado ao M ₁ ipsilateral ou uso de ctDCS em M ₁ contralesional.
SETHI, A. et al	2023	N=14	Ensaio Clínico	Estudo utilizou ruído aleatório transcraniano (tRNS) associado a Estimulação Elétrica Funcional (FES) com intuito de recuperar a função da extremidade superior (UE) após AVC moderado a grave. Ao final foi observado pela primeira vez que o uso combinado de tarefas facilitadas por tRNS e FES melhoraram significativamente o comprometimento da UE e função da mão nesses indivíduos.
MAURO, M. C. et al	2024	N= 19	Ensaio Clínico	Foi constatado que uso de exoesqueleto bilateral diminui assimetria de potência inter-hemisférica sugerindo aumento na neuroplasticidade levando a uma melhora funcional dos pacientes. Foi reforçado que o uso de pdBSI é interessante para avaliar essa recuperação podendo ser integrada aos protocolos clínicos futuramente.
GOTTLIEB, A. et al	2021	N= 28	Ensaio Clínico	Uso de LF-rTMS no hemisfério contralesional fez com que lado lesado pelo AVC se reorganiza-se e melhora-se sua função, além disso houve aumento da conectividade entre o córtex motor e giro angular. Mesmo afetando a rigidez muscular nem todos os pacientes obtiveram melhora na função motora do membro afetado. Já em relação ao EMTr, existem resultados incoerentes com relação à sua eficácia na recuperação motora, pois seus efeitos podem ser afetados por tamanho da lesão; idade e grau de comprometimento, sendo assim, mais estudos devem ser realizados.
KIM, H. et al.	2020	N= 30	Ensaio Clínico	Foi demonstrado pela primeira vez a evidência de efeito neuroplástico do treinamento locomotor robótico (E-RAGT) nos pacientes com AVC hemiparético. O grupo submetido ao E-RAGT apresentou aumento na atividade cortical de SMC, SMA e PMC após 4 semanas. Houve melhora clínica nos grupos E-RAGT e BWST, mas apenas E-RAGT obteve ganho no score FMA. Mesmo com os achados benéficos, não se confirmou a superioridade do E-RAGT sob treino habitual.

KIM, W.-S. et al.	2020	N=77	Ensaio Clínico	Constatou-se que rTMS de baixa frequência ainda não é conclusiva, sendo afetada por diversos fatores. Não foi relatado superioridade do rTMS de baixa frequência de 2 semanas no M ₁ contra lesionado sob o rTMS falm para recuperação motora do membro superior quando combinado a terapia ocupacional dentro de 3 meses pós AVC.
DING, L. et al.	2025	N= 33	Ensaio Clínico	Foi observado que a integridade estrutural do Corpo Caloso (CC) está associado a eficácia da MT, assim como a reorganização funcional do trato corticoespinhal (CST). Foi constatado que a MT induz mudanças na atividade neural espontânea, particularmente no CST ipsilateral e no CC levando a uma reorganização funcional no nível subcortical sugerindo então o efeito de plasticidade neural e recuperação motora.
CABRAL, D. F. et al.	2022	N=32	Estudo Observacional	Os resultados indicam que a ferramenta Estimulação Magnética Transcraniana (EMT) -estimulação intermitente de theta-burst (iTBS) pode ser útil na investigação da neuroplasticidade pós AVC, mas a resposta do cérebro à estimulação depende do tempo do AVC e do estado funcional do paciente.
REVILL, K. P. et al.	2020	N=20	Ensaio Clínico	Esse estudo observou que a estimulação do tipo Hebbian na região M ₁ ipsilateral foi eficaz para manter ganhos motores na função da mão em pacientes com AVC Isquêmico que tiveram área M ₁ afetada e projeções corticoespinhais afetadas.

Fonte: Autoral.

DISCUSSÃO

A plasticidade neural é um fenômeno essencial para a recuperação de funções após um acidente vascular cerebral (AVC). A reorganização cortical e a modificação das conexões neurais desempenham um papel crítico na reabilitação, sendo influenciadas por diversas intervenções terapêuticas, como estimulação cerebral não invasiva, exercícios físicos, terapias robóticas e técnicas baseadas em realidade virtual. Foi observado que Estimulação Magnética Transcraniana (EMT) - Estimulação intermitente de theta-burst (iTBS) foi útil, porém a resposta depende do tempo do AVC e do estado funcional do paciente (CABRAL, D. et al.,

2022).

Dentre as abordagens utilizadas para potencializar a plasticidade neural, a estimulação transcraniana se destaca. Observou-se num estudo recente que a estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS) promove alterações na conectividade motora cortical, contribuindo para melhorias na função motora pós-AVC (WANG, C. et al., 2024). Em outro estudo, relata-se que a estimulação magnética transcraniana repetitiva (rTMS) de baixa frequência não mostrou superioridade por depender de diversos fatores (KIM, W.-S. et al., 2020). Outro ensaio clínico investiga pela primeira vez a eficácia da terapêutica rTMS personalizada sincronizada com estado de alta excitabilidade, no intuito demonstrar que tem um potencial para acelerar a recuperação motora em pacientes na fase subaguda do AVC (LIEB, A. et al. 2023). Intervenções inovadoras, como a estimulação randômica por ruído transcraniano, também vêm sendo investigadas como estratégia para aprimorar a funcionalidade da mão em pacientes com AVC moderado a grave (SETHI, A. et al., 2024).

Outro método prometedor na reabilitação é o utilização de tecnologias robóticas. Terapias fundamentadas em exoesqueletos e sistemas de treinamento robótico de marcha demonstraram efeitos significativos na plasticidade neural e na recuperação do equilíbrio e da locomoção (HUO, C. et al., 2024; KIM, H. et al., 2020). Além disso, a reabilitação assistida por robôs tem sido associada à restauração da simetria inter-hemisférica, um fator crucial para a recuperação funcional (MAURO, M. et al., 2024).

A acupuntura auricular também tem sido explorada como uma estratégia complementar na modulação da plasticidade neural. Um estudo recente demonstrou que essa abordagem pode influenciar a ativação cortical em pacientes com disfunção motora pós-AVC, reforçando seu potencial terapêutico (ZHANG, J. et al., 2023).

A atividade física, particularmente o exercício aeróbico de intensidade moderada, também se mostra eficaz na facilitação da neuroplasticidade, especialmente na ativação do hemisfério contralesional, contribuindo para a melhora da função motora (HILL, G et al., 2023). Esse achado reforça a importância da reabilitação multidisciplinar, combinando estratégias fisioterapêuticas com estímulos neuromoduladores para otimizar os ganhos funcionais. Outro campo de pesquisa que tem avançado significativamente é a combinação de abordagens terapêuticas. A terapia baseada em tarefas com realidade virtual combinada com rTMS, por exemplo, mostrou uma melhora do equilíbrio e na reorganização da plasticidade cerebral, porém ainda são necessários novos estudos por um tempo mais prolongado para de fato confirmar a

eficácia dessa combinação (LIU, Y. et al., 2024). De maneira semelhante, a terapia do espelho tem sido associada a uma reorganização funcional da substância branca, promovendo recuperação trans-hemisférica (DING, L. Et al., 2025).

No contexto da espasticidade pós-AVC, abordagens como a estimulação magnética transcraniana inibitória têm demonstrado eficácia no aumento da conectividade entre córtex motor e giro angular, reduzindo a rigidez muscular e melhorando em alguns pacientes a funcionalidade do membro afetado (GOTTLIEB, A. et al., 2021).

Por fim, a estimulação do córtex motor primário baseada em princípios Hebbianos foi investigada como uma potencial estratégia para melhorar a função da mão em pacientes com AVC crônico, destacando o papel da plasticidade dependente da atividade na recuperação neurológica (REVILL, K. et al., 2020).

Dessa forma, a literatura evidencia que a recuperação pós-AVC é um processo dinâmico e multifatorial, no qual a plasticidade neural pode ser modulada por diferentes intervenções. O avanço nas pesquisas tem contribuído para o desenvolvimento de estratégias personalizadas, combinando tecnologias inovadoras com abordagens tradicionais para maximizar a recuperação funcional dos pacientes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

682

A recuperação pós-AVC é um processo dinâmico e multifatorial, no qual a plasticidade neural atua fundamentalmente. A literatura relata que diferentes estratégias terapêuticas, como estimulação cerebral não invasiva, reabilitação robótica, treinamento orientado por tarefas e terapias complementares, podem moldar a reorganização neural e aperfeiçoar os resultados funcionais dos pacientes.

As pesquisas analisadas apontam que intervenções precoces, aliadas a abordagens personalizadas, tendem a potencializar os efeitos da plasticidade neural, levando a uma recuperação motora e a qualidade de vida dos pacientes melhores. Métodos como a estimulação magnética transcraniana (rTMS), a estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS), a terapia do espelho e o uso de exoesqueletos vêm se solidificando como estratégias promissoras na reabilitação pós-AVC. Além disso, a combinação de diferentes técnicas tem sido apontada como uma alternativa eficiente para maximizar ganhos funcionais.

Entretanto, apesar dos avanços científicos, ainda existem desafios a serem superados, como a necessidade de estudos mais abrangentes por períodos maiores a fim de validar a eficácia

de certas intervenções. A variabilidade na resposta dos pacientes às terapias reforça a importância de abordagens individualizadas, baseadas em marcadores neurobiológicos e funcionais.

Dessa forma, a busca no desenvolvimento de novas estratégias terapêuticas, aliado à integração de tecnologias inovadoras, poderá aprimorar a reabilitação pós-AVC, promovendo melhores desfechos clínicos e maior independência funcional para os pacientes.

REFERÊNCIAS

CABRAL, D. F. et al. Efficacy of mechanisms of neuroplasticity after a stroke. *Restorative Neurology and Neuroscience*, v. 40, n. 2, p. 73–84, 7 jun. 2022.

DANIEL STIVEN MARÍN-MEDINA et al. New approaches to recovery after stroke. *Neurological Sciences*, v. 45, n. 1, 11 set. 2023.

DING, L. et al. Functional reorganization of white matter supporting the transhemispheric mechanism of mirror therapy after stroke: a multimodal MRI study. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, p. 1–1, 1 jan. 2025.

DROMERICK, A. W. et al. Critical Period After Stroke Study (CPASS): A phase II clinical trial testing an optimal time for motor recovery after stroke in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 118, n. 39, p. e2026676118, 28 set. 2021.

683

GOTTLIEB, A. et al. Treatment of upper limb spasticity with inhibitory repetitive transcranial magnetic stimulation: A randomized placebo-controlled trial. *NeuroRehabilitation*, v. 49, n. 3, p. 425–434, 6 nov. 2021.

HILL, G. et al. Moderate intensity aerobic exercise may enhance neuroplasticity of the contralesional hemisphere after stroke: a randomised controlled study. *Scientific Reports*, v. 13, p. 14440, 2 set. 2023.

HUO, C. et al. Effectiveness of unilateral lower-limb exoskeleton robot on balance and gait recovery and neuroplasticity in patients with subacute stroke: a randomized controlled trial. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, v. 21, n. 1, p. 213, maio 2024.

KIM, H. et al. Neuroplastic effects of end-effector robotic gait training for hemiparetic stroke: a randomised controlled trial. *Scientific Reports*, v. 10, n. 1, 27 jul. 2020.

KIM, W.-S. et al. Low-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation Over Contralesional Motor Cortex for Motor Recovery in Subacute Ischemic Stroke: A Randomized Sham-Controlled Trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, v. 34, n. 9, p. 856–867, 18 ago. 2020.

LIEB, A. et al. Brain-oscillation-synchronized stimulation to enhance motor recovery in early subacute stroke: a randomized controlled double-blind three-arm parallel-group exploratory

trial comparing personalized, non-personalized and sham repetitive transcranial magnetic stimulation (Acronym: BOSS-STROKE). *BMC Neurology*, v. 23, n. 1, 25 maio 2023.

LIU, H. et al. Patterns of motor recovery and structural neuroplasticity after basal ganglia infarcts. *Neurology*, v. 95, n. 9, p. e1174–e1187, 25 jun. 2020.

LIU, Y. et al. Effects of VR task-oriented training combined with rTMS on balance function and brain plasticity in stroke patients: a randomized controlled trial study protocol. *Trials*, v. 25, n. 1, 21 out. 2024.

MAURO, M. C. et al. Restoring of interhemispheric symmetry in patients with stroke following bilateral or unilateral robot-assisted upper-limb rehabilitation: a pilot Randomized Controlled Trial. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, p. 1–1, 1 jan. 2024.

REVILL, K. P. et al. Hebbian-Type Primary Motor Cortex Stimulation: A Potential Treatment of Impaired Hand Function in Chronic Stroke Patients. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, v. 34, n. 2, p. 159–171, 24 jan. 2020.

SETHI, A. et al. Transcranial random noise stimulation to augment hand function in individuals with moderate-to-severe stroke: A pilot randomized clinical trial. *Restorative Neurology and Neuroscience*, v. 41, n. 5–6, p. 193–202, 30 jan. 2024.

WANG, C. et al. Transcranial direct current stimulation-induced changes in motor cortical connectivity are associated with motor gains following ischemic stroke. *Scientific Reports*, v. 14, n. 1, 8 jul. 2024.

ZHANG, J. et al. Effect of auricular acupuncture on neuroplasticity of stroke patients with motor dysfunction: A fNIRS study. *Neuroscience Letters*, v. 812, p. 137398, 24 ago. 2023.