

NEUROPLASTICIDADE E REABILITAÇÃO PÓS-ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO ISQUÊMICO: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DAS INTERVENÇÕES TERAPÊUTICAS DISPONÍVEIS

NEUROPLASTICITY AND POST-ISCHEMIC STROKE REHABILITATION: AN INTEGRATIVE REVIEW OF AVAILABLE THERAPEUTIC INTERVENTIONS

NEUROPLASTICIDAD Y REHABILITACIÓN POST-ACV ISQUÉMICO: UNA REVISIÓN INTEGRATIVA DE LAS INTERVENCIONES TERAPÉUTICAS DISPONIBLES

Mikaela de Miranda Lopes¹
Ana Beatriz Calmon Nogueira da Gama²
Yago de Souza Luiz³
Stefany Campos Neves⁴
Caio Maurício Silva⁵

RESUMO: O Acidente Vascular Encefálico (AVE) representa uma das principais causas de morbimortalidade no mundo, com impactos significativos na funcionalidade e na qualidade de vida dos pacientes. As sequelas neurológicas incluem paresias, parestesias, paralisias segmentares, distúrbios da fala e linguagem, além de déficits de memória e cognição, exigindo reabilitação intensiva. A neuroplasticidade tem sido investigada como base para intervenções terapêuticas capazes de reorganizar circuitos neurais e promover recuperação funcional. Esta revisão integrativa teve como objetivo identificar as intervenções terapêuticas mais eficazes na promoção da neuroplasticidade em pacientes adultos pós-AVE isquêmico. Foram selecionados ensaios clínicos e ensaios clínicos randomizados publicados entre 2020 e 2024, de acesso livre, localizados nas bases PubMed e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), utilizando os descritores “neuroplasticity”, “rehabilitation” e “stroke”, combinados com o operador booleano “AND”. Excluíram-se artigos duplicados, estudos não relacionados diretamente ao AVE isquêmico, à reabilitação ou à neuroplasticidade, bem como os que não atendiam aos objetivos da revisão. Foram incluídos 26 artigos. A estimulação craniana foi a intervenção mais estudada, com evidências de eficácia na modulação da excitabilidade cortical. Acupuntura, realidade virtual, estimulação sonora e terapias robóticas também apresentaram resultados positivos. Evidencia-se a necessidade de protocolos terapêuticos direcionados ao perfil clínico e funcional de cada paciente.

5834

Palavras-chave: Neuroplasticidade. Reabilitação. Acidente vascular cerebral.

¹ Discente do curso de medicina da Universidade de Vassouras, Vassouras, RJ, Brasil.

² Docente do curso de medicina da Universidade de Vassouras, Vassouras, RJ, Brasil – Orientador.

³ Discente do curso de medicina da Universidade de Vassouras, Vassouras, RJ, Brasil.

⁴ Discente do curso de medicina da Universidade de Vassouras, Vassouras, RJ, Brasil.

⁵ Discente do curso de medicina da Universidade de Vassouras, Vassouras, RJ, Brasil.

ABSTRACT: Stroke is one of the leading causes of morbidity and mortality worldwide, with significant impacts on patients' functionality and quality of life. Neurological sequelae include paresis, paresthesia, segmental paralysis, speech and language disorders, as well as memory and cognitive deficits, often requiring intensive rehabilitation. Neuroplasticity has been investigated as a basis for therapeutic interventions capable of reorganizing neural circuits and promoting functional recovery. This integrative review aimed to identify the most effective therapeutic interventions in promoting neuroplasticity in adult patients after ischemic stroke. Clinical trials and randomized clinical trials published between 2020 and 2024, with open access, were selected from the PubMed and Virtual Health Library (BVS) databases using the descriptors “neuroplasticity,” “rehabilitation,” and “stroke,” combined with the Boolean operator “AND.” Articles that were duplicated, not directly related to ischemic stroke, rehabilitation, or neuroplasticity, or that did not meet the objectives of the review were excluded. A total of 26 articles were included. Cranial stimulation was the most studied intervention, with evidence of efficacy in modulating cortical excitability. Acupuncture, virtual reality, auditory stimulation, and robotic therapies also showed positive results. The findings highlight the need for therapeutic protocols tailored to the clinical and functional profile of each patient.

Keywords: Neuroplasticity. Rehabilitation. Stroke.

RESUMEN: El Accidente Vascular Encefálico (AVE) es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad a nivel mundial, con impactos significativos en la funcionalidad y la calidad de vida de los pacientes. Las secuelas neurológicas incluyen paresias, parestesias, parálisis segmentarias, trastornos del habla y del lenguaje, así como déficits de memoria y cognición, lo que a menudo requiere rehabilitación intensiva. La neuroplasticidad ha sido estudiada como base para intervenciones terapéuticas capaces de reorganizar circuitos neuronales y promover la recuperación funcional. Esta revisión integrativa tuvo como objetivo identificar las intervenciones terapéuticas más eficaces para promover la neuroplasticidad en pacientes adultos tras un AVE isquémico. Se seleccionaron ensayos clínicos y ensayos clínicos aleatorizados publicados entre 2020 y 2024, de acceso abierto, a través de las bases de datos PubMed y Biblioteca Virtual en Salud (BVS), utilizando los descriptores “neuroplasticity”, “rehabilitation” y “stroke”, combinados con el operador booleano “AND”. Se excluyeron artículos duplicados, no relacionados directamente con el AVE isquémico, la rehabilitación o la neuroplasticidad, así como aquellos que no cumplían los objetivos de la revisión. Se incluyeron 26 artículos. La estimulación craneal fue la intervención más estudiada. Acupuntura, realidad virtual, estimulación sonora y terapias robóticas también mostraron resultados positivos. Se resalta la necesidad de protocolos terapéuticos adaptados al perfil clínico y funcional de cada paciente.

5835

Palabras clave: Neuroplasticidad. Rehabilitación. Accidente Cerebrovascular.

INTRODUÇÃO

O Acidente Vascular Encefálico (AVE) é uma das principais causas de morbidade e mortalidade em todo o mundo, representando um desafio significativo para os sistemas de saúde devido ao alto custo gerado¹. Continua sendo uma das patologias que mais causam incapacidade adulta, gerando impacto na qualidade de vida e funcionalidade dos indivíduos afetados², sendo

portanto, uma fonte de sofrimento para milhões de pessoas³. A isquemia cerebral, resultante de um AVE isquêmico, é o tipo mais comum de AVE. É caracterizada pela interrupção do fluxo sanguíneo para uma parte do cérebro, levando à morte celular e à disfunção neurológica⁴.

Os déficits motores, como a paresia e a paralisia em um lado do corpo ou em um segmento específico, juntamente com alterações sensoriais, podem dificultar a mobilidade e a realização de atividades diárias, como a deambulação e a alimentação independente⁵. Além disso, déficits cognitivos, incluindo problemas de memória, atenção e linguagem, impactam a capacidade de comunicação e de participação social⁶. Aspectos emocionais, como depressão e ansiedade, também são consequências comuns após um AVE⁷.

A reabilitação após um AVE é crucial para minimizar sequelas e melhorar a qualidade de vida dos pacientes, em vista do impacto profundo e duradouro⁸. Nesse contexto, a neuroplasticidade emerge como um conceito central. A neuroplasticidade refere-se à capacidade do sistema nervoso de se adaptar e de se reorganizar em resposta a estímulos externos e internos. Esses processos podem ocorrer em diferentes níveis, desde alterações sinápticas até a reorganização de redes neurais inteiras⁹. Essa neuroplasticidade é um fenômeno bem estudado que está associado a melhorias progressivas na função cerebral pós-AVE³.

A plasticidade neural é a base para reabilitação, em pacientes com déficits neurológicos focais¹⁰. No adulto, a neurogênese não ocorre de maneira que se expresse clinicamente de forma espontânea¹¹. Terapias que se fundamentem em desenvolver uma reorganização neural são essenciais para recuperação dos pacientes com sequelas decorrente de um acidente cerebrovascular¹². O conhecimento de tais terapias é útil e relevante na abordagem terapêutica. A aplicação prática dessas informações pode abrir caminho para intervenções personalizadas e inovadoras que maximizam os resultados da reabilitação e melhoram a qualidade de vida dos sobreviventes de AVE¹³. É necessário procurar novos métodos que complementem a estratégia tradicional, uma vez que os atuais tratamentos apresentam resultados variáveis e com poucas evidências de efeitos a longo prazo¹⁴. Além disso, a neuroplasticidade relacionada ao treinamento locomotor a longo prazo ainda permanece inexplorada¹⁵.

Diversas terapias têm sido estudadas com o objetivo de potencializar a neuroplasticidade e otimizar a reabilitação de pacientes pós-AVE isquêmico. Entre elas, destacam-se intervenções que atuam diretamente na modulação cortical, na estimulação sensório-motora e na reorganização de circuitos neurais. A estimulação magnética transcraniana repetitiva (rTMS) utiliza campos magnéticos aplicados sobre regiões específicas do córtex, modulando a excitabilidade neuronal e favorecendo o reaprendizado motor e cognitivo^{22, 26, 33}. A estimulação

elétrica transcraniana (tDCS) utiliza correntes elétricas de baixa intensidade aplicadas por eletrodos posicionados sobre o couro cabeludo, modulando o potencial de membrana dos neurônios e promovendo alterações duradouras na plasticidade sináptica^{22, 26, 33}. A estimulação tipo theta burst (iTBS), segue um padrão rítmico semelhante às ondas teta fisiológicas, induzindo potenciação de longo prazo (LTP) e reorganização funcional do córtex motor^{26, 33}.

A acupuntura estimula fibras nervosas periféricas e receptores sensoriais, desencadeando respostas neuroquímicas que envolvem a liberação de neurotransmissores e o aumento do fluxo sanguíneo cerebral^{16, 17}. Já musicoterapia e outras formas de estimulação sonora influenciam a plasticidade cerebral pela ativação simultânea de circuitos auditivos, motores e límbicos, promovendo a integração inter-hemisférica e o processamento emocional e cognitivo^{11,14}. As terapias baseadas em realidade virtual utilizam feedback visual e sensório-motor em tempo real estimulando redes corticoespinhais envolvidas no aprendizado motor^{18, 30}.

A reabilitação robótica fornece movimento repetitivo e assistido dos membros, estimulando a propriocepção e a plasticidade dependente de uso^{15, 27}. O treinamento de imaginação motora baseia-se na representação mental de movimentos, ativando as mesmas áreas corticais recrutadas durante a execução física e fortalecendo conexões sinápticas relacionadas ao controle motor¹⁰. Por fim, a cerebrolisina exerce efeitos neuroprotetores e neurotróficos, estimulando regeneração neuronal, formação de novas sinapses e modulação da inflamação pós-isquêmica²⁰. Em conjunto, essas abordagens exploram os mecanismos de reorganização cerebral, promovendo adaptação funcional e recuperação das habilidades comprometidas.

5837

Sendo assim, o objetivo desta revisão integrativa foi analisar as intervenções terapêuticas disponíveis em estudo e identificar aquelas que são mais eficazes na promoção da neuroplasticidade e na reabilitação de pacientes adultos que sofreram lesões neurológicas decorrentes de um AVE isquêmico. A revisão buscará reconhecer e sintetizar evidências científicas relevantes para auxiliar o aprimoramento das práticas clínicas, visando reconhecer abordagens terapêuticas que otimizem os resultados funcionais e cognitivos em pacientes adultos com lesões neurológicas.

MÉTODOS

Este estudo consiste em uma revisão integrativa da literatura com uma abordagem qualitativa, retrospectiva e transversal. As bases de dados selecionadas para a pesquisa foram o portal regional da Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e a National Library of Medicine

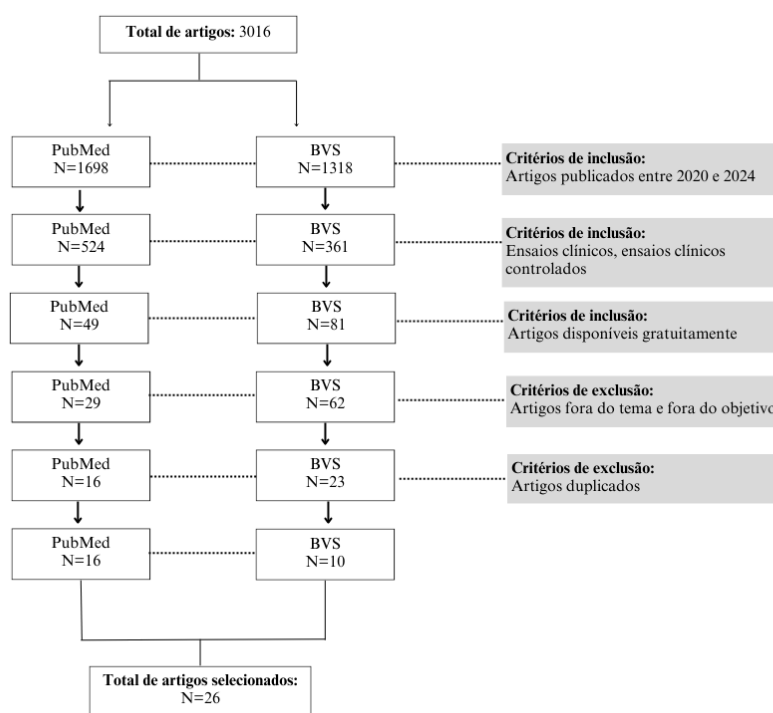
(PubMed). A seleção dos artigos foi feita utilizando os descritores “neuroplasticity”, “rehabilitation” e “stroke”, combinados com o operador booleano “AND”. O processo seguiu diversas etapas, incluindo o estabelecimento do tema de interesse, a definição dos parâmetros de elegibilidade, a estipulação de critérios de inclusão e exclusão. Foram incluídos no estudo artigos publicados nos últimos 4 anos (de 2020 a 2024), disponíveis em acesso livre. Os tipos de estudos selecionados foram ensaios clínicos e ensaios clínicos controlados. Os critérios de exclusão envolveram artigos que não estavam diretamente relacionados a neuroplasticidade, a reabilitação e a AVE isquêmico, bem como aqueles que não atendiam aos objetivos específicos da revisão e os artigos duplicados.

RESULTADOS

Após a busca inicial, um total de 3016 trabalhos foram identificados. Destes, 1698 artigos foram encontrados na base de dados PubMed e 1318 na base de dados portal regional da BVS. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados 16 artigos na base de dados PubMed e 23 na base de dados BVS, excluindo 13 artigos duplicados, o que totalizou 26 artigos para estudo conforme a figura 1.

5838

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



Fonte: autores (2025)

A Tabela 1 apresenta a caracterização dos 26 artigos incluídos nesta revisão, organizados conforme o tipo de estudo, a intervenção terapêutica aplicada e os principais desfechos clínicos. A maioria dos estudos correspondeu a ensaios clínicos randomizados controlados, reforçando o rigor metodológico das evidências analisadas.

Entre as terapias investigadas, a estimulação cerebral foi a mais frequente ($n=10$), seguida pela reabilitação com realidade virtual ($n=4$), acupuntura ($n=2$), musicoterapia ou estimulação sonora ($n=3$), terapias robóticas ($n=2$), estimulação vibratória ($n=2$), além de intervenções pontuais com cerebrolisina, estimulação elétrica transcutânea e treinamento com imagens motoras ($n=1$ cada).

Os desfechos clínicos variaram entre os estudos. A maioria relatou efeitos positivos na função motora, sensorial e/ou cognitiva, associados à modulação da neuroplasticidade. No entanto, quatro estudos não demonstraram benefícios estatisticamente significativos. As intervenções com maior consistência e robustez nos resultados foram a estimulação cerebral (em diferentes modalidades), a acupuntura, a musicoterapia e as terapias robóticas. Essas abordagens apresentaram melhora funcional sustentada, com respaldo em evidências neurofisiológicas ou por neuroimagem.

Em contrapartida, a realidade virtual apresentou resultados heterogêneos: dois estudos indicaram eficácia clínica, enquanto outros dois não mostraram superioridade em relação aos métodos convencionais. A estimulação vibratória também teve resultados conflitantes, sendo eficaz em apenas um dos dois estudos. Já as intervenções com cerebrolisina e treinamento com imagens motoras mostraram-se promissoras, com evidências de reorganização funcional e ganho motor relevante.

Esses achados reforçam a necessidade de aprofundamento metodológico e de personalização das estratégias terapêuticas. O conjunto das evidências destaca a estimulação cerebral, a acupuntura, a musicoterapia e as tecnologias robóticas como as intervenções mais promissoras para otimizar a recuperação funcional pós-AVE por meio da neuroplasticidade.

Tabela 1 - Caracterização dos artigos conforme ano de publicação, tipo de estudo, terapia e repercussão

| Autor | Ano | Tipo de estudo | Terapia | Resultados |
|--------------------------------------|------|---|-----------------------|--|
| Chen T, Zhang Y, et al ¹⁶ | 2024 | Ensaio clínico randomizado duplo cego N=46 | Acupuntura | Melhorou a recuperação motora e modificou o VMHC cefalocerebelar em pacientes com AVEi com lesões focais unilaterais com hemiparesia |
| Hill G, et al ² | 2023 | Ensaio clínico randomizado controlado | Exercício aeróbico de | O exercício aeróbico de intensidade moderada pode promover a |

| | | | | |
|--|------|---|---|--|
| | | N= 30 | intensidade moderada e estimulação cerebral intermitente | neuroplasticidade, maximizando outras terapias |
| Baker KB, et al ³ | 2023 | Ensaio clínico aberto N=12 | Estimulação cerebral profunda combinada com reabilitação física | Ganhos na função motora e ganhos neurofisiológicos observados em imagem |
| Zhang J, Huang W, et al ¹⁷ | 2023 | Ensaio clínico controlado N=40 | Acupuntura auricular | Efeito benéfico nos déficits motores dos membros superiores e ativação da região M1 do cérebro |
| Leitner MC, et al ¹⁸ | 2023 | Ensaio clínico N=16 | Treinamento de Restituição por meio de óculos de realidade virtual | Resultados não levaram a uma neuroplasticidade que melhorasse o campo visual |
| Saadat P, et al ¹⁹ | 2023 | Ensaio clínico N=10 | Estimulação Magnética transcraniana repetitiva | Não houve melhora significativas para reabilitação de AVEi com deficiência visual |
| Mitrović SZ, et al ²⁰ | 2023 | Ensaio clínico controlado randomizado duplo cego N=60 | Reabilitação prolongada com uso de cerebrolisina | A cerebrolisina na fase inicial pós-AVEi adicionada ao tratamento de reabilitação convencional melhora a recuperação funcional motora, especialmente na extremidade superior parética |
| Wang H, et al ¹⁰ | 2023 | Ensaio clínico randomizado controlado N=39 | Treinamento de imagens motoras (MIT) | Após o MIT, a ativação compensatória das redes sensoriomotoras diminuiu, sugerindo uma reorganização da rede motora |
| Sihvonen AJ, Soinila S, Särkämö T. ¹¹ | 2022 | Ensaio clínico controlado randomizado mono cego N=38 | Musicoterapia vocal, instrumental e audiolivros | Ouvir música, seja vocal ou instrumental, promoveu conectividade estrutural no cérebro pós AVE |
| Schranz C, Vatinno A, Ramakrishnan V, Seo NJ ²¹ | 2022 | Ensaio clínico randomizado triplo cego N=12 | Estimulação vibratória no pulso parético | A conectividade cerebral aumentou no pós-intervenção |
| Zhang JJ, Bai Z, Fong KNK ²² | 2022 | Ensaio clínico randomizado N=42 | Estimulação intermitente theta burst (iTBS) | O iTBS com e sem priming são superiores à estimulação simulada. o iTBS pode facilitar o aprendizado motor pós-AVE, |
| Vatinno AA, et al ²³ | 2022 | Ensaio clínico controlado randomizado triplo cego N=12 | Estimulação vibratória e terapia de prática de tarefas | A estimulação vibratória não apresentou melhorias significativas |
| Huang CY, et al ¹² | 2022 | Ensaio clínico controlado randomizado N=30 | treinamento de controle motor (VRT) baseado em realidade virtual imersiva e terapia | Ambas as terapias melhoraram a função motora, os níveis de IL-6 e 8-OHdG diminuíram. Os que foram submetidos aos VRT, apresentaram melhorias ligeiramente maiores. BDNF aumentou significativamente no grupo VRT |

| | | | ocupacional convencional (COT) | |
|---|------|--|--|---|
| Widmer M, et al ²⁴ | 2022 | Ensaio clínico controlado randomizado N=37 | Reabilitação de realidade virtual com recompensa | Não houve melhora significativa entre os grupos nos resultados primários |
| Shun-Min, et al ²⁵ | 2021 | Ensaio clínico controlado monocego N=6 | Estimulação elétrica transcraniana HD | Melhor eficácia de reabilitação neurológica em comparação com um controle simulado com reabilitação motora convencional. |
| Chen SC, et al ²⁶ | 2021 | Ensaio clínico controlado randomizado N=24 | Estimulação transcraniana contínua e intermitente | Os resultados sugerem que paciente submetidos a estimulação combinada com reabilitação convencional aumentam o benefício terapêutico |
| Sihvonen AJ, Ripollés P, Leo V, Saunavaara J, et al ¹⁴ | 2021 | Ensaio clínico randomizados N=38 | Musicoterapia com música vocal, instrumental e audiolivros | Os efeitos benéficos da audição de música vocal na recuperação da linguagem pós-AVE são sustentados por mudanças neuroplasticidade |
| Singh N, et al ²⁷ | 2021 | Ensaio clínico controlado randomizado n=23 | Exoesqueleto robótico eletromecânico | Melhora nos resultados motores e um aumento na excitabilidade cortical no hemisfério ipsilesional significativo |
| Allendorfer JB, et al ²⁸ | 2021 | Ensaio clínico N=12 | Estimulação Magnética Transcraniana intermitente | Melhora na afasia, apraxia e habilidades comunicativas |
| Sihvonen AJ, Leo V, et al ²⁹ | 2020 | Ensaio clínicos randomizados monocegos N=83 | Audição diária de música vocal, música instrumental e audiolivros | Ouvir música vocal melhorou a recuperação da memória verbal mais do que a música instrumental ou audiolivros e a recuperação da linguagem mais do que os audiolivros, especialmente em pacientes afásicos. Segundo neuroimagem, também aumentou seletivamente o volume de substância cinzenta nas áreas temporais |
| Miclaus R, et al ³⁰ | 2020 | Ensaio clínico randomizado N=55 | Realidade virtual não imersiva (NIVR) | Os resultados sugerem que a reabilitação com NIVR é eficiente para ser administrada a pacientes pós-AVE |
| Kim WS, et al ³¹ | 2020 | Ensaio clínico randomizado controlado N=77 | Estimulação magnética transcraniana repetitiva de baixa frequência | Os efeitos da EMTr real e simulada não diferiram significativamente entre os pacientes dentro de 3 meses após o AVE |
| Choudhury S, et al ³² | 2020 | Ensaio clínico randomizado N= 95 | Estímulos elétricos transcutâneos através de fone de ouvido em miniatura | O grupo de estimulação emparelhada mostrou melhora significativa na função motora do membro superior |
| Tsai PY, et al ³³ | 2020 | Ensaio clínico controlado randomizado duplo cego N=41 | Estimulação cerebral repetitiva e estimulação | Ambas foram eficazes para melhora do comprometimento cognitivo pós AVE. A atenção foi o único domínio que mostrou diferenças significativas em uso de estimulação repetitiva |

| | | | | |
|--|---------------------------------------|------|---|---|
| | | | cerebral intermitente | |
| Kim H, Park G, Shin JH, You JH ¹⁵ | Ensaio clínico randomizado N=30 | 2020 | Treinamento de marcha com assistência robótica (E- RAGT) e treinamento de esteira suportado por peso corporal (BWST) | Não houve diferença significativa entre os grupos E-RAGT e BWST para atividade cortical em qualquer região. Na avaliação clínica um pouco melhor no grupo E- RAGT |
| Revill KP, et al ³⁴ | Ensaio clínico randomizado N=20 | 2020 | Estimulação cerebral tipo hebbian | Ganhos funcionais foram mantidos ao longo do tempo e correlacionados com medidas de plasticidade funcional M1 |

Fonte: autores (2025)

DISCUSSÃO

Os estudos avaliados nesta revisão integrativa evidenciam uma diversidade de abordagens terapêuticas com potencial para promover a neuroplasticidade e, consequentemente, melhorar a recuperação funcional em pacientes com AVE isquêmico. De acordo com os resultados apresentados, a estimulação cerebral foi a intervenção mais recorrente, aparecendo em 10 dos 26 artigos analisados. A maioria desses estudos relatou efeitos positivos, como melhora da função motora e reorganização da atividade cortical^{22,26}. Por exemplo, o uso da estimulação magnética transcraniana repetitiva (rTMS) e da estimulação tipo iTBS (intermittent Theta Burst Stimulation) foi associado à facilitação da excitabilidade cortical e à recuperação motora em diversos contextos²². No entanto, um dos estudos indicou que a aplicação de rTMS no córtex visual primário não resultou em ganhos significativos na função visual de pacientes com lesões subcorticais, destacando que a eficácia dessa técnica pode depender da área cerebral estimulada e do perfil clínico do paciente¹⁹. Esse dado reforça a importância da personalização das terapias conforme as características específicas do AVE.

Outra intervenção amplamente investigada nos estudos incluídos foi a estimulação sonora, notadamente através da musicoterapia. Os três estudos sobre o tema relataram resultados positivos^{11,14,29}, especialmente no que diz respeito à recuperação da linguagem e da memória verbal. A música vocal, em particular, foi eficaz na indução de plasticidade estrutural e funcional no cérebro, sugerindo ser uma terapia acessível e eficaz no contexto da reabilitação neurológica pós-AVE.

As intervenções com acupuntura, presentes em dois estudos, também apresentaram melhorias funcionais relevantes, como alívio da hemiparesia e reorganização funcional cerebral, confirmadas por exames de neuroimagem^{16,17}. Esses achados sustentam o uso da acupuntura como terapia complementar, reforçando sua eficácia especialmente em déficits motores.

Já os estudos que utilizaram realidade virtual mostraram resultados mais variados, dos quatro estudos incluídos, dois demonstraram eficácia^{12,20} e dois não evidenciaram diferenças significativas^{18,24}. Isso indica que, embora a realidade virtual tenha potencial, sua eficácia pode depender do protocolo utilizado, do tempo de reabilitação e das condições clínicas do paciente.

A estimulação vibratória, abordada em dois estudos^{21,23}, teve resultados conflitantes, um indicou melhora da conectividade cerebral, enquanto outro não observou efeitos significativos. Isso sugere que a técnica ainda carece de padronização e mais evidências para sua aplicação clínica ampla.

Outras intervenções que, embora menos estudadas, apresentaram resultados promissores nos artigos analisados incluem o treinamento de imaginação motora¹⁰ e o uso da cerebrolisina²⁰. Ambos mostraram ganhos funcionais mensuráveis e alterações nas redes neurais envolvidas na recuperação, o que pode justificar maior investimento em pesquisas com essas abordagens.

A tecnologia robótica também foi destacada em dois estudos como uma estratégia eficaz para promover neuroplasticidade. O uso de exoesqueletos e dispositivos de marcha assistida demonstrou reorganização da atividade neural e melhora da função motora^{15,27}. Embora o número de estudos seja pequeno, os efeitos observados sugerem que essas tecnologias podem ter um papel relevante na reabilitação intensiva de pacientes com sequelas motoras graves.

Portanto, ao analisar os dados coletados nesta revisão, observa-se que as terapias mais promissoras com base no volume de estudos e nos resultados positivos foram: Estimulação cerebral (principalmente rTMS e iTBS), musicoterapia (com ênfase em música vocal), acupuntura e treinamento robótico.

Outras terapias, como a realidade virtual, imaginação motora e cerebrolisina, também demonstraram potencial, mas com menor volume de evidências ou resultados inconsistentes.

Esses achados reforçam a necessidade de estudos adicionais com metodologias padronizadas e amostras mais amplas, que permitam identificar quais subgrupos de pacientes se beneficiam mais de cada tipo de intervenção. Em síntese, as evidências disponíveis indicam que a neuroplasticidade constitui o eixo fisiológico central da recuperação pós-AVE, orientando o desenvolvimento de terapias mais precisas, personalizadas e sustentadas por bases neurobiológicas sólidas.

CONCLUSÃO

A revisão integrativa dos estudos sobre reabilitação e neuroplasticidade pós-AVE revela uma diversidade significativa de abordagens terapêuticas, cada uma explorando diferentes aspectos da plasticidade neural e sua influência na recuperação funcional. Entre as terapias investigadas, a música vocal emergiu como uma intervenção promissora, mostrando consistentes melhorias na reorganização das redes neurais relacionadas à linguagem e na recuperação da memória. Além disso, a acupuntura demonstrou impactos positivos no alívio dos sintomas de hemiparesia e na neuroplasticidade cerebral, apontando para seu potencial como terapia complementar na reabilitação. A estimulação cerebral demonstrou potencial para modular a excitabilidade cortical e promover a plasticidade neural. Técnicas como a estimulação magnética transcraniana repetitiva (rTMS) e a eletroestimulação transcraniana têm sido relacionadas à capacidade de influenciar áreas específicas do cérebro, facilitando a reabilitação motora e cognitiva.

Esses achados demonstram a importância de uma abordagem personalizada e diversificada na reabilitação pós-AVE, visando maximizar os benefícios terapêuticos para diferentes perfis de pacientes. Futuras pesquisas com maior padronização metodológica, amostras mais amplas e foco em subgrupos clínicos específicos podem contribuir para a consolidação dessas terapias no contexto clínico e otimizar os protocolos de reabilitação baseados em neuroplasticidade.

5844

REFERÊNCIAS

1. FEIGIN, V. L. et al. World Stroke Organization (WSO): Global Stroke Fact Sheet 2022. *International Journal of Stroke*, v. 17, n. 1, p. 18-29, jan. 2022. DOI: 10.1177/17474930211065917.
2. 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, n. 1, p. 14440, 2 set. 2023.
3. BAKER, K. B. et al. Cerebellar deep brain stimulation for chronic post-stroke motor rehabilitation: a phase I trial. *Nature Medicine*, v. 29, n. 9, p. 2366-2374, set. 2023.
4. MOUSTAFA, R. R.; BARON, J. C. Pathophysiology of ischaemic stroke: insights from imaging, and implications for therapy and drug discovery. *British Journal of Pharmacology*, v. 153, n. 1, p. 44-54, mar. 2008.
5. WINSTEIN, C. J. et al. Guidelines for adult stroke rehabilitation and recovery: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, v. 47, n. 6, p. e98-e169, jun. 2016.

6. FEIGIN, V. L. et al. Update on the global burden of ischemic and hemorrhagic stroke in 1990-2013: the GBD 2013 Study. *Neuroepidemiology*, v. 45, n. 3, p. 161-176, 2015.
7. HACKETT, M. L. et al. Neuropsychiatric outcomes of stroke. *The Lancet Neurology*, v. 13, n. 5, p. 525-534, maio 2014.
8. HARA, Y. Brain plasticity and rehabilitation in stroke patients. *Journal of Nippon Medical School*, v. 82, n. 1, p. 4-13, 2015.
9. CRAMER, S. C. et al. Harnessing neuroplasticity for clinical applications. *Brain*, v. 134, n. 6, p. 1591-1609, jun. 2011.
10. WANG, H. et al. Motor network reorganization after motor imagery training in stroke patients with moderate to severe upper limb impairment. *CNS Neuroscience & Therapeutics*, v. 29, n. 2, p. 619-632, fev. 2023.
11. SIHVONEN, A. J.; SOINILA, S.; SÄRKÄMÖ, T. Post-stroke enriched auditory environment induces structural connectome plasticity: secondary analysis from a randomized controlled trial. *Brain Imaging and Behavior*, v. 16, n. 4, p. 1813-1822, ago. 2022.
12. HUANG, C. Y. et al. Effects of virtual reality-based motor control training on inflammation, oxidative stress, neuroplasticity and upper limb motor function in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial. *BMC Neurology*, v. 22, n. 1, p. 21, jan. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12883-021-02547-4>. Acesso em: 16 jun. 2024.
13. WINSTEIN, C. J. et al. Guidelines for adult stroke rehabilitation and recovery: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, v. 47, n. 6, p. 98-169, jun. 2016.
14. SIHVONEN, A. J. et al. Vocal music listening enhances post-stroke language network reorganization. *eNeuro*, v. 8, n. 4, p. 0158-21.2021, 17 jun. 2021.
15. KIM, H.; PARK, G.; SHIN, J. H.; YOU, J. H. Neuroplastic effects of end-effector robotic gait training for hemiparetic stroke: a randomised controlled trial. *Scientific Reports*, v. 10, n. 1, p. 12461, 27 jul. 2020.
16. CHEN, T. et al. Bilateral effect of acupuncture on cerebrum and cerebellum in ischaemic stroke patients with hemiparesis: a randomised clinical and neuroimaging trial. *Stroke and Vascular Neurology*, 2024. DOI: 10.1136/svn-2023-2785.
17. 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.
18. LEITNER, M. C. et al. Placebo effect after visual restitution training: no eye-tracking controlled perimetric improvement after visual border stimulation in late subacute and chronic visual field defects after stroke. *Frontiers in Neurology*, v. 14, p. 1114718, 29 jun. 2023.
19. SAADAT, P. et al. Determination of the effect of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) on the primary visual cortex on improving the visual status of patients

with subcortical stroke in the area of the posterior cerebral artery. *Heliyon*, v. 9, n. 4, p. e14830, 23 mar. 2023.

20. MITROVIĆ, S. Z. et al. Extended post-stroke rehabilitation combined with cerebrolysin promotes upper limb motor recovery in early subacute phase of rehabilitation: a randomized clinical study. *Medicina (Kaunas)*, v. 59, n. 2, p. 291, fev. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/medicina59020291>. Acesso em: 16 jun. 2024.

21. SCHRANZ, C. et al. Neuroplasticity after upper-extremity rehabilitation therapy with sensory stimulation in chronic stroke survivors. *Brain Communications*, v. 4, n. 4, 24 jul. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/braincomms/fcac191>. Acesso em: 16 jun. 2024.

22. ZHANG, J. J.; BAI, Z.; FONG, K. N. K. Priming intermittent theta burst stimulation for hemiparetic upper limb after stroke: a randomized controlled trial. *Stroke*, v. 53, n. 7, p. 2171-2181, jul. 2022.

23. VATINNO, A. A. et al. Predicting upper extremity motor improvement following therapy using EEG-based connectivity in chronic stroke. *NeuroRehabilitation*, v. 50, n. 1, p. 105-113, 2022.

24. WIDMER, M. et al. Reward during arm training improves impairment and activity after stroke: a randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, v. 36, n. 2, p. 140-150, fev. 2022.

25. WANG, S. S. et al. Designing and pilot testing a novel high-definition transcranial burst electrostimulation device for neurorehabilitation. *Journal of Neural Engineering*, v. 18, n. 5, p. 17 set. 2021. 5846

26. CHEN, S. C. et al. Transcranial electrostimulation with special waveforms enhances upper-limb motor function in patients with chronic stroke: a pilot randomized controlled trial. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, v. 18, n. 1, p. 106, 30 jun. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00901-8>. Acesso em: 16 jun. 2024.

27. SINGH, N. et al. Evidence of neuroplasticity with robotic hand exoskeleton for post-stroke rehabilitation: a randomized controlled trial. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, v. 18, n. 1, p. 76, 6 maio 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00867-7>. Acesso em: 16 jun. 2024.

28. ALLENDORFER, J. B. et al. Functional magnetic resonance imaging of language following constraint-induced aphasia therapy primed with intermittent theta burst stimulation in 13 patients with post-stroke aphasia. *Medical Science Monitor*, v. 27, p. e930100, 10 maio 2021.

29. SIHVONEN, A. J. et al. Vocal music enhances memory and language recovery after stroke: pooled results from two RCTs. *Annals of Clinical and Translational Neurology*, v. 7, n. 11, p. 2272-2287, nov. 2020.

30. MICLAUS, R. et al. Non-immersive virtual reality for post-stroke upper extremity rehabilitation: a small cohort randomized trial. *Brain Sciences*, v. 10, n. 9, p. 655, 21 set. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/brainsci10090655>. Acesso em: 16 jun. 2024.

31. 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, set. 2020.
32. CHOUDHURY, S. et al. A novel wearable device for motor recovery of hand function in chronic stroke survivors. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, v. 34, n. 7, p. 600-608, jul. 2020.
33. TSAI, P. Y. et al. High-frequency versus theta burst transcranial magnetic stimulation for the treatment of post-stroke cognitive impairment in humans. *Journal of Psychiatry and Neuroscience*, v. 45, n. 4, p. 262-270, 1 jul. 2020.
34. 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, fev. 2020.