ABORDAGENS FISIOTERAPÊUTICAS NA INDUÇÃO DA NEUROPLASTICIDADE PÓS-ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO ISQUÊMICO: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

PHYSIOTHERAPEUTIC APPROACHES TO INDUCING NEUROPLASTICITY AFTER ISCHEMIC STROKE: AN INTEGRATIVE REVIEW

Ana Júlia Santos Paixão[1], Andressa Costa Silva[1], Ícaro Silva Magalhães[1], Linnda Kattuly Alves e
Silva[1], Francisca Romérya Ferreira Gonçalves[2], Livia Borges Martins dos Santos[1]

[1] Acadêmicos do curso de Fisioterapia do Afya Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos; [2] Professora do curso de Fisioterapia do Afya Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos.

E-mail da autora correspondente: liviaunitpac@gmail.com

ORCID: https://orcid.org/0009-0004-9416-8759

Eixo temático: Saúde

RESUMO

O acidente vascular encefálico isquêmico (AVEI) pode causar hemiparesia, alterações do equilíbrio, comprometimento da marcha e perda de independência funcional. A neuroplasticidade, entendida como a capacidade de reorganização do sistema nervoso após a lesão e a experiência motora, constitui um dos fundamentos da recuperação. Este estudo analisou abordagens fisioterapêuticas relacionadas à neuroplasticidade e seus possíveis efeitos sobre o controle motor, a marcha, o equilíbrio e a funcionalidade após o AVEI. Foi realizada revisão integrativa nas bases PubMed, Scopus, Web of Science e SciELO, considerando publicações de janeiro de 2010 a setembro de 2024. Foram incluídos ensaios clínicos e estudos observacionais prospectivos com adultos após AVEI, desde que investigassem intervenções fisioterapêuticas e desfechos motores ou mecanismos relacionados à plasticidade neural. Após identificação, triagem e leitura integral, 12 estudos compuseram a síntese. Foram analisadas Terapia por Movimento Induzido por Restrição, Terapia Espelho, exercício aeróbico, Estimulação Elétrica Funcional, treino de tronco, dupla tarefa, Interfaces Cérebro-Computador e Realidade Virtual. Em conjunto, os estudos relataram melhorias em marcha, equilíbrio, controle postural e desempenho funcional, além de associações com BDNF e reorganização de redes motoras. A heterogeneidade dos protocolos limita comparações diretas. Conclui-se que intervenções ativas, repetitivas e orientadas à tarefa apresentam potencial para favorecer a recuperação após o AVEI, embora sejam necessários estudos mais padronizados.

Palavras-chave: Acidente Vascular Encefálico Isquêmico. Neuroplasticidade. Fisioterapia. Controle Motor. Reabilitação Neurológica.

ABSTRACT

Ischemic stroke may cause hemiparesis, balance impairment, gait disturbances, and loss of functional independence. Neuroplasticity, understood as the nervous system's ability to reorganize after injury and motor experience, is one of the foundations of recovery. This study analyzed physiotherapeutic approaches related to neuroplasticity and their possible effects on motor control, gait, balance, and function after ischemic stroke. An

integrative review was conducted in PubMed, Scopus, Web of Science, and SciELO, considering publications from January 2010 to September 2024. Clinical trials and prospective observational studies involving adults after ischemic stroke were included when they investigated physiotherapeutic interventions and motor outcomes or mechanisms related to neural plasticity. After identification, screening, and full-text assessment, 12 studies were included. Constraint-Induced Movement Therapy, Mirror Therapy, aerobic exercise, Functional Electrical Stimulation, trunk training, dual-task training, Brain-Computer Interfaces, and Virtual Reality were analyzed. Overall, the studies reported improvements in gait, balance, postural control, and functional performance, as well as associations with BDNF and motor-network reorganization. Protocol heterogeneity limits direct comparisons. Active, repetitive, and task-oriented interventions may support recovery after ischemic stroke, although more methodologically standardized studies are needed.

Keywords: Ischemic Stroke. Neuroplasticity. Physical Therapy Modalities. Motor Control. Neurological Rehabilitation.

INTRODUÇÃO

O acidente vascular encefálico (AVE) está entre as principais causas de limitação motora e redução da autonomia funcional em adultos. No AVEI, a obstrução de um vaso cerebral reduz o fornecimento de oxigênio ao tecido nervoso e pode resultar em hemiparesia, espasticidade, alterações posturais, déficit de equilíbrio e comprometimento da marcha [1–4].

A recuperação depende, entre outros fatores, da capacidade do sistema nervoso de modificar conexões e reorganizar redes neurais em resposta à lesão e à experiência motora. Esse processo envolve alterações sinápticas, reorganização de circuitos e participação de fatores neurotróficos, como o fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF). A fisioterapia neurofuncional utiliza estímulos motores, sensoriais e cognitivos para favorecer a aprendizagem motora e a participação funcional [1,5].

Entre as estratégias empregadas estão a Terapia por Movimento Induzido por Restrição (TMIR), a Terapia Espelho, o exercício aeróbico, a Estimulação Elétrica Funcional (FES), o treino de tronco e de dupla tarefa, além de recursos como Interfaces Cérebro-Computador (ICC) e Realidade Virtual (RV) [2,6–16]. Apesar da crescente utilização dessas abordagens, permanece uma lacuna quanto à integração entre os mecanismos neuroplásticos propostos e os desfechos funcionais observados, especialmente diante da heterogeneidade dos protocolos. Justifica-se, portanto, a síntese das evidências disponíveis para orientar a prática fisioterapêutica e indicar prioridades de investigação.

Assim, esta revisão teve como objetivo analisar as abordagens fisioterapêuticas relacionadas à neuroplasticidade, relacionando os mecanismos propostos aos resultados observados no controle motor, na marcha, no equilíbrio e na independência funcional após o AVEI.

MÉTODO

Foi realizada uma revisão integrativa da literatura. A pergunta norteadora foi: “De que forma diferentes condutas fisioterapêuticas estimulam mecanismos associados à neuroplasticidade e como essas respostas se relacionam a melhorias no controle motor, na marcha e na independência funcional após o AVEI?”

A busca foi realizada nas bases PubMed, Scopus, Web of Science e SciELO, considerando artigos publicados entre janeiro de 2010 e setembro de 2024. Foram utilizados descritores do Medical Subject Headings (MeSH) e dos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS), incluindo Ischemic Stroke, Neuronal Plasticity, Physical Therapy Modalities, Motor Control e Neurological Rehabilitation, combinados com os operadores booleanos AND e OR.

Foram incluídos ensaios clínicos e estudos observacionais prospectivos realizados com adultos após AVEI, desde que avaliassem intervenções fisioterapêuticas associadas à plasticidade neural ou à função motora. Foram excluídos estudos com animais, trabalhos sobre AVE hemorrágico, intervenções não fisioterapêuticas, revisões narrativas, relatos de caso, duplicatas e artigos sem texto completo.

Após a remoção das duplicatas, títulos e resumos foram examinados por revisores independentes. Os textos potencialmente elegíveis foram lidos integralmente. Foram extraídos autoria, ano, desenho, amostra, intervenção, protocolo, mecanismos neuroplásticos descritos e desfechos relacionados ao controle postural, à marcha e à independência funcional. A busca identificou 248 publicações; 28 foram encaminhadas para leitura completa e 12 atenderam aos critérios de elegibilidade.

RESULTADOS

Os estudos foram organizados em quatro grupos: intervenções orientadas à tarefa; exercício aeróbico associado à estimulação elétrica; treinamento de tronco e dupla tarefa; e recursos tecnológicos.

A TMIR combina restrição do membro não afetado com prática intensiva do membro parético. Os estudos a relacionaram à repetição de tarefas e à possível ampliação da representação cortical do membro comprometido [6,7]. Sua aplicação, entretanto, exige seleção adequada, controle motor mínimo e tolerância à carga de treinamento, podendo ser limitada em casos de déficit grave.

Na Terapia Espelho, o paciente observa o reflexo do membro não afetado, criando uma ilusão visual de movimento no lado comprometido. Essa estratégia pode favorecer redes relacionadas à observação e execução motora e auxiliar pacientes com pouca capacidade de

movimento ativo [8,9]. Contudo, mecanismos como ativação de neurônios-espelho ou reorganização cortical devem ser apresentados como hipóteses quando não foram medidos diretamente.

O exercício aeróbico moderado ou intenso foi associado a alterações em fatores relacionados à plasticidade, incluindo o BDNF, além de contribuir para o condicionamento físico e a tolerância ao esforço [3,5,10,11]. Quando associado à FES, o treino em esteira oferece estímulos sensoriais e motores sincronizados com a marcha, podendo melhorar velocidade, simetria do passo e recrutamento motor [12]. A magnitude desses efeitos depende da intensidade, frequência, duração e condição clínica dos participantes.

O treino de controle de tronco pode melhorar alinhamento, equilíbrio sentado e estabilidade para movimentos dos membros, constituindo uma base para transferências e marcha [13]. Já o treinamento de dupla tarefa associa uma atividade motora a uma demanda cognitiva ou motora adicional, aproximando a terapia das exigências cotidianas. Os estudos relataram benefícios em parâmetros de marcha e cognição, mas a redução do risco de quedas só deve ser afirmada quando esse desfecho tiver sido diretamente avaliado [14,15].

As ICC utilizam sinais relacionados à atividade cerebral para auxiliar o treinamento ou o controle de dispositivos de reabilitação. Ao fornecer feedback e estimular a participação ativa, podem ser associadas à imagética motora e à execução assistida [2,16]. A RV oferece ambientes interativos, feedback visual e repetição de tarefas, podendo aumentar o engajamento e favorecer o controle motor. Seus efeitos, contudo, variam conforme o sistema, o nível de comprometimento e o protocolo adotado.

DISCUSSÃO

A síntese dos estudos indica que os melhores resultados tendem a ocorrer quando a intervenção combina prática ativa, repetição, orientação à tarefa e feedback, elementos compatíveis com os princípios de aprendizagem motora e reorganização neural. A TMIR e a Terapia Espelho podem ser particularmente úteis como estratégias de prática orientada, enquanto o exercício aeróbico e a FES acrescentam estímulos sistêmicos, sensoriais e motores que podem potencializar a participação no treinamento.

A relação entre os ganhos funcionais e a neuroplasticidade deve, entretanto, ser interpretada com cautela. Embora alguns estudos tenham investigado BDNF, atividade cortical ou reorganização de redes motoras, outros apenas inferiram mecanismos neuroplásticos a partir da melhora clínica. Assim, os resultados sustentam uma associação plausível, mas não

permitem afirmar que todos os efeitos observados tenham sido diretamente produzidos ou mensurados por mecanismos de neuroplasticidade.

CONCLUSÃO

As abordagens analisadas, TMIR, Terapia Espelho, exercício aeróbico, FES, treino de tronco, dupla tarefa, ICC e RV, apresentam potencial para contribuir para a recuperação motora e funcional após o AVEI. Os resultados parecem mais favoráveis quando as intervenções são ativas, repetitivas, orientadas à tarefa e ajustadas às condições clínicas do paciente, oferecendo subsídios para a seleção individualizada de estratégias na prática fisioterapêutica.

Entretanto, a heterogeneidade das amostras, dos protocolos, dos instrumentos de avaliação e dos períodos de tratamento limita a comparação entre estratégias e não permite indicar uma única intervenção como superior em todos os casos. Estudos futuros devem padronizar dose, frequência e intensidade dos treinos e associar desfechos funcionais a marcadores objetivos de plasticidade neural, como neuroimagem e avaliações neurofisiológicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Maier M, Ballester BR, Verschure PFMJ. Principles of neurorehabilitation after stroke based on motor learning and brain plasticity mechanisms. Front Aging Neurosci. 2019;11:74.
2. Sebastián-Romagosa M, Cho W, Ortner R, Murovec N, Von Oertzen T, Kamada K, et al. Braincomputer interface recovery platform for chronic stroke patients. Front Neurosci. 2020;14:761.
3. Ashcroft SK, Ironside DD, Johnson L, Kuys SS, Thompson-Butel AG. Effect of exercise on brainderived neurotrophic factor in stroke survivors: a systematic review and meta-analysis. Stroke. 2022 Dec;53(12):3706-3716. doi:10.1161/STROKEAHA.122.039919.
4. Park JH, Moon JH. Effects of neurofunctional physical therapy on gait and balance in stroke patients. J Phys Ther Sci. 2016;28(7):1982-1985.
5. Alcantara CC, García-Salazar LF, Silva-Couto MA, Santos GL, Reisman DS, Russo TL. Post-stroke BDNF concentration changes following physical exercise: a systematic review. Front Neurol. 2018 Aug 28;9:637. doi:10.3389/fneur.2018.00637.
6. Kwakkel G, Veerbeek JM, van Wegen EE. Constraint-induced movement therapy after stroke. Lancet Neurol. 2015;14(2):224-234.
7. Taub E, Uswatte G, Mark VW. Constraint-induced movement therapy: a method for harnessing neuroplasticity to treat motor deficits. Prog Brain Res. 2014;218:257-271.

8. Arya KN, Pandian S. Effect of task-based mirror therapy on motor recovery of the upper extremity in chronic stroke patients: a pilot study. Top Stroke Rehabil. 2013 May-Jun;20(3):210-217. doi:10.1310/tsr2003-210.
9. Dohle C, Püllen J, Nakaten A, Küst J, Rietz C, Karbe H. Mirror therapy promotes recovery from severe hemiparesis: a randomized controlled trial. Neurorehabil Neural Repair. 2009 Mar-Apr;23(3):209-217. doi:10.1177/1545968308324786.
10. Billinger SA, Arena R, Bernhardt J, Eng JJ, Franklin BA, Johnson CM, et al. Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. Stroke. 2014;45(8):2532-2553.
11. Stoller O, de Bruin ED, Knols RH, Hunt KJ. Effects of high-intensity aerobic exercise on neuroplasticity and brain-derived neurotrophic factor in individuals with stroke: a systematic review. Neurorehabil Neural Repair. 2012;26(8):956-965.
12. Mangold S, Schuster C, Keller T, Zimmermann-Schlatter A, Ettlin T. Functional electrical stimulation enhanced treadmill therapy in stroke survivors: a randomized controlled trial. NeuroRehabilitation. 2014;35(2):261-269.
13. Verheyden G, Vereeck L, Truijen S, Troch M, Herregodts I, Lafosse C, et al. Exercises to improve trunk control after stroke: a systematic review. Arch Phys Med Rehabil. 2014;95(9):1750-1763.
14. Miyai I, Yagura H, Oda I, Konishi I, Eda H, Suzuki T, et al. Premotor cortex is involved in gait recovery induced by body-weight-supported treadmill training in patients with hemiparetic stroke. Neurorehabil Neural Repair. 2012;26(6):718-726.
15. Liu YC, Yang YR, Tsai YA, Wang RY. Effects of dual-task gait training on gait and cognitive function in stroke patients: a randomized controlled trial. Am J Phys Med Rehabil. 2017;96(3):153160.
16. Soekadar SR, Birbaumer N, Slutzky MW, Cohen LG. Brain-machine interfaces in neurorehabilitation of stroke. Neurobiol Dis. 2015;83:172-179.