



FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA LTDA.
CURSO DE BACHARELADO EM FISIOTERAPIA

JÉSSICA MYLENA DOMINGOS CHIANCA

**EFEITO DO EXERCÍCIO AERÓBICO SOBRE A EXCITABILIDADE DO
TRATO CORTICOESPINAL PÓS-AVC: UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

JOÃO PESSOA

2022

JÉSSICA MYLENA DOMINGOS CHIANCA

**EFEITO DO EXERCÍCIO AERÓBICO SOBRE A EXCITABILIDADE DO
TRATO CORTICOESPINHAL PÓS-AVC: UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

Trabalho de Conclusão do Curso
apresentado à Faculdade de Enfermagem
Nova Esperança – FACENE, como
exigência parcial para obtenção do Título
de Bacharel em Fisioterapia.

Orientadora: Rafaela Faustino Lacerda
de Souza

JOÃO PESSOA

2022

C338e

Chianca, Jéssica Mylena Domingos

Efeito do exercício aeróbico sobre a excitabilidade do trato corticoespinal pós-AVC: uma revisão integrativa / Jéssica Mylena Domingos Chianca. – João Pessoa, 2022.

24f.; il.

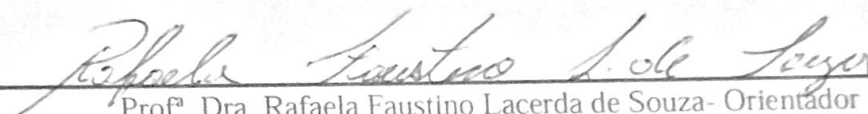
Orientadora: Prof^ª. D^ª. Rafaela Faustino Lacerda de Souza.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Fisioterapia) – Faculdade de Enfermagem Nova Esperança – FACENE.

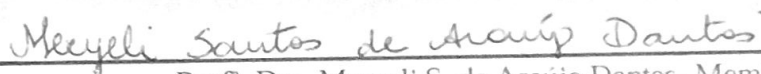
Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso - TCC apresentado pela aluna **Jéssica Mylena Domingos Chianca** do Curso de Bacharelado em Fisioterapia, tendo obtido o conceito aprovado, conforme a apreciação da Banca Examinadora.

Aprovado em de dezembro de 2022.

BANCA EXAMINADORA



Prof^ª. Dra. Rafaela Faustino Lacerda de Souza- Orientador
Faculdade de Enfermagem Nova Esperança



Prof^ª. Dra. Meryeli S. de Araújo Dantas- Membro
Faculdade de Enfermagem Nova Esperança



Prof^ª. Dra. Laura de Sousa Gomes Veloso- Membro
Faculdade de Enfermagem Nova Esperança

RESUMO

Introdução: O acidente vascular cerebral (AVC) é uma interrupção repentina do fluxo sanguíneo, afetando o organismo de duas formas: (1) por isquemia, quando há uma obstrução de um vaso sanguíneo; e (2) por hemorragia, quando ocorre ruptura do vaso sanguíneo. O trato corticoespinal (TCE) é afetado após o AVC, provocando alterações motoras e funcionais e favorecendo o descondição físico. O exercício aeróbico (EA) pós-AVC é importante para a melhora destas condições e tem sido investigado quanto aos seus efeitos sobre a neuroplasticidade. **Objetivo:** Reunir as evidências científicas acerca do efeito do exercício aeróbico sobre a excitabilidade do TCE de pacientes pós-AVC. **Método:** Trata-se de uma revisão integrativa da literatura. Para tal, foram feitas buscas por artigos nas bases de dados: PubMed, SciELO, LILACS e Cochrane, com os seguintes descritores: *stroke, transcranial magnetic stimulation e aerobic exercise*. Os artigos encontrados foram submetidos aos critérios de elegibilidade e, posteriormente, foram lidos na íntegra para se obter informações sobre o efeito do exercício aeróbico sobre a excitabilidade do TCE. **Resultados:** Os EA que alteram a excitabilidade do TCE são o HIIT e o EA de baixa intensidade associado a EMTr de alta intensidade. Além disso, o HIIT ainda é capaz de alongar a latência do PEM no hemisfério ipsilesional. Por fim, a literatura mostra que o HIIT altera a excitabilidade do TCE de indivíduos sedentários e ativos e que EA de alta intensidade breve em indivíduo pós-AVC é capaz de alterar a função do MS. **Conclusão:** Ao final do estudo, foi possível observar que o EA é importante para recuperação de indivíduo pós AVC, pois altera a excitabilidade em membros inferiores e membro superior (MS). Porém, diante da escassez de artigos e da importância do EA para pacientes pós-AVC, são necessários mais estudos que abordem a prática de EA sobre a excitabilidade do TCE, englobando novas modalidades e incluindo exercícios em MS.

Palavras-chave: AVC. Exercício aeróbio. Estimulação magnética transcraniana.

ABSTRACT

Introduction: Stroke is a sudden interruption of blood flow, commonly affecting in two ways: by ischemia, when there is a protection of a blood vessel, or by hemorrhage, when a blood vessel ruptures. The corticospinal tract (TCE) is affected after the stroke, generating motor changes and capacities favoring physical deconditioning. Post-stroke aerobic exercise (EA) is important to improve these conditions and has been investigated for its effects on neuroplasticity. **Objective:** To gather scientific evidence about the effect of aerobic exercise on TCE excitability in post-stroke patients. **Method:** This is an integrative literature review, searches were made for articles in the databases: PubMed, SciELO, LILACS and Cochrane, with the following descriptors: stroke, transcranial magnetic stimulation and aerobic exercise. The articles found were submitted to the eligibility criteria and later were read in full to obtain information on the effect of aerobic exercise on the excitability of the TCE. **Results:** The AE that alter the TCE excitability are HIIT and low-intensity EA associated with high-intensity EMTr, in addition, HIIT is still able to lengthen the PEM latency in the ipsilesional hemisphere. Finally, the literature shows that HIIT alters TCE excitability in sedentary and active individuals and that brief high-intensity EA in post-stroke individuals is capable of altering MS function. **Conclusion:** At the end of the study, it was possible to observe that EA is important for the recovery of individuals after stroke, as it changes excitability in the lower and upper limbs (MS). However, given the scarcity of articles and the importance of EA for post-stroke patients, more studies are needed that address the practice of EA, on TCE excitability, encompassing new modalities and including exercises in MS.

Keywords: Stroke. Aerobic exercise. transcranial magnetic stimulation.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	MATERIAIS E MÉTODOS	9
3	RESULTADO	11
4	DISCUSSÃO.....	16
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	19
	REFERÊNCIAS	20

EFEITO DO EXERCÍCIO AERÓBICO SOBRE A EXCITABILIDADE DO TRATO CORTICOESPINHAL PÓS-AVC: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

EFFECT OF AEROBIC EXERCISE ON POST-STROKE CORTICOSPINAL TRACT EXCITABILITY: AN INTEGRATIVE REVIEW

Jéssica Mylena Domingos Chianca¹

Rafaela Faustino Lacerda de Souza²

RESUMO

Introdução: O acidente vascular cerebral (AVC) é uma interrupção repentina do fluxo sanguíneo, afetando o organismo de duas formas: (1) por isquemia, quando há uma obstrução de um vaso sanguíneo; e (2) por hemorragia, quando ocorre ruptura do vaso sanguíneo. O trato corticoespinal (TCE) é afetado após o AVC, provocando alterações motoras e funcionais e favorecendo o descondicionamento físico. O exercício aeróbico (EA) pós-AVC é importante para a melhora destas condições e tem sido investigado quanto aos seus efeitos sobre a neuroplasticidade. **Objetivo:** Reunir as evidências científicas acerca do efeito do exercício aeróbico sobre a excitabilidade do TCE de pacientes pós-AVC. **Método:** Trata-se de uma revisão integrativa da literatura. Para tal, foram feitas buscas por artigos nas bases de dados: PubMed, SciELO, LILACS e Cochrane, com os seguintes descritores: *stroke, transcranial magnetic stimulation e aerobic exercise*. Os artigos encontrados foram submetidos aos critérios de elegibilidade e, posteriormente, foram lidos na íntegra para se obter informações sobre o efeito do exercício aeróbico sobre a excitabilidade do TCE. **Resultados:** Os EA que alteram a excitabilidade do TCE são o HIIT e o EA de baixa intensidade associado a EMTr de alta intensidade. Além disso, o HIIT ainda é capaz de alongar a latência do PEM no hemisfério ipsilesional. Por fim, a literatura mostra que o HIIT altera a excitabilidade do TCE de indivíduos sedentários e ativos e que EA de alta intensidade breve em indivíduo pós-AVC é capaz de alterar a função do MS. **Conclusão:** Ao final do estudo, foi possível observar que o EA é importante para recuperação de indivíduo pós AVC, pois altera a excitabilidade em membros inferiores e membro superior (MS). Porém, diante da escassez de artigos e da importância do EA para pacientes pós-AVC, são necessários mais estudos que abordem a prática de EA sobre a excitabilidade do TCE, englobando novas modalidades e incluindo exercícios em MS.

Palavras-chave: AVC. Exercício aeróbio. Estimulação magnética transcraniana.

¹ Graduanda em Fisioterapia pela Faculdade de Enfermagem Nova Esperança –FACENE. CEP: 58967-695; João Pessoa, Paraíba. E-mail: jessymilly152015@gmail.com

² Fisioterapeuta, Doutora em Neurociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Faculdade de Enfermagem Nova Esperança – FACENE. CEP: 58067-695; João Pessoa, Paraíba, Brasil.

ABSTRACT

Introduction: Stroke is a sudden interruption of blood flow, commonly affecting in two ways: by ischemia, when there is a protection of a blood vessel, or by hemorrhage, when a blood vessel ruptures. The corticospinal tract (TCE) is affected after the stroke, generating motor changes and capacities favoring physical deconditioning. Post-stroke aerobic exercise (EA) is important to improve these conditions and has been investigated for its effects on neuroplasticity. **Objective:** To gather scientific evidence about the effect of aerobic exercise on TCE excitability in post-stroke patients. **Method:** This is an integrative literature review, searches were made for articles in the databases: PubMed, SciELO, LILACS and Cochrane, with the following descriptors: stroke, transcranial magnetic stimulation and aerobic exercise. The articles found were submitted to the eligibility criteria and later were read in full to obtain information on the effect of aerobic exercise on the excitability of the TCE. **Results:** The AE that alter the TCE excitability are HIIT and low-intensity EA associated with high-intensity EMTr, in addition, HIIT is still able to lengthen the PEM latency in the ipsilesional hemisphere. Finally, the literature shows that HIIT alters TCE excitability in sedentary and active individuals and that brief high-intensity EA in post-stroke individuals is capable of altering MS function. **Conclusion:** At the end of the study, it was possible to observe that EA is important for the recovery of individuals after stroke, as it changes excitability in the lower and upper limbs (MS). However, given the scarcity of articles and the importance of EA for post-stroke patients, more studies are needed that address the practice of EA, on TCE excitability, encompassing new modalities and including exercises in MS.

Keywords: Stroke. Aerobic exercise. transcranial magnetic stimulation.

1 INTRODUÇÃO

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) é, clinicamente, definido como uma alteração neurológica aguda de origem vascular, caracterizada por um acometimento súbito com sinais e sintomas relacionados à artéria e às áreas focais mais comuns, ou globalmente afetadas, em alguma parte do cérebro¹.

A suspensão do fluxo sanguíneo que ocorre no AVC acarreta danos celulares, em sua maioria, irreversíveis², podendo levar a modificações funcionais nas áreas sensitiva, motora e cognitiva².

Existem dois tipos de AVC: hemorrágico e isquêmico. Quando sua ocorrência se dá por uma interrupção repentina do fluxo sanguíneo do encéfalo, gerada por um coágulo que impede o fluxo do sangue e o fornecimento de oxigênio e nutrientes ao encéfalo, recebe o nome de AVC isquêmico. Este tipo de AVC é o mais frequente, correspondendo a cerca de 80% dos casos. Já o AVC hemorrágico é decorrente de um rompimento espontâneo de um vaso sanguíneo, gerando extravasamento de sangue no interior do

encéfalo. Embora este tipo de AVC seja menos frequente, sua taxa de mortalidade é maior³. Ademais, o AVC pode ainda ocorrer devido a dois tipos de hemorragias: intracerebral e subaracnóidea⁴.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), o AVC é a segunda maior causa de morte no mundo e é a patologia que mais acarreta implicações funcionais. Tem a segunda maior taxa de mortalidade, sendo a primeira as doenças cardiovasculares. Cerca de 15 milhões de pessoas, em todo o mundo, são acometidas por AVC, todos os anos. Parte desses indivíduos, por volta de 5 milhões de pessoas, mantêm-se, constantemente, incapacitados fisicamente⁵.

A falta de atividade física ou sedentarismo, além de ser um fator de risco para novas ocorrências do AVC, é um fator agravante para outras doenças, como diabetes, colesterol alto, excesso de peso, entre outras⁶. Portanto, é importante que todo indivíduo pratique alguma atividade física, tal como o exercício aeróbico (EA).

A fonte primária de energia utilizada no EA é dependente de oxigênio (O₂) e, para tal fim, são utilizados exercícios dinâmicos com duração variando entre 20 a 40 minutos, com intensidade que varia de leve à intensa⁷. A prática regular do EA é capaz de aumentar a capacidade cardiopulmonar do indivíduo, o que pode gerar a liberação de fatores neurotróficos, alterações na excitabilidade do TCE e, conseqüentemente, neuroplasticidade⁸.

Sabe-se que, mesmo após o histórico do AVC, o EA é proposto para prevenção de novos episódios. É recomendado que indivíduos pós-AVC pratiquem pelo menos 20 minutos de EA de intensidade moderada 3 vezes na semana, de acordo com sua condição aeróbica e dentro do plano de tratamento. As alterações do trato corticoespinal (TCE) podem ser aferidas pela estimulação magnética transcraniana (TMS)¹⁰ e observadas após a AE, sendo um marcador da neuroplasticidade e um indicativo da evolução no processo de reabilitação motora e cognitiva⁹.

O TCE é formado por duas vias que saem da camada V do córtex motor primário (M1) e vão se esgotar na medula. Ele é o principal trato espinal responsável pela motricidade voluntária e está dividido em dois contingentes de fibras. Uma via é definida como trato corticoespinal lateral, no qual seus axônios terminam no funículo lateral da medula espinal, sendo formado por fibras que cruzam a decussação das pirâmides. A outra via, o TCE anterior, tem apenas um pequeno número de fibras, que cruzam na

substância branca da medula e tem axônios que terminam no corno ventral da medula espinhal.¹⁰

A TMS é uma técnica usada tanto para avaliação, quanto para tratamento, como exemplo a lesão cerebral pós-AVC¹¹. Desse modo, é comumente usada para compreender de que modo o AVC afeta o sistema motor e a função dos hemisférios, como também a forma como esse sistema é recuperado após o AVC¹². Esta técnica ocorre de forma não invasiva e utiliza um aparelho capaz de produzir um campo eletromagnético, de 2 tesla, através de uma bobina com formato circular ou em oito, colocada sobre o escalpo¹³. Quando aplicada sobre o córtex motor primário (M1), despolariza os neurônios e gera potencial de ação que percorre o TCE, despolarizando neurônios motores espinais e gerando um abalo muscular na periferia, que pode ser aferido por meio da eletromiografia. O menor abalo muscular é gerado por uma amplitude mínima de corrente eletromagnética (limiar motor) e é chamado de potencial motor evocado (PEM). Esta medida é utilizada para avaliar a excitabilidade do TCE.

O presente estudo tem como objetivo reunir as evidências científicas acerca do efeito do exercício aeróbico sobre a excitabilidade do TCE de pacientes pós-AVC

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo se trata de uma revisão integrativa da literatura (RIL). A RIL é empregada desde 1980 e é um dos procedimentos de pesquisa que permite a inserção das evidências na prática clínica. Tem como finalidade agrupar e condensar resultados de pesquisas sobre um determinado tema ou questão, de modo sistemático e ordenado, cooperando para um melhor aproveitamento e aperfeiçoamento das informações do tema pesquisado¹⁴. Esse estudo passou por todas as etapas que constam no quadro 1¹⁴.

QUADRO 1 - Descrição das etapas de construção de uma Revisão Integrativa da Literatura

ETAPAS DA CONSTRUÇÃO DE UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA	
FASE	DEMANDA
1. QUESTÃO DA PESQUISA	– Escolha e definição do tema – Objetivos – Identificação das palavras-chave – Tema relacionado com a prática clínica.
2. AMOSTRAGEM	– Estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão – Bases de dados – Seleção de estudos.
3. CATEGORIZAÇÃO DOS ESTUDOS	– Extração das informações – Sumarização das informações – Construção do banco de dados.
4. AVALIAÇÃO DOS ESTUDOS INCLUÍDOS	– Análise crítica dos estudos selecionados previamente.
5. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	– Discussão dos resultados – Propostas para a prática – Sugestões para futuros estudos.
6. SÍNTESE DO CONHECIMENTO	– Síntese das evidências disponíveis.

Fonte: (Mendes et al., 2008)

Os artigos que foram selecionados neste estudo abordaram a excitabilidade cortical após a prática de exercício aeróbico no pós-AVC e seguiram os seguintes critérios de inclusão: estudo experimental controlado, estudos que abordem o efeito do exercício aeróbico na excitabilidade do TCE pós-AVC, estudos que abordem a utilização da TMS como ferramenta para diagnóstico, artigos sobre o EA associado ou não a outras técnicas, artigos publicados em inglês, português e espanhol. Os critérios de exclusão adotados foram: artigos duplicados, artigos que associam o AVC a outra patologia.

A pergunta que norteou este estudo foi: A prática de exercício aeróbico pós AVC é capaz de aumentar a excitabilidade do TCE?

Deste modo, a busca pelos artigos foi realizada entre os meses de agosto e setembro de 2022, a partir dos seguintes bancos de dados: *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), banco de dados da *National Library of Medicine* (PubMed), Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (Lilacs) e Cochrane Library. Os

descritores controlados em Ciências da Saúde (DeCS) foram: *stroke*, *aerobic exercise* e *Transcranial Magnetic Stimulation* presentes no título e/ou resumo. O operador booleano usado foi: AND.

A busca dos artigos foi feita nas línguas inglês, espanhol e português. A estratégia de busca utilizada foi apresentada no quadro 2. Durante a coleta de dados, esta estratégia de busca foi inserida em todas as bases de dados.

QUADRO 2. Estratégias de buscas utilizadas nos bancos de dados

Idiomas	Estratégias de busca
Inglês	<i>stroke</i> AND <i>aerobic exercise</i> AND <i>Transcranial Magnetic Stimulation</i>
Espanhol	accidente cerebrovascular Y ejercicio aeróbico Y Estimulación Magnética Transcraneal
Português	Acidente vascular cerebral E exercício aeróbico E Estimulação magnética transcraniana

Essa investigação para seleção dos artigos foi realizada por dois investigadores distintos, quais sejam: a leitura do título e do resumo para a triagem dos estudos, de acordo com os critérios de elegibilidade. Além de um terceiro investigador que ficou responsável por resolver as divergências na seleção dos artigos. Os artigos selecionados para o estudo foram lidos na íntegra para a escrita dos resultados e discussão à luz da literatura em geral.

A leitura na íntegra destes artigos permitiu a construção do quadro com o resumo dos principais achados sobre a modulação da excitabilidade cortical associado a AE pós-AVC. Nos resultados e discussão dos artigos, foi abordado se o exercício aeróbico é capaz de promover alterações no TCE pós-AVC, identificar quais parâmetros do EA estão associados a essas mudanças e observar outros correlatos funcionais associados à modulação da excitabilidade do TCE.

3 RESULTADO

O quantitativo de artigos selecionados e excluídos está apresentado no fluxograma abaixo, o qual está baseado no modelo PRISMA 2020 (Figura 1).

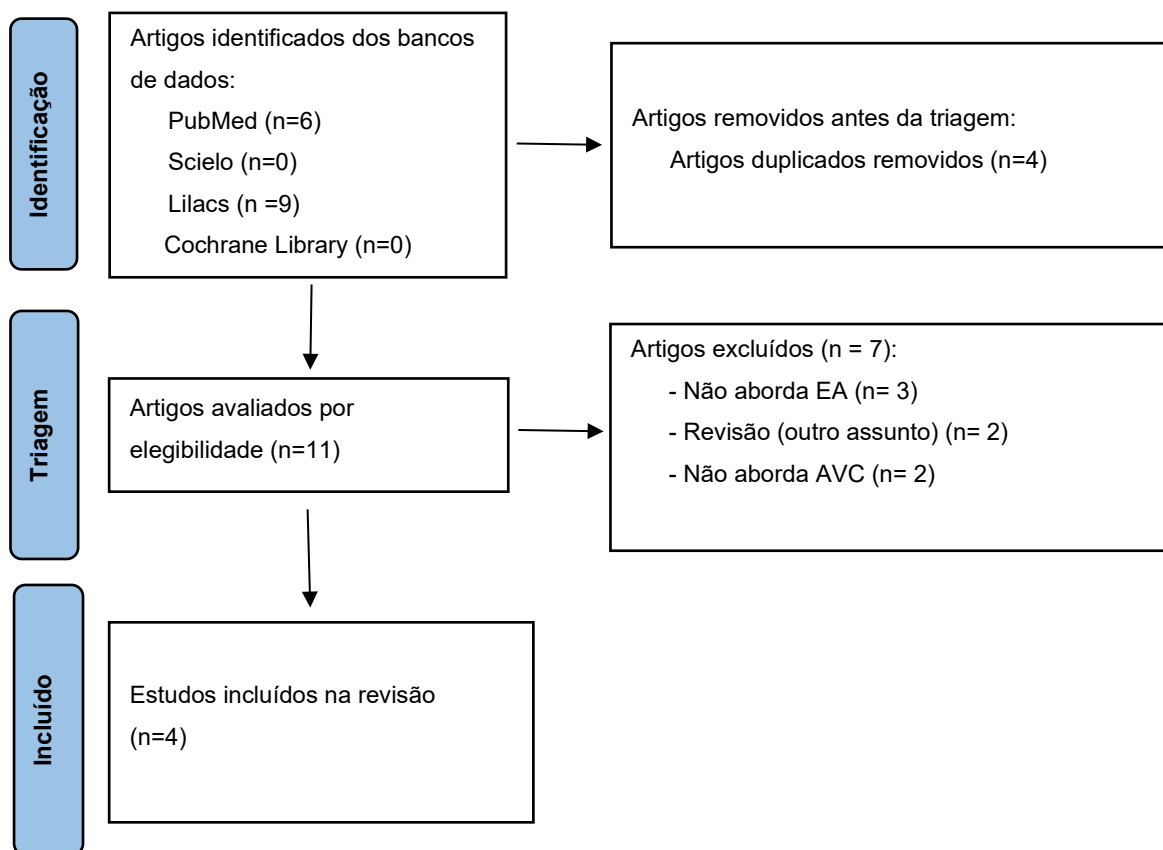


Figura 1 - Fluxograma a quantidades de artigos seleccionados em cada etapa da revisão integrativa

O quadro 3 apresenta os artigos selecionados com o respectivo autor, ano, título, banco de dados e objetivos, mostrando o tipo de intervenção/exercício, o que os autores procuraram investigar, qual membro foi avaliado e qual ferramenta foi utilizada, seja para avaliação, seja para tratamento associado ao exercício aeróbico.

Quadro 3. Artigos encontrados por base de dados com seus respectivos objetivos

Autores e ano	Título	Banco de dados	Objetivo
Boyne, et al. 2018.	Exercise intensity affects acute neurotrophic and neurophysiological responses poststroke	PubMed	Analisar os efeitos da intensidade do exercício na concentração de BDNF agudo e nas respostas neurofisiológicas.
Cui J, et al. 2020.	Effects rTMS Combined with EA on the Recovery of Motor Function in Ischemic Stroke Rat Model	PubMed	Investigar os efeitos terapêuticos da EMTr seguida de EA na neuroplasticidade e na recuperação da função motora em um modelo de AVC de rato com MCAO (modelo animal de AVC).
Murdoch, Buckley, McDonnell, 2016.	The Effect of EA on Neuroplasticity within the Motor Cortex following Stroke	PubMed	Comparar a excitabilidade corticoespinal e a neuroplasticidade na representação cortical do MS após uma única sessão de ciclismo de baixa intensidade do MI, ou uma condição de controle de repouso.
Abraha, et al. 2018.	A Bout of High Intensity Interval Training Lengthened Nerve Conduction Latency to the Non-exercised Affected Limb in Chronic Stroke	PubMed	Avaliar as mudanças na excitabilidade corticoespinal após sessões únicas de MICE e o HIIT quando combinados para o gasto total de energia do exercício.

EMTr= estimulação magnética transcraniana repetitiva; HIIT= treinamento intervalado de alta intensidade; MICE= carga/exercício constante de intensidade moderada; MCAO= oclusão da artéria cerebral média.

O quadro 4 apresenta detalhes sobre a metodologia a partir das seguintes informações: o nome dos autores e ano, a amostra do estudo, gênero predominante, se o estudo foi realizado com humanos ou animais, a divisão dos grupos e a média de idade dos participantes. Além, também, das medidas utilizadas para avaliação, como as medidas do BDNF e a ferramenta utilizada para avaliação do PEM e local da avaliação, e as intervenções com predomínio do HIIT, da divisão de grupos dentro do estudo e do respectivo resultado de cada estudo em HIIT e EA de baixa intensidade associada à EMTr de alta intensidade, a qual alterou a excitabilidade do TCE.

Quadro 4. Artigos encontrados por base de dados com seus respectivos objetivos

Autores e ano	Amostra	Medidas	Intervenção	Resultados
Boyne P, et al, 2018.	Humanos; n=16; Idade: 21–80 anos; >6 meses de AVC; capaz de andar com dispositivos auxiliares; condição cardiovascular estável.	Medidas do BDNF sérico e excitabilidade e inibição dos MI paréticos, aferidos por TMS (quadríceps parético), frequência cardíaca, consumo de oxigênio de pico.	1) HIIT em esteira; 2) HIIT em stepper sentado; 3) MICE em esteira. Sessões únicas, 20 minutos de exercício em ordem aleatória, com 1 semana de intervalo	O HIIT em esteira proporcionou o aumento da excitabilidade corticoespinal e ocorreu aumento do BDNF circulante.
Cui J, et al, 2020	Ratos; machos; Idade: 8 semanas; GC (recebeu apenas MCAO): N=10; rTMS (recebeu MCAO + rTMS): N=10; Terapia combinada (recebeu MCAO + rTMS + AE): N=12.	Os testes de <i>Rotarod</i> e <i>Garcia</i> avaliaram alterações na função comportamental. Foi utilizado o PEM para avaliar a excitabilidade do TCE. A gravidade do AVC foi avaliada pela mensuração do volume do infarto.	A EMTr de alta frequência (10 Hz) foi colocada no córtex motor da pata dianteira ipsilesional e o treinamento aeróbico no <i>rotarod</i> foi executado por duas semanas	A terapia combinada (rTMS + AE) foi mais eficaz do que a terapia rTMS para aprimorar a função nos testes de rotarod e Garcia e para a amplitude do PEM.

Murdoch, Buckley, McDonnell, 2016.	N=12; AVC crônico; Idade média: 18 e 80 anos; Homens:8.	Eletromiografia para avaliar PEM do primeiro músculo interósseo dorsal (medida da excitabilidade corticoespinal por TMS).	Os integrantes do estudo participaram das três condições: (1) pedalar em uma bicicleta ergométrica em baixa intensidade; (2) permanecerem em repouso na posição sentada; e (3) pedalar. Todas as intervenções foram por 30min, 1 e 2 receberam iTBS	Não houve diferença significativa para excitabilidade corticoespinal entre as três condições.
Abraha B, et al, 2018.	N=12; AVC crônico; Homens= 10; Idade média: 62,50 ± 9,0 anos; T.AVC= 26,70 ± 23,0 meses; AVC hemorrágico:1	EMT; teste de exercício graduado para determinar o consumo máximo oxigênio; a produção de dióxido de carbono, a frequência respiratória; o volume corrente; e a frequência cardíaca.	No MICE, os participantes mantiveram 60% de seu VO ₂ máx por 20 min. Para o HIIT, a carga de trabalho foi aumentada a cada 2 minutos, gradativamente até 80% do VO ₂ máx. Os participantes realizaram 5 ciclos começando com o HIIT por um total de 20 minutos. A recuperação também foi um resfriamento para o HIIT.	A latência PEM do hemisfério ipsilesional foi alongada após HIIT, mas não no MICE. Não houve alterações significativas nos PEMs, inibição ou facilitação intracortical.

1 BDNF: fator neurotrófico derivado do cérebro circulante; PEMs: Potenciais evocados motores; OP: operação simulada (sham), GC: grupo controle; iTBS: estimulação
2 intermitente theta burst; MS: membro superior; MI: membro inferior

4 DISCUSSÃO

O comprometimento motor após o AVC é decorrente da diminuição da excitabilidade do córtex motor primário (M1)¹⁷. Com isso, é importante intervenções que aumentem a excitabilidade cortical. O EA é capaz de promover o aumento dos níveis de BDNF (fator neurotrófico derivado do cérebro) na circulação sanguínea e no encéfalo, o que contribui para a alteração da excitabilidade corticoespinal. Essa alteração acarreta no aumento da excitabilidade do TCE, que reflete positivamente no aprimoramento da função motora¹⁸.

Boyne *et al.* (2018), em seu estudo, verificaram a excitabilidade cortical e concentração sanguínea de BDNF, marcador das respostas neurofisiológicas ao exercício, em indivíduos pós-AVC, durante duas modalidades de EA: treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) e exercício constante de intensidade moderada (MICE). A partir desse estudo, observaram que apenas o HIIT promoveu aumentos significativos na excitabilidade corticoespinal aferida pelo PEM do quadríceps parético e nos níveis BDNF. Observaram, ainda, uma correlação positiva entre os níveis de BDNF e de excitabilidade corticoespinal, a qual pode ser explicada pelo equilíbrio entre excitação e inibição neural causada pelo BDNF. O BDNF é um fator neurotrófico responsável por reduzir a captação sináptica do ácido γ -aminobutírico (GABA) e aumentar a transmissão sináptica glutamérgica, promovendo aumento na neuroplasticidade que auxilia no aprendizado motor¹⁹.

Esse estudo justifica o estudo de Nicolini *et al.* (2020)²⁴, com indivíduos saudáveis e sedentários, em que os autores mostram que uma única sessão de HIIT (ciclismo) é suficiente para alterar a excitabilidade, tanto de indivíduos sedentários, quanto dos praticantes de atividade física.

Esses achados também foram reportados no estudo de Hendy *et al.* 2022²⁵, com indivíduos saudáveis ativos e sedentários, os quais realizaram 20 minutos de HIIT em uma bicicleta ergométrica, com frequência cardíaca alvo de 80% da frequência cardíaca máxima. A frequência da intervenção foi de duas semanas, com intervalo de uma semana. Ao final do protocolo, foi realizada a análise da excitabilidade corticoespinal por meio da TMS, a qual mostrou que houve um aumento de 29,1%.

Entretanto, o estudo Sayes *et al.* (2020)²⁶ diverge dos achados mencionados anteriormente. Esses autores investigaram indivíduos de baixa aptidão física submetidos a três sessões tanto de exercício intervalado de alta intensidade (80% a 100% da

frequência cardíaca máxima), quanto de exercício intervalado de intensidade moderada (60-79% frequência cardíaca máxima), em um cicloergômetro com intervalo de 48 horas entre cada sessão. Ao final do estudo, os autores chegaram à conclusão de que o exercício agudo em adultos não praticantes de atividade física não altera a excitabilidade corticoespinhal, independente da intensidade do exercício. Essa divergência pode ser pelo fato que os autores estudaram o exercício de intensidade moderada com intervalo, sendo o intervalo entre as sessões menor e o número de sessões maior.

Já Abraha *et al.* (2018) avaliou a excitabilidade cortical em indivíduos pós-AVC após a prática de sessões únicas de MICE e HIIT e verificou se o exercício influenciava medidas relativas ao membro superior afetado. A intensidade escolhida para HIIT foi de 40% e 80% do VO_{2max} e MICE foi de 60% do VO_{2max} . Após a intervenção, não foi observada alteração na excitabilidade do TCE e na função do membro superior quando relacionado à duração da atividade e gasto de energia. No entanto, houve efeito na latência do PEM do músculo interósseo dorsal no lado afetado ligado à intensidade (apenas no HIIT). Foi observado, também, um aumento da condução nervosa entre a estimulação da TMS até o início da MEP, eliciada no hemisfério lesionado e mensurada na mão contralateral. Não foi encontrado nenhum efeito dos exercícios sobre o limiar motor de repouso, porém, foi observado um aumento da força de pinça na mão afetada, relacionado a um maior gasto energético²⁰.

Já Xin Li *et al.* (2019), em seu estudo, descobriram que apenas 5 minutos de exercício de alta intensidade em membros inferiores (esteira), em pessoas pós-AVC, promove o aumento da excitabilidade cortical motora no hemisfério ipsilesional através da medida do MEP máximo, no músculo extensor radial do carpo (bilateral). Esse estudo mostra que exercícios breves e menos cansativos são promissores para a recuperação e aprendizado motor e na função do membro superior¹⁷.

O estudo de Cui *et al.* 2020 foi realizado com modelos de AVC em ratos por meio da MCAO. Os autores estudaram o efeito do EA de baixa intensidade combinado com estimulação magnética transcraniana repetitiva (EMTr) de alta intensidade, com ênfase na função motora. Os resultados mostraram que houve aumento da latência do PEM e no BDNF após a intervenção no grupo combinação, sendo possível uma correlação positiva entre eles. Ao final da intervenção, os autores observaram que a EA de baixa intensidade, quando associado à EMTr, são promissores para a recuperação motora, observados pela melhora no teste de rotarod, o que pode gerar alterações neuroplástica pós-AVC.²³

Porém, no estudo de McDonnell *et al.* (2013)²², com sujeitos saudáveis, ao comparar diferentes intensidades do EA realizando ciclismo estacionário, perceberam que a baixa intensidade (30% da frequência cardíaca de reserva e classificação de esforço percebido como muito fácil e fácil) não promove alterações na excitabilidade corticoespinal. Eles concluíram que é necessária uma intensidade mais elevada para promover liberação de neuromoduladores importantes que favoreçam a excitabilidade.

Corroborando com esse estudo, Murdoch, Buckley e McDonnell (2016)²¹ comparam a excitabilidade corticoespinal após uma única sessão de ciclismo de baixa intensidade e o repouso, com a aplicação ou não de estimulação intermitente *theta burst* em indivíduos com AVC, sendo avaliado o PEM do primeiro músculo interósseo dorsal a cada 10 minutos e comparada cada condição. Eles observaram que não houve diferença significativa para excitabilidade corticoespinal entre as três condições.

Na literatura, o estudo de Nicolini *et al.* (2021), que reuniu evidências que abordem o efeito do EA em indivíduos saudáveis, fisicamente ativo e sedentário, mostrou que exercícios de baixa e média intensidade (40% a 80% da FC_{máx}) já são capazes de gerar alteração da excitabilidade do TCE durante a prática de EA, em indivíduos ativos. Já em indivíduos sedentários, é necessário praticar EA de alta intensidade com carga de trabalho de 105% a 125%, determinado pelo consumo de VO₂ pico²⁷.

Outro achado na literatura diz respeito a uma revisão sistemática, que investigou o efeito de uma única sessão de EA em adultos saudáveis. Foram incluídos 8 estudos, sendo estudadas as três intensidades de EA. A conclusão a que se chegou é a de que o EA de alta intensidade mais breve ou de baixa intensidade mais longo ou EA associado à ferramentas de estimulação cerebral são eficazes na indução da neuroplasticidade. Esses dados foram relacionados ao nível de cortisol e glicogênio, em que EA de alta intensidade com maior duração não estimulou alterações neuroplásticas²⁸.

Esses achados mostram que o EA pode influenciar a atividade cortical em indivíduos hemiplégicos ou hemiparético pós-AVC. No entanto, nem todas as modalidades de EA geram este efeito e o exercício deve se adequar às condições motoras do paciente. Por isso, é importante a escolha dos parâmetros e das dosagens ideais para que seja seguro e haja aumento nos efeitos cardiorrespiratórios e neurológicos.

É importante salientar que ainda hoje existe o tabu de que a prática de atividade física nessa população é arriscada e pode promover a recorrência de AVC¹⁵. Evidências já comprovaram que a prática de exercício é segura e pode promover inúmeros benefícios

para o cérebro¹⁶ e função motora¹⁶ do indivíduo, se prescrita de acordo com as condições do paciente e, conforme diretrizes do *American College of Sports Medicine* (ACSM), se houver monitorização constante.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Visto a importância da prática de EA na população pós AVC, e diante da escassez de estudos sobre o tema o efeito do EA sobre a excitabilidade cortical, o atual estudo reuniu as evidências que existem sobre as modalidades de EA que promovem alteração no TCE em pacientes pós-AVC. Investigamos, ainda, se essa alteração da excitabilidade cortical está associada a algum ganho funcional

Até o momento este é o primeiro estudo que buscou reunir as evidências que abordam o efeito do EA sobre a excitabilidade do TCE, buscando destacar os parâmetros e as dosagens ideais de EA que promovem alterações significativas no BDNF, recurso-chave para que alteração no TCE e neuroplasticidade.

Ao final do estudo, foi possível observar que o HIIT e EA de baixa intensidade associado à EMTr de alta intensidade é capaz de alterar a excitabilidade do TCE correlacionado com aumento dos níveis de BDNF, o qual está associado à neuroplasticidade e aprendizado motor. Além disso, exercícios mais breves e menos exaustivos em membro inferior exercem influência na função do membro superior

Dessa forma, são necessários mais estudos que investiguem o efeito do EA sobre a excitabilidade cortical de pacientes pós-AVC, explorando mais modalidades de EA, visto que poucas modalidades foram estudadas. Faltam ainda estudos que verifiquem a relação entre as alterações da excitabilidade cortical e a fadiga muscular, como também estudos que abordem o efeito do EA a longo prazo sobre a função motora de pacientes pós-AVC.

Por fim, foi possível observar que o EA é importante na prática clínica, principalmente na reabilitação de paciente pós-AVC, visto que o EA é capaz de gerar tanto alteração do TCE, principal via afetada após o acometimento do AVC, quanto a neuroplasticidade, que é importante para recuperação das funções motoras e cognitivas. Ademais, foi constatado que o EA é seguro, pois não promove novos episódios de AVC e nem gera efeitos adversos no paciente. Nesse sentido, o estudo foi importante, também, para facilitar a escolha do EA ideal que promova a alteração do TCE, de acordo com as condições clínicas do paciente.

6 REFERÊNCIAS

1. Barros AF de S, Santos SG dos, Medeiros GFR de, Melo LP de. Análise de intervenções fisioterapêuticas na qualidade de vida de pacientes Pós-AVC. *Rev Neurociencias* 2014;22(2):308–314.
2. Mota MAG da, Hamu TCD da S, Magnani RM. Caracterização de pacientes com acidente vascular encefálico em atendimento fisioterapêutico em uma universidade pública. *Rev Baiana Saúde Pública* 2019;43(4):9–25.
3. O’Sullivan SB. Capítulo 18 – Acidente Vascular Encefálico. O’SULLIVAN B *Fisioter avaliação e Trat SP Monole*, 2010;3:764–826.
4. Mamed SN, Ramos AMDO, Araújo VEM De, Jesus WS De, Ishitani LH, França EB. Profile of deaths from unspecified stroke after investigation of garbage codes in 60 cities in Brazil, 2017. *Rev Bras Epidemiol*, 2019;22(3):1–14.
5. Carmo SH Do, Paiva LDS, Adami F, et al. Relationship between motor-cognitive functions and hemodynamic response of individuals with chronic stroke during and after an acute bout of aerobic exercise. *J Hum Growth Dev.*2021;31(2):267–282.
6. Naidoo N, Olagbegi OM, Nadasan T, Afolabi JO. Comparison of physical activity and sedentary behavior levels in secondary and university students. *Rev Rene.* 2021;23:1–9.
7. Gonçalves RL, Miranda HR SI. CONDICIONAMENTO AERÓBIO EM PACIENTES PÓS-ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL. livro *Fisioter Cardiovasc e Respir.* 2016;2(2):53–92.
8. Asa SK de P, Oliveira EM de, Matuti G da S, Oliveira CB de. Efeitos de um programa de condicionamento físico no equilíbrio e funcionalidade da marcha em indivíduos pós acidente vascular cerebral. *Fisioter Bras.* 2021;22(5):649–666.
9. Mang CS, Campbell KL, Ross CJD, Boyd LA. Promoting Neuroplasticity for Motor Rehabilitation After Stroke : Considering the Effects of Aerobic Exercise and Genetic Variation on Brain-Derived Neurotrophic Factor. *Phys Ther.* 2013;93(12):1707–1716.
10. Perez MALGC. The Corticospinal System and Transcranial Magnetic Stimulation in Stroke. *Physiol Behav.* 2016;16(4):254–269.
11. Beaulieu LD, Milot MH. Changes in transcranial magnetic stimulation outcome measures in response to upper-limb physical training in stroke: A systematic

- review of randomized controlled trials. *Ann Phys Rehabil Med*. 2018;61(4):224–234.
12. McDonnell MN, Stinear CM. TMS measures of motor cortex function after stroke: A meta-analysis. *Brain Stimul* [homepage on the Internet]. 2017;10(4):1–14. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.brs.2017.03.008>
 13. Müller, Vanessa Teixeira, Pâmela Passos dos Santos, Thiago Carnaval, Marleide da Mota Gomes FF. Transcranial magnetic stimulation. *Rev Bras Neurol*. 2013;49(1):20–31.
 14. Mendes KDS, Silveira RC de CP, Galvão CM. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto Context - Enferm*. 2008;17(4):758–764.
 15. Moncion K, Biasin L, Jagroop D, et al. Barriers and Facilitators to Aerobic Exercise Implementation in Stroke Rehabilitation: A Scoping Review. *J Neurol Phys The*. 2020;44(3):179–187.
 16. Macko RF, Ivey FM, Forrester LW, et al. Treadmill exercise rehabilitation improves ambulatory function and cardiovascular fitness in patients with chronic stroke: A randomized, controlled trial. *Stroke*. 2005;36(10):2206–2211.
 17. Li X, Charalambous CC, Reisman DS, Morton SM. A short bout of high-intensity exercise alters ipsilesional motor cortical excitability post-stroke. *Top Stroke Rehabil* [homepage on the Internet]. 2019;26(6):405–411. Available from: <https://doi.org/10.1080/10749357.2019.1623458>
 18. Singh AM, Staines WR. The effects of acute aerobic exercise on the primary motor cortex. *J Mot Behav*. 2015;47(4):328–339.
 19. Boyne P, Meyrose C, Westover J, et al. Exercise intensity affects acute neurotrophic and neurophysiological responses poststroke. *J Appl Physiol*. 2019;126(2):431–443.
 20. Abraha B, Chaves AR, Kelly LP, et al. A bout of high intensity interval training lengthened nerve conduction latency to the non-exercised affected limb in chronic stroke. *Front Physiol*. 2018;9:1–15.
 21. Murdoch K, Buckley JD, McDonnell MN. The effect of aerobic exercise on neuroplasticity within the motor cortex following stroke. *PLoS One*. 2016;11(3):1–14.
 22. McDonnell MN, Buckley JD, Opie GM, Ridding MC, Semmler JG. A single bout

- of aerobic exercise promotes motor cortical neuroplasticity. *J Appl Physiol*. 2013;114(9):1174–1182.
23. Cui J, Kim CS, Kim Y, Sohn MK, Jee S. Effects of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) combined with aerobic exercise on the recovery of motor function in ischemic stroke rat model. *Brain Sci*. 2020;10(3):1–13.
 24. Nicolini C, Michalski B, Toepp SL, et al. A Single Bout of High-intensity Interval Exercise Increases Corticospinal Excitability, Brain-derived Neurotrophic Factor, and Uncarboxylated Osteocalcin in Sedentary, Healthy Males. *Neuroscience* [homepage on the Internet]. 2020;437:242–255. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2020.03.042>
 25. Hendy AM, Andrushko JW, Gatta PA Della, Teo WP. Acute Effects of High-Intensity Aerobic Exercise on Motor Cortical Excitability and Inhibition in Sedentary Adults. *Front Psychol*. 2022;13:1–7.
 26. El-Sayes J, Turco C V., Skelly LE, Locke MB, Gibala MJ, Nelson AJ. Acute high-intensity and moderate-intensity interval exercise do not change corticospinal excitability in low fit, young adults. *PLoS One* [homepage on the Internet]. 2020;15(1):1–12. Available from: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0227581>
 27. Nicolini C, Fahnestock M, Gibala MJ, Nelson AJ. Understanding the Neurophysiological and Molecular Mechanisms of Exercise-Induced Neuroplasticity in Cortical and Descending Motor Pathways: Where Do We Stand? *Neuroscience* [homepage on the Internet]. 2021;457:259–282. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2020.12.013>
 28. Mellow ML, Goldsworthy MR, Coussens S, Smith AE. Acute aerobic exercise and neuroplasticity of the motor cortex: A systematic review. *J Sci Med Sport* [homepage on the Internet]. 2020;23(4):408–414. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.10.015>