

**ESCOLA DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA LTDA
FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA-FACENE**

THIAGO EWERTON DO NASCIMENTO BEZERRA

**OS EFEITOS DE DIFERENTES TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO DA MARCHA
PÓS AVC SOBRE A ATIVIDADE ELETROENCEFALOGRÁFICA: REVISÃO
INTEGRATIVA**

JOÃO PESSOA

2022

THIAGO EWERTON DO NASCIMENTO BEZERRA

**OS EFEITOS DE DIFERENTES TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO DA MARCHA
PÓS AVC SOBRE A ATIVIDADE ELETROENCEFALOGRÁFICA: REVISÃO
INTEGRATIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC
apresentado à Coordenação do Curso de
Graduação em Fisioterapia da Faculdade de
Enfermagem Nova Esperança como
exigência parcial para obtenção do título de
Bacharel em Fisioterapia.

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

JOÃO PESSOA

2022

B469e

Bezerra, Thiago Ewerton do Nascimento

Os efeitos de diferentes técnicas de reabilitação da marcha pós AVC sobre a atividade eletroencefalográfica: revisão integrativa / Thiago Ewerton do Nascimento Bezerra. – João Pessoa, 2022.

24f.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Rafaela Faustino Lacerda de Souza.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Fisioterapia)
– Faculdade Nova Esperança - FACENE

1. Acidente Vascular Cerebral. 2. Marcha. 3. Reabilitação. 4. EEG. I. Título.

CDU: 615.8:616.8

THIAGO EWERTON DO NASCIMENTO BEZERRA

**OS EFEITOS DE DIFERENTES TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO DA
MARCHA PÓS AVC SOBRE A ATIVIDADE ELETROENCEFALOGRÁFICA:
REVISÃO INTEGRATIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC apresentado pelo aluno **Thiago Ewerton do Nascimento Bezerra** do Curso de Bacharelado em Fisioterapia tendo obtido o conceito aprovado, conforme a apreciação da Banca Examinadora.

Aprovado em 30 de maio de 2022

BANCA EXAMINADORA



Prof.ª. Dra. Rafaela Faustino Lacerda de Souza - Orientadora
Faculdade de Enfermagem Nova Esperança - FACENE



Prof.ª. Dra. Danyelle Nóbrega de Farias - Membro
Faculdade de Enfermagem Nova Esperança - FACENE



Prof. Dr. Dyego Anderson Alves de Farias - Membro
Faculdade de Enfermagem Nova Esperança - FACENE

Dedico este trabalho a meu querido avô e pai, Josival Lopes Bezerra, o homem que me ensinou sobre honra e respeito. Você sempre estará vivo em minhas memórias.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, primeiramente, que me deu força para concluir esta etapa da minha vida. Por sempre estar comigo e me dar forças para continuar.

Agradeço à minha companheira, Suellen Kalyne por estar comigo sempre em todos os momentos, me ajudando no até no impossível, obrigado por tudo, eu amo muito você.

Agradeço à minha prima, Joseane por ser uma pessoa tão especial na minha vida, por me acolher e por me incentivar e sempre procurar e esperar o melhor para mim.

Agradeço também a minha sogra Simone Karina, uma mulher guerreira que me estendeu a mão e me deu um verdadeiro abraço de mãe, obrigado por tudo.

Agradeço à minha mãe e minha vizinha, duas mulheres guerreiras que me ensinaram muito sobre a vida, sobre ser uma pessoa boa e honesta, sobre sempre esperar o melhor das pessoas e nunca perder a fé, eu amo vocês.

À minha coordenadora e co-orientadora, Profa. Dra. Danyelle Nobrega por sua honestidade, comprometimento e ser tão compreensiva com as adversidades que aconteceram em todo o decorrer deste processo, assim como, a minha orientadora, Profa. Dra. Rafaela Faustino, obrigado por todos os ensinamentos, é uma referência inestimável.

Agradeço aos meus queridos amigos de curso, em especial ao meu grupo, orlafac, formado por Nathan Vitor, Joanderson César, Ana Beatriz, Ilaura Eduarda e Layza Simões e Acácio Gadelha, agradeço por ter conhecido vocês e por todas as gargalhas e resenhas garantidas no decorrer do curso, agradeço por se doarem tanto uns aos outros, obrigado por tudo e que nossa amizade perdure pelo resto da vida.

Aos meus professores que foram importantíssimos na minha formação, Emanuelle Malzac, Douglas Pereira, Laura Veloso, Matheus Soares, Vanessa Dias, Simonni Teixeira, Élide Vieira, Dyego Farias, Felipe Heylan e aos demais não mencionados que passaram por minha turma e que somaram positivamente.

Por fim e não menos importante, agradeço à minha irmandade, meus amigos e irmãos da vida e do coração, Douglas Feliciano, Maxwell Teixeira, Rafael Nunes, John Alves, Cristovão José, Jailson, Igor Rafael e aos demais, obrigado por serem minha válvula de escape sempre que preciso, sem vocês, esta caminhada seria ainda mais difícil.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EEG – Eletroencefalografia

PMC – Córtex pré-motor

PFC – Córtex pré-frontal

SG – Supra marginal

γ - Gama

β – Beta

HAC – Alta concentração atencional

LAC – Baixa concentração atencional

BCI – Interface Cérebro computador

FES – Estimulação elétrica funcional

AROM – Amplitude de movimento ativo de dorsiflexão

DTC6 – Distância de caminhada de 6 minutos

AVC – Acidente vascular cerebral

BR – Representação corporal

RAGT – Treino de marcha auxiliado por robô

VR – Realidade virtual

RESUMO

INTRODUÇÃO: A atividade elétrica cortical pode ser observada através da eletroencefalografia (EEG), onde a transmissão dos sinais elétricos advindos do cérebro para gerar a motricidade é sinalizada através de ondas de diferentes amplitudes e frequências, os quais são conhecidas como ritmos ou ondas corticais, assim, os ritmos podem evidenciar um padrão oscilatório que estão presente em diversas fases da marcha. **OBJETIVO:** analisar as evidências científicas existentes em artigos online sobre a importância do eletroencefalograma na reabilitação da marcha em pacientes pós AVC e seus efeitos quando associado a diferentes técnicas de reabilitação. **MÉTODOS:** Trata-se de um estudo de Revisão Integrativa da literatura (RIL), que foi realizado entre os meses de março e maio de 2022 nas seguintes bases de dados: Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (Medline) via PubMed, Scielo, Physiotherapy Evidence Database (PEDro). Os critérios de inclusão dos estudos foram: ter formato de artigo original, artigos em inglês e português. Como critérios de exclusão, definiu-se: duplicidade de publicação, outras doenças associadas e artigos que não respondam à pergunta norteadora da pesquisa, desta forma, 4 artigos foram selecionados para esta revisão. **RESULTADOS:** A partir do estudo, foi possível observar uma maior presença de eventos relacionados a dessincronização (ERD) das bandas *beta* e *mu* e *alpha*, e também um aumento da potência das ondas *gama* durante a reabilitação da marcha, contudo, ainda foi possível verificar um aumento das ondas *theta* em relação a concentração nos exercícios e um aumento de sua conexão com a onda *delta* sob o córtex occipital e parietal. **CONCLUSÃO:** verificou-se a importância da revisão integrativa nas práticas baseadas em evidências ao passo que sumariza os estudos de diferentes técnicas de reabilitação da marcha de pacientes pós AVC vistos a partir do EEG.

Palavras-chaves: Acidente Vascular Cerebral, Marcha, Reabilitação, EEG.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Cortical electrical activity can be observed through electroencephalography (EEG), where the transmission of electrical signals from the brain to generate motricity is signaled through waves of different amplitudes and frequencies, which are known as rhythms or cortical waves, thus, the rhythms can show an oscillatory pattern that is present in different phases of the gait. **OBJECTIVE:** to analyze the existing scientific evidence in online articles about the importance of electroencephalogram in gait rehabilitation in post-stroke patients and its effects when associated with different rehabilitation techniques. **METHODS:** This is an Integrative Literature Review (ILR) study, which was carried out between March and May 2022 in the following databases: Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (Medline) via PubMed, Scielo, Physiotherapy Evidence Database (PEDro). The inclusion criteria of the studies were: having an original article format, articles in English and Portuguese. As exclusion criteria, we defined: duplicity of publication, other associated diseases and articles that did not answer the guiding question of the research, thus, 4 articles were selected for this review. **RESULTS:** From the study, it was possible to observe a greater presence of events related to desynchronization (ERD) of beta and mu and alpha bands, and also an increase in the power of gamma waves during gait rehabilitation, however, it was still possible to verify an increase in theta waves in relation to exercise concentration and an increase in their connection with the delta wave under the occipital and parietal cortex. **CONCLUSION:** the importance of an integrative review in evidence-based practices was verified, while it summarizes the studies of different gait rehabilitation techniques in post-stroke patients seen from the EEG.

Keywords: Stroke. Gait. Rehabilitation. EEG

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
3. RESULTADOS.....	15
4. DISCUSSÃO	19
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22
REFERÊNCIAS.....	23

**OS EFEITOS DE DIFERENTES TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO DA MARCHA
PÓS AVC SOBRE A ATIVIDADE ELETROENCEFALOGRÁFICA: REVISÃO
INTEGRATIVA**

**THE EFFECTS OF DIFFERENT TECHNIQUES FOR GAIT REHABILITATION
POST-STROKE ON ELECTROENCEPHALOGRAPHIC ACTIVITY:
INTEGRATIVE REVIEW**

Thiago Ewerton do Nascimento Bezerra¹
Danyelle Nóbrega de Farias²
Rafaela Faustino Lacerda de Souza³

RESUMO

A atividade elétrica cortical pode ser observada através da eletroencefalografia (EEG), onde a transmissão dos sinais elétricos advindos do cérebro para gerar a motricidade é sinalizada através de ondas de diferentes amplitudes e frequências, os quais são conhecidas como ritmos ou ondas corticais, assim, os ritmos podem evidenciar um padrão oscilatório que estão presente em diversas fases da marcha, desta forma, o presente estudo tem como objetivo analisar as evidências científicas existentes em artigos online sobre a importância do eletroencefalograma na reabilitação da marcha em pacientes pós AVC e seus efeitos quando associado a diferentes técnicas de reabilitação. Tratando-se de um estudo de Revisão Integrativa da literatura (RIL), que foi realizado entre os meses de março e maio de 2022 nas seguintes bases de dados: Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (Medline) via PubMed, Scielo, Physiotherapy Evidence Database (PEDro). Os critérios de inclusão dos estudos foram: ter formato de artigo original sendo artigo o tipo do documento, artigos em inglês e português. Como critérios de exclusão definiu-se: duplicidade de publicação, outras doenças associadas e artigos que não respondam à pergunta norteadora da pesquisa. Desta forma, 4 artigos foram selecionados para esta revisão. A partir do estudo, foi possível observar uma maior presença dos eventos relacionados a dessincronização (ERD) das bandas beta e mu e alpha, e também um aumentada potência das ondas gama durante a reabilitação da marcha, contudo, ainda foi possível verificar um aumento das ondas theta em relação a concentração nos exercícios e um aumento de sua conexão com a onda delta sob o córtex occipital e parietal. Deste modo, verificou-se a importância da revisão integrativa nas práticas baseadas em evidências ao passo que sumariza os estudos de diferentes técnicas de reabilitação da marcha de pacientes pós AVC vistos a partir do EEG.

Palavras-chaves: Acidente Vascular Cerebral. Marcha. Reabilitação. EEG

¹ Bacharelado em Fisioterapia, Faculdade de Enfermagem Nova Esperança - FACENE. CEP: 58036-460, João Pessoa, Paraíba, Brasil. *Autora Correspondente: thiagoewer@gmail.com

² Fisioterapeuta. Doutora em Modelos de Decisão e Saúde pelo PPGMDS – UFPB. Faculdade de Enfermagem Nova Esperança - FACENE. CEP: 58067-695, João Pessoa, Paraíba, Brasil

³ Fisioterapeuta. Doutora em Neurociências. Faculdade de Enfermagem Nova Esperança - FACENE. CEP: 58067-695, João Pessoa, Paraíba, Brasil

ABSTRACT

The cortical electrical activity can be observed through electroencephalography (EEG), where the transmission of electrical signals from the brain to generate motricity is signaled through waves of different amplitudes and frequencies, which are known as rhythms or cortical waves, thus, rhythms can show an oscillatory pattern that is present in different phases of gait, thus, the present study aims to analyze the existing scientific evidence in online articles about the importance of electroencephalogram in gait rehabilitation in post-stroke patients and its effects when associated with different rehabilitation techniques. This is an Integrative Literature Review (RIL) study, which was carried out between March and May 2022 in the following databases: Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (Medline) via PubMed, Scielo, Physiotherapy Evidence Database (PEDro). The inclusion criteria of the studies were: having an original article format, with article being the type of document, articles in English and Portuguese. As exclusion criteria, we defined: double publication, other associated diseases and articles that did not answer the guiding question of the research. Thus, 4 articles were selected for this review. From the study, it was possible to observe a greater presence of events related to desynchronization (ERD) of beta and mu and alpha bands, and also an increase in the power of gamma waves during gait rehabilitation, however, it was still possible to verify an increase of theta waves in relation to exercise concentration and an increase in their connection with the delta wave under the occipital and parietal cortex. In this way, the importance of an integrative review in evidence-based practices was verified, while it summarizes the studies of different gait rehabilitation techniques in post-stroke patients seen from the EEG.

Keywords: Stroke. Gait. Rehabilitation. EEG.

1. INTRODUÇÃO

O acidente vascular cerebral (AVC) é conceituado como um déficit neurológico focal súbito, estando entre as principais causas de morte em todo mundo¹. Os fatores de risco são geralmente divididos em fatores imutáveis, como: doenças genéticas, gênero, raça e fatores modificáveis, como: obesidade, diabetes, doenças cardíacas, tabagismo, dislipidemia, alcoolismo, reposição hormonal, doença arterial periférica e abuso de drogas².

Os acometimentos decorrentes do AVC são responsáveis por gerar distúrbios das funções motoras, sensitivas e mentais, perceptivas e de linguagem, bem como são comuns os déficits motores e de alinhamento na transferência de peso³. Estes são normalmente manifestados por hemiplegia ou hemiparesia, sendo evidenciados por uma tendência em manter-se em uma posição assimétrica postural, com distribuição de peso menor sobre o hemicorpo parético⁴.

Um dos maiores problemas enfrentados pelos pacientes que sofreram AVC, é a diminuição da estabilidade corporal, também definida pela distância máxima em que um

indivíduo consegue suportar o peso em qualquer direção sem perder o equilíbrio. Assim como a diminuição do tônus e conseqüentemente, da força muscular⁵⁴.

A restauração da marcha independente e do equilíbrio é um dos principais objetivos da reabilitação para pacientes que vivem com AVC, pois está associada à mobilidade independente e a redução do risco de quedas, além da redução do nível de sedentarismo, e da restauração das habilidades funcionais, o que pode ocasionar melhoria na qualidade de vida¹.

Após a lesão encefálica, ocorre um processo denominado de neuroplasticidade, sendo o agente responsável por levar a alterações nas sinapses e reorganização funcional do sistema nervoso central (SNC) e alterações relacionadas à liberação de neurotransmissores para recuperação da lesão⁵. Estas alterações incluem a habituação (diminuição da resposta neural a um estímulo), o aprendizado (aquisição do conhecimento ou da capacidade) e a memória (retenção e armazenamento do conhecimento ou da capacidade), que influenciarão na recuperação da função³.

A motricidade voluntária é iniciada no córtex cerebral através dos impulsos nervosos chamados de sinapses que percorrem toda a rede neural⁶. Toda atividade elétrica cerebral pode ser caracterizada por ondas de diferentes amplitudes e frequências, também conhecidas por oscilações ou ritmos cerebrais que podem ser descritos através do eletroencefalograma (EEG)⁷.

A Sincronização e Dessincronização relacionada a eventos (ERS - *Event-Related Synchronization* e ERD - *Event-Related Dessynchronization*) são utilizados para descrever a diminuição e o aumento da atividade nos sinais no EEG causados por movimentos auto ritmados, assim, servindo de parâmetros para mapeamento da atividade dos ritmos cerebrais.

O ERD é descrito como uma diminuição da amplitude da potência espectral em relação a mesma potência durante um período de repouso anterior. Embora este fenômeno seja produzido em várias outras bandas de frequências, quando associado ao movimento, é observado principalmente nas bandas *Mu* (8-12Hz) e *Beta* (13-30Hz), que juntos são conhecidos como ritmos sensório-motores.

A modulação da amplitude da atividade cortical nestas frequências é produzida pela imaginação, intenção ou desempenho de um movimento. Pode ser observado antes que o movimento realmente comece e termina aproximadamente quando o movimento finaliza. Além disso, posteriormente ao ERD dos ritmos sensório- motores ocorre o processo cognitivo do ERS, que desencadeia aumento da amplitude da potência espectral⁸.

De modo geral, as oscilações cerebrais são flutuações periódicas no potencial de campo decorrentes da atividade elétrica e sináptica produzida pela integração das atividades das células neurais no encéfalo. Estas ondas são geradas no córtex cerebral devido ao fluxo de correntes iônicas extracelulares associadas ao somatório dos potenciais pós-sinápticos excitatórios e inibitórios originados nos dendritos de milhares de células piramidais corticais^{7,9}.

A oscilação da rede neuronal recobre uma ampla faixa de frequências (~ 0,01-600Hz) e define diferentes estados cognitivos e comportamentais. As atividades de oscilação são geralmente divididas em bandas de frequência ou regiões, como delta (1-4 Hz), theta (4-12 Hz), alfa (8-12 Hz), beta (12-30 Hz), oscilações de alta frequência (HFOs) (Gama, ondulação e ondulação rápida: 30-500 Hz)¹⁰. Durante a marcha em condições normais, é possível observar uma forte ERD de beta na região central lateral de ambos os hemisférios cerebrais e uma ERD de alfa (ritmo um) na região central medial¹¹.

Já se sabe que as oscilações corticais na faixa de frequência da banda beta (13-30 Hz) e alfa (8-12 Hz) sobre o córtex sensório-motor estão fortemente envolvidas no controle motor, estando presente na fase do repouso e diminuem durante o movimento, levando também à uma diminuição na potência beta, logo, está relacionada ao evento de dessincronização¹⁰.

Até o momento, ainda há muito a ser compreendido sobre os mecanismos das atividades eletroencefalográfica subjacentes à indução da neuroplasticidade mediante aos processos de reabilitação. Para preencher as lacunas nessa questão, o estudo justifica-se pela necessidade de mais investigações. Portanto, o objetivo do presente estudo é analisar as evidências científicas existentes em artigos online sobre a importância do eletroencefalograma na reabilitação da marcha em pacientes pós AVC e seus efeitos quando associado a diferentes técnicas de reabilitação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente artigo trata-se de uma revisão integrativa de literatura (RIL). Esta modalidade de investigação tem como eixo norteador a prática baseada em evidência (PBE), a qual possibilita a compilação de conhecimentos a respeito de um determinado assunto e a integração da aplicabilidade dos resultados obtidos de estudos relevantes para respaldar a prática clínica¹².

Para a construção desta RIL optou-se por direcionar a pesquisa em seis etapas distintas: 1. Delimitação do tema com a elaboração da pergunta norteadora – permite que haja uma estratégia de busca clara com os descritores corretos; 2. Busca na literatura – aplica os critérios de elegibilidade para analisar e decidir quais estudos serão escolhidos; 3. Coleta de dados – concebe a classificação dos estudos e requisita a composição dos instrumentos para a coleta de dados, sendo esse o fundamento primordial para uma RIL; 4. Análise dos estudos – elabora a leitura crítica dos dados a fim de, sintetizar o que foi coletado; 5. Discussão dos resultados – compara os dados coletados com o conhecimento teórico existente na literatura vigente; e 6. Apresentação final - apresenta a conclusão da RIL baseada em métodos íntegros, verídicas e plausíveis¹³.

Portanto, formulou-se a seguinte questão norteadora: quais os efeitos de diferentes tipos de abordagens na reabilitação da marcha em pacientes pós AVC sob a ótica da eletroencefalografia?

Para obter o maior quantitativo possível de artigos elegíveis, definiu-se três estratégias de buscas, sendo elas divididas entre X, Y e Z, onde X corresponde à: ***stroke and gait and eeg***; Y corresponde à: ***stroke and gait intention and eeg***; e por fim, Z que corresponde à: ***stroke and gait and rehabilitation and eeg***. A partir das estratégias selecionadas, identificou-se que a base de dados do PubMed é única que possui os documentos disponíveis, no qual a estratégia X obteve um quantitativo de 7 artigos, já a estratégia Y obteve um quantitativo de 64 artigos, e por fim, a estratégia Z que foi possível obter uma quantidade de 52 artigos. Portanto, foram somadas as quantidades encontradas nas três estratégias, totalizando 123 artigos.

Para selecionar a amostra da pesquisa, optou-se por utilizar os seguintes critérios de inclusão: texto completo que aborde sobre diferentes métodos de reabilitação da marcha de paciente pós AVC com análise a partir do EEG, sendo estes disponíveis nos idiomas português e/ou inglês, sendo artigo, o tipo de documento. Foram excluídos: artigos com títulos repetidos, assim como, artigos com outras doenças associadas, artigos de revisões e editoriais.

3. RESULTADOS

A partir do resultado das estratégias de buscas, foi possível identificar um quantitativo de 123 artigos no total, onde 12 artigos foram removidos por motivo de

duplicidade, posteriormente foi realizado uma triagem no qual, dos 111 artigos selecionados, 107 foram removidos por entrarem nos critérios de exclusão conforme segue a figura 1.

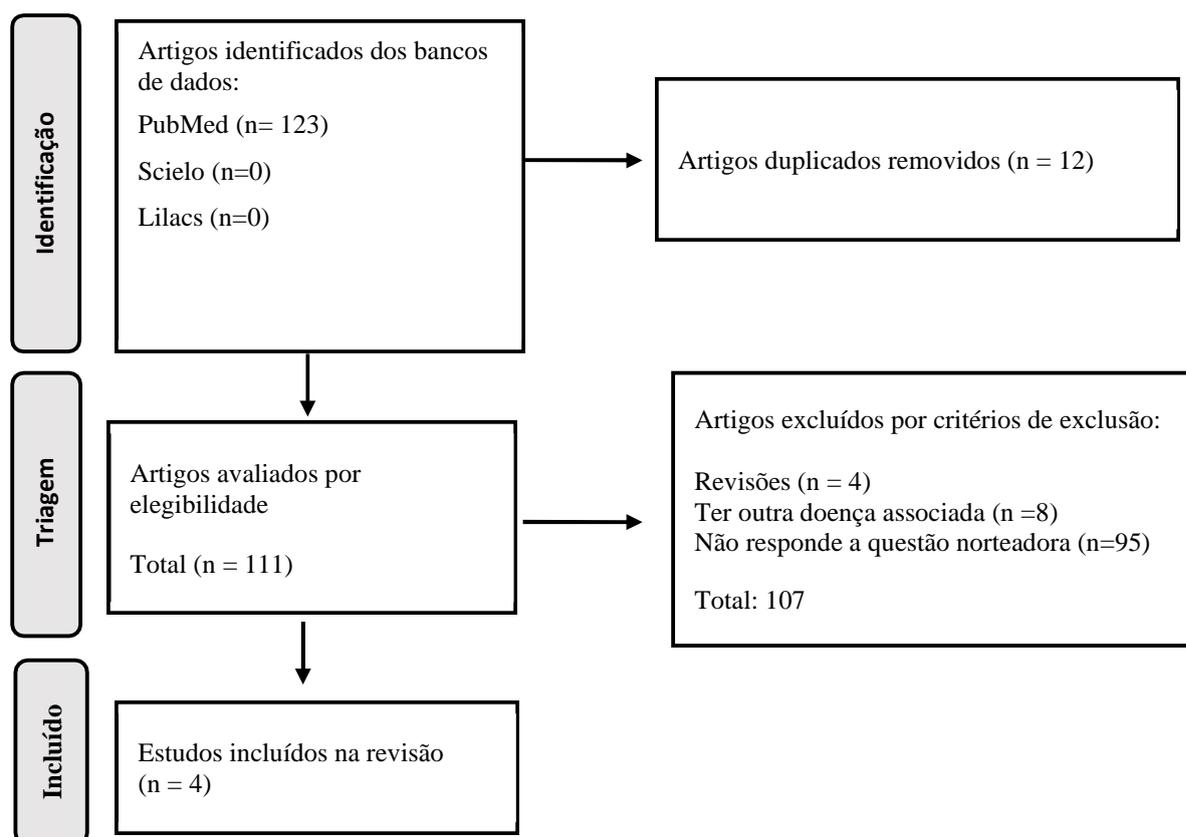


FIGURA 1. Fluxograma com as etapas de seleção dos artigos para este estudo.

O título dos 5 artigos selecionados por base de dados foi apresentado no Quadro 1. No quadro 2 é possível observar a descrição de cada um destes artigos.

QUADRO 1. Artigos selecionados para esta revisão integrativa

ID	Autor	Ano	Título	Banco de dados
I ¹⁴	KEONYOUNG OH	2021	Improved cortical activity and reduced gait asymmetry during poststroke self-paced walking rehabilitation.	PubMed
II ¹⁵	HA; SUNG,	2020	Attentional concentration during physiotherapeutic intervention improves gait and trunk control in patients with stroke.	PubMed
III ¹⁶	MCCRIMMON; KING; WANG; CRAMER; NENADIC; DO,	2015	Brain-controlled functional electrical stimulation therapy for gait rehabilitation after stroke: a safety study.	PubMed
IV ¹⁷	MAGGIO; NARO; MANULI; MARESCA; BALLETTA; LATELLA; LUCA; CALABRÒ,	2021	Effects of Robotic Neurorehabilitation on Body Representation in Individuals with Stroke: A Preliminary Study Focusing on an EEG-Based Approach.	PubMed

QUADRO 2. Abordagem dos artigos selecionados.

ID	AMOSTRA	OBJETIVO	INTERVENÇÃO	RESULTADOS
I ¹⁴	N = 7	Reduzir o padrão de assimetria da marcha com base na marcha auto guiada.	Os participantes realizaram duas sessões de caminhada ativa e duas passivas em ordem aleatória na esteira auto guiada pela intenção de velocidade da marcha. Cada sessão de caminhada consistiu em um conjunto de tentativas de caminhada lenta e caminhada rápida, que foram repetidas nove vezes.	Foi observado que a potência espectral das bandas β e γ aumentaram durante a fase de suporte duplo e início do balanço no Córtex pré motor (PMC), Córtex pré frontal (PFC) e supra marginal (SG). A caminhada ativa despertou um aumento no ERD e ERS da banda inferior γ no PMC durante as tentativas de caminhada. Os ERS da banda β superior foram maiores no PFC e no SG. Estas mudanças na atividade cortical foram observadas em ambos os hemisférios. As assimetrias da marcha devido à hemiparesia também diminuíram durante as tentativas de esteira ativa.
II ¹⁵	N = 21 HAC = 10 LAC = 11	investigar as alterações na função motora em pacientes com alta concentração atencional durante a intervenção.	Os pacientes foram divididos em dois grupos, grupo de baixa concentração adicional (<50 índices de atenção) e grupo de alta concentração adicional (>50 índice de alta atenção). Desta forma, os pacientes realizaram procedimentos de fisioterapia (fortalecimento de tronco e treino de marcha) por 30 minutos cada sessão, sendo realizado duas vezes por dia, sendo 5 dias por semana, num total de 1 mês. Em cada sessão, foi verificado por meio da EEG os níveis de concentração atencional durante as intervenções.	O índice de concentração foi significativamente maior no grupo de alta concentração atencional do que no grupo de baixa concentração atencional. O controle de tronco também aumentou significativamente no grupo de alta concentração atencional, mas não no grupo de baixa concentração atencional.

III ¹⁶ N= 9	Explorar a segurança e a viabilidade de uma fisioterapia com BCI-FES direcionada a dorsiflexão do pé em sobreviventes de AVC crônico.	9 sujeitos utilizaram um sistema BCI-FES baseado em eletroencefalograma para dorsiflexão do pé em 12 sessões de uma hora ao longo de quatro semanas. Velocidade da marcha, amplitude de movimento ativa de dorsiflexão (AROM), distância de caminhada de seis minutos (DTC6) foram aferidos.	Dentre os 9 indivíduos, apenas 5 sujeitos exibiram melhora detectável na marcha pós-terapia, contendo aumento da velocidade da marcha e também exibiram um aumento sobre os ERS e ERD, contendo uma sensibilidade de 83,3%. Os indivíduos restantes não demonstraram alteração significativa no ERS ou ERD. Contudo, ainda foi possível avaliar que o estudo de reabilitação marcha através do método de terapia de FES controlada pelo cérebro via BCI-EEG é seguro.
IV ¹⁷ N= 75	Avaliar a utilidade de um treinamento de marcha auxiliado por robô (RAGT) equipado com <i>feedback</i> visuo-motor aumentado, esperado para atingir BR (RAGT + VR) na melhora da função sensório-motora dos membros inferiores e no desempenho da marcha.	Um grupo realizou treinamento de reabilitação com o Lokomat©Pro; outro grupo utilizou o Lokomat©Nanos. O protocolo de reabilitação consistiu em 40 sessões de treinamento de uma hora.	Apenas 45 dos 75 pacientes foram avaliados, e sob a perspectiva do EEG, foi possível verificar as mudanças na potência espectral, acompanhadas por um aumento na coerência dos eletrodos frontal para central nas bandas de frequências alfa, beta e gama durante todo o ciclo da marcha e uma maior coerência entre os eletrodos occipitais frontal e temporal-parietal nas bandas de frequências delta, theta e alfa. Assim como uma diminuição da potência beta dentro dos eletrodos centrais.

Cortex pré motor (PMC), Cortex pré frontal, (PFC), Supra marginal (SG), Gama (γ), Beta (β), High attentional concentration (HAC), Low attentional concentration (LAC), eletroencefalografia (EEG), Brain computer interface (BCI), Functional Electrical Stimulation (FES), Dorsiflexion active range of motion (AROM), Six-minute walk distance (DTC6), Body representation (BR), Robot-aided gait training (RAGT), Virtual reality (VR).

4. DISCUSSÃO

Em pacientes vítimas de AVC, a recuperação da habilidade para ficar em pé e andar é crítica, pois requer um complexo mecanismo do controle postural. Desta forma, várias estratégias de tratamento são sugeridas para a manutenção do controle postural e da reabilitação da marcha onde o foco está quase que restrito a recuperação das funções motoras, como o controle voluntário, propriocepção adequada, equilíbrio do corpo intacto, do tônus postural e do movimento, no qual as intervenções visam as alternâncias no controle da velocidade, cadência, simetria, tempo e comprimento dos passos¹⁸.

O processo de aprendizagem e reabilitação motora envolve alterações na atividade elétrica cortical. Pfurtscheller et al¹⁹. destacou que alterações na atividade oscilatória cortical podem ser um mecanismo importante para estudo do comprometimento motor e da neuroplasticidade após a intervenção terapêutica, assim, justificando o uso do EEG no processo de reabilitação da marcha em pacientes pós AVC.

A partir do estudo de Keonyoung et al¹⁴ foi possível observar que durante as tentativas de caminhadas lentas e rápidas, a potência espectral de oscilações da banda Beta (β) e gama (γ) no Córtex pré-motor (PMC), Córtex pré-frontal e supra marginal (SG) sofreram um aumento durante a fase de suporte e início da fase de balanço de marcha passiva. Contudo, no teste de caminhada ativa, os eventos relacionados à sincronização (ERS) e dessincronização (ERD) também tiveram sua potência espectral significativamente aumentada, pois as dessincronizações da banda gama (γ) no PMC tiveram um aumento durante as tentativas de caminhada ativa.

A banda gama comumente está relacionada a índices de concentração, contendo um nível de ativação mais alto em relação a outras oscilações (β , μ) que estão diretamente ao movimento, sendo relevante também na condensação de informações entre os córtex visuais, espaciais e sensoriais. Por fim, foi possível observar uma redução da assimetria da marcha durante as tentativas de marcha ativa paralela ao aumento da atividade de cortical de gama, uma vez que os aumentos no nível de ativação cortical implicaram para que os sujeitos prestassem uma atenção substancial à velocidade do alvo e tentaram ajustar a velocidade de suas pernas afetadas na fase de balanço para coincidir com a velocidade de caminhada na esteira, levando assim, conseqüentemente, uma maior ERD (supressão) dos ritmos beta e mu (μ) no córtex sensorio-motor.

Segundo Rossiter et al²⁰ em indivíduos pós-AVC, a ERD de beta durante o movimento tem sido usada para investigar a relação entre oscilações e deficiências motoras, sendo um marcador da neuroplasticidade induzida pela reabilitação.

Ha e Sung¹⁵ buscaram verificar em seu estudo o efeito do índice de concentração (IC) em pacientes pós AVC durante uma intervenção fisioterapêutica. A modulação do ritmo beta sensório motor (SMR - *sensorimotor rhythm*) foi utilizado como marcador do IC. Os participantes da pesquisa foram divididos em dois grupos: baixa concentração atencional (LAC) e alta concentração atencional, formulando o seguinte índice: $IC = (\text{onda SMR} + \text{Beta medial}) / \text{Theta}$. Durante a pesquisa foram avaliados o controle de tronco e o ciclo da marcha. Como resultado, foi possível observar a princípio que o IC foi maior no grupo HAC do que no LAC. O controle do tronco aumentou no grupo HAC ($p < 0,05$), mas não no LAC ($p > 0,05$) e no ciclo da marcha durante a intervenção houve variância de resultado entre as fases. O grupo HAC teve a distância do passo e o ciclo completo aumentado em relação ao LAC, entretanto, a fase de apoio e suporte duplo no ciclo diminuiu significativamente no membro afetado.

A ERD dos ritmos do córtex sensório motor (μ e beta) está sendo usada para investigar o papel funcional das oscilações corticais na função motora, tornando as oscilações beta e μ marcadores de potencial para a recuperação motora em indivíduos com AVC. Contudo, as informações sobre a onda theta na recuperação da função motora permanecem difusa na literatura. Seeber et al²¹ Sugeriram que as oscilações gama com frequências mais baixas pode estar ligadas ao processamento ou integração sensório-motora.

Mccrimmon et al¹⁶. buscaram verificar em seu estudo sobre a reabilitação da marcha através da terapia de estimulação elétrica funcional (FES), sendo observada por um sistema de interface cérebro-computador (BCI - *Brain computer interface*), onde o estímulo do FES é controlado pela atividade da EEG. O sistema BCI-EEG é utilizado para traduzir os sinais ruidosos que são advindos do córtex cerebral obtidos pelo EEG por meio da retirada de artefatos que são produzidos durante o movimento ou ainda pelo movimento dos eletrodos que estão sobre o escalpo durante a marcha. O sistema foi montado para que durante o exercício de dorsiflexão do pé parético, usando o EEG para mapeamento da neuromodulação, fosse possível fornecer estimulação elétrica ao nervo fibular profundo promovendo o movimento e oferecendo o feedback sensitivo e visual para o paciente. Dentre os nove participantes do teste, apenas 5 demonstraram alternâncias entre os ERS e o ERD, evidenciando uma maior ERD do ritmo μ . O restante dos indivíduos não apresentaram mudanças significativas com base na análise do EEG.

Hortal et al⁸. sugerem que o método mais robusto de monitorização do controle BCI-EEG para reabilitação de membro inferiores são certamente o uso dos ERS e ERD nas bandas de frequência beta e μ sob o córtex sensório-motor, embora este fenômeno esteja presente em outras bandas como gama e theta, é possível observar principalmente nas bandas de frequências

beta e mu, podendo caracterizar este comportamento cerebral como a intenção na realização de um movimento ou durante a realização do movimento.

Maggio et al¹⁷. investigaram em seu estudo a mesclagem de duas estratégias da neuro reabilitação para a recuperação da marcha, utilizando um exoesqueleto ou robô (RAGT) com óculos de realidade virtual (VR) e apresentaram os resultados destas abordagens por meio da variação da atividade de EEG. Foram selecionados setenta e cinco participantes para este estudo, os quais foram divididos em dois grupos. As intervenções foram realizadas durante quarenta sessões com duração de uma hora em cada sessão. Os testes foram realizados em duas etapas, uma apenas com o RAGT e outra com RAGT+VR. Os dados do EEG foram captados durante o uso do RAGT para visualizar as ocorrências de da modulação dos ritmos sensório-motores durante a execução motora e também quanto ao *feedback* visuo-motor. Os resultados mostraram que o uso do RAGT+VR condicionaram um aumento da potência de theta, podendo ser observada a partir dos eletrodos posicionados na região parieto-occipital e temporal, assim como da potência gama para a mesma região apenas com o diferencial de maior visualização ao redor do hemisfério afetado. Em relação aos eletrodos mais centrais, foi possível observar uma diminuição das potências beta e alfa.

Em resumo, durante todo o ciclo da marcha com RAGT+VR foi possível visualizar uma coerência maior entre as bandas dentro das regiões centrais, sendo elas: beta, alfa e gama, e entre as regiões occipital e temporal-parietal para as bandas, delta, theta e alfa. As conectividades observadas pelo o EEG foram mais consistentes na região frontoparietal com o uso do RAGT+VR do que apenas com o uso do RAGT. Também foi possível visualizar que a recuperação da marcha foi maior com o uso dos dois equipamentos do que apenas com o RAGT. Também foi possível observar que algumas alterações nas bandas theta e gama estavam intimamente ligadas ao *feedback* visuo-motor, como é o caso da terapia do espelho na recuperação da mobilidade de MMSS em pacientes pós AVC.

A partir dos resultados obtidos nesta RIL, foi possível observar que o EEG pode tornar-se um elemento crucial para auxiliar a recuperação da marcha de pacientes. A partir dos artigos descritos acima, foi observado que apesar das diversas abordagens utilizadas, as ondas corticais em função da recuperação motora foram evidenciadas em quase todos os artigos^{14,16,17}, sendo elas: ondas alfa, beta e mu em seus respectivos eventos relacionados a dessincronização, contudo, também foi possível observar as funções da onda gama^{14,22}, pois o aumento de sua potência pode mediar o processo da neuroplasticidade devido as suas alterações relacionadas a condensação das informações advindas do córtex occipital, espacial e sensorial, garantindo assim, uma maior concentração durante o processo reabilitação.

Outro achado importante a ser citado é o surgimento das ondas theta e delta em meio as intervenções do artigo II¹⁵ e IV¹⁷, no qual a onda theta foi utilizada na criação do índice de concentração atencional do artigo II¹⁵ assim como, também apareceu no artigo de Maggio et al¹⁷ durante as conexões do córtex occipital juntamente com as ondas delta e theta em decorrência do uso do VR.

Ressalta-se que algumas limitações merecem ser citadas, como a falta de explicação para normalização do índice de concentração atencional por theta no estudo II¹⁵. Uma outra limitação diz respeito ao fato de vários estudos não explicarem separadamente o significado fisiológico de ERS e ERD, não especificarem as bandas associadas a esses ERS e ERD e não identificarem as regiões específicas do córtex cerebral aos quais esses eventos (ERS e ERD) estão associados. No entanto, os resultados encontrados nos estudos desta RIL permitiram salientar a importância da eletroencefalografia para o monitoramento do processo de neuroplasticidade e recuperação motora durante aos diferentes tipos de reabilitação da marcha de pacientes pós AVC.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que em todas as abordagens utilizadas nos estudos foi possível sumarizar o comportamento das ondas corticais durante o processo de reabilitação da marcha, como é o caso das bandas alfa, beta e mu sobre o córtex sensorio motor. Foi possível verificar também a integração de outras bandas em função de outras áreas do córtex como as oscilações da banda gama e delta durante as intervenções terapêuticas.

Existem diversas abordagens sobre o mapeamento da atividade do córtex cerebral em razão da função motora, entretanto o EEG por ser uma tecnologia de fácil acesso, se torna mais viável para utilização. Portanto, através deste estudo, os resultados obtidos nos enfatizaram a importância da utilização da eletroencefalografia como uma ferramenta de análise do nível da atividade elétrica cortical dos pacientes pós AVC, sugerindo assim biomarcadores que podem ser monitorados durante os estados de repouso e durante a realização de tarefas. Esses biomarcadores podem ser utilizados para adequar a intervenção e, possivelmente, para prever a eficácia terapêutica das intervenções realizadas.

REFERÊNCIAS

1. Oliveira-Filho J, Martins SCO, Pontes-Neto OM, et al. Guidelines for acute ischemic stroke treatment - part I. *Arq Neuropsiquiatr* 2012;70(8).
2. Arboix A. Cardiovascular risk factors for acute stroke: Risk profiles in the different subtypes of ischemic stroke. *World J Clin Cases* 2015;3(5).
3. Ferla FL, Grav M, Perico E. Fisioterapia no tratamento do controle de tronco e equilíbrio de pacientes pós AVC. *Rev Neurociências* 2015;23(2).
4. Piassaroli CA de P, Almeida GC de, Luvizotto JC, Suzan ABBM. Modelos de Reabilitação Fisioterápica em Pacientes Adultos com Sequelas de AVC Isquêmico. *Rev Neurociências* 2012;20(1).
5. Barcala L, Colella F, Araujo MC, Salgado ASI, Oliveira CS. Análise do equilíbrio em pacientes hemiparéticos após o treino com o programa Wii Fit. *Fisioter em Mov* 2011;24(2).
6. Fauvet M, Gasq D, Chalard A, Tisseyre J, Amarantini D. Temporal Dynamics of Corticomuscular Coherence Reflects Alteration of the Central Mechanisms of Neural Motor Control in Post-Stroke Patients. *Front Hum Neurosci* 2021;15.
7. Buzsáki G, Anastassiou CA, Koch C. The origin of extracellular fields and currents-EEG, ECoG, LFP and spikes. *Nat. Rev. Neurosci.* 2012;13(6).
8. Hortal E, Úbeda A, Iáñez E, Azorín JM, Fernández E. EEG-Based Detection of Starting and Stopping during Gait Cycle. In: *International Journal of Neural Systems*. 2016.
9. Koch PJ, Hummel FC. Toward precision medicine: Tailoring interventional strategies based on noninvasive brain stimulation for motor recovery after stroke. *Curr. Opin. Neurol.* 2017;30(4).
10. Silva LCP da, Paz CCSC, Miranda de Sá AMFL, Tierra-Criollo CJ. EEG coherence analysis in subjects after rehabilitation from stroke with motor imagery. In: *IFMBE Proceedings*. 2018;
11. Severens M, Nienhuis B, Desain P, Duysens J. Feasibility of measuring event Related Desynchronization with electroencephalography during walking. In: *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*. 2012.

12. 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).
13. Souza MT de, Silva MD da, Carvalho R de. Revisão integrativa: o que é e como fazer. *Einstein* 2010;8(1).
14. Oh K, Park J, Jo SH, et al. Improved cortical activity and reduced gait asymmetry during poststroke self-paced walking rehabilitation. *J Neuroeng Rehabil* 2021;18(1).
15. Ha SY, Sung YH. Attentional concentration during physiotherapeutic intervention improves gait and trunk control in patients with stroke. *Neurosci Lett* 2020;736.
16. McCrimmon CM, King CE, Wang PT, Cramer SC, Nenadic Z, Do AH. Brain-controlled functional electrical stimulation therapy for gait rehabilitation after stroke: A safety study. *J Neuroeng Rehabil* 2015;12(1).
17. Maggio MG, Naro A, Manuli A, et al. Effects of Robotic Neurorehabilitation on Body Representation in Individuals with Stroke: A Preliminary Study Focusing on an EEG-Based Approach. *Brain Topogr* 2021;34(3).
18. Lacerda NN de, Gomes ÉB, Pinheiro HA. Efeitos da facilitação neuromuscular proprioceptiva na estabilidade postural e risco de quedas em pacientes com sequela de acidente vascular encefálico: estudo piloto. *Fisioter e Pesqui* 2013;20(1).
19. Pfurtscheller G, Brunner C, Schlögl A, Lopes da Silva FH. Mu rhythm (de)synchronization and EEG single-trial classification of different motor imagery tasks. *Neuroimage* 2006;31(1).
20. Rossiter HE, Borrelli MR, Borchert RJ, Bradbury D, Ward NS. Cortical mechanisms of mirror therapy after stroke. *Neurorehabil Neural Repair* 2015;29(5).
21. Seeber M, Scherer R, Wagner J, Solis-Escalante T, Müller-Putz GR. EEG beta suppression and low gamma modulation are different elements of human upright walking. *Front Hum Neurosci* 2014;8(JULY).
22. Broetz D, Braun C, Weber C, Soekadar SR, Caria A, Birbaumer N. Combination of brain-computer interface training and goal-directed physical therapy in chronic stroke: A case report. *Neurorehabil Neural Repair* 2010;24(7).