

UNIVERSIDADE DE SANTO AMARO

Curso de Fisioterapia

Graziele de Almeida Silva

**Neuroplasticidade e recuperação funcional na reabilitação de
pacientes pós acidente vascular encefálico: Uma revisão
sistemática sem metanálise**

São Paulo

2022

Graziele de Almeida Silva

**Neuroplasticidade e recuperação funcional na reabilitação de
pacientes pós acidente vascular encefálico: Uma revisão
sistemática sem metanálise**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Fisioterapia da
Universidade de Santo Amaro - UNISA, como
requisito parcial para obtenção do título
Bacharel em Fisioterapia

Orientador: Prof.^a Dra. Camila Sotello
Raymundo

São Paulo

2022

S578n Silva, Grazielle de Almeida.

Neuroplasticidade e recuperação funcional na reabilitação de pacientes pós-acidente vascular encefálico: uma revisão sistemática sem metanálise / Grazielle de Almeida Silva. — São Paulo, 2022.

40 p.: il., color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Fisioterapia)
— Universidade Santo Amaro, 2022.

Orientadora: Prof.^a Me. Dr.^a Camila Sotello Raymundo.

1. Acidente Vascular Cerebral. 2. Plasticidade neuronal. 3. Reabilitação. I. Raymundo, Camila Sotello, orient. II. Universidade Santo Amaro. III. Título.

Graziele de Almeida Silva

NEUROPLASTICIDADE E RECUPERAÇÃO FUNCIONAL NA
REABILITAÇÃO DE PACIENTES PÓS ACIDENTE VASCULAR
ENCEFÁLICO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA SEM METÁANÁLISE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Fisioterapia da Universidade Santo Amaro – UNISA, como requisito parcial para obtenção do título bacharel em Fisioterapia. Orientadora Prof.^a Dra Camila Sotello Raymundo.

São Paulo 09 de Novembro de 2022

Camila S. Raymundo

Prof.^a Dra Camila Sotello Raymundo

(Orientadora)

Conceito Final: Dez (10,0)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me proporcionado chegar até aqui e por me sustentar em cada momento.

Agradeço a minha mãe que sempre me incentivou a ser melhor cada dia mais e sempre acreditou em mim e no meu potencial.

Agradeço as minhas amigas com quem convivi intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo, apoio nos momentos difíceis e incentivo durante a graduação.

E agradeço especialmente a minha orientadora Camila, que aceitou me orientar, me incentivou desde o começo acreditando no meu potencial e conduziu o trabalho com paciência, dedicação e amor.

RESUMO

Introdução: Considerada uma das mais importantes causas de internações, mortes e invalidez no mundo, o acidente vascular encefálico causa comprometimentos e sequelas que variam de acordo com o local da lesão e extensão de acometimento. Dentre as sequelas mais comuns, encontra-se o comprometimento da habilidade motora, que pode englobar déficits nos membros superiores e membros inferiores, afetando de modo geral o condicionamento físico do indivíduo, sua qualidade de vida, bem como suas atividades de vida diária. Antigamente acreditava-se que após uma lesão como o acidente vascular encefálico o sistema nervoso central seria permanentemente afetado e suas estruturas e funções seriam perdidas, mas atualmente esse cenário mudou e notou-se que o cérebro possui uma grande adaptabilidade graças a neuroplasticidade que é caracterizada por mudanças estruturais e funcionais no cérebro que permitem a adaptação à aprendizagem.

Objetivos: Conhecer as intervenções que contribuem para o desenvolvimento da neuroplasticidade em pacientes pós acidente vascular encefálico, analisar quais terapias foram utilizadas para induzir o processo da neuroplasticidade em pacientes pós acidente vascular encefálico, verificar se houve melhora da função motora e atividades de vida diária dos pacientes.

Metodologia: Trata-se de uma revisão sistemática sem metanálise, na qual foram analisados ensaios clínicos randomizados das bases de dados PubMed, sciELO e PEDro, no período de busca de 2015 a 2022, sendo selecionados apenas artigos avaliados através da escala PEDro classificados com notas acima de 6, resultando em 18 artigos ao todo.

Resultados e discussão: A Estimulação magnética transcraniana sozinha ou associada a outras terapias, se mostrou eficaz na melhora da função motora, redução da espasticidade e mais independência nas atividades de vida diária; A Terapia do espelho diminuiu o comprometimento do membro parético, melhorando a função motora através da neuroplasticidade e melhora nas atividades de vida diária; A Terapia de restrição e indução de movimento reduziu a espasticidade, melhorando a amplitude de movimento do membro acometido e a qualidade de vida; A Estimulação elétrica funcional promoveu melhora na função motora e desempenho nas atividades de vida diária; O treinamento com exoesqueleto apresentou efeitos positivos na função motora do membro superior e membro inferior e melhora na velocidade da marcha; A realidade virtual mostrou melhora na função motora e independência nas atividades de vida diária e por fim o treinamento com feedback visual demonstrou melhora na recuperação da marcha.

Conclusão: Através dos efeitos neuroplásticos adquiridos durante as reabilitações, todas as terapias mostraram-se eficazes para a recuperação de sequelas após o acidente vascular encefálico.

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

ABSTRACT

Introduction: Considered one of the most important international causes, deaths and invalid causes in the world, stroke and sequelae as an introduction according to the site of injury and extent of the stroke. Among the most common sequelae is the impairment of motor skills, which can include deficits in the upper and lower limbs, generally affecting the individual's physical conditioning, their quality of daily life, as well as their activities of daily living. there is a systemically a lesion such as a central nervous dysfunction or greatly altered that its scenario and its function has changed, currently, this scenario has changed and does not currently adapt, a neuroplastic scenario that is probably lost by structural and functional changes in the brain that allow adaptation to learning. **Objectives:** Knowing as an intervention that contributes to post-stroke development, they were used to analyze the process of neuroplasticity in post-stroke patients, to verify if there was an improvement in motor function and activities of daily living of patients. **Methodology:** This is a systematic review² without meta-analysis, in which randomized clinical trials from the PubMed, sciELO and PEDro databases were analyzed, in the search period from 2015 to 2022, with only articles evaluated using the PEDro scale being selected. grades above 6, searching in 18 articles in all. **Results and discussion:** Transcendental Magnetic Stimulation, on its own or associated with other therapies, proved to be effective in improving motor function, reducing spasticity and more independence in activities of daily living; Daily mirror therapy influences paretic limb activities, improving neuroplasticity motor function and improving life activities; The quality of limb restriction and range of life movement therapy, improvement of quality of movement and range of life; Functional electrical stimulation improves motor function and performance in activities of daily living; Exoskeletal training showed positive effects on upper limb and lower limb motor function and improves gait speed; The virtual improved motor function and independence in daily activities and improved retrieval from reality with visual feedback. **Conclusion:** Through the neuroplastic effects acquired during rehabilitation, all therapies proved to be effective for the recovery of sequelae after stroke.

Keywords: Stroke. Neuroplasticity. Rehabilitation

Lista de abreviaturas

ACT	Terapia convencional avançada
ADM	Amplitude de movimento
ALT	Terapia do membro afetado
AMT	Terapia do espelho associada
APB	Abdutor curto do polegar
AVD's	Atividades de vida diária
AVE	Acidente vascular encefálico
AVEH	Acidente vascular encefálico hemorrágico
AVEI	Acidente vascular encefálico isquêmico
BWS	Esteira com suporte de peso corporal
BWST	Treinamento em esteira com suporte de peso corporal
ECR	Ensaio clínico randomizado
EMT'r	Estimulação magnética transcraniana repetitiva
E-RAGT	Treinamento de marcha assistido por robô
GC	Grupo controle
GE	Grupo experimental
HAS	Hipertensão arterial sistêmica
iTBS	Estimulação intermitente theta burst
LMA	Limiar motor ativo
LMT	Terapia de espelhamento de membros
MI	Membro inferior
MIF	Escala de independência funcional
MMII	Membros inferiores
MMSS	Membros superiores

MS	Membro superior
MVF	Feedback visual do espelho
OMS	Organização Mundial da Saúde
QV	Qualidade de vida
RC	Reabilitação convencional
RFVE	Feedback reforçado em ambiente virtual
RV	Realidade virtual
TBMT	Terapia do espelho baseada em tarefas
tDCS	Estimulação transcraniana por corrente contínua
TO	Terapia ocupacional
TRIM	Terapia de restrição e indução de movimento

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo geral	14
2.2 Objetivo específico	14
3. METODOLOGIA	15
4. FLUXOGRAMA PRISMA	16
5. RESULTADOS	17
6. DISCUSSÃO	24
6.1 Estimulação Magnética Transcraniana	24
6.2 Terapia do Espelho	27
6.3 Terapia do Movimento Induzido por Restrição	30
6.4 Estimulação Elétrica Funcional	31
6.5 Treinamento Assistido por Robô (exoesqueletos)	33
6.6 Realidade Virtual	35
6.7 Feedback Visual	38
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
8. CONCLUSÃO	40
9. REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

Considerada uma das mais importantes causas de internações, mortes e invalidez no mundo e a doença neurológica que mais frequentemente acomete o sistema nervoso central, o acidente vascular encefálico (AVE) é definido pela Organização Mundial de Saúde (OMS) como uma síndrome caracterizada pelo início súbito de um déficit neurológico que persiste por 24 horas ou mais, e é resultado de um distúrbio na circulação cerebral que acarreta dano neurológico podendo ser focal ou global.^{1,2,3}

A doença pode ser classificada em dois grandes grupos: acidente vascular encefálico isquêmico (AVEI) e acidente vascular encefálico hemorrágico (AVEH), sendo o AVE Isquêmico o mais frequente, atingindo cerca de 90% dos casos. ¹

O AVE isquêmico caracteriza-se pela oclusão parcial ou total de um vaso sanguíneo cerebral, ocasionado por uma placa aterosclerótica ou por coágulo vindo do corpo pela circulação, e com isso, ocorre o bloqueio do fornecimento de sangue, oxigênio e nutrientes para determinada parte do encéfalo, assim, podendo representar sintomas como: distúrbios de linguagem ou distúrbios visuais, hemiparesia, perda do equilíbrio ou coordenação e até mesmo a perda do controle dos esfíncteres anal e vesical, sendo a hemiparesia e distúrbios faciais os achados clínicos físicos mais comuns na maioria dos pacientes acometidos.^{1,4}

Já o AVE hemorrágico é decorrente da ruptura de um vaso sanguíneo que causa um sangramento no encéfalo, afetando frequentemente os gânglios da base, cerebelo, ponte ou tálamo, e em geral, ocorre por ruptura de artérias cerebrais ou aneurismas, localizados nas artérias do polígono de Willis e a hemorragia intraparenquimatosa, onde o mecanismo causal básico é a degeneração hialina de artérias intraparenquimatosas cerebrais, tendo como principal doença associada a hipertensão arterial sistêmica (HAS).^{1,5}

É uma doença que ocorre predominantemente em adultos de meia idade e idosos devido aos seus maus hábitos de vida, e embora existam muitos fatores de risco para o acidente vascular encefálico, como a idade, o histórico familiar, diabetes mellitus, dislipidemias, tabagismo, obesidade e sedentarismo, sendo o sedentarismo um estilo de vida cada vez mais adotado pela população e que compromete ainda

mais a função cardiovascular, o AVE tem como principal fator de risco, a hipertensão, que inclusive é um fator de risco modificável, assim como o tabagismo e a inatividade física.^{4,6}

Atualmente a doença acomete aproximadamente 16,9 milhões de pessoas em todo no mundo e no cenário brasileiro o AVE ainda é a primeira causa de morte do país e responsável por milhares de internações.²

Os comprometimentos e sequelas pós AVE variam de acordo com o local da lesão e bem como sua extensão de acometimento. Dentre as sequelas mais comuns, encontra-se o comprometimento da habilidade motora, que pode englobar déficits nos membros superiores, membros inferiores e tronco, afetando de modo geral o condicionamento físico do indivíduo, qualidade de vida e suas atividades de vida diária (AVD's).²

Por muito tempo, acreditou-se que o sistema nervoso central, após seu desenvolvimento completo, tornava-se uma estrutura rígida, sem capacidade de ser modificada, e que lesões nele seriam permanentes, pois suas células não poderiam ser reconstituídas ou reorganizadas e que uma vez que um incidente como um AVE aconteça, suas estruturas e funções seriam perdidas. Hoje esse cenário mudou e sabe-se que o SNC tem grande adaptabilidade.⁷

Com isso, as intervenções para reabilitação funcional de pacientes pós o acidente vascular encefálico, visam minimizar sequelas, promover a independência dos indivíduos e principalmente recuperar o dano funcional, com base em três princípios básicos: adaptação, regeneração e neuroplasticidade.⁶

A neuroplasticidade ou plasticidade neural pode ser definida como mudanças estruturais e funcionais no cérebro que permitem a adaptação à aprendizagem, memória, ambiente e reabilitação após um dano cerebral ou reconexão das redes neurais interrompidas pelo AVE, seja ele isquêmico ou hemorrágico. É um processo dinâmico que envolve alterações no número de núcleos e estruturas cerebrais, várias funções e inúmeras interações.^{6,8}

No entanto, a capacidade de recuperação do indivíduo é proporcional à neuroplasticidade do sistema nervoso central e de acordo com a predisposição e estímulos favoráveis dos indivíduos. Tais estímulos podem realizar a reconexão

dessas redes neurais interrompidas e reconectá-las a áreas adjacentes, possibilitando ao paciente acometido por AVE, realizar atividades e funções semelhantes total ou parcial das funções comprometidas anteriormente.⁶

Embora existam mudanças de remodelação espontâneas que ocorrem automaticamente após o AVE, essas mudanças sozinhas não são suficientes para reproduzir e promover recuperação funcional. Então a terapia de maior sucesso, que consiste em aumentar ainda mais a recuperação funcional, é o treinamento de reabilitação, que engloba aumentar ou manter o funcionamento físico, intelectual, psicológico e social desses pacientes.^{6,8}

No cérebro normal e lesado, a reabilitação pode estimular processos dinâmicos no sistema nervoso para permitir a adaptação a diferentes experiências através da plasticidade neural. Por isso, o conceito de reabilitação no AVE atualmente é baseado nas evidências da neuroplasticidade, considerada responsável pela recuperação dos movimentos e novas aprendizagens.^{8,9}

Portanto, os métodos terapêuticos que induzem alterações neuroplásticas, acarretam uma melhor recuperação motora e funcional dos pacientes acometidos por AVE.⁹

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Conhecer as intervenções que contribuem para o desenvolvimento da neuroplasticidade em pacientes pós acidente vascular encefálico

2.2 Objetivo Específico

Conhecer as intervenções que contribuem para o desenvolvimento da neuroplasticidade em pacientes pós acidente vascular encefálico

3. METODOLOGIA

Este estudo trata de uma revisão sistemática sem metanálise, cujos artigos foram pesquisados nas bases de dados Pubmed (mantido pela National Library of Medicine), sciELO (Scientific Electronic Library Online) e PEDro (Physiotherapy Evidence Database). Os estudos selecionados tiveram as publicações entre os anos de 2015 a 2022. A estratégia de busca foi definida com base em palavras-chave de acordo com os descritores pesquisados na plataforma DeCs (Descritores em Ciências da Saúde): Acidente Vascular Encefálico, Neuroplasticidade e Reabilitação. Em inglês Stroke, Neuroplasticity e Rehabilitation e o operador booleano “AND” foi utilizado para combinar as palavras chaves citadas acima. Além disso, foi selecionado o filtro “Randomized Control Trial” ao realizar a pesquisa na PubMed.

Foi seguido o protocolo PRISMA para o fluxograma¹⁰ e estratégia PICO para formulação da pergunta norteadora da pesquisa.

Critérios de inclusão

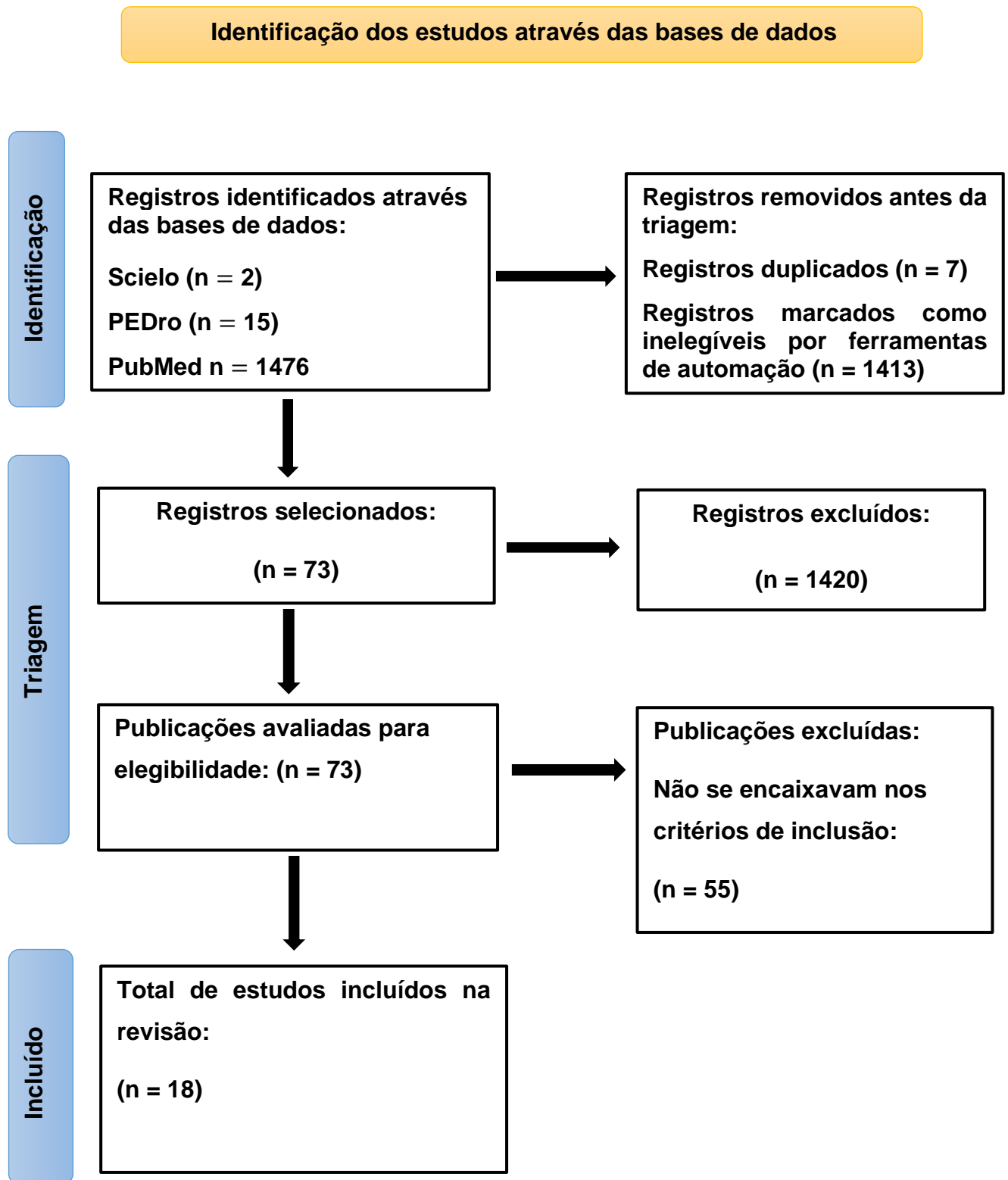
Artigos completos, classificados como ensaio clínico randomizado; Artigos abordando pacientes acometidos por acidente vascular encefálico isquêmico ou hemorrágico e que participaram da reabilitação; Artigos que abordaram a neuroplasticidade; Artigos se tratando diretamente da temática abordada por este estudo e artigos cuja qualidade foram avaliados através da escala PEDro e classificados com notas acima de 6.

Critérios de exclusão

Foram desconsiderados artigos que não abordaram a descrição completa da terapia utilizada; Artigos que não atendiam aos requisitos da estratégia de pesquisa. Artigos duplicados; Artigos não indexados; Tese; Dissertações; Literatura em andamento ou Literatura cinzenta.

Os artigos identificados por meio da estratégia de busca foram selecionados de acordo com seus títulos e, em seguida, de acordo com seu resumo; e por último de acordo com a leitura do texto completo, conforme definido pelos critérios de elegibilidade.

4. Fluxograma de pesquisa nas bases de dados



5. RESULTADOS

Quadro1 - Informações dos artigos selecionados

Autor/Ano	Amostra	Técnica Empregada	Objetivo	Metodologia	Resultado
Alexander V. Chervyakov et al. (2018) ¹¹	42	Estimulação Magnética Transcraniana Repetitiva (EMT'r) Navegada	Comparar os efeitos da EMT'r navegada, testada em diferentes modos, em deficiências motoras e limitações funcionais após AVE associada a reabilitação convencional	ECR: O estudo foi dividido em 4 grupos, onde o grupo controle não recebeu estimulação, o grupo 2 recebeu estimulação de baixa frequência, o grupo 3 estimulação de alta frequência e o 4 combinação de estimulações de alta e baixa frequência	Os grupos 2,3 e 4 tiveram resultados positivos quanto a melhora na função da mão e do MS, porém o grupo 2 e 3 teve uma diminuição significativa da espasticidade e aumento da independência em suas AVD's
Jinhoug Kim et al. (2018) ¹²	24	EMT'r associada a terapia do espelho orientada a tarefas	Comparar o efeito da EMT'r de alta frequência combinada com a Terapia do espelho orientada por tarefas (TOMT) na reabilitação da mão em pacientes com AVE agudo.	ECR. Pacientes alocados em dois grupos, onde o grupo experimental (n=12) recebeu EMT'r de alta frequência + TOMT e o grupo controle (n=12) recebeu apenas a EMT'r de alta frequência	A EMT'r de alta frequência combinada com TOMT teve um efeito positivo na função da mão e pode ser usada para a reabilitação de movimentos precisos da mão em pacientes com AVE agudo
Maryam Rastgoo et al. (2016) ¹³	20	Estimulação magnética transcraniana repetitiva	Investigar o efeito da EMT'r na espasticidade da extremidade inferior e na função motora	ECR: Pacientes alocados em dois grupos. Grupo experimental (n=10) recebeu EMT'r ativa e o grupo controle (n=10) recebeu EMT'r simulada	A EMT'r aplicada no grupo experimental reduziu a espasticidade e melhorou a função motora do MI

Yu-Jen Chen ¹ et al. (2019) ¹⁴	23	EMT'r no modo estimulação intermitente theta burst (iTBS)	Analisar os efeitos da iTBS na espasticidade, função motora do MS e AVD's em pacientes pós AVE.	ECR. Pacientes alocados em 2 grupos. Grupo experimental (n=12) que recebeu iTBS associado a neuroreabilitação convencional e grupo controle (n=12) que recebeu estimulação simulada e neuroreabilitação convencional	O grupo experimental apresentou melhora na função motora do MS (particularmente da função motora fina) e na redução da espasticidade.
Shih-Ching Chen et al. (2021) ¹⁵	24	Estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS) associada a estimulação intermitente theta burst (iTBS)	Investigar os efeitos neuroplásticos da estimulação cerebral de tDCS-iTBS na função motora dos MMSS em pacientes com AVE crônico	ECR. Pacientes alocados em 2 grupos. Grupo experimental (n=12) recebeu reabilitação convencional combinada com tDCS+iTBS. E o grupo controle (n=12) recebeu reabilitação convencional e tDCS+iTBS simulada	Ambos os grupos apresentaram melhora na função do MS, mas o grupo experimental apresentou maior impacto na recuperação funcional dos MMSS quando comparado ao grupo controle
Jin-Yang Zhuang et al. (2021) ¹⁶	36	Terapia do espelho associada (AMT)	Explorar a viabilidade e eficácia da AMT na recuperação da extremidade superior parética e função diária em pacientes com AVE	ECR. Pacientes alocados em dois grupos. (GE) Grupo experimental recebendo AMT(n=18) e (GC) Grupo controle (n=18) recebendo Treinamento bimanual sem espelhamento	Ambos os grupos melhoraram o comprometimento do membro parético e da função diária. O grupo GE teve melhora na destreza manual e escore aumentado na escala de independência funcional-MIF

Kamal Narayan Arya. (2015) ¹⁷	33	Terapia do espelho	Estabelecer o efeito da terapia do espelho baseada em tarefas (TBMT) na recuperação do MS no AVE	ECR. Pacientes alocados em 2 grupos. Grupo experimental (n=17) onde foi submetido a TBMT e grupo controle (n=16) foi submetido a reabilitação motora padrão	A TBMT leva a uma maior plasticidade neural e como resultado melhora a recuperação motora de punho e mão na hemiparesia pós AVE
Madhoun Y. Hamza et al. (2020) ¹⁸	30	Terapia do Espelho	Investigar a eficácia da terapia do espelho baseada em tarefas (TBMT) em pacientes com AVE subagudo com comprometimento moderado e grave do MS, analisando a melhora da função motora do MS e das AVD's	ECR. Pacientes alocados em 2 grupos. Grupo experimental (n=15) recebeu TBMT e terapia convencional. O grupo controle (n=15) realizou apenas terapia ocupacional sem uso de espelho e terapia convencional.	A reabilitação convencional associada a TBMT é uma forma eficaz de promover a recuperação funcional motora de MS e melhorar as AVD'S em pacientes com AVE.
Larissa Salgado Oliveira Rocha et al. (2021) ¹⁹	30	Terapia de movimento induzido por restrição (TRIM)	Comparar o efeito da terapia de movimento induzido por restrição com a terapia convencional	ECR: Pacientes alocados em dois grupos. Terapia convencional GC (n =15) e Grupo experimental (n= 15) que foi submetido a terapia de movimento induzido por restrição	Ambos os grupos tiveram resultados positivos, visto que o Grupo experimental apresentou resultados melhores do que o GC quanto a espasticidade, melhora da ADM do membro afetado em extensão de cotovelo e punho e melhora da QV.

Xiu Yuan Zheng et al. (2018) ²⁰	48	Estimulação elétrica funcional (FES)	Investigar a eficácia da estimulação elétrica funcional (FES) padronizada para marcha na recuperação motora em sobreviventes de AVE	ECR. Pacientes alocados em três grupos. Grupo FES de quatro canais (n=18) ou um grupo FES de canal duplo (n=15), onde receberam o FES e mantiveram a fisioterapia. E um grupo placebo (n=15) onde foi mantido apenas a fisioterapia	A FES de quatro canais e de dois canais promove a Plasticidade cerebral, melhorando a função motora, o equilíbrio, a capacidade de caminhar e o desempenho nas atividades da vida diária.
Emília Ambrosini et al. (2021) ²¹	72	Estimulação elétrica funcional (FES) associada ao treinamento assistido por robô	Avaliar se o treinamento com exoesqueleto passivo integrado com FES é superior à terapia convencional avançada (ACT) na recuperação das funções do MS, destreza, força, AVD'S e QV após o AVE	ECR. Pacientes alocados em 2 grupos. Grupo experimental (n=36) realizou exercícios orientados por tarefa assistidos por um sistema robótico associado a ACT, enquanto o grupo controle (n=36) realizou apenas ACT.	Ambos os grupos apresentaram melhoras significativas na função do MS, destreza, força e AVD, mas os pacientes do grupo experimental obtiveram uma melhora significativamente melhor das funções do MS e destreza
Rocco Salvatore Calabro et al. (2018) ²²	40	Treinamento assistido por robô (Exoesqueletos motorizados)	Comparar a melhora de marcha entre o uso de exoesqueleto vestível (ekso) com treinamento convencional de marcha no solo e promover a recuperação de mecanismos específicos de plasticidade cerebral	ECR: Pacientes alocados em 2 grupos. Grupo experimental submetido a ekso (n=20) e Grupo controle (n=20) submetido ao treinamento convencional	Devido a mecanismos de plasticidade cerebral e remodelação da conectividade, o treinamento com a ekso induziu uma melhora maior na velocidade da marcha, equilíbrio, coordenação e desempenho quando comparado com o treinamento de marcha convencional.

Rocco Salvatore Calabrò. (2019) ²³	50	Treinamento assistido por robô (exoesqueleto)	Avaliar os mecanismos de conectividade e plasticidade através da terapia robótica da mão e comparar os efeitos clínicos e neurofisiológicos da terapia intensiva da mão assistida por robô com a Reabilitação convencional da mão após AVE.	ECR. Pacientes alocados em 2 grupos. O grupo experimental (n=25) foi submetido ao treinamento de mão assistida por robô (Amadeo), enquanto o grupo controle (n=25) foi submetido a fisioterapia convencional intensiva guiado por terapeuta ocupacional	Ambos os grupos tiveram melhoras clínicas significativas e melhora na pontuação da MIF, porém o grupo experimental apresentou mais efeitos positivos na função da extremidade superior
Hayeon Kim et al. (2020) ²⁴	30	Treinamento de marcha assistida por robô (exoesqueleto)	Comparar os efeitos do treinamento de marcha assistida por robô com treinamento em esteira e suporte de peso corporal na ativação cortical, função motora dos MMII e velocidade da marcha.	ECR. Pacientes alocados em 2 grupos. Grupo E-RAGT (n=15) recebeu treinamento de marcha assistida por robô e grupo BWST (n=15) recebeu treinamento de marcha em esteira	Ambos os grupos apresentaram melhoras significativas na função motora dos MMII e velocidade da marcha. Porém, os achados sugerem que o grupo E-RAGT melhora efetivamente os resultados neuroplásticos mostrando uma melhora significativamente maior em relação a função motora.
Pawel Kiper et al. (2018) ²⁵	136	Realidade virtual	Avaliar a eficácia do tratamento de feedback reforçado em ambiente virtual (RFVE) combinado com reabilitação convencional (RC) em comparação com RC sozinho	ECR. Pacientes alocados em dois grupos. Grupo experimental (n=68) recebeu tratamento baseado em RFVE associado a RC, enquanto no grupo controle (n=68) foi fornecido apenas a RC.	A terapia com RFVE demonstrou maior efeito terapêutico adicional a RC, promovendo melhores resultados para a função motora do MS quando comparado a RC sozinha.

Jeffrey M. Rogers et al. (2019) ²⁶	21	Realidade virtual	Comparar a eficácia da terapia com realidade virtual com Reabilitação convencional para indivíduos com AVE	ECR. Pacientes alocados em dois grupos. Grupo experimental (n=10) que recebeu a terapia com realidade virtual associada a terapia convencional (n=11) e grupo controle que recebeu apenas terapia convencional	A terapia com realidade virtual mostrou-se mais eficaz do que a terapia convencional, induzindo ganhos motores de MMSS, cognitivos e funcionais aos pacientes, promovendo maior recuperação.
Destaw B. Mekbib et al. (2021) ²⁷	23	Realidade virtual	Desenvolver um novo protocolo de reabilitação baseado em RV e comparar com a terapia ocupacional	ECR. Pacientes alocados em dois grupos. Grupo experimental (n=12) recebeu terapia baseada em realidade virtual associada a terapia ocupacional e grupo controle (n=11) recebeu apenas a terapia ocupacional	O grupo experimental mostrou que a terapia baseada em RV reduz os comprometimentos motores do MS e aumenta a independência nas AVD's, mostrando ser uma reabilitação promissora e benéfica para promover a recuperação das capacidades funcionais do indivíduo com AVE

Loris Pignolo. (2020) ²⁸	63	Treinamento de marcha com feedback visual	Determinar a eficácia de um novo sistema de treinamento de marcha com suporte de peso corporal (BWS) e feedback visual para recuperação da marcha em pacientes pós AVE	ECR. Pacientes alocados em 3 grupos. O 1º grupo (n=21) realizou fisioterapia convencional; o 2º grupo (n=21) realizou sessões avançadas de treinamento de marcha BWS sem feedback visual; O 3º grupo (n=21) usou BWS com estimulação de feedback visual	O treinamento de marcha com feedback visual demonstrou induzir grande plasticidade neural e é mais eficaz para melhorar a recuperação da marcha de pacientes com AVE em comparação com a fisioterapia convencional e com o treinamento de marcha sem feedback sensorial
-------------------------------------	----	---	--	---	---

*OBS: No estudo de Alexander V. Chervyakov et al. (2018) encontrado na tabela acima, não cita quantos pacientes foram designados para cada grupo.

6. DISCUSSÃO

Com base nos critérios de inclusão, o presente estudo encontrou as seguintes terapias para promover recuperação funcional e neuroplasticidade em pacientes pós AVE:

6.1 Estimulação magnética transcraniana

A estimulação magnética transcraniana repetitiva (EMTr) tem sido muito utilizada na reabilitação pós AVE nas últimas duas décadas, pois acredita-se que esta técnica de iniciação facilite a excitabilidade cortical, promovendo assim a neuroplasticidade e a recuperação funcional após o AVE. ¹¹

Visto que a EMT'e é uma reabilitação promissora e o mais importante, não invasiva para recuperação de pacientes com AVE, muitos estudos estão surgindo para verificar a eficácia da terapia, seja ela sozinha ou acoplada a outras terapias ou técnicas de reabilitação. ¹⁴

O estudo de Chervyakov AV et al., teve como objetivo comparar os efeitos da EMT'r navegada, em diferentes modos nas deficiências motoras do MS e limitações funcionais após AVE. A intervenção consistiu em 10 sessões de EMT'r navegada, na qual a estimulação foi aplicada a uma representação cortical do músculo abductor curto do polegar (APB) na área motora primária do hemisfério afetado ou não afetado, dependendo da atribuição do grupo. O eletrodo de EMT'r foi aplicado ao ponto quente cortical do músculo APB com um estimulador (Magstim Rapid2). O grupo 1 (grupo controle) recebeu pseudoestimulação, na qual a bobina de Magstim foi colocada sobre a representação cortical confirmada do músculo APB, mas não foi conectada ao estimulador. O grupo 2 de baixa frequência recebeu 1.200 estímulos de EMT'r de 1 Hz a 100% RMT em repouso para o hemisfério não afetado por 20 min por sessão. O grupo 3 de alta frequência recebeu 200 estímulos de rTMS de 10 Hz a 80% do RMT restante para o hemisfério afetado por 10 min. O grupo 4 de alta-baixa frequência teve uma combinação consecutiva dos conjuntos de estímulos acima. Concomitantemente com a EMT'r navegada, todos os pacientes receberam um curso de 10 sessões de fisioterapia focada na correção dos déficits motores e funcionais. Já Rastgoo M et al. investigaram o efeito da EMT'r na espasticidade do MI e na função motora. Um total de 20 pacientes foram recrutados para seu estudo,

onde os pacientes receberam 5 sessões diárias consecutivas de EMT'r ativa para o grupo experimental ou estimulação simulada para o grupo controle com foco no tibial anterior. Na EMT'r ativa, foi realizado 1000 pulsos de EMT'r de 1 Hz com uma intensidade de 90% da MT durante 20 minutos no córtex motor do hemisfério cerebral não afetado. Para a estimulação simulada, a bobina foi mantida sobre a área motora não afetada como para estimulação ativa, mas com a aplicação de uma bobina de áudio, assim nenhuma estimulação magnética foi fornecida ao cérebro.

11,13

O estudo de Chervyakov mostrou que a adição de intervenção EMT'r navegada a um curso de reabilitação convencional facilitou a recuperação dos pacientes dos grupos que receberam a terapia, sendo assim, os grupos de alta frequência e de baixa frequência apresentaram escore maior no Índice de Barthel e redução da espasticidade do MS, ou seja houve melhora da função motora, do tônus muscular e AVD's nesses pacientes, porém a aplicação do protocolo de estimulação alta-baixa frequência não alterou o nível de espasticidade e AVD's e, em geral, resultou em menos efeitos em comparação com os dois outros modos de estimulação. Já o grupo controle obteve uma melhora não muito significativa quanto a função da mão. Diferentemente de Chevyakov, o estudo de Rastgoo avaliou os MMII, e pôde concluir que a EMT'r de baixa frequência aplicada ao longo do córtex motor do MI não afetado pode reduzir a espasticidade melhorar a função motora, mas em contrapartida não se mostrou eficaz em promover a melhora da marcha. ^{11,13}

Baseado na EMT'r surgiu a estimulação intermitente theta burst (iTBS) e a estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS) e ambas tem sido utilizada para melhorar a recuperação motora do MS demonstrando ter potenciais terapêuticos para induzir rapidamente efeitos neuroplásticos em vários regimes de treinamento de reabilitação para pacientes pós AVE. ¹⁵

Chen YJ et al. em seu estudo analisou os efeitos da iTBS na espasticidade, função motora do MS e AVD's em pacientes pós AVE, onde no grupo experimental a estimulação intermitente theta burst (iTBS) foi aplicada na área motora da mão do hemisfério afetado usando uma bobina portátil em forma de oito (bobina padrão de 70 mm; Magstim, Whitland, Dyfed, Reino Unido). O iTBS deu estímulos de 5 Hz a uma intensidade de 80% do limiar motor ativo (LMA), a cada 10 s por 20 vezes (600 pulsos no total). O grupo controle recebeu estimulação simulada no mesmo local, mas com

a bobina virada em uma intensidade mais baixa (60% LMA). Outro estudo como o de Chen SC et al., associou a iTBS com a tDCS para avaliar a função motora dos MMSS em pacientes com AVE crônico, pois a tDCS também é uma técnica não invasiva e muito importante para modular a neuroplasticidade na reabilitação avançada. E assim desenvolveram um novo dispositivo de eletroestimulação transcraniana que pode produzir de forma flexível uma corrente elétrica com formas de ondas combinadas (tDCS + iTBS). Em seu estudo, os pacientes foram aleatoriamente designados para o grupo experimental que recebeu reabilitação convencional incluindo treinamento de habilidades motoras finas, postura normal dos membros, exercícios ativos de amplitude de movimento e exercícios de fortalecimento muscular, combinada com tDCS+iTBS ou grupo controle que recebeu apenas a reabilitação convencional.

Ambos os autores tiveram resultados promissores e parecidos em seus estudos. Chen YJ concluiu que a neuroreabilitação convencional combinada com o iTBS sobre o hemisfério afetado reduziu a espasticidade e melhorou a função motora do MS, particularmente a função motora fina, o que é um achado importante visto que geralmente não ocorre no estágio crônico do AVC. Porém nas AVD's não melhorou de forma significativa. Já Chen SC, concluiu que o tDCS+iTBS combinado com RC teve um efeito aditivo significativo na função motora. E esses resultados sugerem que este tipo de reabilitação pode ser uma estratégia promissora para restaurar a função motora em pacientes hemiplégicos crônicos. Contudo, mais estudos e em maior escala devem ser realizados para confirmar os resultados. ^{14,15}

Visto que a EMT'r pode ser benéfica, um outro estudo foi realizado, mas desta vez a EMT'r de alta frequência foi combinada com a terapia do espelho orientada a tarefas (TOMT). O estudo realizado por Kim J et al., teve como objetivo comparar o efeito da EMT'r de alta frequência combinada com a TOMT na reabilitação da mão em pacientes com AVE agudo. Segundo o autor e seus estudos após o AVE há um desequilíbrio na relação paralela entre a sensibilidade, que é a excitação, e a inibição nos hemisférios esquerdo e direito, e isso leva a prejuízos na função motora. Sendo assim, o método de intervenção de tratamento com EMT'r produz excelentes efeitos no que diz respeito à recuperação da função motora em pacientes com AVE através do controle não invasivo da excitação e inibição das células cerebrais. Além disso, a TOMT é um método de tratamento que se concentra na recuperação da função motora mais precisa por meio de treinamentos orientados a tarefas com base no sistema de

neurônios-espelho. Então, acredita-se que ambas as terapias associadas são eficazes para recuperação de movimentos mais precisos. O estudo recrutou 24 pacientes onde, os pacientes do grupo intervenção receberam EMT'r de alta frequência (20 Hz/min como padrão, 100 pulsos foram aplicados por 5 s a 20 pulsos/s seguidos por um período de repouso de 55 s; 1500 pulsos foram aplicados em 15 ciclos). Para a terapia do espelho os pacientes foram instruídos a colocar a mão do lado danificado na caixa do espelho para que não pudesse ser visto e colocar a mão do lado não danificado na frente do espelho. Depois, ajustar voluntariamente a posição da mão refletida no espelho de acordo com a posição da mão dentro da caixa do espelho. A terapia do espelho (TE) envolveu 5 movimentos, incluindo o teste da caixa e do bloco, pegar areia, inserir uma moeda em uma caixa de poupança, pegar areia com uma colher e limpar com uma toalha. Os pacientes do grupo experimental, foi submetido apenas a EMT'r. E como resultado, os pacientes com AVE agudo tiveram um efeito positivo na função da mão, influenciando positivamente a recuperação de nervos motores danificados através da reorganização induzida pela EMT'r de alta frequência do córtex motor danificado, aumentando sua excitabilidade e equilibrando a excitação e a inibição de ambos os hemisférios cerebrais.¹²

No entanto, mesmo que todos os estudos corroborem entre si, e apesar do número crescente de relatos citando os efeitos positivos da EMT'r após o AVE, ainda permanecem dúvidas sobre a utilidade da EMT'r nas reabilitações e mais estudos são necessários para comprovar sua real eficácia, porém mesmo com tantas controversas, os autores mostram que a estimulação cerebral não invasiva altera a excitabilidade cortical, facilitando assim os mecanismos de reparo neural e através disso, induz melhora na função motora de MMSS e MMII, diminuição da espasticidade, melhora nos níveis de independência nas AVD's e até mesmo na recuperação de movimentos mais precisos que foram perdidos após o AVE.

6.2 Terapia do espelho

O que inicialmente era apenas utilizada para tratar os amputados que sofriam de dores no membro fantasma, atualmente a terapia do espelho (TE) é uma abordagem

barata e conveniente para o tratamento após o AVE. A terapia consiste em colocar o espelho entre os dois membros, onde membro não afetado é posicionado ao lado do espelho, enquanto o afetado fica oculto. Neurofisiologicamente, o mecanismo da TE facilita a aprendizagem motora e induz a reorganização cortical associada a recuperação motora positiva, isso significa que a técnica se baseia na ativação do sistema de neurônios espelho por meio do feedback visual gerado durante a terapia, de modo a estimular a plasticidade cerebral e favorecendo uma restauração dos padrões motores.^{17,18}

Arya et al. e Hamza et al. buscaram em seus estudos avaliar a eficácia da terapia do espelho baseada em tarefas (TBMT) na recuperação do comprometimento do MS nos pacientes acometidos por AVE. No estudo de Arya os pacientes foram alocados aleatoriamente nos grupos experimental e controle. Todos receberam 40 sessões, de 90 minutos cada durante 8 semanas (5 sessões por semana). O grupo experimental foi submetido à terapia convencional associada a terapia do espelho baseada em tarefas por 45 minutos cada. Os pacientes sentaram-se próximos as mesas na qual onde estava a caixa de espelho o MS menos afetado foi colocado em frente ao espelho para visualizar a imagem, enquanto o membro afetado foi colocado dentro da caixa do espelho. As tarefas foram selecionadas considerando o comprometimento típico do controle motor entre os hemiparéticos pós AVE, como destreza dos dedos, preensão em massa, flexão e extensão dos dedos, dorsiflexão do punho e supinação do antebraço. Os objetos usados para fornecer o TBMT eram um espanador, um copo, blocos de madeira de diferentes tamanhos e formas, uma bola esponjosa, cliques de papel, moedas, argila etc. Já o grupo controle recebeu programa de terapia ocupacional convencional durante toda a sessão de 90 minutos. Já Hamza et al., utilizou a mesma técnica para avaliar também as AVD's e um total de 30 pacientes foram randomizados para o grupo experimental ou grupo controle. Os pacientes do grupo experimental receberam 25 minutos de tarefa funcional com o espelho todos os dias, além da terapia convencional se necessário, como terapia manual e acupuntura. Eles foram posicionados perto do espelho, que estava localizado diagonalmente ao nível do corpo entre os dois membros. O membro não afetado foi posicionado na face anterior do espelho, enquanto o membro afetado permaneceu oculto o tempo todo. Como resultado, os pacientes podiam observar o reflexo do membro saudável no espelho, criando uma percepção de que o membro

afetado estava se movendo. As atividades realizadas pelos pacientes incluíram: flexão e extensão do cotovelo, desvio ulnar e radial, flexão e extensão do punho, flexão e extensão dos dedos, abdução e adução de todos os dedos. Essas atividades foram realizadas utilizando diversos objetos como: bola esponjosa, garrafa de água, espanador, pauzinho, copo, cubos, blocos de madeira. Já o grupo controle recebeu terapia ocupacional sem espelho por 25 minutos além da terapia convencional caso os pacientes necessitassem. ^{17,18}

Por outro lado, ainda utilizando a TE, Zhuang et al., propôs uma nova abordagem para a técnica, com o objetivo de compará-la a TE convencional, chamando a de terapia do espelho associada (AMT), onde não somente o membro não afetado é exposto ao movimento, mas também o membro afetado, e era possível através de um sistema alcançar uma interação bimanual prática sob feedback visual do espelho (MVF) baseada em técnica de câmera, no qual os pacientes não apenas podiam ver a cooperação bimanual regular, mas também podiam realizar as tarefas cooperativas bilaterais com a ajuda de terapeutas. Neste estudo, os pacientes foram aleatoriamente designados para o grupo controle (GC) e grupo experimental (GE), onde todos receberam o programa convencional de reabilitação de AVE por 4 semanas, 5 dias/semana e em torno de 4 horas/dia que consistia em fisioterapia, terapia ocupacional, fonoaudiologia e manejo respiratório. Os pacientes do grupo experimental foram submetidos a terapia do espelho associada (AMT). No ambiente espelhado, os pacientes podiam colocar as duas mãos no fundo da “caixa do espelho”, sendo possível ver a realização da tarefa. Eles foram obrigados a se concentrar na tela e se imaginarem fazendo tarefas cooperativas com os dois braços. Enquanto isso, foram solicitados a realizar o mesmo treinamento de forma sincrônica pelo lado afetado. Durante a terapia, o terapeuta podia fornecer ao paciente movimento ativo, assistido ou passivo para o lado afetado. Já os pacientes do GC receberam a mesma dose de treinamento do GE. No entanto, a única diferença foi que o GC recebeu treinamento de cooperação bimanual sem MVF baseado em técnica de câmera, onde os pacientes tiveram visão direta de ambos os braços. Para assegurar o desempenho das tarefas cooperativas bilaterais, os terapeutas também forneceram a assistência necessária para ajudar os pacientes. ¹⁶

Todos os autores, buscaram avaliar a eficácia da TE na recuperação da extremidade superior dos pacientes. E todos, apresentaram resultados positivos.

Através da TBMT, Arya et al., mostrou que a técnica pode induzir a melhora da recuperação motora de punho e mão. Hamza et al., também afirma que a TBMT associada a RC é uma forma eficaz de promover a melhora da função motora do MS e mais do que isso, nas AVD's. Já Zhuang et al., mostrou que ambos os grupos de seu estudo melhoraram o comprometimento do membro parético e da função diária, porém o GE apresentou melhora mais significativa na destreza manual e escore aumentado na escala MIF.

6.3 Terapia do movimento induzido por restrição

Pacientes após AVE normalmente apresentam membros paréticos ou espásticos, o que desencadeia certa dificuldade em realizar movimentos com o membro afetado e por consequência acabam desenvolvendo mecanismos compensatórios que priorizam apenas o uso da extremidade não afetada. Porém o uso exclusivo da extremidade não afetada vai causar uma má adaptação da neuroplasticidade. Por isso a terapia de movimento induzido por restrição desempenha um papel importante na inibição da plasticidade desadaptativa por ser caracterizada pela restrição do MS não acometido associada a um programa de treinamento intensivo de atividade motora aplicado ao MS parético, com o objetivo de melhorar ou restabelecer função motora, promovendo o movimento com velocidade, precisão e suavidade adequada.¹⁹

No estudo de Rocha LSO et al., foi avaliado o efeito da terapia de movimento induzido por restrição com a RC na funcionalidade e qualidade de vida dos pacientes. Os pacientes foram aleatoriamente designados para o grupo experimental e grupo controle. O grupo experimental antes de iniciar os exercícios, colocaram uma órtese de posicionamento para o MS saudável com bandagem gessada e fita adesiva, com a órtese posicionada no membro em posição neutra. Em seguida, sentados e com material posicionado sobre uma mesa, o membro parético foi estimulado a realizar tarefas que envolviam AVD's. O MS sadio estava apoiado na mesa, enquanto o parético realizava os exercícios que consistiam em atividades funcionais na seguinte sequência de execução: pôr recipientes de diferentes tamanhos, abrir e fechar fechaduras, pegar um frasco de 500 ml e despejar em 5 copos, pegar um copo e levar à boca, pegar uma colher e levar à boca, pentear o cabelo, limpar a mesa com uma esponja em movimentos circulares, realizar atividades com jogos de encaixe, colocar

bolinhas de gude e cliques em um recipiente, virar cartas de baralho, quicar uma bola no chão, pintar linhas verticais. Cada tarefa foi realizada durante 5 min, totalizando 60 min de terapia, com o grau de dificuldade de cada tarefa aumentando progressivamente, como distância, tamanho, peso e material dos objetos. Já os pacientes do grupo controle foram submetidos ao protocolo de fisioterapia convencional e realizaram atividades divididas em três etapas: alongamento dos flexores de dedos, punho, flexor ulnar do carpo, flexores de cotovelo, flexores de ombro e rotadores internos de ombro (30s, 2 repetições); fortalecimento e/ou mobilização dos mesmos grupos musculares (3 séries de 10 repetições) e treino funcional dos músculos afetados com as seguintes tarefas realizadas por 3 min cada: Fazer bolinhas com uma folha de jornal opondo todos os dedos, mover objetos em sequência sobre os marcadores posicionados sobre a mesa, formando quadrados e diagonais, empilhando copos de acrílico, usando uma colher para transferir feijão de um recipiente para outro, prendendo prendedores de roupa em uma corda que se repetiam sequencialmente, em séries específicas e repetições com duração de 60 minutos na sessão total. No fim do estudo os resultados mostraram que tanto a RC como a terapia de movimento induzido por restrição estimularam a plasticidade neural nos pacientes, melhorando a espasticidade, ADM do membro afetado e QV, porém os pacientes do grupo experimental alcançaram resultados melhores do que os do grupo controle.¹⁹

6.4 Estimulação elétrica funcional (FES)

A estimulação elétrica funcional (FES) pode melhorar a função motora após o AVE. Tal mecanismo pode envolver a plasticidade dependente de atividade e remodelação cerebral.²⁰

O estudo de Zheng XY et al., teve como objetivo avaliar a eficácia da FES na recuperação da marcha, onde os 48 pacientes foram aleatoriamente designados para 3 grupos: grupo FES de quatro canais, grupo FES de canal duplo e um grupo placebo. Com os pacientes deitados em decúbito lateral durante o tratamento com FES e a perna hemiplégica sendo sustentada por duas tipoias, um padrão forneceu estimulação através de quatro canais, onde dois eletrodos de superfície de cada canal

foram colocados nos pontos motores para estimular o tibial anterior, quadríceps, isquiotibiais e gastrocnêmio da perna hemiplégica na sequência do ciclo da marcha. O grupo de dois canais teve o tibial anterior e os fibulares longo e curto estimulados para facilitar a dorsiflexão e eversão do tornozelo em sequência. Um ciclo de marcha de 5 segundos foi simulado no padrão de quatro canais. O padrão de canal duplo foi de 5 segundos ligado e 5 segundos desligado. A intensidade da estimulação foi aumentada até que uma contração muscular grosseira fosse visível e os movimentos fossem induzidos, mantendo o conforto do sujeito. Em ambos os padrões, a FES foi realizada na frequência de 30Hz com largura de pulso de 0,2ms. Aqueles no grupo placebo receberam tratamento com FES de quatro canais, mas sem eletricidade. Além disso, todos os pacientes continuaram a realizar seus próprios programas padrão de reabilitação, que envolviam 2 horas por dia de fisioterapia com base na facilitação do neurodesenvolvimento e terapia ocupacional nas AVD's. Os protocolos incluíram alongamento, condicionamento muscular, exercícios para controle de tronco, treinamento em pé e caminhada. O treinamento foi de 5 dias por semana durante as 3 semanas dos experimentos.²⁰

Ainda utilizando a FES, Ambrosini E et al., adicionaram o treinamento assistido por robô em seu estudo, pois estudos mostram que sistemas robóticos combinados com FES apresentam resultados promissores na recuperação motora de MMSS após AVE aprimorando ainda mais a neuroplasticidade. O estudo procurou avaliar se a terapia com exoesqueleto associado a FES exibia resultados superiores a terapia convencional avançada (ACT). Os participantes foram designados aleatoriamente para grupo controle ou experimental. Ambos os grupos receberam 90 minutos de treinamento de MS 3 vezes por semana durante 9 semanas. Os pacientes alocados do grupo experimental receberam 60 minutos de terapia convencional avançada (ACT) mais 30 minutos de treinamento com RETRAINER. O sistema RETRAINER consistia em um exoesqueleto passivo integrado com FES acionado por eletromiógrafo que era colocado no braço com 4 graus de liberdade (inclinação do tronco, rotação e elevação do ombro e flexão e extensão do cotovelo). O exoesqueleto foi equipado com freios eletromagnéticos em cada grau de liberdade para manter as posições antigravitacionais e integrado a um estimulador controlado por corrente com 2 canais de estimulação e 2 de registro eletromiográfico. A FES foi fornecida para até 2 músculos do braço selecionados entre bíceps, tríceps, deltóide anterior, medial e

posterior com base nas necessidades do paciente. A frequência de estimulação e a largura de pulso foram fixadas em 25 Hz e 300 μ s. Já os pacientes alocados no grupo controle receberam 90 minutos de ACT do mesmo tipo do grupo experimental. ²¹

Ambos os estudos concordam que a FES associada ou não é capaz de melhorar a funcionalidade nas AVD's e função motora tanto em MMSS quanto em MMII. Além disso, no MS mostrou-se eficaz na melhora da força e destreza. E no MI afetado melhorou o equilíbrio e a capacidade de caminhar. ^{20,21}

6.5 Treinamento assistido por robô (exoesqueletos)

O treinamento de marcha assistida por robô ou treinamento com exoesqueletos, vem ganhando espaço e aceitação na prática clínica, visto que se mostrou eficaz para melhorar parâmetros clínicos e biomecânicos, além de melhorar as alterações neuroplásticas associadas ao controle locomotor em indivíduos com AVE e hemiparesia. ²⁴

Kim H et al., em seu estudo comparou o treinamento de marcha assistido por robô com o treinamento em esteira com suporte de peso corporal (BWST) para melhorar a função motora dos MMII, velocidade da marcha e ativação cortical. O BWST é baseado no modelo de tarefa específica, que por sua vez também induz alterações funcionais, biomecânicas e neuroplásticas durante a reabilitação locomotora de pessoas com AVE e hemiparesia. No presente estudo os pacientes foram aleatoriamente designados para participar do grupo experimental (E-RAGT) ou grupo controle (BWST), recebendo terapia 30 min/dia, 5 dias/semana, por 4 semanas. O grupo E-RAGT recebeu treinamento de marcha assistida por robô que começou inicialmente com suporte de 30% do peso corporal e velocidade de 0,8 km/h para permitir a adaptação ao dispositivo robótico. A tarefa consistia em caminhar ao longo de uma passarela em uma velocidade de marcha auto selecionada. Eles utilizaram placas de pé que permitia o movimento de dorsiflexão do tornozelo e flexão plantar durante o treinamento de marcha, permitindo um movimento mais ativo. Já o grupo BWST recebeu treinamento de marcha em esteira com suporte parcial de peso corporal que começou com 30% de suporte de peso corporal e velocidade de 0,8 km/h. Em ambos os grupos, para ajudar os participantes a se concentrarem no tempo do

padrão de marcha com intensidade moderada, o suporte de peso corporal foi gradualmente reduzido para 0% e a velocidade aumentada gradualmente para 2,0 km/h.²⁴

Já Calabrò RS et al., em 2018, avaliou a superioridade do uso de um exoesqueleto vestível para MMII (a ekso) com o treinamento de marcha convencional no solo. Os pacientes inscritos foram igualmente randomizados no grupo experimental EGT ou grupo controle OGT. Ambos os grupos receberam treinamento de fisioterapia convencional, programado em cinco sessões por semana por oito semanas consecutivas, 60 min para cada sessão. Além do treinamento de fisioterapia convencional, os pacientes do grupo experimental praticaram 45 minutos de sessão com a ekso, enquanto os pacientes OGT foram submetidos a 45 minutos de treinamento de marcha convencional.²²

Calabrò RS et al. acreditam que a eficácia da neuro robótica em melhorar a capacidade de deambulação funcional depende da alta frequência e intensidade de repetição de movimentos orientados para a tarefa e ambos os estudos citados acima, e investigaram o uso de exoesqueleto na função dos MMII apostando que, tal treinamento seria capaz de estimular a neuroplasticidade relacionada ao aprendizado motor e à recuperação da função após lesão cerebral.²²

No fim dos estudos, Kim H et al e Calabrò RS et al., encontraram resultados semelhantes em suas intervenções. Kim H et al., sugere que o treinamento assistido por robô do grupo experimental quando comparado ao treinamento em esteira com suporte de peso corporal melhora efetivamente os resultados neuroplásticos na hemiparesia. Enquanto Calabrò RS et al., devido a mecanismos de plasticidade cerebral e remodelação da conectividade, viu que o treinamento com a ekso se mostrou eficiente induzindo um desempenho melhor do que o treinamento de marcha convencional. Em sumo, ambos os autores concordam que exoesqueletos são capazes de melhorar a função motora dos MMII, mobilidade e velocidade de marcha. Além disso, Calabrò neste estudo mostrou resultados promissores de que o mesmo treinamento pode melhorar o equilíbrio e coordenação.^{22,24}

Em 2019, Calabrò RS et al., fez um novo estudo, mas desta vez para avaliar os mecanismos de plasticidade através da terapia robótica do MS. Onde através do treinamento assistido por robô com Amadeo (um dispositivo que cobre o espaço dos

dedos das mãos, onde o robô proporciona ao paciente um treino intensivo e repetitivo dos movimentos de flexão e extensão dos dedos), foi possível compará-lo com a RC na fase de recuperação crônica após o AVE. Os pacientes foram divididos aleatoriamente em dois grupos de tratamento, o grupo experimental AHT e grupo controle CHT. Ambos os grupos foram submetidos a 40 sessões individuais de treinamento fisioterapêutico convencional de 3 horas, onde as sessões foram divididas em 45 min de terapia ocupacional (tarefas de AVD's e alcance), 45 min de treinamento biomecânico de MMSS e MMII, 30 min de treino de marcha, 30 min de fonoaudiologia e 30 min de período de descanso distribuído entre as sessões. Os pacientes AHT receberam um treinamento robótico intensivo da mão afetada usando o Amadeo, enquanto os do grupo CHT foram submetidos à fisioterapia convencional intensiva da mão afetada realizada por um terapeuta ocupacional, que auxiliou o paciente na execução dos movimentos dos dedos, reproduzindo as mesmas condições do grupo experimental. ²³

Visto que, a recuperação da função da mão é essencial para melhorar a QV dos sobreviventes de AVE, tal estudo indica que o treinamento mediado por robôs pode potencialmente aumentar a neuroplasticidade, pois os movimentos induzidos repetitivamente podem exibir resultados promissores nos movimentos funcionais em pacientes com déficits no MS. ²³

E apesar de ser um mecanismo pouco explorado, todos os três autores apontam que as melhoras clínicas são devido a plasticidade neural. Pois, no geral, as práticas motoras intensivas, repetitivas e orientadas para tarefas usando exoesqueletos permitem facilitar movimentos repetitivos e auxiliam na recuperação e reabilitação, tanto de MMII como de MMSS, como foi visto nos resultados acima.

6.6 Realidade virtual

Atualmente o uso de tecnologias inovadoras baseadas em computador como a realidade virtual desempenha um impulso significativo para promover a neuroplasticidade durante os cuidados de reabilitação. Essas modalidades baseadas

em tecnologia enriquecem o cenário tradicional de reabilitação, aumentando o feedback específico sobre os resultados e o desempenho motor.²⁵

Mekbib DB et al. em seus estudos tiveram como principal objetivo desenvolver um novo protocolo de reabilitação baseado em realidade virtual e comparar com a terapia ocupacional para os comprometimentos motores e independência nas AVD's. Os grupos foram aleatoriamente designados para o grupo experimental e grupo controle. O grupo experimental foi submetido a intervenção com realidade virtual que era dividida em dois modos, o modo de terapia do membro afetado (ALT) ou terapia de espelhamento de membros unilaterais e bilaterais (LMT). No modo de terapia LMT unilateral o sistema exibia automaticamente um membro virtual, que é paralelo ao MS mais afetado do paciente. O paciente foi instruído a agarrar e soltar uma bola alvo na cesta usando o membro virtual movendo seu MS não afetado. No LMT bilateral o sistema exibia automaticamente um par de membros virtuais. O paciente era instruído a agarrar e soltar uma bola alvo na cesta usando ambos os membros virtuais, controlando seus movimentos usando os MMSS (afetado e não afetado). O treinamento com RV incluiu tarefas de alcance, preensão e liberação com base nos modos ALT e LMT e com base no desempenho da atividade do paciente o terapeuta poderia ajustar na sessão seguinte a complexidade da tarefa. Todos os pacientes do grupo experimental receberam 1 hora de RV mais 1 hora de TO por dia, 4 dias por semana, durante 2 semanas. O grupo controle recebeu apenas TO que incluiu AVD's, controle de equilíbrio, treino de marcha, mudança de peso e movimentos funcionais distais e proximais do MS. O tratamento foi administrado 2h/dia, 4 dias/semana durante 2 semanas.²⁷

Mais dois estudos como o de Rogers MJ et al. e Kiper P et al. compararam a RV com a reabilitação convencional, porém Kiper avaliou a eficácia do tratamento de feedback reforçado em ambiente virtual (RFVE) combinado com reabilitação convencional onde os pacientes foram aleatoriamente designados para o grupo experimental onde foram tratados com o Sistema de Reabilitação de Realidade Virtual, que consistia em um computador conectado a um sistema de rastreamento de movimento tridimensional de alta resolução. Durante o tratamento com a realidade virtual, o paciente estava sentado em frente a uma tela de parede segurando um objeto real sensorizado, por exemplo, bola, disco, vidro. As tarefas virtuais consistiam em movimentos simples como mover uma bola executando a flexão do cotovelo no

plano vertical e movimentos complexos que envolviam múltiplas sinergias musculares como derramar água de um copo, usar um martelo, usar uma escova de dentes. Os pacientes alocados no grupo controle receberam reabilitação específica do MS consistindo em exercícios em várias direções por exemplo, flexão e extensão do ombro, abdução e adução do ombro, rotação interna e externa do ombro, flexão e extensão do cotovelo, pronação e supinação do antebraço e mão e tarefas de agarrar e soltar. No grupo controle todos os exercícios foram realizados na posição sentada e replicados o máximo possível de forma coerente com as tarefas do grupo experimental, para manter o conteúdo de exercício comparável em ambos os tratamentos. O tratamento foi realizado durante 2h/dia, 5d/semana por 4 semanas. Além disso ambos os grupos receberam uma hora adicional por dia de reabilitação convencional. Já Rogers et al. dividiu seus pacientes em dois grupos. Os pacientes foram alocados aleatoriamente para o grupo experimental ou controle que receberam 3 horas diárias de TO convencional e fisioterapia. O grupo experimental foi submetido a tratamentos que concentravam-se em exercícios de ADM, fortalecimento, coordenação muscular e retreinamento das habilidades da vida diária (por exemplo, comer, arrumar-se, ir ao banheiro, vestir-se, transferências). Além da TO e fisioterapia, os participantes do grupo experimental Também receberam 12 sessões de RV, distribuídas uniformemente ao longo de quatro semanas. As sessões de RV consistiam em usar quatro objetos de mão (ou seja, os quatro “elementos” em forma de círculo, pentágono, triângulo e retângulo), os participantes se envolveram em um ambiente virtual apresentado em um painel LCD touchscreen com CPU embutido. As tarefas consistiam em segurar esses elementos e movê-los levantando ou deslizando ao local indicado no touchscreen. O grupo controle foi submetido apenas a terapia ocupacional convencional e fisioterapia.^{25,26}

Os três autores em seus estudos investigaram a melhora do MS nos pacientes pós AVE através da terapia com RV. E em sumo foi confirmado que a RV sozinha ou associada a RC pode promover essa melhora e mais do que isso também se mostrou eficaz na recuperação das capacidades funcionais e cognitivas dos pacientes, bem como melhora em suas AVD's

6.7 Feedback visual

Restaurar as funções da marcha após um AVE é um dos principais objetivos terapêuticos na reabilitação pós AVE e o tratamento de reabilitação física focado no treino de marcha é a abordagem mais comum. O treino de marcha em esteira com suporte de peso corporal (BWS) é um dispositivo amplamente utilizado para reabilitação da marcha, pois ele permite que os pacientes pratiquem passos coordenados, apoiados e seguros. Este tipo de método é construído sobre teorias de aprendizagem motora que são necessárias para que o SNC atue de forma eficiente, ou seja, plasticidade dependente induzida por movimentos orientados a tarefas, atenção focada, repetição de movimentos desejados e feedback proprioceptivo.²⁸

No estudo de Pignolo Et al., ele comparou os efeitos do treinamento de marcha com feedback associado ao sistema BWS com a reabilitação convencional e treinamento de marcha sem feedback. Os pacientes foram aleatoriamente designados para 3 grupos. Todas as abordagens consistiram em 2 horas de sessões diárias de reabilitação, ao longo de seis semanas. Para o tratamento com BWS, o paciente foi posicionado em posição vertical lateralmente ao suporte mecânico. Este suporte é ajustável em altura para posicionar o braço em 90° de abdução em relação ao tronco e também atua como suporte lateral para fixar o quadril saudável. O paciente também usa um par de palmilhas com sensores piezoresistivos em seus sapatos que transferem informações sobre a simetria da balança e distribuição de peso via Wi-Fi para um monitor (tablet). Desta forma, o paciente recebe continuamente informações em tempo real sobre o desempenho da marcha e pode conferir seus resultados durante os exercícios pelo feedback visual. As sessões foram divididas da seguinte forma: Durante a primeira hora de tratamento pela manhã: os pacientes do grupo de controle foram submetidos a tratamento neuromotor convencional composto por exercícios na academia para mobilização passiva e ativa de MMII, controle de tronco, ortostatismo, deambulação; O segundo grupo realizou sessões de treino avançado de marcha utilizando o sistema BWS computadorizado sem feedback visual; enquanto o terceiro grupo realizou a mesma sessão de treinamento avançado de marcha com a adição de feedback visual garantindo um controle interativo em tempo real do desempenho locomotor. Durante a segunda parte (no período da tarde), todos os grupos foram submetidos a tratamento neuromotor convencional padronizado composto por exercícios de mobilização passiva e ativa.²⁸

Portanto, o estudo concluiu que o treinamento de marcha com feedback visual induz a neuroplasticidade, mostrando resultados mais promissores e demonstrando ser mais eficaz na recuperação da marcha quando comparada a terapia convencional ou ao treinamento de marcha sem feedback visual.

Considerações finais das terapias (entendimento do autor sobre o tema):

Através dos estudos citados acima, ficou explicitamente claro que são muitas as técnicas capazes de induzir uma melhora no quadro do paciente pós AVE através da neuroplasticidade induzida de diferentes formas. Apesar de ser observado que até mesmo as reabilitações convencionais apresentam bons resultados sozinhas, as terapias apresentadas no presente estudo, isoladas ou combinadas, mostraram melhores resultados, evidenciando que tanto na fase crônica como na fase aguda do AVE é possível intervir de forma eficaz, a fim de diminuir as complicações causadas pela doença.

7. CONCLUSÃO

O AVE é uma das doenças que mais afeta o mundo, sendo responsável por causar inúmeras lesões e tendo em vista que boa parte dos pacientes pós AVE apresentam sequelas como hemiparesia no membro superior e/ou inferior, fraqueza muscular, limitação da ADM, espasticidade, redução das AVD's o que afeta diretamente na qualidade de vida do indivíduo, muitas são as terapias baseadas na neuroplasticidade que induzem a recuperação funcional e melhora do paciente. Por isso, a neuroplasticidade é um fator essencial para a reabilitação levando em consideração que é por meio dela que será possível a aprendizagem de novos comportamentos e recuperação das lesões causadas pela doença. Então, terapias como EMT'r, terapia do espelho, TRIM, treinamento assistido por robô, entre outras, são de extrema importância na reabilitação dos pacientes.

A partir dos resultados encontrados nesta revisão sistemática, tais terapias induziram alterações neuroplásticas e essas alterações mostraram-se eficazes para obter uma boa recuperação. As técnicas apresentadas, sejam elas associadas a reabilitação convencional ou sozinhas, principalmente quando comparadas ao grupo controle, apresentaram resultados positivos e mais promissores para o grupo experimental, como melhora da função motora em MMSS e/ou MMII, redução da espasticidade, ganho da ADM, melhora da força e destreza manual, melhora da qualidade de vida e além disso, foi possível observar melhora nos desempenhos das AVD's.

Portanto, diante dos resultados obtidos, conclui-se que as intervenções possibilitaram ao paciente alcançar uma melhor recuperação funcional e mais independência no seu dia a dia.

REFERÊNCIAS

- 1- Melo LS, Emerick LMS, Alves PNM, Rocha TB, Goveia VR, Guimarães GL, et al. Acidente vascular cerebral: achados clínicos e principais complicações. *Aten. Saúde, São Caetano do Sul.* Abril-Junho/2016. Vol 14, n. 48, 48-53.
- 2- Yoshida HM, Barreira J, Fernandes PT. Habilidade motora, sintomas depressivos e função cognitiva em pacientes pós-AVC. *Fisioter. Pesqui.* (Online). Março/2019. Vol 26, 9-14.
- 3- Maniva SJCF, Carvalho ZMF, Gomes RKG, Carvalho REFL, Ximenes LB, Freitas CHA. Tecnologias educativas para educação em saúde no acidente vascular cerebral: revisão integrativa. *Ver. Bras. Enferm.* 2018, 1824-1832.
- 4- Yew KS, Cheng EM. Diagnóstico de AVC agudo. *AAFP.* Abril/2015. Vol 91, n8, 528-537.
- 5- Campbell BCV, Khatir P. Stroke. *The Lancet.* Jul/2020. Vol 396, edição 10244, 129-142.
- 6- Penna LG, Pinheiro JP, Rodolpho SH, Ribeiro CF. Efeitos do exercício físico aeróbico na neuroplasticidade após o acidente vascular cerebral: revisão sistemática de literatura. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria [online].* Ou/2021, v. 79, n. 9, 832-843.
- 7- Hara Y. Brain Plasticity and Rehabilitation in Stroke Patients. *J stage.* Fev/2015. Vol 82, 4-13.
- 8- Xing Y., Bai Y. A Review of Exercise-Induced Neuroplasticity in Ischemic Stroke: Pathology and Mechanisms. *Mol Neurobiol.* Jul/2020. 4218-4231.
- 9- Filippo TRM, Alfieri FM, Cichon FR, Imamura M, Battistella LR. Neuroplasticity and functional recovery in post-stroke rehabilitation. *Acta Fisiátr. [Internet].* Jun/2015 vol 22(2), 93-96.
- 10- McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. A declaração PRISMA 2020: uma Diretriz atualizada para relatar revisões sistemáticas. *BMJ* 2021; n71, 372.
- 11- Chervyakov AV, Poydasheva AG, Lyukmanov RH, Suponeva NA, Chernikova LA, Piradov MA, et al. Effects of Navigated Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation After Stroke. *J Clin Neurophysiol.* Março/2018. Vol 35, 166-172.
- 12- Kim J, Yim J. Effects of High-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation Combined with Task-Oriented Mirror Therapy Training on Hand

- Rehabilitation of Acute Stroke Patients. *Med Sci Monit.* Fev/2018. Vol 24, 743-750.
- 13- Rastgoo M, Naghdi S, Ansari NN, Olyaei G, Jalaei S, Forogh B et al. Effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on lower extremity spasticity and motor function in stroke patients. *Disability and Rehabilitation.* Fev/2016. Vol 38, edição 19, 1918-1926.
 - 14- Chen Y, Huang Y, Chen CY, Chen C, Chen H, Wu CY. Intermittent theta burst stimulation enhances upper limb motor function in patients with chronic stroke: a pilot randomized controlled trial. *BMC neurol.* Abril/2019. Vol 19, 69-78.
 - 15- Chen S, Yang L, Adeel M, Lai CH, Peng C. Transcranial electrostimulation with special waveforms enhances upper-limb motor function in patients with chronic stroke: a pilot randomized controlled trial. *J NeuroEngineering Rehabil.* Jun/2021. Vol 18, 106-115.
 - 16- Zhuang JY, Ding L, Shu B, Chen D e Jia J. Associated Mirror Therapy Enhances Motor Recovery of the Upper Extremity and Daily Function after Stroke: A Randomized Control Study. *Hindawi.* Set/2021. Vol 2021, 1-9.
 - 17- Arya KN, Pandian S, Kumar D e Puri V. Task-Based Mirror Therapy Augmenting Motor Recovery in Poststroke Hemiparesis: A Randomized Controlled Trial. *J Stroke.* Jun/2015. Vol 24, edição 8, 1738-1748.
 - 18- Hamza YM, Tan B, Feng Y, Zhou Y, Zhou C, Yu L. Task-based mirror therapy enhances the upper limb motor function in subacute stroke patients: a randomized control trial. *Eur J Phys Rehabil Med.* Março/2020. Vol 56, 265-271.
 - 19- Rocha LSO, Gama GCB, Rocha RSB, Dias CP, Santos LLS, Santos MCS et Al. Constraint Induced Movement Therapy Increases Functionality and Quality of Life after Stroke. *Jstroke.* Jun/2021. Vol 30, edição 6, 165-173.
 - 20- Zheng XY, Chen D, Yan T, Jin D, Zhuang Z, Tan Z et al. A Randomized Clinical Trial of a Functional Electrical Stimulation Mimic to Gait Promotes Motor Recovery and Brain Remodeling in Acute Stroke. *Behavioural Neurology.* 2018. Vol 2018, 1-10.
 - 21- Ambrosini E, Gasparini G, Zajc J, Imick N, Austen A, Rossini M, et Al. A robotic system with electrical stimulation functional EMG-activated function to restore the arm functions in stroke survivors. *NNR.* 2021. Vol 35(4) 334–345.

- 22- Calabrò RS, Naro A, Russo M, Bramanti P, Carioti L, Balletta T et al. Shaping neuroplasticity by using powered exoskeletons in patients with stroke: a randomized clinical trial. *J NeuroEngineering Rehabil*. Abril/2018. Vol 15. 35-47.
- 23- Calabrò RS, Acorinto M, Porcari B, Carioti L, Ciatto L, Billeriuma L, et al. Does hand robotic rehabilitation improve motor function by rebalancing interhemispheric connectivity after chronic stroke? Encouraging data from a randomised-clinical-trial. *ScienceDirect*. Maio/2019. Vol 130, edição 5, 767-780.
- 24- Kim H, Gyulee P, Shin JH, You JH. Neuroplastic effects of end-effector robotic gait training for hemiparetic stroke: a randomised controlled trial. *Scientific Reports*. Jul/2020. Vol 10, 1-9.
- 25- Kiper P, Szczudlik A, Agostini M, Opara J, Nowobilski R, Ventura L, et al. Virtual Reality for Upper Limb Rehabilitation in Subacute and Chronic Stroke: A Randomized Controlled Trial. *ACRM*. Fev/2018. Vol 99, edição 5, 834-842.
- 26- Rogers JM, Duckworth J, Middleton S, Steenbergen B, Wilson PH. Elements virtual rehabilitation improves motor, cognitive, and functional outcomes in adult stroke: evidence from a randomized controlled pilot study. *J NeuroEngineering Rehabil* . Maio/2019. Vol 56, 16-25.
- 27- Mekbib DB, Debeli DK, Fang ZS, Shao Y, Yang W, Han J, et al. A novel fully immersive virtual reality environment for upper extremity rehabilitation in patients with stroke. *NY academy of science*. Jan/2021. Vol 1493, edição 1, 75-89.
- 28- Pignolo L, Basta G, Carozzo S, Bilotta MC, Todaro MR, Serra S, et al. A body-weight-supported visual feedback system for gait recovering in stroke patients: A randomized controlled study. *ScienceDirect*. Out/2020. Vol 82, 287-293.