

**REABILITAÇÃO PÓS-AVC: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE REALIDADE VIRTUAL GAMIFICADA
E ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA**

Autoras: Julia Pontes Duque Estrada Regis¹, Giovanna Santos de Freitas¹, Larissa Alves Calasans²

Orientadora: Maria Eduarda Silva Santos

1. INTRODUÇÃO

O AVC é uma das doenças crônicas mais prevalentes, sendo a segunda principal causa de morte no mundo (1-2). Independente de ser isquêmico ou hemorrágico, por afetar diretamente o órgão central do sistema nervoso, o cérebro, o acidente vascular cerebral pode gerar déficits cognitivos e motores, impactando em algum grau a autonomia e a qualidade de vida de 80% dos sobreviventes (2). Para amenizar os danos gerados e auxiliar na recuperação das habilidades perdidas pelo paciente, são utilizados medicamentos, terapias convencionais e métodos adjuvantes, que têm sido buscados para intensificar o efeito do tratamento (3).

Além dos desafios enfrentados pelos pacientes na recuperação, as consequências do AVC estendem-se à esfera social e econômica, demandando suporte das famílias e do sistema de saúde (3, 4). Dessa forma, devido ao custo financeiro e ao desgaste emocional que envolve se responsabilizar por outro indivíduo no momento da recuperação pós-AVC, tanto o governo quanto as famílias ficam sobre carregadas (3). Em casos de comprometimento dos membros superiores, por exemplo, apenas 11.6% dos pacientes alcançam a recuperação do funcionamento total dessa porção corporal em 6 meses após o acidente (2), ou seja, a maioria dos pacientes, que não recuperam o movimento pleno desta e de outras estruturas, dificilmente conseguem retornar a suas atividades de forma autônoma. Logo, continuam dependentes do Estado, do cuidado familiar e profissional por períodos mais extensos.

Embora os índices de sobrevivência tenham registrado um aumento nas últimas décadas, a sobrevivência ainda está associada a sequelas que podem não apresentar melhora ao longo do tempo (1, 5). Estudos recentes mostram que intervenções farmacêuticas aprovadas para pacientes com Alzheimer apresentam benefícios clínicos relativos à demência vascular, porém possuem poucas evidências para o tratamento dos sintomas progressivos de demência em pacientes com déficit cognitivo pós-AVC, além de provocarem diversos efeitos colaterais, como problemas gastrointestinais, dores de cabeça, e tontura (3).

Entretanto, tendo em vista a insuficiência dos caminhos tradicionais e farmacológicos em grande parte dos casos, terapias não invasivas, tais como as de Realidade Virtual (VR) e de Estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS), têm sido procuradas e estudadas nos últimos anos como tratamentos complementares, que visam potencializar o impacto do que é convencionalmente realizado (3, 5). Tais tecnologias emergentes apresentam ampla aplicabilidade e frequentemente são tidas como métodos confiáveis (4, 6, 7). Todavia, o impacto da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua na auto regulação cerebral pode ser apontado como uma das preocupações quanto à segurança dessa tecnologia, enquanto a Realidade Virtual pode apresentar limitações e não ser a melhor opção para pacientes com a visão reduzida e problemas sensoriais (1, 2). Na reabilitação do AVC, os sintomas depressivos e a falta de engajamento após a doença afetam significativamente a expectativa de melhora (2). Sob essa ótica, a RV e a Estimulação Transcraniana podem ser grandes aliados para o progresso motor e cognitivo dos pacientes, pois acredita-se que a gamificação, associada à realidade virtual, aumenta a adesão dos indivíduos ao tratamento e os estímulos cerebrais podem atenuar os sintomas depressivos (5, 8). Além disso, estudos mostram ganhos motores, avanços na fala e aumento da plasticidade cerebral, principalmente se o tratamento for iniciado logo após o diagnóstico (4, 9-10).

Apesar das perspectivas contraditórias, os resultados gerais são positivos, destacando a necessidade de investigações mais profundas sobre essas intervenções, tanto de forma isolada quanto combinada. Neste sentido, diversas pesquisas avaliam tais métodos individualmente, enquanto outras os apresentam superficialmente, integrando a outras terapias. No entanto, na literatura, não há consenso ou estudos suficientes que comparem diretamente os resultados em parâmetros específicos (funcionamento cognitivo, motor ou qualidade de vida). Outrossim, muitas das RCTs apresentam amostras limitadas, heterogêneas e poucas informações a respeito dos efeitos a longo prazo. Por conseguinte, tendo em vista o aumento dos casos de AVC em 68% nas últimas décadas, faz-se necessária a busca, não só por maneiras de prevenção, mas também por caminhos mais rápidos e eficazes de tratar as sequelas para reinserir os indivíduos na sociedade de forma ativa (2). Desse modo, é factível que a escolha de dispositivos modernos, portáteis, com bom custo benefício e de simples manuseio, considerando o contexto e as necessidades do paciente, pode mudar positivamente o rumo da reabilitação e proporcionar um aproveitamento maior das terapias comumente oferecidas (4).

Dito isto, foi desenvolvida uma questão de pesquisa para guiar o presente estudo, sendo ela: Em pacientes com AVC, como a estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS) se compara à terapia de gamificação em ambientes de realidade virtual em termos de melhoria na funcionalidade motora e cognitiva?

Assim, essa Revisão Integrativa tem como principal objetivo avaliar a eficácia e comparar a Realidade Virtual Gamificada com a Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua na recuperação das funções cognitivas e motoras em pacientes que sofreram o AVC, visando o fornecimento de informações relevantes para decisões clínicas adaptadas à

realidade de cada paciente. Para atingir este objetivo, este estudo propõe-se a realizar as seguintes atividades:

- Identificar os principais benefícios da tDCS na recuperação funcional de pacientes com AVC, com foco em aspectos motores e cognitivos.
- Avaliar como a terapia de gamificação em realidade virtual contribui para a reabilitação motora e cognitiva de pacientes com AVC.
- Comparar a eficácia das duas abordagens (tDCS e gamificação) na promoção de melhorias funcionais em pacientes com AVC, focando principalmente em aspectos relacionados à neuroplasticidade.

2. METODOLOGIA

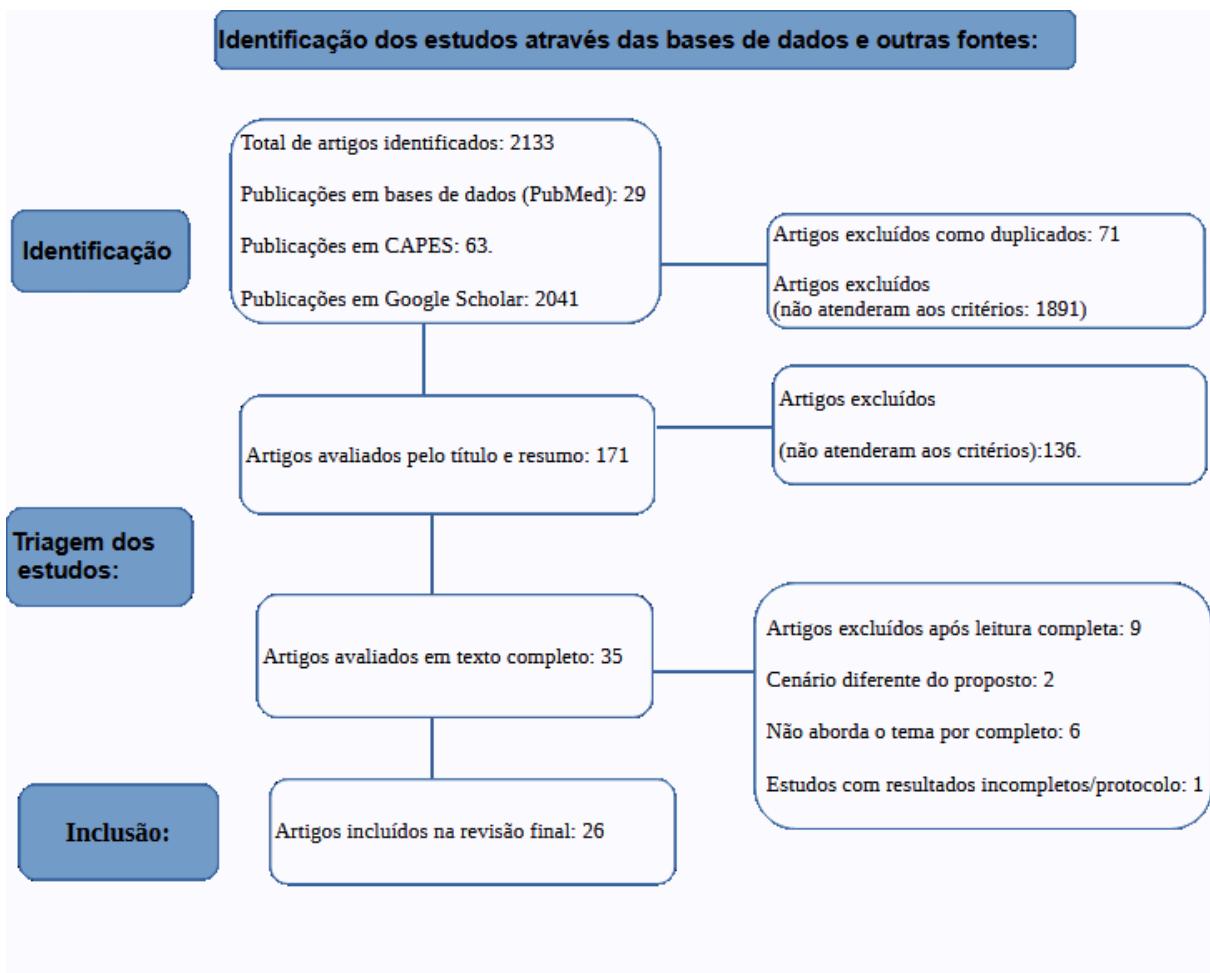
Esta revisão integrativa foi conduzida visando sintetizar as principais evidências disponíveis sobre a comparação entre a estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS) e a terapia baseada em gamificação em ambientes de realidade virtual na reabilitação motora e cognitiva de pacientes com AVC, identificando lacunas e sugerindo direcionamentos para futuras pesquisas.

Foram utilizadas as seguintes seis etapas metodológicas: 1) identificação do tema e seleção da questão norteadora da pesquisa; 2) estabelecimento de critérios para inclusão e exclusão dos estudos; 3) definição das informações a serem extraídas dos estudos selecionados e categorização destes; 4) avaliação dos estudos incluídos na revisão; 5) interpretação dos resultados; 6) apresentação da revisão e síntese do conhecimento (11).

A etapa de busca de dados foi realizada de forma sistemática, utilizando bases de dados relevantes PubMed, Google Scholar e Periódico da Capes e estratégias de pesquisa previamente definidas para assegurar a abrangência e a qualidade dos estudos selecionados com a unificação dos termos no PubMed e Periódicos da Capes (stroke OR "cerebrovascular accident" OR "brain ischemia") AND ("transcranial direct current stimulation" OR tDCS OR "transcranial stimulation") AND ("virtual reality" OR gamification OR "VR-based therapy") AND ("motor recovery" OR -"transcranial direct current stimulation" OR tDCS "virtual reality" OR gamification "motor recovery" OR "functional recovery" OR "cognitive function" e para melhor orientação foram introduzidos estudos publicados entre 2019 e 2024 em (limite sugerido alcançado) e inglês. Para os critérios de inclusão e exclusão ficou determinado que teria estudos envolvendo pacientes que sofreram AVC (isquêmico ou hemorrágico), que investigassem o uso de estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS), utilização de terapia de gamificação em ambientes de realidade virtual como intervenção, que ocorresse comparação entre tDCS e gamificação em realidade virtual ou um dos dois de forma isolada, com estudos que o/houvesse avaliação da melhora na funcionalidade motora (escalas de funcionalidade, amplitude de movimento) e/ou função cognitiva (ex.: memória, atenção, linguagem), ensaios clínicos randomizados (RCTs), revisões sistemáticas, ou meta-análises, Estudos observacionais de alta qualidade (coorte ou caso-controle) que reportem intervenções específicas e com pacientes de 18 anos ou mais e foram excluídos Estudos que envolvam pacientes com outros distúrbios neurológicos que não o AVC (ex.: lesões traumáticas cerebrais, demência), Estudos que utilizem técnicas de estimulação cerebral que não sejam tDCS (ex.: TMS, ECT), Estudos que envolvam intervenções de realidade virtual sem relação com gamificação, que não avaliem diretamente os desfechos de funcionalidade motora ou cognitiva, publicações em outros idiomas que não seja inglês ou português e Estudos com

acesso indisponível para leitura completa. A triagem foi realizada em três etapas: leitura dos títulos e resumos, seguida pela análise completa dos textos e avaliação dos artigos lidos por meio de informações básicas, investigação metodológica, resultados, análise crítica e nos dados para discussão e após a realização desta etapa, a busca de dados nos mostrou que de 2.133 artigos selecionados para a leitura de título de resumo, sendo 29 do PubMed, 2.041 do Google Scholar, 63 da Periódicos da Capes e 71 duplicados após a leitura desses estudos foram elegíveis 26. Investigações para a leitura do resumo, com a anulação de duplicações, livros, documentos em PDF, artigos incompletos ou em idiomas não definidos, sobraram 35 para a leitura completa, somente 26 foram incluídos para representar esta revisão, descritos no fluxograma prisma abaixo.

3. RESULTADOS



O modelo desta análise integrativa foi constituído por Artigos de 11 Países, sendo 7 da China, 3 da Alemanha, 3 do Brasil, 2 do Taiwan, 2 da Turquia, 1 do Reino Unido, 1 da Coreia do Norte, 1 da Índia, 1 da Arábia Saudita, 1 da Espanha, 1 da Rússia, 1 sendo Multinacional, 1 dos EUA e 1 dos EUA com o Canadá e publicados entre 2019 e 2024, sendo o idioma português e inglês com 2 em português, e 24 na língua inglesa.

RESULTADOS

Número.	Autor.	Ano	País.	Público-alvo.
Artigo 1	Li RY, Chen KY, Wang XR, Yu Q, Xu L	2023.	China.	Pacientes com disfunção motora pós-AVC
Artigo 2	Zhang Q, Fu Y, Lu Y, Zhang Y, Huang Q, Yang Y	2021.	China.	Pacientes com AVC (cognição e saúde mental)
Artigo 3	Meng J, Yan Z, Gu F, Tao X, Xue T, Liu D, Wang Z	2022.	China.	Reabilitação do membro superior pós-AVC
Artigo 4.	Chatterjee K, Buchanan A, Cottrell K, et al.	2022.	Reino Unido.	Sobreviventes de AVC.

Artigo 5.	Elsner B, Kugler J, Pohl M, Mehrholz J	2020.	Alemanha.	Pacientes pós-AVC.
Artigo 6.	Heinrich C, Morkisch N, Langlotz T, et al.	2022.	Alemanha.	Pacientes com AVC.
Artigo 7.	Zhang Y, Fang H, Wang R, Hu Z, Qiu M	2024.	China.	Pacientes com depressão pós-AVC.
Artigo 8.	Zotey V, Andhale A, Shegekar T, Juganavar A	2023.	Índia.	Pacientes com lesão cerebral.
Artigo 9.	Stockbridge MD, Elm J, Breining BL, et al.	2023.	Estados Unidos.	Pacientes com afasia subaguda.
Artigo 10.	Wang CC, Hu TM, Lin YJ, et al.	2024.	Taiwan.	Pacientes pós-AVC.
Artigo 11.	Fregni F, El-Hagrassy MM,	2021.	Multinaciona l.	Pacientes neurológicos e psiquiátricos.

	Pacheco-Barrios K, et al.			
Artigo 12.	Gunduz ME, Bucak B, Keser Z	2023.	Turquia.	Pacientes com AVC.
Artigo 13.	da Silva LM, Sales WB, Rocha ES, et al.	2020.	Brasil.	Idosos pós-AVC
Artigo 14.	Albishi AM	2024.	Arábia Saudita.	Pacientes com AVC.
Artigo 15.	Lee JH, Jeun YJ, Park HY, Jung YJ	2021.	Coreia do Sul.	Pacientes com AVC
Artigo 16.	Liu Z, Chen P, Wu X, Zhang Y, Huang S, Xu Q	2022.	China.	Pacientes com comprometimen to cognitivo.
Artigo 17.	Huang CY, Chiang WC, Yeh YC, et al.	2022.	Taiwan.	Pacientes com AVC crônico.
Artigo 18.	Aramaki AL, Sampaio RF, Cavalcanti A, et al.	2021.	Brasil.	Pacientes pós-AVC.

RESULTADOS

Autor/ Ano	Banco de dados	Tecnologia	Objetivo	Desenho de estudo	Principais achados
1. Yang Li R et al. 2022	Pub Med	TDCS versus VR	Avaliar os efeitos de terapias tradicionais chinesas em comparação à tecnologias ocidentais na reabilitação motora pós-AVC	Meta -análise	<p>VR é muito ou levemente superior à TDCS nessas escalas motoras</p> <p>FMA-UE VR [61.4%] > tDCS [46.1%]</p> <p>FMA-LE (VR [84.8.7%] > tDCS [21.9%])</p> <p>BBS VR [72.2%] > tDCS [11.3%]),</p> <p>ARAT (VR [76.8%] > tDCS [72%])</p>
2. Li Z et al. 2022	Periódicos do	TDCS versus	Comparar e ranquear as 5 melhores intervenções	Meta -análise	VR e a TDCS foram superiores a NOR (terapias tradicionais) em todas as categorias

	Capes	VR	não farmacológicas		MOCA: tDCS > VR MMSE: VR>TDCS BI:tDCS>VR Resultados devem ser confirmados com amostras maiores e estudos de melhor qualidade
3. Wang C-C et al. 2024	Pub Med	TDCS e VR	Resumir a forma de aplicação atual de dispositivos de neuroreabilitação na recuperação de pacientes que sofreram o AVC	Revisão	tDCS: Não é eficaz para déficits de fala e depressão, apenas no tratamento de déficits motores, é portátil e possibilita o tratamento em casa, possui efeitos colaterais brandos (dor de cabeça e fadiga), é uma boa opção na fase crônica, é contraindicada para indivíduos com implantes cerebrais ou dispositivos elétricos implantados. VR: Não é eficaz para déficits de fala, mas é eficaz no tratamento da depressão (PSD) e de déficits motores, efeito motivacional, pode ocasionar tonturas, dores de cabeça e enjoo de movimento, fadiga, efeito negativo no equilíbrio estático.

4. Fregni F et al. 2020	Pub Med	TDCS	Avaliar a eficácia da tDCS como uma ferramenta para a reabilitação motora e para a recuperação das capacidades linguísticas, tendo em vista as dificuldades enfrentadas pelo paciente e por seus cuidadores	Revisão	Tecnologias que estimulam a plasticidade cerebral são interessantes na fase aguda, porém alterações neurais são mais frequentes nesse estágio, dificultando a diferenciação dos efeitos da terapia do processo natural de adaptação cerebral, assim são ainda mais desejáveis na fase crônica, onde essa atividade é em menos intensa ;parte considerável dos artigos selecionados de afasia eram da fase crônica e os resultados foram promissores
5. Elsner B et al. 2020	Pub Med	TDCS	Descobrir os efeitos da tDCS em atividades do dia a dia (ADL), funcionamento de braços e pernas, força muscular e habilidades cognitivas	Revisão	Essa revisão descobriu que é possível que a tDCS ajude na reabilitação do indivíduo em relação a tarefas do dia a dia, porém não melhora o funcionamento de braços e pernas, a força muscular e as habilidades cognitivas
6. Silva L M et al. 2020	Google Scholar	TDCS	Revisar estudos relacionados à tDCS e sua aplicação no tratamento do AVC	Revisão de literatura	Essa revisão mostrou que a tDCS traz benefícios consideráveis para os idosos após AVC, esses benefícios são encontrados tanto nas extremidades superiores quanto nas inferiores (marcha), garantindo maior

						funcionalidade para esses idosos. A tDCS se apresentou como uma terapia segura, pouco estudos relataram efeitos adversos e os efeitos relatados não interferem na saúde desses pacientes e nem na continuidade do tratamento
7. Stockbridge M D et al. 2023	Pub Med	TDCS	Testar a hipótese de que a tDCS ajudaria na recuperação de paciente com afasia na fase subaguda do AVC	Ensaio clínico randomizado or: 58 pacientes de 65 anos, aproximadamente 2 meses após terem sofrido o AVC	tDCS não melhorou a capacidade de nomear fotos, mas melhorou o discurso (muito importante para a participação social). Em 1 semana de tratamento, os resultados para nomeação de figuras 22.3 (95% CI, 13.5 -- 31.2) para tDCS e 18.5 (9.6 -- 27.4) para sham, o que não demonstrou diferenças significantes. Conteúdo e eficiência da descrição de figuras foi melhor com tDCS do que com sham. Além disso os Grupos não diferiram em qualidade de vida	
8. Shah-Basak P et al. 2023	Pub Med	TDCS	Avalia técnicas de neuromodulação na recuperação da fala e habilidades linguísticas	Revisão	Aponta a necessidade de padronização dos parâmetros de tDCS no tratamento da afasia, informa o melhor momento para a aplicação de tDCS para ganhos motores e cognitivos	

9. Lee J-H et al. 2021	Periódicos do Capes	TDCS	Acessar a eficácia de algumas terapias com tDCS na recuperação de braços e mãos de pacientes pós-AVC	Revisão sistemática e Meta-análise	Evidencia a eficácia da tDCS em adição a outras terapias de reabilitação (especialmente a VR, a fisioterapia e a terapia ocupacional) pode beneficiar a função da extremidade do membro superior parético de pacientes com AVC
10. Albishi, Alaa. M. 2024	Google Scholar	TDCS	Analizar a união da tDCS com outras terapias na recuperação funcional dos membros superiores	Revisão	Combinar tDCS com outras intervenções pode maximizar os resultados da recuperação dos membros superiores. No entanto, ainda não é claro em que modos a tDCS possui melhor desempenho quando combinada com a fisioterapia. Além disso, indica que essa combinação é proveitosa, considerando a competição entre os hemisférios cerebrais no AVC
11. Huang CY et al. 2022	Pub Med	RV para control e motor	Avaliar os efeitos da RV no controle motor e neuroplasticidade após AVC	Ensaio clínico randomizado	Melhora na função motora, redução de estresse oxidativo e inflamação
12. Zhang Q et al., 2021	Pub Med	Terapia s de VR	Analizar os efeitos da VR na cognição e saúde mental após AVC	Revisão sistemática e	Melhorias na cognição, memória, saúde mental e qualidade de vida

				Meta-análise	
13. Peláez-Vélez et al., 2023	Pub Med	VR e videogames	Avaliar o uso de RV e videogames na fisioterapia de pacientes com AVC	Ensaio clínico piloto randomizado	Melhorias motoras e cognitivas significativas
14. Chien-Yu Huang et al. 2022	Pub Med	Treinamento motor com RV	Estudar efeitos na neuroplasticidade e função motora após AVC crônico	Ensaio clínico randomizado	Melhora significativa na função do membro superior
15. Ögün et al. 2021	Pub Med	RV baseada em Leap Motion	Estudar função dos membros superiores em pacientes com AVC isquêmico	Estudo experimental	Melhora na precisão e amplitude de movimento
16. Zhang Y et al. 2024	Pub Med	TDCS	Avaliar técnicas de neuromodulação na PSD (depressão pós-AVC)	Revisão	Efeitos positivos da tDCS na depressão pós-AVC e limitações para a ampla aplicação clínica do método.

17. Wang Y et al. 2022	Periódicos do capes	TDCS	Avaliar os efeitos da tDCS no PSCI (debilitação cognitiva pós AVC) em pacientes com AVC, comparando-a com a rTMS	Revisão e Meta -análise	A tDCS se saiu melhor que a rTMS na melhora cognitiva e na ADL, porém o estudo possui limitações e sugere que sejam feitos ensaios clínicos em larga escala
18. Meng J et al. 2022	Pub Med	TDCS	Comparar os efeitos da combinação de tDCS com VR vs VR apenas	Revisão sistêmática e meta-análise	A combinação da tDCS com VR melhora a qualidade de vida dos pacientes, mas não demonstra superioridade em relação à VR sozinha nas funções motoras e cognitivas.
19. Chatterjee K et al. 2022	Pub Med	Realida de Virtual imersiv a	Avaliar o impacto da realidade virtual imersiva na reabilitação cognitiva de sobreviventes de AVC	Estudo experimental controlado	A realidade virtual imersiva melhora o desempenho cognitivo, como atenção e a memória, em sobreviventes de AVC, com alta aceitação dos participantes
20. Aramaki AL et al. 2021	Pub Med	Realida de Virtual centrad a no	Investigar a viabilidade do uso de realidade virtual personalizada na reabilitação após AVC	Estudo de viabilidad e	A abordagem centrada no cliente é viável, promovendo engajamento e resultados positivos na recuperação motora e funcional de pacientes pós-AVC

		cliente			
--	--	---------	--	--	--

4. DISCUSSÃO

É factível que a recuperação das habilidades comprometidas pelo AVC requer a atuação da neuroplasticidade, capacidade adaptativa do cérebro que envolve alterações estruturais e funcionais em resposta a eventos traumáticos e a mudanças no ambiente (9). Inicialmente, há uma resposta espontânea da neuroplasticidade no sistema nervoso, que sofre mudanças envolvendo a neurorregeneração e reorganização (12). Esse efeito tem maior intensidade na fase aguda e a plasticidade, essencial em todos os estágios do processo reabilitativo, acaba diminuindo ao longo do tratamento (13, 14). Nesse sentido, tendo em vista que o que é oferecido atualmente, a reabilitação dificilmente atinge resultados satisfatórios. Visando maximizar os efeitos de terapias tradicionais em todas as fases do AVC, métodos adjuntivos que possuem potencial de estimular a adaptação cerebral têm sido investigados (9). Sob essa ótica, teorias modernas baseadas em princípios básicos da neuroplasticidade se dividem principalmente em métodos de “inibição inter hemisférica” (TDCS) e de “neurônios espelho” (VR) (15).

TDCS

O dispositivo Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (tDCS) é um eletroestimulador conectado a no mínimo 2 eletrodos (ânodo e cátodo) que são posicionados em regiões específicas da cabeça do indivíduo que recebe o tratamento, levando corrente

elétrica estável (entre 1 mA e 2 mA) e de baixa amplitude para as porções corticais desejadas, geralmente durante 20-30 min por sessão (12, 15, 13). Esses estímulos vêm se mostrando promissores na modulação do potencial transmembrana de neurônios, impactando a polarização e a estruturação sináptica (16).

A tDCS possui dois modos principais, com efeitos opostos, que podem ser empregados de maneira conjunta: o anódico e o catódico (8). A despolarização neuronal provocada pela estimulação anódica intensifica a resposta excitatória no córtex e a hiperpolarização provocada por estímulos catódicos reduz a resposta excitatória (12). Sob essa ótica, o modelo de competição inter hemisférica do AVC sugere que regiões não afetadas exercem influência inibitória na porção afetada, o que representa um desequilíbrio que leva à ativação de padrões mal adaptativos, limitando a recuperação do AVC (12). Nesse viés, o modelo busca ajustar as interações entre os hemisférios cerebrais, promovendo a excitabilidade (despolarização) da área lesionada com a estimulação anódica (a-tDCS) e inibindo a parte não lesionada com estímulos catódicos (c-tDCS) simultaneamente (12).

Em comparação a outras formas de neuromodulação, a tDCS possui vantagens por ter menor custo, por atingir áreas maiores do córtex e por se tratar de um instrumento relativamente pequeno, o que a torna uma terapia adjuntiva com potencial considerável e possibilita a reabilitação domiciliar (4, 14). Sua aplicação é ampla e a possibilidade de utilizá-lo de formas variadas, alterando o período, a corrente, posição dos eletrodos e a frequência, tem gerado resultados conflitantes na literatura atual, pois, por ser testado de maneiras diferentes, é difícil comparar os resultados encontrados e chegar a uma resposta aceitável (12).

Apesar do estudo Shah-Basak P et al. 2023 (15) identificar a padronização voltada à melhora de condições específicas, tais como a afasia crônica, como uma necessidade,

atentar-se às individualidades de cada paciente também é crucial. Entretanto, não há consenso sobre as melhores práticas de tDCS para a maximização dos resultados em tratamentos individualizados (15). Nesse estudo, afirma-se que para gerar plasticidade a longo prazo, tipicamente, são necessárias múltiplas sessões (5-15) ao longo de 1-3 semanas. Além disso, aponta-se que as demandas cognitivas, realização de tarefas, durante uso da neuromodulação influenciam profundamente os efeitos gerados. Enquanto para benefícios motores, recomenda-se a realização da tDCS antes ou logo após os exercícios de treinamento. Logo, faz-se necessária a definição de parâmetros específicos para pacientes afásicos e a consideração dos períodos tidos como mais efetivos para cada sequela do AVC.

A depressão é uma doença multifatorial que acomete cerca de um terço dos indivíduos após o acidente vascular cerebral (5). Essas pessoas acabam se sentindo menos interessadas e motivadas durante o processo de reabilitação e demonstrando pior qualidade de vida em relação aos pacientes não depressivos. Os sintomas da PSD, depressão pós-AVC, são mais difíceis de se tratar, pois, segundo o estudo Zhang Y et al. 2024 (5), pacientes com questões neurológicas não respondem tão bem ao tratamento farmacológico convencional quanto indivíduos comuns que apresentam os mesmos sintomas depressivos. Neste estudo, mostra-se, apesar da heterogeneidade das amostras e da falta de pesquisas suficientes para a ampla aplicação clínica desse método de modulação, que a tDCS atingiu resultados expressivos e apresenta um potencial enorme na amenização dos sintomas da PSD, facilitando o processo de reabilitação como um todo (5).

Na revisão Elsner B et al. 2020 (7), a tDCS foi avaliada de forma ampla, considerando problemas relacionados à cognição (PSCI), a movimentação de estruturas corporais distintas e a aptidão para realizar tarefas cotidianas (ADL). A qualidade das evidências para a melhora da ADL variou de muito baixa até alta, para o funcionamento da extremidade superior (UL)

foi de baixa à moderada, enquanto, para a questão cognitiva foram observados certos efeitos, mas os estudos eram de qualidade muito ruim. Diante disso, os pesquisadores concluíram que é possível que a tDCS possibilite a melhora da performance do paciente em atividades do dia a dia, porém não promove a melhora da força muscular e das habilidades cognitivas ou do funcionamento dos braços e das pernas. Sabendo que os estudos incluídos se diferem em modo, localização, quantidade de corrente, tamanho e posicionamento dos eletrodos, tipo e localização do AVC, mais ensaios clínicos de qualidade superior e com amostras maiores precisam ser realizados para embasar esses achados.

Por outro lado, o estudo Silva L M et al. 2020 (17), focado em faixas etárias mais elevadas, relatou benefícios motores dessa tecnologia, efeitos colaterais mínimos e encontrou resultados positivos a partir da sua combinação com outras terapias, como a terapia do espelho, a fisioterapia e o treinamento físico. Foi registrada melhora no equilíbrio, na força e na performance motora dos membros superiores e inferiores dos pacientes, o que contradiz o estudo mencionado anteriormente. Outro estudo, Albishi, Alaa. M. 2024 (18), voltado para a recuperação da funcionalidade motora, também sugeriu a união da fisioterapia com a tDCS, explorando o modelo de competição inter hemisférica. Ainda que não tenha sido definida uma forma exata de se utilizar essa tecnologia para alcançar melhorias no funcionamento dos membros superiores, as descobertas do estudo indicam efeitos significativos da combinação da estimulação e do tratamento fisioterapêutico nesta porção corporal (18). Diante disso, mais trabalhos que investiguem os efeitos neurofisiológicos e as mudanças funcionais no movimento dos membros superiores em pacientes pós-AVC, submetidos à tDCS e à fisioterapia para a reabilitação.

Ao comparar a tDCS e a VR com a VR sozinha, o estudo Meng J et al. 2022 descobriu que a combinação apresenta um impacto positivo na qualidade de vida dos

pacientes, mas não supera a VR de maneira expressiva em aspectos motores. Nesse sentido, houve um aumento do BI (realização de atividades do dia a dia) e efeitos poucos expressivos no FM-UE (funcionamento motor dos membros superiores), contradizendo Albishi, Alaa. M. 2024 (18) e corroborando Wang Y et al. 2022 (20).

Nessa mesma linha de tratamento, na pesquisa Lee J-H et al. 2021 (19), resultados favoráveis à aplicação motora da tDCS também foram encontrados. A partir da análise de 20 ensaios clínicos, efeitos moderados da tDCS foram notados em sobreviventes do AVC. Outrossim, descobriram que a combinação dos estímulos transcranianos com a Realidade Virtual, com a terapia ocupacional ou com a fisioterapia é显著mente superior a alguns dos outros tratamentos disponíveis. Dessa forma, sugerem que a tDCS melhora a performance motora de mãos e braços de pacientes pós-AVC e indicam possíveis sinergias.

Em Wang Y et al. 2022 (20), a efetividade da tDCS na recuperação de habilidades cognitivas é comparada à da rTMS (Estimulação Magnética Transcraniana Repetitiva). Tendo em vista que capacidades mentais (atenção, linguagem, memória, criatividade e raciocínio) são afetadas pelo AVC (PSCI), dificultando a reinserção social dos pacientes, assim como recuperação da função motora é priorizada na reabilitação, o tratamento dos déficit cognitivos é uma das principais intenções por trás desse processo. No cenário hodierno, o tratamento padrão consiste em medicamentos e na realização de exercícios cognitivos, sendo longo e suscetível a reações negativas por parte dos pacientes (20). Segundo a análise de Wang Y et al. 2022 (20), há evidências que confirmam a eficácia de tecnologias não invasivas de estimulação cerebral na melhora do PSCI, quando utilizadas como terapias adjuntivas, maximizando o efeito do que já é disponibilizado. Nesse sentido, os autores destacaram que aparentemente tDCS foi mais eficaz que tMCS em termos de melhora cognitiva e de ADL, mas é imprescindível, devido às limitações do estudo, que ensaios clínicos randomizados de

larga escala sejam realizados a fim de confirmar essa informação.

Dentre os comprometimentos cognitivos, a afasia é um dos mais comuns e debilitantes do AVC (10). Cerca de 40% dos sobreviventes desenvolvem déficits de fala crônico e lidam com essa debilitação até o final de suas vidas (10). O artigo Stockbridge M D et al. 2023 (10) focou nesta sequela, mostrando que tDCS não melhorou a capacidade de nomear fotos em pacientes que haviam sofrido AVC há aproximadamente 2 meses, mas melhorou o discurso, descrição do conteúdo e eficiência (muito importante para a participação social). Os autores compararam a melhora na fase crônica e na subaguda, concluindo que a magnitude da melhora é superior na subaguda, porém questionamentos a respeito da segurança nesse estágio foram levantados. Existe certa preocupação quanto às consequências do excesso de estímulo a longo prazo, que pode ser mitigada com a realização de estudos que considerem tais efeitos.

Nesse sentido, o estudo Fregni F et al. 2020 (13) discute que apesar de tecnologias que estimulam a plasticidade cerebral serem interessantes e comumente estudadas na fase aguda do AVC, as alterações neurais espontâneas da são naturalmente mais frequentes nesse estágio, dificultando a diferenciação dos efeitos da terapia do processo adaptacional neuroplástico. Assim são ainda mais desejáveis na fase crônica, onde não há preocupação com a hiperestimulação, visto que a neuroplasticidade é bem menos intensa nesse estágio (13). Vale ressaltar que parte considerável dos artigos selecionados sobre afasia, neste mesmo trabalho, eram da fase crônica e os resultados foram promissores.

Por conseguinte, a tDCS mostra-se promissora em todos os aspectos reabilitativos, Apesar da presença de resultados divergentes na literatura, os efeitos são majoritariamente positivos, tanto na função motora quanto na cognitiva. Além disso, estudos como Wang Y et al. 2022 (20) apresentam limitações relacionadas à heterogeneidade da população avaliada, a

quantidade insuficiente de ensaios clínicos de qualidade, ao uso de protocolos e parâmetros variados. Dessa forma, é possível atribuir a variação dos resultados a essas diferenças.

VR

A reabilitação pós-AVC é um processo difícil e que envolve a recuperação de funções comprometidas, como o restabelecimento de funções motoras e cognitivas, o que exige uma abordagem terapêutica eficaz. Nesse contexto, a utilização de tecnologias como a RV tem se mostrado promissora, particularmente no que se refere à neuroplasticidade, que é a capacidade do cérebro de reorganizar-se e formar novas conexões sinápticas. Os estudos Chatterjee K et al. 2022, Liu Z et al. 2022 e Aramaki AL et al. 2021 (6, 21, 22) demonstram a eficácia da realidade virtual na melhoria das funções cognitiva e motora de pacientes com AVC, recorrendo ao uso de ambientes de RV personalizados para tratar déficits cognitivos em pacientes pós-AVC esclarecendo evolução significativa nas funções cognitivas.

Uma das abordagens emergentes para a reabilitação pós-AVC é a combinação de VR com gamificação, por meio de cenários que exigem respostas motoras, promovendo a repetição de movimentos de forma lúdica, essencial para a neuroplasticidade. Segundo Huang C Y et al., 2023 (23), a repetição de movimentos coordenados e precisos facilita a reorganização neuronal, essencial para a recuperação das funções motoras perdidas após o AVC (23). Outrossim, a gamificação utiliza elementos como recompensas, desafios progressivos e feedback imediato, aumentando o engajamento dos pacientes durante as sessões de fisioterapia. O estudo Peláez-Vélez et al., 2023 (24) demonstra que a inclusão desses elementos aumenta a participação ativa dos pacientes, o que resulta em melhorias significativas na amplitude de movimento e coordenação motora, como ao explorar o uso de

videogames terapêuticos em ambientes de RV. Dessa forma, a gamificação não só motiva o paciente, mas também torna o processo de reabilitação mais eficiente.

Não se limitando à função motora, o uso de VR desempenha um papel importante na regeneração cognitiva como a terapia de espelho imersiva que desfruta da realidade virtual (VR) para criar uma experiência mais envolvente e eficaz na reabilitação de pacientes com acidente vascular cerebral (AVC). Enquanto a abordagem convencional baseia-se no reflexo de um membro saudável para estimular a movimentação do membro afetado, a versão imersiva transporta o paciente para um ambiente digital onde ele interage diretamente com representações virtuais do corpo Heinrich et al. 2022 (8), tecnologias como Leap Motion que permitem que pacientes interajam diretamente com objetos virtuais através do movimento das mãos, sem a necessidade de controladores físicos Ögün et al. 2021(25). Ambos oferecem evidências complementares sobre o impacto da terapia de espelho imersiva, reforçando a ideia de que essa técnica não apenas melhora o controle motor, mas também promove benefícios cognitivos importantes, como a resolução de problemas e a percepção espacial Zhang Q et al., 2021 (1). Contudo, a adaptação a essas tecnologias exige que os centros de reabilitação possuam profissionais capacitados e infraestrutura adequada, o que pode ser uma barreira, especialmente em regiões com recursos limitados.

Embora os estudos revisados apresentem resultados promissores na reabilitação pós-AVC utilizando realidade virtual (VR) e gamificação, algumas limitações metodológicas e lacunas devem ser consideradas para uma análise crítica mais aprofundada, como um estudo que conduziram com uma amostra de 30 pacientes, um número reduzido que restringe a capacidade de generalizar os achados para populações maiores Peláez-Vélez et al., 2023 (24). Além disso, não há informações detalhadas sobre a diversidade dos participantes em termos de gravidade do AVC, idade ou condições associadas, o que poderia impactar a resposta ao

tratamento com RV. Outro ponto crítico refere-se ao acompanhamento dos pacientes, relatando melhorias motoras e cognitivas significativas com o uso de Leap Motion, como o estudo Zhang Q et al., 2021 (1), que foi conduzido em um período de apenas 8 semanas, sem avaliações posteriores para verificar a durabilidade dos ganhos obtidos. Tanto Ögün et al. 2021 (25) quanto Zhang Q et al., 2021 (1) utilizaram diferentes tecnologias e ambientes virtuais, sem uma padronização clara dos protocolos de intervenção. Essa variação metodológica dificulta a replicação dos estudos e a comparação direta entre os resultados. Embora os benefícios da RV sejam evidentes, a tecnologia utilizada nos estudos, como o Leap Motion, não está amplamente disponível em todos os centros de reabilitação, principalmente em regiões com recursos limitados Zhang Q et al., 2021 (1). Essa disparidade tecnológica cria um obstáculo para a aplicação prática da terapia em larga escala. De maneira similar, Ögün et al., 2021 (25) ressalta que a personalização dos ambientes virtuais demanda profissionais capacitados e recursos técnicos, o que pode representar uma barreira adicional para instituições com infraestrutura limitada. Para superar tais limitações, se faz necessária a realização de estudos com amostras maiores e mais diversas, que incluem diferentes faixas etárias, níveis de gravidade do AVC e comorbidades, o que pode melhorar a generalização dos resultados.

De forma complementar, o acompanhamento a longo prazo dos pacientes é fundamental para avaliar a durabilidade dos ganhos obtidos. Ademais, a padronização dos protocolos de intervenção e a colaboração entre centros de reabilitação também são essenciais para garantir a replicabilidade dos estudos e a comparação dos resultados. Para aumentar a acessibilidade da VR, é importante desenvolver soluções de baixo custo e treinar profissionais em diversas regiões, garantindo que o uso da tecnologia se torne uma prática comum na reabilitação de AVC. Por fim, a implementação de programas de capacitação contínua para os

profissionais de saúde é de extrema importância, acompanhados da adoção de recursos tecnológicos de baixo custo, podendo ajudar a mitigar as limitações de infraestrutura em centros de reabilitação com poucos recursos.

Em suma, a VR e a gamificação oferecem uma abordagem inovadora e promissora para a reabilitação pós-AVC, com resultados animadores em termos de recuperação motoras e cognitivas. No entanto, a superação das limitações metodológicas, a padronização de protocolos e o aumento da acessibilidade tecnológica são fundamentais para garantir que essas terapias se tornem amplamente aplicáveis e eficazes para uma maior parcela dos pacientes.

TDCS VERSUS VR

Poucos estudos da literatura atual possuem dados que possibilitem a comparação direta entre a eficácia da VR e da tDCS em pacientes pós-AVC. Dessa forma, foram encontradas apenas duas meta análises e uma revisão que se adequaram aos critérios de seleção deste artigo.

Na meta análise Yang Li R et al. (26), 5128 pacientes de 74 estudos diferentes foram analisados por meio de diferentes instrumentos de avaliação motora, incluindo o Fugl-Meyer Assessment upper extremity (FMA-UE), o Fugl-Meyer Assessment lower extremity (FMA-LE), Berg Balance Scale (BBS) e Action Research Arm Test (ARAT). A partir dos resultados, nota-se a vantagem VR em relação à tDCS em todas as avaliações motoras, onde a diferença entre as porcentagens de melhora varia de 4,8% até 63%, aproximadamente. Apesar dos autores destacarem a necessidade de mais ensaios clínicos (RCTs) para a confirmação dos

resultados, que não foi alcançada devido às limitações do estudo, é evidente que nessas escalas de evolução motora a VR foi inegavelmente superior à tDCS.

Enquanto isso, no estudo Li Z et al. 2022 (3) foram consideradas as sequelas cognitivas, que foram mensuradas através dos seguintes testes: Montreal Cognitive Assessment (MoCA), Mini Mental State Examination (MMSE) e Barthel-Index (BI). Tais métodos avaliam respectivamente o funcionamento e a performance cognitiva, além da capacidade do indivíduo realizar atividades do dia a dia de maneira independente. Nesses quesitos, a tDCS foi eficiente apenas para aumentar a função cognitiva global e não apresentou mudanças significativas no MMSE. Sendo o MoCA mais sensível e capaz de identificar debilitação cognitiva branda e sendo o MMSE mais indicado para o diagnóstico do comprometimento moderado e severo, esse resultado pode indicar que tDCS não seria a tecnologia mais indicada para pacientes com debilitação cognitiva pós-AVC (PSCI), o que contradiz alguns dos outros artigos selecionados (10, 20). Ademais, outro fato inesperado foi o desempenho reduzido da VR nesses mesmos instrumentos avaliativos. Ainda que a integração de ambientes realistas e intuitivos, que garantem segurança, possuem boa aceitabilidade e facilitam a percepção da melhora dos pacientes durante a reabilitação (3), seja algo positivo por propiciar a plasticidade cerebral, a eficácia dessa terapia na cognição global continua incerta. Um fator que deve ser considerado é que, atualmente, o conteúdo da VR consiste em jogos imersivos focados na mobilização física, ou seja, possivelmente por não serem direcionados a ganhos cognitivos, os jogos da VR não obtiveram resultados tão positivos neste estudo. Logo, ainda que ambas as terapias tenham obtido resultados insuficientes, a tDCS superou a VR na realização de atividades do dia a dia, na cognição global (MoCA) e foi superada pela VR em outro teste cognitivo (MMSE).

A revisão Wang C-C et al. 2024 (12) se opôs a grande parte dos artigos selecionados ao concluir que a tDCS é, de modo geral, eficiente apenas no tratamento de déficits motores e diminuir a espasticidade, não possuindo benefícios para pacientes com afasia, contradizendo o estudo (10), sendo mais viável na fase crônica do AVC e necessitando investigações que clarifiquem sua eficácia em tratar a depressão (PSD), problemas de deglutição e de fala. O estudo apresentou a tDCS como uma alternativa à Estimulação Magnética Transcraniana Repetitiva (rTMS), menos eficaz na maioria dos parâmetros, porém com menos efeitos adversos e com a possibilidade de tratamento domiciliar, devido à portabilidade. Além disso, nas fases aguda e subaguda, a tDCS pode ser utilizada para aliviar a interrupção da função cerebral e para reequilibrar a excitabilidade cortical, mesmo sendo apresentada como uma tecnologia mais adequada à fase crônica em relação a outras técnicas de neuromodulação. Sabendo que as evidências dos efeitos terapêuticos são inconsistentes, é válido ressaltar que os dados clínicos são heterogêneos, os métodos de tDCS, o tamanho do eletrodo, a intensidade da estimulação, a duração da estimulação e as posições de fixação variam entre os estudos. Dessa forma, vários fatores influenciam a variação das conclusões a respeito da tDCS, presentes na literatura.

Nesta mesma pesquisa (12), a VR também foi abordada, seu impacto motor e psicossocial foi explorado, enquanto sua influência na cognição não foi. Os autores afirmaram que o uso VR com Kinect ou Wii pode ser uma opção terapêutica econômica durante o estágio crônico, pois, ao motivar e aliviar sintomas psicossociais da PSD, a VR gera adesão e ajuda na continuidade do tratamento, o que é crucial para a recuperação dos pacientes neste e em outros estágios da doença. Essa tecnologia é recomendada como terapia adjuntiva e, assim como a tDCS, não deve substituir os métodos tradicionais, como a fisioterapia, a terapia ocupacional e a fonoaudiologia, deve complementá-los para maximizar

os resultados. Ademais, principalmente nos casos em que os jogos de imersão total não apresentam um fundo fixo, a VR pode ocasionar tonturas, enjoo, fadiga e dores de cabeça.

Em suma, nesta revisão, ambos são tidos como métodos positivos na recuperação motora (força muscular, equilíbrio, movimentação) e a VR é apontada como benéfica no tratamento dos sintomas depressivos que atrapalham a reabilitação de modo geral, embora os resultados motores da tDCS tenham sido inferiores aos da VR na primeira meta análise exposta Yang Li R et al. (26), a tDCS teve melhores resultados nas escala cognitiva MoCA e na capacidade de realização de tarefas cotidianas de maneira independente (BI).

5. CONCLUSÃO

Os estudos incluídos nesta revisão integrativa permitem visualizar o impacto da adoção de métodos adjuntivos na evolução da movimentação, força e cognição dos pacientes pós-AVC. Além disso, percebeu-se que a aplicação de ambas as técnicas influenciam na neuroplasticidade e são ainda mais desejáveis na fase crônica do AVC. Foi possível verificar que os trabalhos a respeito da aplicação dessas terapias emergentes ainda são muito limitados em qualidade e em quantidade, o que dificulta a comparação e determinação da melhor opção para cada fase e para cada indivíduo.

Para maximizar os benefícios dessas abordagem, é essencial a realização de ensaios clínicos randomizados multicêntricos e de longo prazo, que possam consolidar diretrizes claras para suas aplicações clínicas. À luz disso, a incorporação de tecnologias de rastreamento fisiológico e a adaptação das intervenções às necessidades específicas de cada paciente representam necessidades para a potencialização dos tratamentos. Logo, com devido investimento e com a realização de mais estudos, a tDCS e a VR têm o potencial de

revolucionar a reabilitação pós-AVC, ampliando o acesso a tratamentos mais eficazes e promovendo uma recuperação mais rápida e duradoura.

Ambas são abordagens inovadoras e promissoras na reabilitação de pacientes pós-AVC, contribuindo para a modulação da plasticidade neural, promovendo engajamento na reabilitação e frequentemente colaborando com melhorias significativas nas funcionalidades motoras e cognitivas. Quando utilizadas em conjunto, apontam ganhos expressivos na amplitude de movimento, coordenação motora, memória e atenção, reforçando o potencial terapêutico dessa combinação. Nesse sentido, os efeitos motores da tDCS são expressos positivamente quando combinada com a fisioterapia e a Realidade Virtual.

Vale ressaltar, que o grupo avaliado, pacientes que sofreram AVC, é amplo e bastante heterogêneo, tornando difícil identificar as particularidades da reação dos pacientes em estágios específicos do acidente vascular (agudo, subagudo e crônico) em grande parte dos ensaios, metanálises e revisões disponíveis gratuitamente. Ademais, não há um protocolo definido para a utilização dessas terapias visando amenizar sequelas específicas. Desse modo, destaca-se a importância da definição de parâmetros de tDCS considerados ideais para cada sequela, de descobrir melhores formas de atuação para cada estágio do AVC e do desenvolvimento de jogos de VR voltados a capacidades cognitivas.

Sabendo que os jogos da VR são frequentemente voltados a habilidades motoras, já era esperado que, em comparação com a tDCS, a VR se testes motores (FMA-UE, FMA-LE, BBS, ARAT). Enquanto, a tDCS, comumente presente em estudos com viés cognitivo, demonstrou-se efetiva na reabilitação dessa funcionalidade.

Por fim, apesar das contradições e inconsistências, com base na literatura atual, acredita-se que a Realidade Virtual seja mais indicada para déficits motores e a tDCS seja recomendada para déficits cognitivos em indivíduos que sofreram o AVC. Entretanto, tais

resultados carecem de confirmação e precisam ser verificados por meio do desenvolvimento de estudos de maior qualidade.

REFERÊNCIAS

- Zhang Q, Fu Y, Lu Y, Zhang Y, Huang Q, Yang Y, et al. Impact of Virtual Reality-Based Therapies on Cognition and Mental Health of Stroke Patients: Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Medical Internet Research* [Internet]. 2021 Nov 17 [cited 2024 Dec 11];23(11):e31007–7. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8663637/>
- Meng J, Yan Z, Gu F, Tao X, Xue T, Liu D, Wang Z. Transcranial direct current stimulation with virtual reality versus virtual reality alone for upper extremity rehabilitation in stroke: A meta-analysis. *Heliyon*. 2022 Dec 29;9(1):e12695. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e12695. PMID: 36685449; PMCID: PMC9849940. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9849940/>
- Li Z, Yang L, Qiu H, Wang X, Zhang C, Zhang Y. Comparative efficacy of 5 non-pharmacological therapies for adults with post-stroke cognitive impairment: A Bayesian network analysis based on 55 randomized controlled trials. *Frontiers in Neurology* [Internet]. 2022 Sep 28 [cited 2024 Dec 11];13. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9554560/>
- Zhou K, Zhou Y, Zeng Y, Zhang J, Cai X, Qin J, et al. Research Hotspots and Global Trends of Transcranial Direct Current Stimulation in Stroke: A Bibliometric Analysis. *Neuropsychiatric Disease and Treatment* [Internet]. 2023 Mar 1 [cited 2024 Dec 11];Volume 19:601–13. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10025138/>

Zhang Y, Fang H, Wang R, Hu Z, Qiu M. Non-Invasive Brain Stimulation Progression in Post-Stroke Depression Treatment: A Systematic Review. *Alpha Psychiatry*. 2024 Sep 1;25(5):626-634. doi: 10.5152/alphapsychiatry.2024.241646. PMID: 39553496; PMCID: PMC11562223. Available from:

<https://PMC.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11562223/>

Chatterjee K, Buchanan A, Cottrell K, Hughes S, Day TW, John NW. Immersive Virtual Reality for the Cognitive Rehabilitation of Stroke Survivors. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering* [Internet]. 2022 Jan 1 [cited 2024 Dec 11];30:719–28. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9732984>

Elsner B, Kugler J, Pohl M, Mehrholz J. Transcranial direct current stimulation (tDCS) for improving activities of daily living, and physical and cognitive functioning, in people after stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2020 Nov 11;11(11):CD009645. doi: 10.1002/14651858.CD009645.pub4. PMID: 33175411; PMCID: PMC8095012. Available from:

<https://PMC.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8095012/>

Heinrich C, Morkisch N, Langlotz T, Regenbrecht H, Dohle C. Feasibility and psychophysical effects of immersive virtual reality-based mirror therapy. *J Neuroeng Rehabil*. 2022 Oct 7;19(1):107. doi: 10.1186/s12984-022-01086-4. PMID: 36207720; PMCID: PMC9540740. Available from:

<https://PMC.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9540740/>

Vaishnavi Zote, Amol Andhale, Tejas Shegekar, Anup Juganavar. Adaptive Neuroplasticity in Brain Injury Recovery: Strategies and Insights. *Cureus* [Internet]. 2023 Sep 24 [cited 2024 Dec 11]; Available from:

<https://PMC.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10598326/#sec3>

Stockbridge MD, Elm J, Breining BL, Tippett DC, Sebastian R, Cassarly C, et al.

Transcranial Direct-Current Stimulation in Subacute Aphasia: A Randomized Controlled

Trial. Stroke [Internet]. 2023 Apr [cited 2024 Dec 11];54(4):912–20. Available from:

https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/STROKEAHA.122.041557?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed

Dal K, Cristina R, Galvão CM. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. Texto & Contexto - Enfermagem [Internet]. 2008 Dec 1 [cited 2024 Dec 28];17(4):758–64. Available from:

<https://www.scielo.br/j/tce/a/XzFkq6tjWs4wHNqNjKJLkXQ/?lang=pt>

Wang CC, Hu TM, Lin YJ, Chen CL, Hsu YC, Kao CL. Use of noninvasive brain stimulation and neurorehabilitation devices to enhance poststroke recovery: review of the current evidence and pitfalls. J Int Med Res. 2024 Apr;52(4):3000605241238066. doi: 10.1177/03000605241238066. PMID: 38603599; PMCID: PMC11010770. Available from:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11010770/>

Fregni F, El-Hagrassy MM, Pacheco-Barrios K, Carvalho S, Leite J, Simis M, Brunelin J, Nakamura-Palacios EM, Marangolo P, Venkatasubramanian G, San-Juan D, Caumo W, Bikson M, Brunoni AR; Neuromodulation Center Working Group. Evidence-Based Guidelines and Secondary Meta-Analysis for the Use of Transcranial Direct Current Stimulation in Neurological and Psychiatric Disorders. Int J Neuropsychopharmacol. 2021 Apr 21;24(4):256-313. doi: 10.1093/ijnp/pyaa051. PMID: 32710772; PMCID: PMC8059493. Available from:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8059493/pdf/pyaa051.pdf>

Gunduz, M.E.; Bucak, B.; Keser, Z. Advances in Stroke Neurorehabilitation. *J. Clin. Med.* 2023, 12, 6734. <https://doi.org/10.3390/jcm12216734> Available from:

<https://www.mdpi.com/2077-0383/12/21/6734/pdf>

Shah-Basak P, Boukrina O, Li XR, Jebahi F, Kielar A. Targeted neurorehabilitation strategies in post-stroke aphasia. *Restor Neurol Neurosci.* 2023;41(3-4):129-191. doi: 10.3233/RNN-231344. PMID: 37980575; PMCID: PMC10741339. Available from:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37980575/>

Khrulev AE, Kuryatnikova KM, Belova AN, Popova PS, Khrulev SE. Modern Rehabilitation Technologies of Patients with Motor Disorders at an Early Rehabilitation of Stroke (Review). *Sovrem Tekhnologii Med.* 2022;14(6):64-78. doi: 10.17691/stm2022.14.6.07. Epub 2022 Nov 28. PMID: 37181286; PMCID: PMC10171053.

Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10171053/>

da Silva, L. M., Sales, W. B., Rocha, E. S., da Silva Freire, J. V., & de Oliveira, A. S. C. ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA EM IDOSO APÓS ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO: UMA REVISÃO DA LITERATURA.

Available from:

https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/cieh/2020/TRABALHO_EV136_MD1_SA19_ID883_10062020012150.pdf

Albishi, Alaa. M. PhD*. How does combining physical therapy with transcranial direct stimulation improve upper-limb motor functions in patients with stroke? A theory perspective. *Annals of Medicine & Surgery* 86(8):p 4601-4607, August 2024. | DOI: 10.1097/MS9.000000000002287 Available from:

https://journals.lww.com/annals-of-medicine-and-surgery/fulltext/2024/08000/how_does_combining_physical_therapy_with.aspx

Lee J-H, Jeun Y-J, Park HY, Jung Y-J. Effect of Transcranial Direct Current Stimulation Combined with Rehabilitation on Arm and Hand Function in Stroke Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Healthcare*. 2021; 9(12):1705.

<https://doi.org/10.3390/healthcare9121705> Available from:

<http://www.periodicos.capes.gov.br/index.php/acervo/buscador.html?task=detalhes&source=&id=W4200538454>

Wang Y, Xu N, Wang R, Zai W. Systematic review and network meta-analysis of effects of noninvasive brain stimulation on post-stroke cognitive impairment. *Front Neurosci*. 2022 Dec 28;16:1082383. doi: 10.3389/fnins.2022.1082383. PMID: 36643019; PMCID: PMC9832390. Available from:

<http://www.periodicos.capes.gov.br/index.php/acervo/buscador.html?task=detalhes&source=all&id=W4312223043>

Liu Z, Chen P, Wu X, Zhang Y, Huang S, Xu Q. Effects of virtual reality rehabilitation training on cognitive function and activities of daily living of patients with poststroke cognitive impairment: A systematic review and meta-analysis. *Neuropsychologia*. 2022; 160:107026. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2021.107026. Available from:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0>

Aramaki AL, Sampaio RF, Cavalcanti A, Silva e Dutra FCM. Uso da realidade virtual centrada no cliente na reabilitação após acidente vascular encefálico: um estudo de viabilidade. *Arq Neuropsiquiatr*. 2021;79(3):198-206. doi: 10.1590/0004-282X20210046.

Available from:

<https://www.scielo.br/j/anp/a/HpDmq79pqL4QFh8GypfDz3s/?format=html&lang=en>

Huang CY, Chiang WC, Yeh YC, Fan SC, Yang WH, Kuo HC, et al. Effects of virtual reality-based motor control training on inflammation, oxidative stress, neuroplasticity and

upper limb motor function in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial. J

Neuroinflammation. 2022;19(1):10. Available from:

<https://PMC8751278/>

Peláez-Vélez FJ, Eckert M, Gacto-Sánchez M, Martínez-Carrasco Á. Use of Virtual Reality and Videogames in the Physiotherapy Treatment of Stroke Patients: A Pilot Randomized Controlled Trial. J Clin Med. 2023;12(4):1-12. Available from:

<https://PMC10049060/>

ÖĞÜN MN, KURUL R, YAŞAR MF, TURKOGLU SA, AVCI Ş, YILDIZ N. Effect of Leap Motion-based 3D Immersive Virtual Reality Usage on Upper Extremity Function in Ischemic Stroke Patients. Arq Neuropsiquiatr. 2023;81(2):120-8. Available from:

<https://www.scielo.br/j/anp/a/LX8RSmhypcBFxW6HmJmfpHc/?lang=en>

Li RY, Chen KY, Wang XR, Yu Q, Xu L. Comparison of Different Rehabilitation Techniques of Traditional Chinese and Western Medicine in the Treatment of Motor Dysfunction After Stroke Based on Frequency Method: A Network Meta-analysis. Am J Phys Med Rehabil. 2023 Jun 1;102(6):504-512. doi: 10.1097/PHM.0000000000002130. Epub 2022 Oct 17. PMID: 36731006; PMCID: PMC10184820. Available from:

<https://PMC10184820/>