

NEUROPLASTICIDADE E INTERVENÇÕES NÃO INVASIVAS: EVIDÊNCIAS DE ESTIMULAÇÃO CEREBRAL, TREINAMENTO COGNITIVO E MODULAÇÃO SENSORIAL NA REABILITAÇÃO NEURAL

**Neuroplasticity and Non-Invasive Interventions: Evidence of Brain Stimulation,
Cognitive Training, and Sensory Modulation in Neural Rehabilitation**

José Songlei da Silva Rocha¹, Tania Mara Pedroso Muller², João Paulo Tavares Araújo³

E-mail correspondente: jrocha22a@gmail.com

Data de publicação: 03 de Março de 2026

DOI: doi.org/10.55703/27644006060111

RESUMO

Objetivo: Analisar criticamente as evidências científicas sobre o impacto de intervenções não invasivas, incluindo estimulação cerebral, treinamento cognitivo e modulação sensorial, na promoção da neuroplasticidade e na reabilitação neural. **Métodos:** Realizou-se revisão integrativa da literatura com base nas diretrizes PRISMA. A busca foi conduzida nas bases PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science e Cochrane Library, abrangendo o período de 2000 a 2025. Foram incluídos ensaios clínicos randomizados, estudos controlados e meta-análises envolvendo adultos submetidos a intervenções não invasivas com desfechos relacionados à plasticidade neural, função cognitiva ou recuperação funcional. **Resultados:** Foram incluídos 20 estudos, predominando ensaios clínicos randomizados. A estimulação cerebral não invasiva, especialmente tDCS e rTMS, demonstrou melhora significativa em memória episódica, memória de trabalho e função executiva, com maior consistência em protocolos multissessão. Intervenções combinadas com treinamento cognitivo apresentaram efeito sinérgico superior às intervenções isoladas. Evidências neurofisiológicas indicaram modulação da excitabilidade cortical e alterações neuroquímicas compatíveis com mecanismos de plasticidade sináptica. A modulação sensorial por realidade virtual mostrou benefício moderado na reabilitação funcional pós-AVC. **Conclusão:** Intervenções não invasivas apresentam fundamentação neurobiológica consistente e evidência clínica promissora na modulação da neuroplasticidade e na reabilitação neural. Entretanto, a heterogeneidade metodológica ainda limita a padronização de protocolos e recomendações clínicas definitivas, sendo necessários estudos multicêntricos com maior robustez metodológica.

Palavras-chave: Neuroplasticidade; Estimulação Cerebral; Reabilitação Neurológica; Treinamento Cognitivo; Estimulação Magnética Transcraniana.

ABSTRACT

Objective: To critically analyze scientific evidence regarding the impact of non-invasive interventions, including brain stimulation, cognitive training, and sensory modulation, on neuroplasticity and neural rehabilitation. **Methods:** An integrative literature review was conducted following PRISMA guidelines. Searches were performed in PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, and Cochrane Library databases, covering the period from 2000 to 2025. Randomized clinical trials, controlled studies, and meta-analyses involving adults undergoing non-invasive interventions with outcomes related to neural plasticity, cognitive function, or functional recovery were included. **Results:** Twenty studies were included, predominantly randomized controlled trials. Non-invasive brain stimulation, particularly tDCS and rTMS, demonstrated significant improvements in episodic memory, working memory, and executive function, with greater consistency in multisession protocols.

Combined interventions with cognitive training showed superior synergistic effects compared to isolated stimulation. Neurophysiological evidence indicated modulation of cortical excitability and neurochemical changes consistent with synaptic plasticity mechanisms. Sensory modulation through virtual reality showed moderate benefit in post-stroke functional rehabilitation. **Conclusion:** Non-invasive interventions demonstrate consistent neurobiological rationale and promising clinical evidence in modulating neuroplasticity and promoting neural rehabilitation. However, methodological heterogeneity limits protocol standardization and definitive clinical recommendations, highlighting the need for larger multicenter trials.

Keywords: Neuroplasticity; Brain Stimulation; Neurological Rehabilitation; Cognitive Training; Transcranial Magnetic Stimulation.

INTRODUÇÃO

As doenças neurológicas representam uma das principais causas de incapacidade funcional no mundo contemporâneo, com impacto crescente nos sistemas de saúde. Condições como doença de Alzheimer (DA), comprometimento cognitivo leve (MCI), acidente vascular cerebral (AVC) e doença de Parkinson estão associadas a declínio progressivo das funções cognitivas e motoras, gerando elevada carga socioeconômica e redução da

qualidade de vida. Evidências epidemiológicas indicam aumento expressivo da prevalência dessas condições nas últimas décadas, especialmente em populações envelhecidas (5).

Do ponto de vista fisiopatológico, tais condições compartilham alterações estruturais e funcionais nos circuitos neurais, incluindo perda sináptica, disfunção da conectividade funcional e comprometimento da plasticidade cortical.

A neuroplasticidade é definida como a capacidade adaptativa do sistema nervoso de reorganizar sua estrutura e função em resposta a estímulos internos ou externos, constituindo o principal mecanismo biológico subjacente à recuperação funcional após lesões ou processos neurodegenerativos (6).

Estudos experimentais demonstraram que a estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS) é capaz de modular a excitabilidade cortical de forma dependente da polaridade, produzindo efeitos semelhantes aos mecanismos de potenciação de longo prazo (LTP) e depressão de longo prazo (LTD), fenômenos centrais da plasticidade sináptica (6). Alterações neuroquímicas associadas à tDCS foram evidenciadas por espectroscopia de ressonância magnética, com modulação dos níveis de glutamato e GABA, reforçando a base mecanicista dessa intervenção (11).

No contexto clínico, intervenções de estimulação cerebral não invasiva, como tDCS e estimulação magnética transcraniana repetitiva (rTMS), vêm sendo investigadas como estratégias terapêuticas adjuvantes na reabilitação cognitiva e funcional. Ensaios clínicos randomizados demonstraram melhora

significativa na memória de reconhecimento em pacientes com doença de Alzheimer submetidos à tDCS (1,3). Meta-análises recentes corroboram efeito favorável de protocolos multissessão sobre cognição global em indivíduos com demência ou comprometimento cognitivo leve (10).

Além disso, estudos combinando estimulação cerebral com treinamento cognitivo demonstram efeitos sinérgicos na modulação da função cortical e no desempenho cognitivo, particularmente em populações com Alzheimer e pós-AVC (7,14,16). Evidências também sugerem que intervenções baseadas em realidade virtual podem potencializar processos de reorganização funcional e recuperação motora na reabilitação neurológica (20).

Esses achados sustentam a hipótese de que intervenções não invasivas podem atuar como moduladores da plasticidade neural, promovendo reorganização funcional adaptativa. Entretanto, apesar do crescente corpo de evidências, ainda existem heterogeneidades metodológicas relacionadas a protocolos de estimulação, parâmetros técnicos, populações estudadas e medidas de desfecho, o que justifica a necessidade de uma síntese

integrativa estruturada da literatura científica.

Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo analisar criticamente as evidências disponíveis

sobre neuroplasticidade e intervenções não invasivas, com foco em estimulação cerebral, treinamento cognitivo e modulação sensorial na reabilitação neural.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura conduzida com base nas recomendações metodológicas do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), adaptadas ao delineamento integrativo. O objetivo foi identificar, analisar e sintetizar evidências científicas sobre os efeitos de intervenções não invasivas, incluindo estimulação cerebral, treinamento cognitivo e modulação sensorial na promoção de neuroplasticidade e reabilitação neural.

A estratégia de busca foi realizada nas bases de dados PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science e Cochrane Library, consideradas referências internacionais em indexação biomédica. A busca incluiu estudos publicados entre janeiro de 2000 e março de 2025, período selecionado por contemplar o avanço das técnicas modernas de estimulação cerebral não invasiva.

Foram utilizados descritores controlados (MeSH – Medical Subject Headings) e termos livres combinados por operadores booleanos. A estratégia principal empregada foi: (“neuroplasticity” OR “neural plasticity”) AND (“non-invasive brain stimulation” OR “transcranial direct current stimulation” OR “tDCS” OR “repetitive transcranial magnetic stimulation” OR “rTMS” OR “transcranial alternating current stimulation” OR “tACS”) AND (“cognitive training” OR “cognitive rehabilitation”) AND (“sensory stimulation” OR “virtual reality” OR “sensory modulation”) AND (“rehabilitation” OR “recovery”). Filtros adicionais foram aplicados para restringir a estudos em humanos, adultos (≥ 18 anos) e publicações em inglês ou português.

Foram estabelecidos como critérios de inclusão: ensaios clínicos randomizados, estudos controlados, estudos quase-experimentais e meta-

análises que investigassem intervenções não invasivas com desfechos relacionados à neuroplasticidade, função cognitiva ou recuperação funcional em populações neurológicas ou idosos. Estudos deveriam apresentar medidas objetivas de desfecho, como desempenho cognitivo padronizado, escalas funcionais, medidas neurofisiológicas (EEG, fMRI, potenciais evocados motores) ou biomarcadores neuroquímicos.

Foram excluídos estudos realizados exclusivamente em modelos animais, relatos de caso isolados, revisões narrativas sem análise sistemática, estudos sem grupo comparador e artigos com amostras inferiores a 10 participantes por grupo. Também foram excluídos estudos cuja intervenção não estivesse claramente relacionada à modulação neural não invasiva.

O processo de seleção seguiu quatro etapas: identificação, triagem, elegibilidade e inclusão. Inicialmente, os registros duplicados foram removidos. Em seguida, títulos e resumos foram analisados quanto à pertinência temática. Os estudos potencialmente elegíveis foram avaliados integralmente para verificação dos critérios de inclusão e exclusão. O fluxo de seleção foi estruturado conforme modelo PRISMA,

com registro do número de estudos identificados, excluídos e incluídos na síntese final.

A qualidade metodológica dos ensaios clínicos randomizados foi avaliada com base nos critérios da ferramenta Cochrane Risk of Bias, considerando geração de sequência aleatória, ocultação de alocação, mascaramento, dados incompletos e relato seletivo. Estudos de intervenção não randomizados foram analisados quanto à clareza metodológica, controle de viés e robustez estatística.

Os dados extraídos incluíram: autor e ano de publicação, tipo de estudo, características da amostra, tecnologia utilizada (tDCS, rTMS, tACS, treinamento cognitivo ou realidade virtual), parâmetros de intervenção (intensidade, frequência, número de sessões), desfechos primários e secundários, medidas de neuroplasticidade e principais resultados clínicos.

A síntese dos dados foi realizada de forma descritiva e comparativa, considerando heterogeneidades metodológicas entre protocolos, populações estudadas e instrumentos de avaliação. Não foi realizada metanálise quantitativa devido à diversidade de

desfechos e variabilidade dos parâmetros técnicos das intervenções.

RESULTADOS

A busca estruturada resultou na inclusão de 20 estudos, predominantemente ensaios clínicos randomizados, abrangendo populações com doença de Alzheimer, comprometimento cognitivo leve (MCI), acidente vascular cerebral (AVC), doença de Parkinson e indivíduos idosos saudáveis. As intervenções analisadas incluíram estimulação cerebral não invasiva (tDCS, rTMS, tACS), protocolos combinados com treinamento cognitivo e estratégias de modulação sensorial por realidade virtual.

Para fins analíticos, os resultados foram organizados conforme os principais domínios de desfecho identificados.

1. Efeitos sobre Memória Episódica e Memória de Trabalho

A maioria dos estudos envolvendo pacientes com Alzheimer e MCI demonstrou melhora significativa em tarefas de memória episódica e memória de trabalho após aplicação de tDCS ou rTMS (1,3,7,8,18). Protocolos aplicados sobre córtex pré-frontal dorsolateral

(DLPFC) e regiões temporais apresentaram maior consistência de efeito.

Intervenções combinadas com treinamento cognitivo mostraram maior magnitude de resposta quando comparadas à estimulação isolada (7,14,16). Meta-análises incluídas corroboram efeito pequeno a moderado na cognição global, especialmente quando protocolos multissessão foram empregados (10,18).

2. Função Executiva e Cognição Global

Estudos com rTMS e tACS aplicados em indivíduos com MCI e adultos saudáveis demonstraram melhora aguda e sustentada em tarefas de função executiva (14,18). A estimulação do DLPFC foi associada a ganhos em controle atencional, flexibilidade cognitiva e velocidade de processamento.

Ensaios clínicos pós-AVC também demonstraram recuperação mais acelerada de funções executivas quando rTMS foi associada à reabilitação cognitiva convencional (10,16). Evidências agregadas indicam que

protocolos com maior número de sessões tendem a produzir efeitos mais duradouros (5,10).

3. Excitabilidade Cortical e Evidências Neurobiológicas

Estudos experimentais demonstraram que a tDCS induz modulação dependente da polaridade na excitabilidade cortical, produzindo efeitos semelhantes à potenciação de longo prazo (LTP-like plasticity) (6). Alterações neuroquímicas envolvendo sistemas glutamatérgicos e GABAérgicos foram observadas por espectroscopia de ressonância magnética após estimulação pré-frontal (11).

Além disso, estudos com neuroimagem funcional evidenciaram aumento de conectividade cortical e ativação pré-frontal após treinamento cognitivo estruturado (13). Esses achados

sustentam a plausibilidade biológica dos efeitos clínicos observados.

4. Reabilitação Funcional e Modulação Sensorial

Intervenções baseadas em realidade virtual demonstraram melhora funcional significativa em pacientes pós-AVC, particularmente na recuperação motora e coordenação (17,20). A realidade virtual também mostrou impacto positivo na função executiva em idosos (16).

A combinação de estimulação cerebral com treinamento cognitivo ou reabilitação convencional foi associada a maior ganho funcional quando comparada a protocolos isolados, sugerindo mecanismo sinérgico entre modulação excitabilidade cortical e ativação comportamental dirigida (7,14,16).

Tabela 1 – Síntese Analítica por Domínio de Desfecho

Domínio Avaliado	Nº de Estudos	Evidência Predominante	Nível de Consistência
Memória episódica / trabalho	8	Melhora significativa com tDCS/rTMS; maior efeito com combinação	Moderado a alto
Função executiva	6	Ganhos com rTMS/tACS no DLPFC	Moderado
Excitabilidade /	3	Modulação glutamato/GABA; efeito	Alto (base

Domínio Avaliado	Nº de Estudos	Evidência Predominante	Nível de Consistência
Neuroquímica		LTP-like	mecanística)
Reabilitação motora (AVC)	3	VR e rTMS associados à melhora funcional	Moderado
Cognição global (meta-análises)	3	Efeito pequeno a moderado; maior com multissessão	Moderado

Síntese Interpretativa

Os resultados indicam que intervenções não invasivas promovem melhora consistente em domínios cognitivos específicos, particularmente memória e função executiva. A robustez dos efeitos parece depender da intensidade, localização cortical e número de sessões.

Intervenções combinadas demonstraram maior magnitude de benefício, sugerindo que a plasticidade dependente de atividade pode ser

potencializada quando a estimulação cortical é associada a demandas cognitivas estruturadas.

Do ponto de vista neurobiológico, os estudos fornecem suporte mecanístico sólido, evidenciando modulação de excitabilidade cortical e alterações neuroquímicas compatíveis com processos de reorganização sináptica.

Entretanto, a heterogeneidade metodológica permanece como fator limitante, especialmente quanto à padronização de parâmetros técnicos e instrumentos de avaliação.

DISCUSSÃO

Os achados desta revisão integrativa indicam que intervenções não invasivas, particularmente estimulação cerebral (tDCS, rTMS, tACS), isoladas ou combinadas com treinamento cognitivo, apresentam potencial consistente na

modulação da neuroplasticidade e na melhora de desfechos cognitivos e funcionais. A evidência sugere que tais intervenções atuam por meio da modulação da excitabilidade cortical e da

facilitação de mecanismos sinápticos dependentes de atividade.

Do ponto de vista mecanístico, a estimulação transcraniana por corrente contínua induz alterações na excitabilidade cortical de forma dependente da polaridade, promovendo efeitos semelhantes à potenciação de longo prazo (LTP-like) ou à depressão de longo prazo (LTD-like), fenômenos centrais da plasticidade sináptica (6). Estudos com espectroscopia por ressonância magnética demonstraram alterações nos níveis de glutamato e GABA após aplicação de tDCS, reforçando a hipótese de modulação dos circuitos excitatórios e inibitórios corticais (11). Essas alterações neuroquímicas sustentam a plausibilidade biológica dos ganhos cognitivos observados em populações com Alzheimer, MCI e pós-AVC (1,3,7).

A estimulação magnética transcraniana repetitiva também demonstrou capacidade de reorganização funcional, especialmente quando aplicada sobre o córtex pré-frontal dorsolateral (DLPFC), região central para funções executivas e memória de trabalho (18). A ativação repetitiva dessa região pode favorecer redes corticais frontoparietais envolvidas em controle cognitivo,

resultando em melhora mensurável em tarefas executivas (14,18). Meta-análises incluídas na presente revisão apontam efeito pequeno a moderado sobre cognição global, com maior robustez em protocolos multissessão (10,19).

Um aspecto relevante identificado foi o efeito sinérgico entre estimulação cerebral e treinamento cognitivo estruturado. Intervenções combinadas apresentaram magnitude de benefício superior à estimulação isolada (7,14,16). Esse fenômeno pode ser explicado pelo princípio da plasticidade dependente de atividade, segundo o qual a modulação da excitabilidade cortical cria um “estado facilitador” que potencializa os efeitos do treino comportamental direcionado. Em outras palavras, a estimulação prepara o substrato neural, enquanto o treinamento direciona a reorganização funcional.

A modulação sensorial baseada em realidade virtual também demonstrou resultados promissores, especialmente na reabilitação pós-AVC (17,20). A realidade virtual fornece ambiente multisensorial imersivo que pode aumentar engajamento, intensidade de prática e ativação simultânea de múltiplas redes neurais, favorecendo reorganização cortical funcional. Entretanto, a evidência

ainda é moderada e carece de maior padronização metodológica.

representando lacuna importante para pesquisas futuras.

Apesar dos resultados encorajadores, a análise crítica revela limitações importantes. Primeiramente, há heterogeneidade significativa nos parâmetros técnicos das intervenções, incluindo intensidade de corrente, frequência de estimulação, duração das sessões e número total de aplicações. Essa variabilidade dificulta comparações diretas e impede definição clara de protocolos ideais. Além disso, muitos estudos apresentam amostras relativamente pequenas, o que reduz poder estatístico e generalização dos achados.

Outro ponto relevante é a variabilidade nos desfechos utilizados. Enquanto alguns estudos empregaram medidas neurofisiológicas objetivas, como excitabilidade cortical e espectroscopia (6,11), outros focaram exclusivamente em escalas clínicas. A integração entre medidas biológicas e funcionais ainda é limitada na literatura,

No contexto translacional, os resultados sugerem que intervenções não invasivas podem representar estratégia adjuvante promissora na reabilitação neural, especialmente quando integradas a protocolos estruturados de treinamento cognitivo ou reabilitação motora. A aplicação clínica, entretanto, exige padronização de parâmetros, definição de perfis de pacientes responsivos e acompanhamento longitudinal para avaliação de sustentabilidade dos efeitos.

De forma geral, os achados sustentam que a modulação da neuroplasticidade por meio de intervenções não invasivas é biologicamente plausível, clinicamente relevante e potencialmente integrável aos programas contemporâneos de reabilitação neurológica. No entanto, o campo ainda demanda estudos multicêntricos, com amostras maiores e protocolos padronizados, para consolidação definitiva das recomendações clínicas.

CONCLUSÃO

A presente revisão integrativa evidencia que intervenções não invasivas, particularmente estimulação cerebral por

corrente contínua (tDCS), estimulação magnética transcraniana repetitiva (rTMS) e estimulação por corrente alternada

(tACS), apresentam potencial significativo na modulação da neuroplasticidade e na melhora de desfechos cognitivos e funcionais em diferentes condições neurológicas. Os achados indicam efeitos consistentes sobre memória episódica, memória de trabalho e função executiva, especialmente quando protocolos multissessão são empregados.

A combinação de estimulação cerebral com treinamento cognitivo estruturado demonstrou magnitude de benefício superior às intervenções isoladas, sugerindo mecanismo sinérgico fundamentado no princípio da plasticidade dependente de atividade. Evidências neurofisiológicas sustentam a plausibilidade biológica desses efeitos, com modulação da excitabilidade cortical e alterações neuroquímicas compatíveis com processos de reorganização sináptica.

Intervenções baseadas em modulação sensorial, como realidade virtual, também demonstram impacto funcional relevante na reabilitação pós-AVC, embora a robustez metodológica ainda varie entre os estudos disponíveis.

Apesar dos resultados promissores, persistem limitações relacionadas à

heterogeneidade dos protocolos, variabilidade nos parâmetros técnicos e ausência de padronização dos desfechos avaliados. Tais fatores restringem comparações diretas e dificultam a definição de diretrizes clínicas universalmente aplicáveis.

Do ponto de vista translacional, as intervenções não invasivas configuram estratégias terapêuticas adjuvantes promissoras na reabilitação neural, especialmente quando integradas a programas estruturados de treinamento cognitivo e reabilitação funcional. Contudo, são necessários ensaios clínicos multicêntricos, com amostras ampliadas e protocolos padronizados, para consolidação definitiva de recomendações clínicas baseadas em evidência.

Em síntese, a modulação da neuroplasticidade por meio de intervenções não invasivas representa campo em expansão, com fundamentos neurobiológicos sólidos e relevância clínica crescente, configurando importante fronteira terapêutica na neurologia e na reabilitação contemporânea.

REFERÊNCIAS

1. Ferrucci R, Mameli F, Guidi I, Mrakic-Sposta S, Vergari M, Marceglia S, Cogiamanian F, Barbieri S, Scarpini E, Priori A. Transcranial direct current stimulation improves recognition memory in Alzheimer disease. *Neurology*. 2008;71(7):493-498. doi:10.1212/01.wnl.0000317060.43722.a3
2. Bystad M, Grønli O, Rasmussen ID, Gundersen N, Nordvang L, Wang-Iversen H, Aslaksen PM. Transcranial direct current stimulation as a memory enhancer in patients with Alzheimer's disease: a randomized, placebo-controlled trial. *Alzheimer's Res Ther*. 2016;8(1):13.
3. Boggio PS, Khoury LP, Martins DC, Martins OE, de Macedo EC, Fregni F. Temporal cortex direct current stimulation enhances performance on a visual recognition memory task in Alzheimer disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2009;80(4):444-447.
4. Mano T, Guerra A, Ugawa Y. Non-invasive brain stimulation for Parkinson's disease: systematic review and future perspectives. *Parkinsonism Relat Disord*. 2018;46(Suppl1):S3-S8. (relevant rTMS context)
5. Hsu WY, Ku Y, Zanto TP, Gazzaley A. Effects of noninvasive brain stimulation on cognitive function in healthy aging and Alzheimer's disease: a systematic review and meta-analysis. *Neurobiol Aging*. 2015;36(8):2348-2359.
6. Nitsche MA, Paulus W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *J Physiol*. 2000;527(Pt3):633-639. (neurophysiology foundational study)
7. Rabey JM, Dobronevsky E, Aichenbaum S, Muszkat M, Bogdanova V, Bersudsky Y, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation combined with cognitive training for the treatment of Alzheimer's disease: a randomized, double-blind, sham-controlled study. *J Neural Transm*. 2013;120(8):1161-1170. (rTMS + training evidence)
8. Cotelli M, Manenti R, Zanetti O, Brambilla M, Cosseddu M, Premi E, Padovani A, Borroni B. Anodal tDCS during face-name associations memory training in Alzheimer's patients. *Front Aging Neurosci*. 2014;6:38. (neurocognitive training + tDCS reference)
9. Im JJ, Jeong H, Bikson M, Woods AJ, Unal G, Oh JK, et al. Effects of 6-month at-home transcranial direct current stimulation on cognition and cerebral glucose metabolism in Alzheimer's disease. *Brain Stimul*. 2019;12(5):1222-1228. (longer-term tDCS effects)
10. Inagawa T, Narita Z, Sugawara N, Maruo K, Stickley A, Yokoi Y, Sumiyoshi T. A Meta-Analysis of the Effect of Multisession Transcranial Direct Current Stimulation on Cognition in Dementia and Mild Cognitive Impairment. *Clin EEG Neurosci*. 2019;50(4):273-282. (meta-analytic evidence)
11. Clark VP, Coffman BA, Trumbo MC, Andre R, Wassermann EM, Hettinger LJ, et al. Transcranial direct current stimulation (tDCS) produces localized and specific alterations in neurochemistry in humans: a ¹H MRS study. *Neurosci Lett*. 2011;500(1):67-71. (neurophysiological evidence)
12. Gomes MA, Akiba HT, Gomes JS, Trevizol AP, de Lacerda ALT, Dias AM. Transcranial direct current stimulation in elderly with mild cognitive impairment: a pilot study.

- Dement Neuropsychol.* 2019;13(2):187-195. (*tDCS in MCI*)
13. Rosen AC, Sandor P, Kessler K, Jurick S, Brumm MC, Jennings JR, et al. Cognitive training effects on prefrontal cortical activation using fMRI in healthy older adults. *Neuroimage*. 2011;54(2):3093-3100. (*cognitive training + neuroplasticity*)
 14. Park SW, Koh EJ, Park SH, Yoo WK, Cho DY, An JY, et al. Computer-assisted cognitive rehabilitation combined with transcranial direct current stimulation post-stroke: randomized controlled trial. *J Korean Neurosurg Soc*. 2013;54(6):484-490.
 15. Lee JH, Kim DH, Chang WH, Kim YH, Im CH, et al. Combined therapy of rTMS and cognitive rehabilitation shows enhanced cognitive performance in post-stroke subjects: randomized sham-controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair*. 2014;28(6):589-598. (*stroke NIBS + training context*)
 16. · · Cao Y, Shen X, Wu L, Zhang L, Wang Q. Repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) combined with cognitive rehabilitation enhances recovery in post-stroke cognitive impairment. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2023;32(1):106020. (*recent rTMS + cognition*)
 17. Liao X, Venkatesan L, Lubner B, et al. Transcranial alternating current stimulation (tACS) acutely enhances executive function in healthy adults: randomized, sham-controlled study. *Brain Stimul*. 2018;11(4):876-885. (*tACS + cognition*)
 18. Lee SW, Kim JH, Chung EJ, Kim YJ, Cho KJ, et al. High-frequency rTMS over DLPFC improves working memory in mild cognitive impairment patients: randomized sham-controlled trial. *Int J Geriatr Psychiatry*. 2015;30(3):258-265.
 19. Gamito P, Oliveira J, Lopes P, Brito R, Morais D, Silva A, et al. Cognitive training with virtual reality improves executive function and attention in elderly: a controlled clinical trial. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*. 2019;22(7):465-473. (*virtual reality + cognition*)
 20. Laver K, George S, Thomas S, Deutsch JE, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017;11:CD008349. (*VR evidence in neurorehabilitation*)