

# 经颅直流电联合认知训练在认知障碍治疗中的应用

李柏吉

广州大学教育学院, 广东 广州

收稿日期: 2024年12月11日; 录用日期: 2025年1月13日; 发布日期: 2025年1月29日

## 摘要

经颅直流电联合认知训练是一种新型干预方法, 通过将经颅直流电与认知训练相结合来实现对大脑活动的针对性调节, 从而提高神经可塑性和认知功能。尽管已有研究表明联合治疗能够显著提高患者的认知功能, 且效果大多优于单一治疗, 但个体差异可能会对治疗效果产生影响。因此, 为了更全面地了解治疗方案的有效性和安全性, 探讨了经颅直流电联合认知训练在认知障碍和精神障碍领域的应用研究, 并总结电流强度和电极位置、训练方案和训练内容、被试特征以及评估方法对其疗效的影响, 以期经颅直流电联合认知训练的进一步发展提供参考。

## 关键词

经颅直流电刺激, 认知训练, 认知障碍, 精神障碍, 联合治疗

# Transcranial Direct Current Stimulation Combined with Cognitive Training in the Treatment of Cognitive Impairment

Baiji Li

School of Education, Guangzhou University, Guangzhou Guangdong

Received: Dec. 11<sup>th</sup>, 2024; accepted: Jan. 13<sup>th</sup>, 2025; published: Jan. 29<sup>th</sup>, 2025

## Abstract

Transcranial direct current stimulation combined with cognitive training is a novel intervention method to improve neuroplasticity and cognitive function by combining TCDC with cognitive training to achieve targeted modulation of brain activity. Although it has been shown that the combination

therapy can significantly improve cognitive function and is mostly more effective than monotherapy, individual differences may have an impact on the effectiveness of the treatment. Therefore, in order to have a more comprehensive understanding of the effectiveness and safety of therapeutic programs, we explored the application of transcranial direct current combined cognitive training in the field of cognitive disorders and mental disorders, and summarized the effects of current intensity and electrode position, training program and training content, subject characteristics, and assessment methods on its efficacy, with a view to providing reference and reference for the further development of transcranial direct current combined cognitive training.

## Keywords

Transcranial Direct Current Stimulation, Cognitive Training, Cognitive Impairment, Mental Disorders, Combination Therapy

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

经颅直流电(transcranial Direct Current Stimulation, tDCS)是一种在神经元水平上的非侵入性神经调控技术,通过施加微弱的直流电刺激调节大脑皮层的兴奋性和抑制性,从而改善神经功能,治疗神经疾病(Fregni et al., 2005; Nitsche & Paulus, 2000)。与其他神经调控技术相比, tDCS 具有操作简便、安全性高、耗时少和成本低等优点,因此被广泛用于神经康复、认知增强、情绪调节等方面的研究和治疗(Kuo et al., 2014)。此外,认知干预是一种重要的非药物干预类型,包括认知训练、认知刺激和认知康复,可改善认知功能轻度损伤或痴呆的老年人的认知功能(Wang et al., 2022)。其中认知训练基于不同任务的个人表现来提高特定的认知功能(如记忆、视觉空间能力、注意力或语言),现已被广泛应用于老年人认知衰退、儿童学习障碍、精神疾病等领域的研究和实践中(Kueider et al., 2012)。

随着认知训练的发展,研究者们开始将 tDCS 与其相结合。认知训练通过针对具体认知能力的练习可以增强大脑的功能和灵活性,而 tDCS 作为一种神经调控技术,可以直接干预大脑皮层的兴奋性和抑制性。通过将 tDCS 与认知训练相结合,可以实现对大脑活动的针对性调节,提高神经可塑性和认知功能。因此, tDCS 与认知训练结合能够加强认知训练效果,提供个性化治疗,进一步改善认知能力(Boggio et al., 2006; Cotelli et al., 2014)。Guo 等人(2023)研究发现,联合干预对反应抑制的协同作用优于单一干预方法,且长期影响可以持续至少一个月。一些研究表明 tDCS 可以增强认知训练的效果,提高学习和记忆能力,改善情绪调节等方面的认知功能。例如, Guo 等人(2023)研究发现,与单独使用多靶点刺激或训练相比,采用多靶点阳极高清经颅直流电刺激(HD-tDCS)结合同步认知训练,在改善反应抑制的持久性和转移效果方面表现更好,这为采用联合干预方案提供了支持性证据,显示其优于单一干预方法。此外, Pergher 等人(2022)研究发现, tDCS 联合工作记忆训练可以长久有效地促进学习,能够在训练后数周到数月的时间内持续存在,且优于工作记忆训练单独使用效果,这不仅体现在训练任务本身上,还体现在未训练的相关认知测量结果上。

尽管已经有很多研究表明 tDCS 联合认知训练对一些认知任务的表现有积极影响,但其有效性和可靠性仍存在争议。有研究发现 tDCS 对认知训练的效果没有显著影响。例如 Hill 等人(2015)研究发现, tDCS 对工作记忆训练有益影响,但其结果的可靠性并不显著,需要谨慎解释。此外, Thams 等人(2022)

对农村地区和行动不便的老年人进行了基于家庭的 tDCS 结合工作记忆训练(字母更新任务), 结果没有发现 tDCS 对认知训练的影响优于接受假 tDCS 的认知训练组, 但该研究验证了同时进行群体的 tDCS 联合认知训练是安全可行的。这表明, 尽管 tDCS 在某些方面的有效性仍存在争议, 但其与认知训练相结合的联合干预可能是一种安全可行的方法。Das 等人(2019)在轻度认知障碍人群中调查了阳极 tDCS 联合要点推理训练与假 tDCS 联合要点推理训练对认知和神经变化的影响, 认为认知训练能够显著提高有记忆障碍的成年人的认知功能, 但 tDCS 在增强这些效应方面的作用需要进一步研究。

综上所述, 尽管有些研究支持 tDCS 与认知训练相结合对认知功能的积极影响, 但也有一些研究未观察到明显的增益效果。因此, 对于 tDCS 联合认知训练, 仍需进一步研究以更全面地评估其有效性和适用性。本文将基于现有研究成果, 对 tDCS 联合认知训练的方法、治疗效果及影响因素做系统性综述, 以期对 tDCS 联合认知训练在认知障碍和精神障碍中的治疗提供思路。

## 2. 经颅直流电和认知训练的原理和方法

### 2.1. 经颅直流电的原理和作用机制

经颅直流电(tDCS)是一种通过调节大脑活动水平和可塑性来改善认知功能的治疗工具。通过在头皮上放置一对电极, 将微弱的直流电流传输到大脑皮层, 从而调节神经元的兴奋性和可塑性(Brunoni et al., 2012)。tDCS 的作用机制涉及离子通道的极化、突触前神经递质释放的改变、神经元活动的同步化和调控等(Nitsche & Paulus, 2000), 以其安全、方便、易操作的特点, 被广泛应用于临床和基础研究(Bikson et al., 2016)。有研究发现, tDCS 的神经调节效果与其在皮层区域产生的电场分布和强度密切相关, 通过调节特定脑区的兴奋性和抑制性, tDCS 可以促进突触连接的形成和加强, 增强神经元之间的通信, 从而改善学习和记忆等认知功能(Bikson et al., 2016)。通过改变 tDCS 的参数, 如脑区、电流方向和电流强度, 可以调节其作用效果和目标脑区的影响程度。

### 2.2. 认知训练的原理和方法

认知训练是通过一系列特定认知功能的练习任务来提高个体的认知能力, 如注意、工作记忆和执行功能, 重复练习以改善个体认知表现(Wang et al., 2022)。其基本原理是通过刺激大脑中的神经元来增强或建立新的神经回路, 从而改善认知功能。认知训练涵盖了多个方面, 包括注意力训练、工作记忆训练、反应速度训练、问题解决训练、语言和沟通训练和认知灵活性训练等。这些训练方法在改善执行功能和提高认知功能方面被证实是有效的(Diamond & Ling, 2016; Melby-Lervåg & Hulme, 2013; Lampit et al., 2014; Kelly et al., 2014)。例如 Diamond 和 Ling (2016)研究发现, 注意力训练、工作记忆训练和反应速度训练等认知训练方法在提高执行功能方面有显著效果。Melby-Lervåg 和 Hulme (2013)研究发现, 作为一种认知训练方法, 工作记忆训练对改善工作记忆表现具有积极影响。Lampit 等人(2014)研究发现, 计算机认知训练在提高健康老年人认知功能方面具有正面影响, 并且效果会受到一些因素的调节。

认知训练可以通过多种方式进行, 包括计算机游戏、语言学习、物理活动和社交互动等, 其中计算机游戏是最常用的认知训练方式之一。Anguera 等人(2013)的研究表明, 反应时间和空间记忆训练的计算机游戏可以改善大脑的可塑性和认知功能。此外, 语言学习不仅可以提高大脑的可塑性, 还能够改善认知功能(Li et al., 2015)。物理活动和社交互动也被广泛认为是促进认知功能的重要因素(Kramer et al., 2006)。这些综合性的干预手段在维持和提升认知功能方面发挥着关键作用, 为促进大脑健康和优化认知能力提供了有效途径。

在某些情况下, 认知训练可以与其他形式的干预手段结合, 如药物治疗或 tDCS, 以进一步提高训练效果。有研究发现在帕金森病患者中, tDCS 结合物理训练、物理治疗(即通过运动或其他身体活动来改善

帕金森病患者的症状)以及认知训练可以显著改善其症状(Beretta et al., 2020)。另一项根据 PRISMA 指南进行的系统评价研究评估了经颅电刺激联合认知训练对认知训练任务的表现,以及其对非训练认知(即在特定认知训练之外的其他认知任务或功能,如日常生活中的注意力、记忆、执行功能等)的影响。结果表明,经颅电刺激联合认知训练可以提高一系列认知功能的任务表现,并且在某些领域中,经颅电刺激还可能增加对非训练任务的转移效应(Elmasry et al., 2015)。因此,结合其他干预手段与认知训练相结合可能有助于进一步提高干预效果,为特定人群提供更有效的治疗方案。

总的来说,认知训练是一种改善认知功能和预防认知障碍的有效方法。未来认知训练还有望与其他神经调节方法如脑电刺激和神经反馈结合使用,以进一步提高其治疗效果。

### 2.3. 经颅直流电联合认知训练的原理和方法

tDCS 这种直接干预大脑的方法能够直接影响神经元之间的通信,进而对认知过程产生影响。tDCS 刺激神经元是触发神经元放电的阈下反应,在刺激后可持续数分钟至数小时,导致神经元去极化阈值的变化(Brunoni et al., 2012; Nitsche & Paulus, 2000)。而认知训练则是一种通过刺激大脑神经网络,提高其功能效率的方法,通过系统化的、多次的、有目的的训练,改善认知功能,提高学习和记忆能力(Gates and Valenzuela, 2010)。当与阈上刺激结合时, tDCS 可导致突触传递的增强(Fritsch et al., 2010)。因此, tDCS 可能会增强认知训练激活的神经元通路的突触强度,放大训练效果。这就是将“内源性”激活(通过认知训练靶向行为)和“外源性”(tDCS)神经调节相结合,旨在促进认知功能的神经网络的激活(Miniussi & Val-lar, 2011)。

认知训练和 tDCS 的组合方式可以分为“在线”和“离线”两种方式。“在线”指认知训练和经颅直流电同时进行,而“离线”指认知训练和经颅直流电不同时进行。这两种方式对于特定认知能力的影响有所不同。研究发现,“在线”方式能够改善与认知控制相关的能力,如注意力、工作记忆和执行功能,而“离线”方式则可能会降低该能力(Brunoni & Vanderhasselt, 2014)。但是还有一些研究结果与之相反(Brunoni & Vanderhasselt, 2014)。目前已有多项研究证实了 tDCS 联合认知训练对认知功能的改善效果。有研究发现, tDCS 联合认知训练可以显著改善抑郁症患者的情感调节和认知灵活性等认知功能,且其改善效果与药物治疗相当(Brunoni & Vanderhasselt, 2014)。还有研究发现, tDCS 联合认知训练对认知功能的改善效果受到多种因素的影响,如 tDCS 刺激区域、刺激电流强度、训练任务的类型和难度等(Martin et al., 2013)。总的来说, tDCS 联合认知训练是一种有效的脑功能干预方法,其作用机制复杂,需要更多的研究来深入探讨其原理和方法。

## 3. 经颅直流电联合认知训练的实证研究

### 3.1. 经颅直流电联合认知训练在认知功能障碍中的实证研究

tDCS 联合认知训练被研究表明可以促进大脑皮质的可塑性,并增强脑区间的连接性,从而改善认知功能障碍患者的认知表现(Polania et al., 2018)。具体来说, tDCS 可以通过改变大脑皮层的兴奋性和可塑性,促进神经元的活动和突触的形成(Nitsche & Paulus, 2000)。此外已经证实,这种电刺激作用下的认知训练还可以促进大脑的可塑性和功能重组(Mahncke et al., 2006)。因此,经颅直流电联合认知训练为改善认知功能障碍提供了一种有效的方法,通过调节大脑的神经活动和结构来提升认知表现。

tDCS 联合认知训练被证明在不同人群中具有改善认知功能的潜力。一项针对帕金森病患者的研究表明,在进行计算机化认知训练的同时进行 tDCS 治疗,可以显著减轻抑郁症状,并改善其语言、注意力和执行功能(Manenti et al., 2018)。另外一项研究显示, tDCS 联合计算机辅助认知康复训练可改善帕金森病患者的认知功能(孙莉等, 2020)。在老年人中, tDCS 联合认知训练同样具有改善认知功能的作用,能够

提高老年人的注意力和工作记忆。研究发现,通过经颅直流电刺激联合工作记忆训练,改善了老年人的短期记忆和推理的转移效应,他们认为 tDCS 可以增强工作记忆训练的效果,并在实验中得到了验证 (Teixeira-Santos et al., 2022)。此外,杨健等(2022)的研究将 96 名卒中后认知障碍患者随机分为三组,发现 tDCS 联合认知训练相较于 tDCS 刺激治疗和常规认知训练治疗,在改善患者的认知功能及日常活动能力方面表现更为明显。这些研究结果提供了支持,证明了 tDCS 联合认知训练作为一种有效的治疗方法,可以改善不同人群的认知功能及日常活动能力。

为了更好地针对认知功能障碍患者的不同特点和症状,研究者们开展了个性化治疗方案。例如,Sawai 等人(2023)利用神经反馈训练联合 tDCS 研究它们对运动想象(MI)的影响,研究发现经颅直流电刺激和神经反馈训练调节 MI 能力改善的不同过程;因此,它们的组合可能会进一步提高 MI 性能。研究的结果表明神经反馈训练和 tDCS 联合干预 MI 比单独应用它们更有效地提高 MI 能力。此外,Rammensee 等人(2023)的研究发现个体在情绪调节策略选择上的个人倾向与其执行能力和幸福感相关。他们的研究结果表明,情绪调节策略的个性化选择与个体的心理健康密切相关,并强调了个体差异对于治疗效果的重要性(Rammensee et al., 2023)。因此,针对失眠症状和情绪调节的治疗方案,tDCS 联合认知训练可能对改善认知功能障碍和情绪调节起到积极的作用。然而,这些方案的具体治疗机制和效果还需要进一步深入研究和探索。

综上所述,tDCS 联合认知训练是一种有效的认知康复治疗方法,已经在国内外认知功能障碍患者中得到广泛应用。未来的研究需要深入探讨其治疗机制、优化治疗方案、建立有效的评估方法,以提高其治疗效果和安全性。

### 3.2. 经颅直流电联合认知训练在其他精神障碍中的实证研究

tDCS 联合认知训练不仅在认知功能障碍中应用广泛,其对抑郁症、焦虑症、注意缺陷多动障碍等精神障碍也有一定的治疗作用。例如,Martin 等人(2018)对 17 名药物抗拒的抑郁症患者研究发现,tDCS 结合认知情绪训练在 6 周时表现出可行性、安全性,并且具有显著的抗抑郁疗效。此外,tDCS 联合认知训练还可以改善患者对恐慌症的认知控制能力,减轻相关症状(Fregni et al., 2005)。一项针对 25 名儿童注意缺陷多动障碍患者的研究发现,使用 tDCS 联合认知训练干预后,患者在注意缺陷多动障碍和执行功能的问卷测量方面均表现出显著改善,但在接受 tDCS 或假 tDCS 的患者之间未发现显著的干预后差异。(Schertz et al., 2022)。

除此之外,tDCS 联合认知训练还被应用于治疗精神分裂症、暴食症等精神障碍。一篇纳入了 10 项实证研究的综述为 tDCS 联合认知训练对注意力/工作记忆测量的有效性提供初步支持,但联合治疗对注意力/工作记忆的测量只有很小的统计学意义,研究者认为未来研究需要更多的数据(Burton et al., 2023)。另一方面,Gordon 等人(2019)在 66 名超重或肥胖的暴食症患者中,使用 tDCS 联合计算机化认知训练进行干预,研究者认为这种干预方式将增强医疗保健服务,为患有暴食症的患者提供有效护理。

tDCS 联合认知训练不仅在认知功能障碍中有良好的应用前景,也在其他精神障碍的治疗中显示出一定的临床价值,但仍需要更多的研究来证实其治疗效果和作用机制。综上所述,经颅直流电联合认知训练是一种有潜力的认知及精神障碍康复治疗方法。未来的研究应进一步探讨其治疗机制和优化治疗方案,并建立科学有效的评估方法,以促进其在临床实践中的应用和推广。

## 4. 经颅直流电联合认知训练治疗效果的影响因素

经颅直流电联合认知训练的治疗效果受多种因素的影响,包括电流强度、电极位置、训练方案、认知训练内容、参与者的个人特征以及评估方法的选择。

**电流强度和电极位置：**电流强度的提高可以显著提高治疗效果，但同时也可能增加安全风险。据研究表明，tDCS 的最大安全强度为 2 mA，但也有其他学者认为可以达到 4 mA (Nitsche & Paulus, 2000; Bikson et al., 2009)。除了电流强度，电极位置也是影响治疗效果的重要因素。例如，针对颞顶区认知障碍的研究表明，在左侧颞顶区施加电刺激可以显著改善记忆功能，而在右侧则改善空间注意力(Polania et al., 2012)。

**训练方案和认知训练内容：**训练方案和认知训练内容对于治疗效果具有重要影响。尽管 Sommer & Plewnia (2021)的研究并未证实 tDCS 与认知训练联合治疗抑郁症的协同作用，但他们认为改变治疗方案或刺激参数可能会提高疗效。不同的经颅直流电刺激参数、认知训练内容和持续时间等都可能影响训练效果(Martin et al., 2014)。因此，训练方案的设计需要考虑到患者的特点和治疗需要，以提高训练效果。一般来说，经颅直流电联合认知训练的持续时间为 20 分钟到 1 小时不等，训练次数为每周 3~5 次，持续 4~12 周。此外，不同类型的认知训练内容也会影响治疗效果。例如，针对老年人的认知训练通常包括注意力、工作记忆和执行功能训练，而针对抑郁症患者的认知训练则更加注重情绪调节和自我控制能力的训练。因此，在制定训练方案时应考虑患者的具体情况和需要，以达到更好的治疗效果(Hill et al., 2017; Cruz Gonzalez et al., 2018)。

**参与者的个人特征：**参与者的个人特征也会对训练效果产生影响。例如，患者的疾病类型、病程、年龄、性别等因素都可能会影响训练效果。有研究表明，年轻女性在接受经颅直流电联合认知训练后，其认知功能的改善效果更为显著，而男性，则可能存在不同的效果(Martin et al., 2019)。此外，治疗前后药物使用情况也是一个影响训练效果评估的重要因素，有些患者可能在接受经颅直流电联合认知训练前后接受药物治疗(Martin et al., 2018)。

**评估方法：**评估认知训练和 tDCS 治疗效果需要采用科学有效的方法。综合评估治疗效果的多种手段包括临床行为表现、认知测试和神经影像等。Ochsner 和 Gross (2005)通过研究情绪认知控制的神经基础，展示了神经影像技术能在评估控制策略中直接研究。而 Kueider 等人(2012)研究了计算机化认知训练在老年人中的应用，讨论了包括认知测试和行为评估在内的各种评估方法，从而了解基于计算机的认知训练对认知健康的老年人的疗效，发现与传统的纸笔认知训练方法相比，计算机化认知训练是一种有效的、劳动密集度较低的替代方案。最后，Hampshire 等人(2012)通过对人类智力的研究，强调了不同认知任务和神经影像技术在评估认知功能中的重要性。因此，评估方法为综合评估认知训练和 tDCS 治疗效果提供了多维度的科学依据，确保了评估的全面性和准确性。

综上所述，治疗方案的制定和治疗效果的评估需要结合具体的认知功能障碍类型和治疗目标，采用科学有效的方法，以提高治疗效果和安全性。

## 5. 小结与展望

经颅直流电联合认知训练作为一种新兴的干预方法，既具备一定的优点，也存在一些局限性。一方面，它通过调节大脑皮层的兴奋性来促进神经元活动，从而提升认知功能。另一方面，其安全性和有效性仍需进一步研究和验证，并且个体差异也会影响治疗效果。

首先，经颅直流电联合认知训练可以显著改善认知功能障碍患者的注意力、工作记忆和执行功能。其次，该方法具有较好的安全性和耐受性，可以在合适的条件下作为替代性治疗手段。然而，不同类型的认知功能障碍对该治疗的效果存在差异，需要进一步研究和探索。此外，还需建立更为标准化的治疗方案和操作规范，以确保治疗效果的稳定性和可靠性。

经颅直流电联合认知训练作为一种新兴的治疗手段，具有巨大的发展空间和潜力。为进一步推动该领域的研究和应用，可以从以下几个方面入手：首先，需要深入研究不同类型的认知功能障碍和精神障

碍的治疗效果和作用机制。通过针对不同病理机制和临床表现的个体化治疗策略,可以更好地理解和应用经颅直流电联合认知训练。其次,结合其他治疗手段,探索更有效的综合治疗方案是一个值得关注的方向。通过将经颅直流电联合认知训练与药物治疗、心理治疗或其他非侵入性脑刺激技术结合,寻求更协同的治疗效果,提高患者的康复率和生活质量。第三,需要开展更大规模、长期的随机对照试验,以提高治疗方法的证据水平。这样的研究设计能够更准确地评估经颅直流电联合认知训练的疗效,并进一步指导其在临床实践中的应用。最后,建立更完善的临床管理和监测体系,以保障治疗的质量和安全。包括规范化的操作流程、标准化的治疗参数设定和严格的副作用监测等措施,将有助于确保经颅直流电联合认知训练的有效性和安全性。通过在这些方面进行深入研究和改进,能够进一步拓展经颅直流电联合认知训练的应用范围,提高其治疗效果,为认知和精神障碍患者提供更有效的康复选择。

## 参考文献

- 孙莉, 王舒, 叶维, 莫丹(2020). 经颅直流电刺激联合计算机辅助认知康复训练改善帕金森病认知障碍的临床疗效观察. *中国康复*, 35(6), 308-311.
- 杨健, 梁桂生, 廖成钜, 邓嘉威, 周光辉(2022). 经颅直流电刺激配合认知训练治疗卒中后认知障碍的疗效. *中国实用神经疾病杂志*, 25(2), 160-165.
- Anguera, J. A., Boccanfuso, J., Rintoul, J. L., Al-Hashimi, O., Faraji, F., Janowich, J. et al. (2013). Video Game Training Enhances Cognitive Control in Older Adults. *Nature*, 501, 97-101. <https://doi.org/10.1038/nature12486>
- Beretta, V. S., Conceição, N. R., Nóbrega-Sousa, P., Orcioli-Silva, D., Dantas, L. K. B. F., Gobbi, L. T. B. et al. (2020). Transcranial Direct Current Stimulation Combined with Physical or Cognitive Training in People with Parkinson's Disease: A Systematic Review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 17, Article No. 74. <https://doi.org/10.1186/s12984-020-00701-6>
- Bikson, M., Datta, A., & Elwassif, M. (2009). Establishing Safety Limits for Transcranial Direct Current Stimulation. *Clinical Neurophysiology*, 120, 1033-1034. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2009.03.018>
- Bikson, M., Grossman, P., Thomas, C., Zannou, A. L., Jiang, J., Adnan, T. et al. (2016). Safety of Transcranial Direct Current Stimulation: Evidence Based Update 2016. *Brain Stimulation*, 9, 641-661. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2016.06.004>
- Boggio, P. S., Ferrucci, R., Rigonatti, S. P., Covre, P., Nitsche, M., Pascual-Leone, A. et al. (2006). Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on Working Memory in Patients with Parkinson's Disease. *Journal of the Neurological Sciences*, 249, 31-38. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2006.05.062>
- Brunoni, A. R., & Vanderhasselt, M. (2014). Working Memory Improvement with Non-Invasive Brain Stimulation of the Dorsolateral Prefrontal Cortex: A Systematic Review and Meta-analysis. *Brain and Cognition*, 86, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2014.01.008>
- Brunoni, A. R., Nitsche, M. A., Bolognini, N., Bikson, M., Wagner, T., Merabet, L. et al. (2012). Clinical Research with Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS): Challenges and Future Directions. *Brain Stimulation*, 5, 175-195. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2011.03.002>
- Burton, C. Z., Garnett, E. O., Capellari, E., Chang, S., Tso, I. F., Hampstead, B. M. et al. (2023). Combined Cognitive Training and Transcranial Direct Current Stimulation in Neuropsychiatric Disorders: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 8, 151-161. <https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2022.09.014>
- Cotelli, M., Manenti, R., Brambilla, M., Petesi, M., Rosini, S., Ferrari, C. et al. (2014). Anodal tDCS during Face-Name Associations Memory Training in Alzheimer's Patients. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 6, Article 38. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2014.00038>
- Cruz Gonzalez, P., Fong, K. N. K., Chung, R. C. K., Ting, K., Law, L. L. F., & Brown, T. (2018). Can Transcranial Direct-Current Stimulation Alone or Combined with Cognitive Training Be Used as a Clinical Intervention to Improve Cognitive Functioning in Persons with Mild Cognitive Impairment and Dementia? a Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12, Article 416. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00416>
- Das, N., Spence, J. S., Aslan, S., Vanneste, S., Mudar, R., Rackley, A. et al. (2019). Cognitive Training and Transcranial Direct Current Stimulation in Mild Cognitive Impairment: A Randomized Pilot Trial. *Frontiers in Neuroscience*, 13, Article 307. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00307>
- Diamond, A., & Ling, D. S. (2016). Conclusions about Interventions, Programs, and Approaches for Improving Executive Functions That Appear Justified and Those That, Despite Much Hype, Do Not. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 18, 34-48. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.11.005>

- Elmasry, J., Loo, C., & Martin, D. (2015). A Systematic Review of Transcranial Electrical Stimulation Combined with Cognitive Training. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 33, 263-278. <https://doi.org/10.3233/rnn-140473>
- Fregni, F., Boggio, P. S., Nitsche, M., Berman, F., Antal, A., Feredoes, E. et al. (2005). Anodal Transcranial Direct Current Stimulation of Prefrontal Cortex Enhances Working Memory. *Experimental Brain Research*, 166, 23-30. <https://doi.org/10.1007/s00221-005-2334-6>
- Fritsch, B., Reis, J., Martinowich, K., Schambra, H. M., Ji, Y., Cohen, L. G. et al. (2010). Direct Current Stimulation Promotes BDNF-Dependent Synaptic Plasticity: Potential Implications for Motor Learning. *Neuron*, 66, 198-204. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2010.03.035>
- Gates, N., & Valenzuela, M. (2010). Cognitive Exercise and Its Role in Cognitive Function in Older Adults. *Current Psychiatry Reports*, 12, 20-27. <https://doi.org/10.1007/s11920-009-0085-y>
- Gordon, G., Brockmeyer, T., Schmidt, U., & Campbell, I. C. (2019). Combining Cognitive Bias Modification Training (CBM) and Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) to Treat Binge Eating Disorder: Study Protocol of a Randomised Controlled Feasibility Trial. *BMJ Open*, 9, e030023. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-030023>
- Guo, Z., Qiu, R., Qiu, H., Lu, H., & Zhu, X. (2023). Long-term Effects of Repeated Multitarget High-Definition Transcranial Direct Current Stimulation Combined with Cognitive Training on Response Inhibition Gains. *Frontiers in Neuroscience*, 17, Article 1107116. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1107116>
- Hampshire, A., Highfield, R. R., Parkin, B. L., & Owen, A. M. (2012). Fractionating Human Intelligence. *Neuron*, 76, 1225-1237. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.06.022>
- Hill, A. T., Fitzgerald, P. B., & Hoy, K. E. (2015). Effects of Anodal Transcranial Direct Current Stimulation on Working Memory: A Systematic Review and Meta-Analysis of Findings from Healthy and Neuropsychiatric Populations. *Brain Stimulation*, 9, 197-208. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2015.10.006>
- Hill, N. T. M., Mowszowski, L., Naismith, S. L., Chadwick, V. L., Valenzuela, M., & Lampit, A. (2017). Computerized Cognitive Training in Older Adults with Mild Cognitive Impairment or Dementia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *American Journal of Psychiatry*, 174, 329-340. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2016.16030360>
- Kelly, M. E., Loughrey, D., Lawlor, B. A., Robertson, I. H., Walsh, C., & Brennan, S. (2014). The Impact of Cognitive Training and Mental Stimulation on Cognitive and Everyday Functioning of Healthy Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ageing Research Reviews*, 15, 28-43. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2014.02.004>
- Kramer, A. F., Erickson, K. I., & Colcombe, S. J. (2006). Exercise, Cognition, and the Aging Brain. *Journal of Applied Physiology*, 101, 1237-1242. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00500.2006>
- Kueider, A. M., Parisi, J. M., Gross, A. L., & Rebok, G. W. (2012). Computerized Cognitive Training with Older Adults: A Systematic Review. *PLOS ONE*, 7, e40588. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0040588>
- Kuo, M., Paulus, W., & Nitsche, M. A. (2014). Therapeutic Effects of Non-Invasive Brain Stimulation with Direct Currents (tDCS) in Neuropsychiatric Diseases. *NeuroImage*, 85, 948-960. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.05.117>
- Lampit, A., Hallock, H., & Valenzuela, M. (2014). Computerized Cognitive Training in Cognitively Healthy Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Effect Modifiers. *PLOS Medicine*, 11, e1001756. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001756>
- Li, W., Li, X., Huang, L., Kong, X., Yang, W., Wei, D. et al. (2015). Brain Structure Links Trait Creativity to Openness to Experience. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 10, 191-198. <https://doi.org/10.1093/scan/nsu041>
- Mahncke, H. W., Connor, B. B., Appelman, J., Ahsanuddin, O. N., Hardy, J. L., Wood, R. A. et al. (2006). Memory Enhancement in Healthy Older Adults Using a Brain Plasticity-Based Training Program: A Randomized, Controlled Study. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103, 12523-12528. <https://doi.org/10.1073/pnas.0605194103>
- Manenti, R., Cotelli, M. S., Cobelli, C., Gobbi, E., Brambilla, M., Rusich, D. et al. (2018). Transcranial Direct Current Stimulation Combined with Cognitive Training for the Treatment of Parkinson Disease: A Randomized, Placebo-Controlled Study. *Brain Stimulation*, 11, 1251-1262. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2018.07.046>
- Martin, D. M., Liu, R., Alonzo, A., Green, M., & Loo, C. K. (2014). Use of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) to Enhance Cognitive Training: Effect of Timing of Stimulation. *Experimental Brain Research*, 232, 3345-3351. <https://doi.org/10.1007/s00221-014-4022-x>
- Martin, D. M., Liu, R., Alonzo, A., Green, M., Loo, C. K., & Sachdev, P. (2019). Effects of Transcranial Direct Current Stimulation over the Dorsolateral Prefrontal Cortex on Cognitive Control in Healthy Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Brain Stimulation*, 12, 524-535.
- Martin, D. M., Liu, R., Alonzo, A., Green, M., Player, M. J., Sachdev, P. et al. (2013). Can Transcranial Direct Current Stimulation Enhance Outcomes from Cognitive Training? A Randomized Controlled Trial in Healthy Participants. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 16, 1927-1936. <https://doi.org/10.1017/s1461145713000539>
- Martin, D. M., Teng, J. Z., Lo, T. Y., Alonzo, A., Goh, T., Iacoviello, B. M. et al. (2018). Clinical Pilot Study of Transcranial

- Direct Current Stimulation Combined with Cognitive Emotional Training for Medication Resistant Depression. *Journal of Affective Disorders*, 232, 89-95. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2018.02.021>
- Melby-Lervåg, M., & Hulme, C. (2013). Is Working Memory Training Effective? A Meta-Analytic Review. *Developmental Psychology*, 49, 270-291. <https://doi.org/10.1037/a0028228>
- Miniussi, C., & Vallar, G. (2011). Brain Stimulation and Behavioural Cognitive Rehabilitation: A New Tool for Neurorehabilitation? *Neuropsychological Rehabilitation*, 21, 553-559. <https://doi.org/10.1080/09602011.2011.622435>
- Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2000). Excitability Changes Induced in the Human Motor Cortex by Weak Transcranial Direct Current Stimulation. *The Journal of Physiology*, 527, 633-639. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2000.t01-1-00633.x>
- Ochsner, K., & Gross, J. (2005). The Cognitive Control of Emotion. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 242-249. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.03.010>
- Pergher, V., Au, J., Alizadeh Shalchy, M., Santarnecchi, E., Seitz, A., Jaeggi, S. M. et al. (2022). The Benefits of Simultaneous Tdcs and Working Memory Training on Transfer Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Brain Stimulation*, 15, 1541-1551. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2022.11.008>
- Polanía, R., Nitsche, M. A., & Ruff, C. C. (2012). Studying and Modifying Brain Function with Non-Invasive Brain Stimulation. *Nature Neuroscience*, 15, 863-876.
- Polanía, R., Nitsche, M. A., & Ruff, C. C. (2018). Studying and Modifying Brain Function with Non-Invasive Brain Stimulation. *Nature Neuroscience*, 21, 174-187. <https://doi.org/10.1038/s41593-017-0054-4>
- Rammensee, R. A., Morawetz, C., & Basten, U. (2023). Individual Differences in Emotion Regulation: Personal Tendency in Strategy Selection Is Related to Implementation Capacity and Well-Being. *Emotion*, 23, 2331-2343. <https://doi.org/10.1037/emo0001234>
- Sawai, S., Murata, S., Fujikawa, S., Yamamoto, R., Shima, K., & Nakano, H. (2023). Effects of Neurofeedback Training Combined with Transcranial Direct Current Stimulation on Motor Imagery: A Randomized Controlled Trial. *Frontiers in Neuroscience*, 17, Article 1148336. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1148336>
- Schertz, M., Karni-Visel, Y., Genizi, J., Manishevitch, H., Lam, M., Akawi, A. et al. (2022). Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) in Children with ADHD: A Randomized, Sham-Controlled Pilot Study. *Journal of Psychiatric Research*, 155, 302-312. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2022.08.022>
- Sommer, A., & Plewnia, C. (2021). Depression Treatment by tDCS-Enhanced Cognitive Control Training: A Test of Two Stimulation Intensities. *Brain Stimulation*, 14, 987-989. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2021.06.004>
- Teixeira-Santos, A. C., Moreira, C. S., Pereira, D. R., Pinal, D., Fregni, F., Leite, J. et al. (2022). Working Memory Training Coupled with Transcranial Direct Current Stimulation in Older Adults: A Randomized Controlled Experiment. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 14, Article 827188. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.827188>
- Thams, F., Rocke, M., Malinowski, R., Nowak, R., Grittner, U., Antonenko, D. et al. (2022). Feasibility of Cognitive Training in Combination with Transcranial Direct Current Stimulation in a Home-Based Context (Trainstim-Home): Study Protocol for a Randomised Controlled Trial. *BMJ Open*, 12, e059943. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-059943>
- Wang, Y., Yang, L., Zhang, J., Zeng, X., Wang, Y., & Jin, Y. (2022). The Effect of Cognitive Intervention on Cognitive Function in Older Adults with Alzheimer's Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Neuropsychology Review*, 32, 247-273. <https://doi.org/10.1007/s11065-021-09486-4>