

文章编号:1003-2754(2026)01-0003-07

doi:10.19845/j.cnki.zfysjjbzz.2026.0001



经颅磁刺激治疗失眠障碍的 临床应用与技术规范

中国睡眠研究会睡眠与神经调控专业委员会

摘要: 经颅磁刺激(TMS)作为证据充分、应用广泛的成熟神经调控技术,已成为失眠障碍治疗领域最具前景的治疗手段之一。然而,其在治疗方案制定、技术操作规范、适应证与禁忌证、不良反应处理及特殊人群应用等方面,尚缺乏系统统一的标准。为规范TMS治疗失眠障碍的诊疗流程,中国睡眠研究会睡眠与神经调控专业委员会组织编写了本技术规范。该规范系统阐述了TMS的技术原理与刺激模式,梳理了其治疗原发性失眠障碍及其共病抑郁、认知障碍等的临床证据,明确了刺激线圈、靶点、模式、强度等治疗方案的制定要点,细化了治疗室设置、人员资质、操作流程及疗效评估等技术规范,给出了不良反应的处置建议及特殊人群的使用原则,为临床规范开展TMS治疗失眠障碍提供了全面的专家共识与实践指导。

关键词: 经颅磁刺激; 失眠障碍; 技术规范; 重复经颅磁刺激; θ 爆发式刺激

中图分类号:R338.63 文献标识码:A

Clinical application and technical specifications of transcranial magnetic stimulation for the treatment of insomnia disorder Professional Committee of Sleep and Neuromodulation of Chinese Sleep Research Society.

Abstract: As a mature neuromodulation technique with sufficient evidence and wide application, transcranial magnetic stimulation (TMS) has become a highly promising approach for the treatment of insomnia disorder. However, there is still a lack of unified standards for formulation of treatment regimens, technical operations, indications and contraindications, treatment of adverse reactions, and application in special populations. In order to standardize the application of TMS in the diagnosis and treatment of insomnia disorder, Professional Committee of Sleep and Neuromodulation of Chinese Sleep Research Society organized the compilation of the technical specifications. This document systematically elaborates on the technical principles and stimulation modes of TMS, summarizes the clinical evidence for its application in the treatment of primary insomnia disorder and comorbid conditions such as depression and cognitive impairment, clarifies the key points for formulating treatment regimens (including stimulation coils, targets, modes, and intensity), refines the technical specifications such as treatment room setup, personnel qualifications, operation procedures, and efficacy evaluation, and provides recommendations for the management of adverse reactions and principles for use in special populations, which provides a comprehensive expert consensus and practical guidance for the standardized clinical application of TMS in the treatment of insomnia disorder.

Key words: Transcranial magnetic stimulation; Insomnia disorder; Technical specifications; Repetitive transcranial magnetic stimulation; θ burst stimulation

失眠障碍是最常见的睡眠障碍之一,其特征是频繁地入睡困难、睡眠维持困难和(或)早醒,导致患者对睡眠时长和(或)睡眠质量的不满意,并影响日间社会功能。根据国际睡眠障碍分类第三版(International Classification of Sleep Disorders, Third Edition, ICSD-3),失眠障碍分为慢性失眠障碍和短期失眠障碍^[1]。失眠障碍可孤立存在,也可与其他躯体疾病或精神障碍共病。失眠可导致多种日间功能损害,包括认知功能下降、情绪障碍以及社交与职业功能障碍等。长期失眠还会显著增加高血压、糖尿病、心脑血管疾病、认知障碍以及焦虑状态、抑郁状态等神经精神疾病的患病风险。

目前,临幊上失眠障碍的治疗方法包括药物治

疗、认知行为治疗以及物理治疗等。药物治疗包括苯二氮草受体激动剂、双食欲素受体拮抗剂、褪黑素和褪黑素受体激动剂、具有镇静作用的抗抑郁药物、具有镇静作用的抗精神病药物以及抗组胺药物等。失眠障碍的认知行为治疗疗效已获充分证实,然而其起效较慢、疗程长、综合成本高,且需由受过专门训练的医生、护士或治疗师进行。近年来,无创神经调控技术已广泛应用于多种神经和精神疾病的治疗和研究,其中,经颅磁刺激(transcranial magnetic

收稿日期:2025-11-10;修订日期:2025-12-26

基金项目:国家重点研发计划(2021YFC2501400,2021YFC2501405)

作者单位:(首都医科大学宣武医院神经内科,北京 100053)

通信作者:王玉平,E-mail: wangyuping@xwhosp.org

stimulation, TMS)治疗是循证依据最充分、应用最广泛的神经调控技术,已成为失眠障碍治疗领域最具前景的神经调控手段^[2]。基于现有研究进展与临床实践,现对TMS治疗失眠障碍的技术规范形成以下共识。

1 经颅磁刺激技术与原理

TMS是一种非侵入性神经调控技术,其原理是应用法拉第电磁感应定律,通过向线圈快速释放电容器中储存的高压电流,产生瞬时强脉冲磁场,该磁场几乎无衰减地穿过皮肤、颅骨等高阻抗组织,在脑实质内产生感应电场。当感应电场强度超过局部神经轴突阈值时,即可在去极化区段触发动作电位,该电位沿锥体神经元轴突顺向或逆向传导,经突触与突触传递激活或抑制上下游神经网络,引发一系列生理、生化反应,最终实现大脑神经功能的调节。

TMS刺激模式有单脉冲经颅磁刺激(single-pulse TMS, sTMS)、双脉冲经颅磁刺激(paired-pulse TMS, ppTMS)、重复经颅磁刺激(repetitive TMS, rTMS)和θ爆发式刺激(θ burst stimulation, TBS)。sTMS和ppTMS主要用于无创评估皮质兴奋性及测量运动诱发电位(motor evoked potential, MEP),rTMS和TBS主要用于神经、精神疾病的治疗。rTMS即在头皮某个部位以固定频率重复施加磁刺激脉冲,实现对局部大脑皮质的调控。神经系统兴奋性对rTMS具有频率依赖性,即低频rTMS(<1 Hz)产生抑制性效应,表现为长时程抑制(long-term depression, LTD),高频rTMS(≥5 Hz)产生兴奋性效应,表现为长时程增强(long-term potentiation, LTP)。TBS模式即规律给予一系列含3个脉冲(脉冲频率为50 Hz)的脉冲串,这些脉冲串之间的间隔为200 ms(即5 Hz)。与常规rTMS相比,TBS可以在更短的刺激时间,以更低的刺激强度对皮质产生效能更强的调控作用。不同的TBS模式可引发截然相反的神经调控效应。连续TBS(continuous TBS, cTBS),可导致突触后膜受体过度激活,削弱突触效能,产生类似于LTD的抑制性效应。间歇TBS(intermittent TBS, iTBS),通过足够强度的去极化激活突触后膜受体,增强突触效能,产生类似LTP的兴奋性效应。还可以通过调整丛内频率、丛内脉冲数及丛间间隔等参数,衍生出具有不同生理效应的多种TBS模式^[2]。

2 经颅磁刺激治疗失眠障碍的证据

2.1 经颅磁刺激治疗原发性失眠障碍

最近3项关于rTMS治疗原发性失眠障碍的Meta分析研究,对已发表的临床随机对照研究进行了分析。结果显示,rTMS治疗在降低匹兹堡睡眠质量指数量表(Pittsburgh Sleep Quality index, PSQI)、失眠严重程度指数量表(Insomnia Severity Index, ISI)

评分方面显著优于空白对照组、安慰剂组,且rTMS治疗在30 d内对睡眠质量的改善效果逐渐增强。最常见的不良反应为头痛,无严重不良事件发生^[3-5]。

最近也有研究在探索新的刺激模式和多种组合治疗方法,如采用cTBS治疗失眠障碍^[6]、采用太极联合rTMS治疗失眠障碍^[7]或采用rTMS与经颅直流电刺激(transcranial direct current stimulation, tDCS)联合治疗失眠障碍^[8]。其中,rTMS与tDCS联合治疗失眠障碍效果显著且持久,尤其能提高治疗稳定性和长期获益,是一种极具潜力的新型治疗方式。

2.2 经颅磁刺激治疗其他疾病共病失眠障碍

失眠障碍常与抑郁状态同时发生,且是与抑郁互相影响的独立因素。有研究提出对于轻中度抑郁状态共病失眠障碍的患者,针刺联合rTMS治疗可改善其抑郁症状与睡眠质量^[9]。在脑卒中后抑郁状态共病失眠障碍的患者中,低频rTMS联合药物治疗能更好地改善失眠症状,而高频rTMS联合药物治疗能更好地改善抑郁症状,且高频和低频rTMS都有助于患者神经功能的恢复和日常生活能力的提高^[10]。

失眠障碍患者也常伴有认知障碍,这种情况在老年群体中尤为普遍。失眠障碍和轻度认知障碍(mild cognitive impairment, MCI)同时出现会增加痴呆的患病风险。有研究表明,rTMS联合太极拳治疗可以改善同时患有睡眠障碍和MCI的老年人的睡眠质量和认知功能^[11]。对于已经发展为阿尔茨海默病并伴有失眠障碍的老年人,rTMS治疗亦能改善其睡眠^[12]。

另外,rTMS亦可用于治疗帕金森共病失眠障碍^[13,14]、广泛性焦虑共病失眠障碍^[15,16]、慢性疼痛共病失眠障碍^[17]、癌症患者失眠障碍^[18]。也有研究提示,靳三针结合低频rTMS可治疗痉挛性脑瘫儿童的睡眠障碍^[19]。

2.3 经颅磁刺激治疗失眠障碍的可能机制

TMS治疗失眠障碍,是通过脉冲磁场靶向刺激大脑特定区域,调节神经电活动与神经网络功能,从而改善失眠症状,其作用机制包括以下几方面:

(1)调节特定脑区的兴奋状态:我们可采用低频rTMS刺激或cTBS刺激特定脑区,降低被刺激脑区的兴奋性;也可采用高频rTMS刺激或iTBS刺激特定脑区,增强被刺激脑区的兴奋性。例如,低频rTMS刺激右侧背外侧前额叶皮质(dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC),可降低右侧DLPFC的兴奋性,从而起到治疗失眠障碍的作用^[2,4,6]。

(2)调节特定脑网络功能:TMS刺激DLPFC或内侧前额叶皮质(medial prefrontal cortex, mPFC),可调节情绪与认知相关脑网络;刺激顶叶皮质,可调节注意相关脑网络^[6,15]。TMS通过重塑与失眠障碍病

理生理相关的脑网络功能,而起到治疗失眠障碍的作用。

(3)影响神经递质与神经可塑性:TMS通过在脑组织产生感应电场,调节神经元膜电位,进而影响神经递质[如 γ -氨基丁酸(γ -aminobutyric acid,GABA)、5-羟色胺(5-hydroxytryptamine,5-HT)]的释放,改变神经兴奋-抑制平衡,从而诱导突触可塑性变化,产生持续性的治疗效果^[20,21]。

3 经颅磁刺激治疗方案的制定

3.1 刺激线圈的选择

TMS线圈分为表面型线圈、深部型线圈和全脑型线圈。表面型线圈刺激深度约头皮下2~3 cm,主要包括圆形线圈和“8”字形线圈。其中圆形线圈刺激强度和面积大,但聚焦性较弱,而“8”字形线圈具有较高的聚焦性,为目前临床最常应用的线圈之一。深部型线圈刺激深度可达头皮下5~6 cm,包括H线圈、V形线圈、双锥型线圈、U型线圈(向下或向上弯曲)等。H线圈旨在确保刺激聚焦性的情况下靶向更深的大脑区域,在需要影响深层神经通路的研究和治疗中有特殊价值;V形线圈是一种角度电极配置,适合靶向特定的神经通路或直线电极无法到达的区域,常用于皮质表面记录;双锥形线圈由两个碗状线圈夹角100°而成,其结构使其更好地贴合头部形状,从而实现更深的穿透;U型线圈电极以弯曲方式排列,可更好地贴合大脑轮廓,有利于深部脑刺激及局部神经疾病的治疗。全脑型线圈包括光环线圈和复合线圈。光环线圈为环形电极放置在球面周围,通常用于全脑刺激。复合线圈,则是由多组线圈排列组成。临床实践中可根据刺激靶点的不同来选择合适的刺激线圈类型^[2]。例如,目前临幊上通常采用“8”字形线圈刺激右侧DLPFC或右侧顶叶皮质来治疗失眠障碍^[4,14]。

3.2 刺激靶点的选择

TMS治疗作为一种无创神经调控方法,可以通过调节刺激部位的皮质兴奋性及相关神经网络连接发挥治疗作用。在临幊应用中,刺激靶点的选择需依据疾病的病理生理特征而定。例如,研究显示失眠障碍患者大脑某些区域(如右侧DLPFC和右侧顶叶皮质)存在过度活动,或神经递质(如5-HT、GABA等)的代谢和调节失衡。TMS可通过调节相关脑区兴奋性及网络连接,改善睡眠结构。目前临幊上治疗失眠障碍常用的刺激靶点包括右侧DLPFC和右侧顶叶皮质^[4,14],内侧前额叶、前扣带回等脑区也可作为潜在干预靶点^[4]。

3.3 刺激模式的选择

rTMS常用的刺激模式有低频rTMS、高频rTMS和TBS,不同刺激模式对大脑皮质产生异质性调控

效应。低频rTMS(<1 Hz)和cTBS刺激模式,可对局部大脑皮质产生抑制性效应。高频rTMS(≥ 5 Hz)和iTBS刺激模式,可对局部大脑皮质产生兴奋性效应。临幊上应根据不同疾病的病理生理改变,选择不同的刺激模式。例如,对于失眠障碍患者,可采用低频rTMS或cTBS模式刺激右侧DLPFC或右侧顶叶皮质,以降低其兴奋性^[4,14]。

3.4 刺激强度的选择

根据国际临幊神经生理学联合会定义,静息运动阈值(resting motor threshold,RMT)是指使用sTMS刺激运动皮质,在静息肌肉中能够引出“最小运动反应”的刺激强度^[2]。rTMS的刺激强度,按是否高于RMT,分为阈上刺激与阈下刺激。阈上刺激(强度 $>$ RMT),通过高强度磁场直接激活神经元,引发神经元的动作电位,促进神经递质的释放,调节特定脑区的兴奋性而改善大脑的功能。常用于治疗抑郁症、帕金森病、脑卒中后运动功能障碍等。阈下刺激(强度 $<$ RMT),无法引发动作电位,但可以通过调节神经元的膜电位、影响神经递质的释放或调节神经网络的活动,以实现对神经元兴奋性的调节(抑制或增强)。常用于治疗癫痫、失眠障碍、缓解疼痛、改善认知功能等。

总体而言,TMS阈上刺激作用直接、起效迅速,适用于快速改善症状,而阈下刺激更侧重于精细调节神经功能,作用持久温和,适用于长期干预。临幊上常用的rTMS治疗强度范围为80%~120% RMT^[22]。对于失眠的治疗,多采用80%~90% RMT^[4],治疗2~4周;若治疗时间超过2周、患者病情波动明显、治疗方案(如药物等)有所调整时,应当重新测量RMT并据此调整刺激强度,以确保治疗的有效性与安全性。

3.5 静息运动阈值的测量

在进行rTMS或TBS治疗前,通常需要测定RMT,即通过肌电放大器记录MEP来确定。在检测过程中,对受试者一侧半球进行sTMS刺激时,受试者的拇指展肌、第一骨间背侧肌或其他靶肌应处于静息状态。记录电极放置于肌腹,参考电极放置于肌腱,地线置于线圈与肌电电极之间。检测RMT时,使用“8”字形或环形线圈,其中心置于受试者一侧运动皮质。对于“8”字形线圈,手柄方向应朝向后方(即与大脑中动脉方向平行);对于环形线圈,手柄方向应与大脑中动脉方向垂直。首先采用较大刺激强度(通常为最大输出强度的80%~90%),通过调节刺激部位确定最强刺激点,然后逐渐降低刺激强度,直至在10次刺激中至少有5次诱发的MEP波幅大于50 μV,此时的刺激强度即为RMT。RMT可用于评估皮质脊髓谷氨酸能运动神经元的兴奋性以及初级运动皮质内纤维的连接情况,它代表诱发皮质脊髓束兴奋所需的最低刺激强度。RMT值越高,表明

运动皮质的兴奋性越低；反之，RMT值越低，表明运动皮质的兴奋性越高。根据个体的耐受程度和RMT值，确定TMS治疗的刺激强度。通常选择80%~120% RMT的刺激强度进行治疗，120% RMT作为最高安全强度上限。

4 经颅磁刺激治疗的操作规范

TMS治疗作为一项临床治疗新技术，必须在临床医疗机构内开展。

4.1 经颅磁刺激治疗室设置

rTMS设备属于大型用电设备，应保证治疗室的最大电压、电流等用电条件达到要求，避免用电安全隐患。建议治疗室面积>20 m²，以保证操作空间充足。治疗室应具备温度调控系统，以同时保证患者舒适度和仪器的正常运行。患者取卧位或坐位，建议配备耳塞、耳机等设备以保护听力。治疗室内应常规配备自动体外除颤器(automated external defibrillator, AED)、吸氧装置、心电血压检测仪等各类急救设备和地西洋等急救药品，并设置紧急呼叫装置。

4.2 经颅磁刺激治疗操作人员资质及职责

建议每间治疗室至少应配备1名有资质的临床医师及1名医技人员。该临床医师须在已经获得开展TMS治疗资质的临床机构接受1个月以上的理论和实践培训，并独立完成一定数量患者的rTMS治疗，并掌握必要的急救技能。该临床医师职责包括：在治疗前与该患者的主治医师共同制定TMS治疗方案，并实时监测患者的治疗全过程。医技人员须完成TMS治疗理论和相关操作的培训，内容涵盖仪器使用规范、操作流程、RMT的测定方法、不良反应的观察和处置等。医技人员可完成仪器安装等工作，但实施治疗须有临床医师在场。

4.3 经颅磁刺激治疗规范化流程

TMS治疗规范化流程包括治疗前告知和评估、治疗靶点定位、治疗设备的设置与维护、治疗过程的记录以及疗效评估等。

4.3.1 治疗前告知和评估 治疗前应告知患者及家属治疗方案、注意事项及不良反应等，并签署知情同意书。临床医师针对患者情况与病情进行具体评估，结合各类检查结果排除禁忌证，制定个性化治疗方案。在实时治疗前，应再次确认患者血压、心率等各项生命体征。

4.3.2 治疗靶点定位 治疗靶点定位主要有3种方法：(1)刺激M1手控制区，观察是否诱发手部活动或记录手部肌肉的MEP，再以此为基点移动到目标靶区。例如寻找右侧DLPFC靶点的“标准5 cm法”，即找到右侧M1区后，再向前移动5 cm。(2)参考脑电安装系统(10-20系统)或电极帽，选择接近的电极位置，如右侧DLPFC可选择F4导联位置。(3)借助

头部磁共振结构像、功能磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)或正电子发射计算机断层扫描(positron emission tomography, PET)等影像学技术确定治疗靶点，通过导航装置，进行刺激靶点的精确定位。

4.3.3 治疗设备的设置与维护 TMS设备主要包括主机、刺激线圈、软件控制系统和人机交互模块。对主机的维护：定期检查主机电压电容的稳定性，确保其稳定连接到电压插座且电压波动在允许范围内(通常为220 V±10%)。对刺激线圈的维护：定期检查线圈是否存在变形破损，其内部线路是否完好；因其工作时会产生大量热量，应为刺激线圈配备冷却系统并做好温度监控，安装温度报警系统。软件控制系统主要包含患者的各项信息以及刺激参数信息，应定期更新维护。人机交互模块主要呈现机器当前的工作状态，可对刺激模式、频率、时长、强度等进行设置和编程，且应定期进行软件更新和参数校准。另外，应定期对设备进行清洁消毒，建立设备维护档案。

4.3.4 治疗实施与记录 一次完整的TMS治疗过程，应包括以下内容：

(1)采集患者的基本信息：包括姓名、性别、年龄、身高、体重、病史和体格检查。

(2)治疗前应进行血压、心率等生命体征的采集。

(3)治疗前应进行TMS治疗适应证和禁忌证筛查，以及进行风险告知，签署知情同意书。

(4)确定TMS治疗方案，包括刺激靶点、刺激强度、刺激模式、刺激时长和治疗周期等。

(5)确定疗效评估方案，并在治疗前后相应的时间点进行量表、电生理或影像学数据采集。

(6)记录单次治疗的RMT、治疗参数和治疗完成情况。

(7)治疗过程中应实时观察患者反应，并做好记录。

(8)治疗后应再次进行血压、心率等生命体征的采集。

(9)记录不良反应：由临床医师对单次不良反应进行采集记录，酌情调整治疗方案。

4.3.5 疗效评估与随访 神经心理量表评估：建议在治疗前、治疗后即刻、治疗后2周、治疗后4周、治疗后3个月及治疗后6个月分别对失眠障碍患者进行睡眠量表及神经心理量表评估^[6,23-29]。主要评估量表包括PSQI、ISI、Epworth嗜睡量表(Epworth Sleepiness Scale, ESS)和临床疗效总评量表(Clinical Global Impression-improvement, CGI-I)^[15,23-31]。

电生理评估：可在治疗前和治疗后完成多导睡

眠图和静息态脑电图检查,评估患者睡眠时间、睡眠效率、睡眠结果以及治疗前后脑电活动的改变。有研究发现,低频刺激左侧 DLPFC 后干预靶区周围(Fz,F3)相位-振幅耦合值显著增强^[32]。也有研究发现,高频刺激后额顶及枕区慢波活动增强^[33]。治疗前和治疗结束行多导睡眠图检查发现,无论是高频还是低频刺激,治疗后睡眠效率提高、睡眠潜伏期缩短、觉醒次数减少、总睡眠时间增多、入睡后觉醒时间下降、非快速眼动睡眠 3 期时间延长^[6,31-34]。还有研究在低频刺激右 DLPFC 和顶叶治疗前和治疗后,采用心肺耦合睡眠评估系统进行评估,通过在睡眠状态下连续采集心电数据,发现总睡眠时间和深度睡眠时间均延长^[30]。

影像学评估:可在治疗前和治疗后完成患者结构 MRI 及静息态 fMRI 扫描,用于评估患者治疗前后脑结构和脑网络的改变。有研究采用低频振幅(amplitude of low-frequency fluctuations, ALFF)评价局部脑连接,发现额极至左侧顶上小叶的静息态功能连接与患者的睡眠质量和疗效呈负相关^[35]。

血液生理指标评估:可在治疗前和治疗后评估失眠患者血液生理指标的变化,例如皮质醇、促肾上腺皮质激素、去甲肾上腺素和 5-HT 等^[36,37]。

其他评估方式:可通过睡眠日记来主观评估患者治疗前后睡眠模式的变化^[38,39]。也有研究通过睡眠日记结合体动仪来评估患者治疗前后睡眠模式的变化^[39]。

5 经颅磁刺激治疗失眠障碍的适应证与禁忌证

5.1 适应证

TMS 治疗失眠障碍的适应证包括:(1)慢性失眠障碍;(2)慢性失眠障碍共病焦虑状态;(3)慢性失眠障碍共病抑郁状态;(4)慢性失眠障碍共病轻中度认知障碍。

5.2 禁忌证

rTMS 治疗失眠障碍的绝对禁忌证,包括:(1)体内安装心脏起搏器、除颤器、迷走神经刺激器、脑室腹腔分流术/磁性颅内分流器、深部脑刺激器、硬膜外皮质刺激器、钢制分流器/支架、颅内金属碎片(钛除外)、耳蜗植入物、动脉瘤夹、弹簧圈、血流导向装置、磁性牙科植入物、眼部金属植入物;(2)任何原因导致的生命体征不稳定者。

rTMS 治疗失眠障碍的相对禁忌证(应密切注意,但不一定排除治疗),包括:(1)有癫痫病史或癫痫发作倾向者;(2)原发性脑肿瘤、脑转移瘤患者;(3)严重的心、肺、肝、肾、甲状腺等躯体疾病病史;(4)由特殊原因导致的失眠,如甲亢、癌症、药物或物质滥用等;(5)由于精神症状或认知障碍,导致不能配合治疗者。

6 经颅磁刺激治疗失眠障碍的不良反应及处理建议

(1)头痛和头部不适:头痛和头部不适是较常见的副作用,个体可接受的疼痛程度不一样,与其对疼痛的耐受性和刺激部位有关。建议调整线圈位置、降低强度或使用缓冲垫。

(2)耳部不适:磁刺激产生的声音较大,虽经证实对听觉无影响,但该声音刺激可能引起患者耳部不适感。建议刺激全程为患者佩戴耳塞,以适当隔离噪声干扰。

(3)癫痫发作:高频磁刺激可能导致局部皮质兴奋性增高,继而诱发癫痫,这是该治疗最严重的急性副作用,建议把控磁刺激适应证并将磁刺激强度控制在合适范围内。

(4)头晕或恶心:头晕或恶心的不良反应较为罕见,且症状通常短暂,建议治疗后静卧休息,并评估症状是否与刺激参数或体位有关。

7 经颅磁刺激治疗在特殊人群中的使用

(1)儿童:由于儿童大脑处于发育阶段,其安全性及疗效证据不足,一般情况下不建议对失眠障碍儿童使用 TMS 治疗。

(2)老年人:鉴于老年群体对失眠障碍药物的相互作用及不良反应更为敏感,TMS 成为一种有价值的非药物替代方案。目前 TMS 治疗已被批准用于治疗老年抑郁症。但对于严重痴呆、严重认知障碍的老年人尚无临床证据,应于严格评估后谨慎使用。

(3)癫痫患者或有癫痫发作倾向者:需谨慎评估癫痫风险,避免高频高强度刺激,必要时调整刺激参数或暂停治疗。

(4)妊娠期女性:有研究认为 rTMS 治疗对于妊娠期女性相对安全。但由于安全性证据不充分,对于妊娠期女性进行 TMS 治疗时,仍需谨慎^[40]。磁场强度随距离增加迅速衰减,对处在妊娠期的患者和操作人员,需距离工作中的线圈≥60 cm^[41]。

8 总结和展望

TMS 治疗是一种安全无创的神经调控治疗方法,在失眠障碍治疗中已展现出良好的临床疗效与临床适用性。然而,目前研究普遍存在样本量小、治疗靶点与治疗参数不统一等问题,制约其标准化应用。因此,未来需要开展大样本、多中心、双盲随机对照研究,进一步验证其疗效,确立 TMS 治疗失眠障碍的最佳治疗方案。

总之,TMS 治疗为失眠障碍提供了一种新的治疗选择,但仍需深入探索以优化治疗方案,提高疗效,减少不良反应。未来的研究应关注 TMS 治疗以及电磁联合治疗的长期效果及其在其他疾病共病失眠障碍中的应用,实现个体化治疗。

执笔作者: 黄朝阳、陆俊宇(首都医科大学宣武医院神经内科);席文杰(河北医科大学第一医院神经内科/邯郸市中心医院神经内科);郑重[四川大学华西医院/华西厦门医院(研究院)]。

专家委员会成员(按姓氏拼音排序): 艾思志(广州医科大学附属脑科医院睡眠与节律医学中心);陈贵海(安徽医科大学第四附属医院睡眠障碍科);陈力(解放军总医院全科医学科);程金湘(空军军医大学第二附属医院神经内科);邓佳慧(北京大学第六医院医技科);邓伟(杭州市第七人民医院物理联合诊疗中心);狄海波(杭州师范大学浙江-比利时意识障碍联合实验室);丁晶(复旦大学附属中山医院神经内科);丁勇民(南昌大学第二附属医院神经内科);董月青(天津市津南医院脑系科);段洪峰(北京心灵方舟科技发展有限公司);龚亮(四川大学附属成都市第二人民医院神经内科);郭毅(深圳市人民医院神经内科);何江弘(首都医科大学附属北京天坛医院神经外科);何宗岭[成都市第四人民医院(成都市精神卫生中心)];胡克(武汉大学人民医院呼吸与危重症医学科);胡士敏(首都医科大学宣武医院神经内科);胡志安(陆军军医大学基础医学院生理教研室);黄朝阳(首都医科大学宣武医院神经内科);李庆云(上海交通大学医学院附属瑞金医院呼吸与危重症医学科);李小俚(北京师范大学心理学部);李晓(重庆医科大学附属第一医院精神科);梁子红(内蒙古自治区人民医院精神卫生科);林华(首都医科大学宣武医院神经内科);刘春岭(郑州大学第二附属医院神经内科);陆峰(同济大学附属同济医院精神医学中心);吕东升(内蒙古自治区脑科医院睡眠医学中心);吕玉丹(吉林大学第一医院神经内科);马芹颖(河北医科大学第一医院睡眠医学二科);潘集阳(暨南大学附属第一医院睡眠医学中心);秦鹏民(华南师范大学心理学院);宿长军[西安市人民医院(西安市第四医院)脑科病院];王端卫(山东省精神卫生中心);王刚(西安交通大学生命科学与技术学院);王红星(首都医科大学宣武医院神经内科);王立平(中国科学院深圳先进技术研究院脑认知与脑疾病研究所);王升(河北医科大学);王涛(华中科技大学同济医学院附属协和医院神经科);王为民(北京大学电子学院量子电子研究所);王玉平(首都医科大学宣武医院神经内科);王贊(吉林大学第一医院神经内科);王智民(首都医科大学附属北京安定医院神经调控科);温力生(江门市中心医院睡眠医学中心);吴萍(北京大学中国药物依赖性研究所);吴雪海(复旦大学附属华山医院神经外科);吴云成(上海交通大学医学院附属第一人民医院神经内科);肖伏龙(北京大学人民医院);谢成娟(安徽医科大学第一附属医院神经内科);熊念(华中科技大学同济医学院附属协和医院神经内科);薛闻(杭州市第七人民医院物理联合诊疗中心);于欢(复旦大学附属华山医院神经内科);张丽(南京医科大学附属脑科医院睡眠医学中心);张艳(首都医科大学宣武医院神经内科);张芸(绵阳市中心医院心身医学科·睡眠医学中心);赵明明[广西壮族自治区人民医院(广西医学科学院)睡眠医学科·神经调控中心];郑重[四川大学华西医院/华西厦门医院(研究院)];周波(电子科技大学附属医院·四川省人民医院);周俊英(四川大学华西医院睡眠医学中心);

朱玲玲(中国人民解放军军事医学研究院);朱龙军(苏州市广济医院物理治疗中心)。

利益冲突声明: 所有作者均声明不存在利益冲突。

[参考文献]

- [1] American Academy of Sleep Medicine. International classification of sleep disorders [M]. 3rd ed. Darien: American Academy of Sleep Medicine, 2014.
- [2] Gutierrez MI, Poblete-Naredo I, Mercado-Gutierrez JA, et al. Devices and technology in transcranial magnetic stimulation: A systematic review[J]. Brain Sci, 2022, 12(9): 1218.
- [3] Jiang B, He D, Guo Z, et al. Efficacy and placebo response of repetitive transcranial magnetic stimulation for primary insomnia [J]. Sleep Med, 2019, 63: 9-13.
- [4] Sun N, He Y, Wang Z, et al. The effect of repetitive transcranial magnetic stimulation for insomnia: A systematic review and meta-analysis[J]. Sleep Med, 2021, 77: 226-237.
- [5] Wang S, Lan Y, Liu Z, et al. Effects of different interventions on insomnia in adults: Systematic review and network meta-analysis [J]. J Psychiatr Res, 2023, 165: 140-149.
- [6] Zhu X, Tabarak S, Que J, et al. Efficiency and safety of continuous Theta burst stimulation for primary insomnia: A randomized clinical trial[J]. Sleep Med, 2024, 124: 77-83.
- [7] He J, Chan SH, Lin J, et al. Integration of Tai Chi and repetitive transcranial magnetic stimulation for sleep disturbances in older adults: A pilot randomized controlled trial[J]. Sleep Med, 2024, 122: 35-44.
- [8] Zhou Q, Liu Z, Yu C, et al. Effect of combined treatment with transcranial direct current stimulation and repetitive transcranial magnetic stimulation compared to monotherapy for the treatment of chronic insomnia: A randomised, double-blind, parallel-group, controlled trial[J]. BMC Med, 2024, 22(1): 538.
- [9] 阎路达, 周鹏, 赖美琪, 等. 针刺联合低频rTMS治疗轻中度抑郁障碍共病失眠: 随机对照试验[J]. 中国针灸, 2023, 43(4): 374-378, 400.
- [10] Xu X, Li L, Gao T, et al. Clinical study of different frequency transcranial magnetic stimulation combined with paroxetine in the treatment of poststroke depression with insomnia [J]. Medicine, 2024, 103(45): e40227.
- [11] Liu Z, Zhang L, Bai L, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation and Tai Chi Chuan for older adults with sleep disorders and mild cognitive impairment: A randomized clinical trial [J]. JAMA Netw Open, 2025, 8(1): e2454307.
- [12] Zhou X, Wang Y, Lv S, et al. Transcranial magnetic stimulation for sleep disorders in Alzheimer's disease: A double-blind, randomized, and sham-controlled pilot study [J]. Neurosci Lett, 2022, 766: 136337.
- [13] Wu J, Zhuang S, Zhang X, et al. Objective sleep enhancement in Parkinson's disease: A sham-controlled trial of low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation over the right dorsolateral prefrontal cortex[J]. Parkinsonism Relat Disord, 2024, 126: 107050.
- [14] Feng Z, Li M, Zheng Y, et al. Efficacy of low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation in the treatment of sleep disorders

- in the early stage of Parkinson disease: A single-center double-blind controlled study[J]. Medicine, 2025, 104(38): e44780.
- [15] Huang Z, Li Y, Bianchi MT, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation of the right parietal cortex for comorbid generalized anxiety disorder and insomnia: A randomized, double-blind, sham-controlled pilot study [J]. Brain Stimul, 2018, 11 (5) : 1103-1109.
- [16] 黄巍, 郑重, 邹可, 等. 右侧顶叶低频重复经颅磁刺激治疗焦虑失眠的随机对照研究[J]. 精神医学杂志, 2024, 37(1): 1-5.
- [17] Vanhanen J, Kujala J, Liljeström M, et al. rTMS targeted to the secondary somatosensory cortex influences sleep in CRPS patients, as measured with the OURAS ring[J]. Brain Behav, 2023, 13(11): e3252.
- [18] Tian S, Huangfu L, Fanan Y, et al. Pilot randomized controlled trial of transcranial magnetic stimulation for the treatment of insomnia in cancer survivors: An efficacy, safety, and feasibility therapy [J]. Int J Cancer, 2025, 157(6): 1055-1063.
- [19] 刘诗贤, 朱美俊, 李云, 等. 斩三针结合低频重复经颅磁刺激对痉挛型脑性瘫痪患儿睡眠障碍及脑电活动的影响[J]. 中国针灸, 2024, 44(11): 1267-1272.
- [20] Feng J, Zhang Q, Zhang C, et al. The Effect of sequential bilateral low-frequency rTMS over dorsolateral prefrontal cortex on serum level of BDNF and GABA in patients with primary insomnia [J]. Brain Behav, 2019, 9(2): e01206.
- [21] Ben-Shachar D, Gazawi H, Ribyad-Levin J, et al. Chronic repetitive transcranial magnetic stimulation alters beta-adrenergic and 5-HT2 receptor characteristics in rat brain [J]. Brain Res, 1999, 816(1): 78-83.
- [22] Trapp NT, Purgianto A, Taylor JJ, et al. Consensus review and considerations on TMS to treat depression: A comprehensive update endorsed by the National Network of Depression Centers, the Clinical TMS Society, and the International Federation of Clinical Neurophysiology[J]. Clin Neurophysiol, 2025, 170: 206-233.
- [23] Holbert RC, Carr BR, Bussing R. An open label pilot trial of sequential bifrontal low frequency r-TMS in the treatment of primary insomnia[J]. Psychiatry Res, 2023, 324: 115194.
- [24] Lu Q, Zhang W, Yan H, et al. Connectomic disturbances underlying insomnia disorder and predictors of treatment response [J]. Front Hum Neurosci, 2022, 16: 960350.
- [25] Ding X, He L, Kang T, et al. The role of the left dorsolateral prefrontal cortex in conflict control during insomnia disorder [J]. J Psychiatr Res, 2024, 171: 271-276.
- [26] Zhu L, Pei Z, Dang G, et al. Predicting response to repetitive transcranial magnetic stimulation in patients with chronic insomnia disorder using electroencephalography: A pilot study [J]. Brain Res Bull, 2024, 206: 110851.
- [27] Liao J, Wang S, Zhou B, et al. Efficacy and safety of pulse magnetic therapy system in insomnia disorder: A multicenter, randomized, double-blind, placebo-controlled trial[J]. Psychiatry Investig, 2023, 20(6): 559-566.
- [28] Yuan J, Wang H, Chen J, et al. Effect of low frequency repetitive magnetic stimulation at Shenmen (HT7) on sleep quality in patients with chronic insomnia[J]. Medicine, 2020, 99(30): e21292.
- [29] Zhang YP, Liao WJ, Xia WG. Effect of acupuncture cooperated with low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation on chronic insomnia: A randomized clinical trial[J]. Curr Med Sci, 2018, 38(3): 491-498.
- [30] Wu H, Lv J, Liu M, et al. The long-term effect of repetitive transcranial magnetic stimulation in the treatment of intractable insomnia[J]. Sleep Med, 2021, 85: 309-312.
- [31] Lin WC, Chen MH, Liou YJ, et al. Effect of low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation as adjunctive treatment for insomnia patients under hypnotics: A randomized, double-blind, sham-controlled study[J]. J Chin Med Assoc, 2023, 86(6): 606-613.
- [32] Guo Y, Zhao X, Zhang X, et al. Effects on resting-state EEG phase-amplitude coupling in insomnia disorder patients following 1 Hz left dorsolateral prefrontal cortex rTMS [J]. Hum Brain Mapp, 2023, 44(8): 3084-3093.
- [33] Wilckens KA, Mayeli A, Stepan ME, et al. High frequency transcranial magnetic stimulation increases slow-wave activity during subsequent sleep in older adults with cognitive complaints [J]. Brain Stimul, 2024, 17(2): 362-364.
- [34] Khedr EM, Ahmed GK, Ahmad Korayem M, et al. Short-term therapeutic effect of repetitive transcranial magnetic stimulations of sleep disorders in Parkinson's disease: A randomized clinical trial (pilot study)[J]. Brain Sci, 2024, 14(6): 556.
- [35] Zheng H, Zhou Q, Yang J, et al. Altered functional connectivity of the default mode and frontal control networks in patients with insomnia[J]. CNS Neurosci Ther, 2023, 29(8): 2318-2326.
- [36] Vgontzas AN, Bixler EO, Lin HM, et al. Chronic insomnia is associated with nyctohemeral activation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis: Clinical implications[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2001, 86(8): 3787-3794.
- [37] 唐雷, 马朝阳, 游菲, 等. 低频电穴位刺激对脑卒中后失眠患者血浆5-HT及NE的影响[J]. 中国针灸, 2015, 35(8): 763-767.
- [38] Hertenstein E, Angelillo M, Henckaerts P, et al. Comparing subjective and objective nighttime- and daytime variables between patients with insomnia disorder and controls-a systematic umbrella review of meta-analyses[J]. Sleep Med Rev, 2025, 83: 102153.
- [39] Kay DB, Buysse DJ, Germain A, et al. Subjective-objective sleep discrepancy among older adults: Associations with insomnia diagnosis and insomnia treatment[J]. J Sleep Res, 2015, 24(1): 32-39.
- [40] Angeline S, Tiyyati B, Akosile W. Transcranial magnetic stimulation in pregnancy: Efficacy, safety, and future implications for perinatal mental health care[J]. Brain Behav, 2025, 15(2): e70304.
- [41] Yanamadala J, Borwankar R, Makarov S, et al. Estimates of peak electric fields induced by transcranial magnetic stimulation in pregnant women as patients or operators using an FEM full-body model [A]//Brain and Human Body Modeling[M]. Cham: Springer International Publishing, 2019: 49-73.