

穴位刺激在围手术期脑保护中的应用研究进展*

陈文强¹, 都忠莹¹, 雷畅¹, 杨沙沙¹, 王春爱^{2△}

1 甘肃中医药大学第一临床医学院, 甘肃 兰州 730000; 2 甘肃省中医院, 甘肃 兰州 730050

[摘要] 从麻醉手术相关病理生理过程、术中麻醉管理优化及术后脑功能障碍防治等方面系统综述穴位刺激在围手术期脑保护中的作用机制, 为促进穴位刺激在围手术期的精准应用提供理论依据。

[关键词] 围手术期脑保护; 穴位刺激; 研究进展

[中图分类号] R245.97 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 2096-9600(2026)01-0165-05

Advances of Acupoint Stimulation for Perioperative Neuroprotection

CHEN Wenqiang¹, DU Zhongying¹, LEI Chang¹, YANG Shasha¹, WANG Chun'ai^{2△}

1 First Clinical Medical School, Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China;

2 Gansu Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine, Lanzhou 730050, China

Abstract This review systematically elucidates the mechanisms underlying acupoint stimulation for perioperative neuroprotection, focusing on three key perspectives: the relevant anesthetic-surgical pathophysiological processes, the optimization of intraoperative management, and the prevention/treatment of postoperative brain dysfunction. It aims to provide a theoretical foundation for its targeted clinical application in the perioperative setting.

Keywords perioperative neuroprotection; acupoint stimulation; research progress

随着外科手术技术的普及与老龄化社会的推进, 围手术期脑功能障碍已成为临床麻醉学领域重点关注的并发症之一, 其中术后认知功能障碍(postoperative cognitive dysfunction, POCD)与术后谵妄(postoperative delirium, POD)发生率居高不下, 尤其在老年患者、心脏手术及神经外科手术患者中, POCD发生率可达30%~50%, POD发生率超过20%, 严重影响患者术后康复质量与长期预后, 增加医疗资源消耗^[1-4]。因此, 寻求有效的脑保护策略成为临床麻醉学重要的研究方向。

穴位刺激作为传统中医学与现代麻醉学交叉融合的创新技术, 因其多靶点调节、低创伤性、无药物代谢负担及无药物依赖风险的优势, 在围手术期医学中备受关注^[5-6]。临床实践证实, 通过标准化的针刺、电针及经皮穴位电刺激(transcutaneous electrical acupoint stimulation, TEAS)干预, 可实现减少麻醉药物用量、维持术中血流动力学稳定、抑制术后过度炎症反应等效果, 并通过多通路机制减轻麻醉手术相关脑损伤^[7-12]。本文系统梳理穴位刺激的脑保护作用机制、围手术期临床应用效果, 为其在围手术期脑保护中的规范化应用提供理论支撑, 推动中西医结合麻醉技术的临床转化。

1 穴位刺激技术在临床麻醉中的应用概述

穴位刺激技术以中医“经络-穴位”理论为基础, 结合现代神经调控原理, 通过物理刺激手段激活特定穴位, 调节机体神经免疫系统, 现已成为临床麻醉中重要的辅助干预手段^[11,13]。根据操作方式的侵入性与临床适用性, 常用于围手术期脑保护的穴位刺激技术主要分为以下三类, 其临床特点与麻醉适配性如下: 1) 针刺。采用无菌毫针穿透皮肤, 通过手法捻转或提插实现“得气”效应。该技术的核心优势在于穴位刺激精准度高、作用持续时间长, 适用于术前预处理或术后康复阶段^[14]。2) 电针: 在针刺基础上, 将毫针与电针仪连接, 施加可控的脉冲电流, 实现持续、量化的穴位刺激。其突出特点为刺激参数可标准化调控、作用强度可量化、脑保护效应增强, 且可通过调整电流参数适配不同麻醉深度, 适用于术中全程辅助麻醉与脑保护, 尤其在心脏手术、神经外科手术等长时间手术中应用优势显著^[15]。3) TEAS: 将导电电极片贴于穴位表面皮肤, 通过低频脉冲电流经皮导入刺激穴位, 无需皮肤穿刺^[16]。该技术具有无创性、操作简便、可由麻醉护士独立完成、患者接受度高的特点, 可灵活应用于术前访视期、术中麻醉维持期及术后恢复期, 是当前围手术期脑保

护中应用最广泛的穴位刺激方式,尤其适配老年、儿童及对穿刺恐惧的患者^[11-12,17]。

从临床麻醉实践需求看,TEAS与电针因可整合入麻醉操作流程、刺激参数可控性强,更符合围手术期标准化管理要求,不仅能通过多靶点调节减少围手术期药物用量,还能改善患者术后恢复质量,契合加速康复外科(enhanced recovery after surgery, ERAS)理念,为围手术期脑保护提供了安全、经济的非药物干预选择^[1,18-19]。

2 穴位刺激对围手术期脑保护的作用机制

麻醉药物的神经毒性与手术创伤引发的应激反应,是导致围手术期脑损伤的核心病理生理基础,其关键环节包括神经炎症过度激活、氧化应激失衡及神经递质系统紊乱,最终引发血脑屏障破坏、神经元凋亡及认知功能损害^[8,20]。穴位刺激通过靶向调控上述病理环节,实现围手术期脑保护。

2.1 调控神经炎症,阻断“外周炎症-中枢损伤”通路

神经炎症是POCD与POD的核心发病机制之一,手术创伤可激活外周免疫细胞,释放白细胞介素6(interleukin-6, IL-6)、肿瘤坏死因子 α (tumor necrosis factor- α , TNF- α)等促炎因子,通过血脑屏障侵袭中枢神经系统,激活小胶质细胞(中枢免疫细胞)向促炎M1表型极化,引发神经元损伤与突触功能障碍^[21-23]。在中枢层面,穴位刺激可调节小胶质细胞极化。研究证实,电针刺刺激大椎穴(GV14)与百会穴(GV20)可抑制大鼠脑内小胶质细胞M1表型标志物表达,促进抗炎M2表型标志物表达,同时上调转化生长因子 β (TGF- β)的蛋白水平,降低IL-6浓度,使脑梗死体积减少20%~30%,脑水含量下降15%以上,神经功能评分改善;外周层面,穴位刺激可激活胆碱能抗炎通路。针对老年手术患者临床研究显示,TEAS刺激内关穴(PC6)与间使穴(PC5)可通过激活迷走神经-胆碱能抗炎通路,促进迷走神经释放乙酰胆碱,抑制外周巨噬细胞与血管内皮细胞促炎因子合成,使术后血清IL-6水平降低35%~40%,C反应蛋白水平降低25%~30%,间接减弱外周炎症信号向中枢的传导,减轻中枢神经系统炎症损伤^[24-28]。

2.2 抑制氧化应激,保护神经元结构与功能完整性

围手术期创伤与麻醉药物刺激可导致机体活性氧(reactive oxygen species, ROS)大量生成,超出内源性抗氧化系统清除能力,引发氧化应激反应。过量ROS会无差别攻击神经元细胞,触发神经元凋亡或坏死通路,损害学习、记忆等高级认知功能。穴位刺激可通过双重通路抑制氧化应激。

2.2.1 激活抗氧化信号通路

电针预处理可激

活脑内AMPK/mTOR自噬信号通路,抑制神经元过度自噬;同时上调Nrf2/HO-1信号通路活性,促进血红素氧合酶1(heme oxygenase-1, HO-1)、超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)等抗氧化酶表达,增强机体清除ROS能力。研究显示,该干预可使大鼠海马区ROS水平降低40%~50%,线粒体膜电位恢复率提升30%以上,减轻脑组织缺血再灌注损伤^[29-34]。

2.2.2 降低氧化损伤标志物水平

丙二醛(malondialdehyde, MDA)是脂质过氧化的终产物,其水平直接反映氧化损伤程度。多项临床研究证实,术前30 min至术后72 h持续TEAS/EA干预,可使患者海马区、皮层区MDA含量降低25%~35%;同时,针刺还可通过激活腺苷酸活化蛋白激酶信号通路,抑制铁依赖性细胞程序性死亡(铁死亡),降低脑内Fe²⁺浓度与MDA水平,减少线粒体损伤面积,使脑梗死体积缩小20%左右,保护神经元膜通透性与流动性,维持神经信号正常传导^[35-38]。

2.3 平衡神经递质,修复麻醉相关神经环路紊乱

麻醉药物通过干扰神经递质平衡[如抑制 γ -氨基丁酸(gamma-aminobutyric acid, GABA)]等抑制性递质、激活谷氨酸等兴奋性递质,破坏神经环路完整性,导致意识消失与术后认知功能障碍。穴位刺激通过精准调节神经递质系统,促进脑功能恢复。

2.3.1 调节抑制性与兴奋性递质平衡

在脑缺血再灌注损伤模型中,电针刺刺激可提高血清GABA含量,抑制谷氨酸过度释放,维持“抑制-兴奋”递质动态平衡,减少兴奋性毒性导致的神经元凋亡^[39]。

2.3.2 保护胆碱能系统与神经营养功能

胆碱能系统是认知功能的核心调控系统之一,麻醉手术可导致胆碱能神经元损伤,乙酰胆碱(acetylcholine, ACh)水平下降。临床研究显示,对老年腹部手术患者,术前30 min至术后72 h持续TEAS刺激内关穴(PC6),术后7天血清ACh水平较单纯麻醉组升高,简易精神状态检查表(mini-mental state examination, MMSE)评分下降幅度减少2~3分,提示胆碱能系统保护是穴位刺激改善术后认知的重要途径。此外,电针干预还可促进脑源性神经营养因子(brain-derived neurotrophic factor, BDNF)表达,刺激神经干细胞增殖分化,加速神经功能修复^[40-41]。

2.3.3 调节单胺类递质与情绪相关神经环路

TEAS刺激内关穴可通过迷走神经传入通路抑制杏仁核区(情绪调节中枢)谷氨酸能神经元过度激

活,降低术后焦虑相关去甲肾上腺素、多巴胺递质紊乱,间接保护认知功能;针对POD患者的研究显示,电针刺激百会穴(GV20)可调节下丘脑-垂体-肾上腺轴功能,降低血清皮质醇水平,改善术后睡眠结构紊乱,减少睡眠剥夺引发的谵妄风险^[22,42]。

3 穴位刺激在围手术期脑保护中的临床应用效果

随着研究的深入,穴位刺激在围手术期脑保护中的应用日益广泛,尤其是TEAS和电针,因其无创、安全、易与麻醉流程整合的特性,在围手术期脑保护的临床应用中展现了显著优势和广阔前景。

3.1 POCD POCD的防治是穴位刺激最重要的应用领域之一。大量临床研究证实,穴位刺激能够促进全麻术后认知功能恢复,降低POCD发生率。心脏手术时间长,体外循环期间易发生脑低灌注和微栓塞,POCD发生率高达30%~50%。研究显示,TEAS刺激内关穴可稳定心脏手术患者血流动力学,降低血清神经元特异性烯醇化酶和S100钙结合蛋白 β 水平,减少POCD发生率^[26,43]。一项随机对照试验发现,TEAS组患者术后7天POCD发生率低于对照组。老年患者生理机能减退,血脑屏障通透性增加,是POCD的高危人群,穴位刺激在老年手术患者中显示出良好的认知保护效果^[8,44-45]。有研究显示,针刺“醒神四穴”(百会、神门、内关及合谷)可提高老年全麻患者术后3、5天的MMSE评分,降低认知功能障碍发生率。同时,接受针刺治疗的患者炎症反应减轻,疼痛评分(visual analogue score, VAS)明显改善。还有研究表明,电针百会、内关穴可降低老年全麻患者POCD发生率,且术后第3天电针组MMSE评分已恢复至术前水平,而对照组仍显著低于术前。这表明穴位刺激不仅能够减轻认知损害,还能加速认知功能恢复进程^[11,46-47]。

3.2 POD POD是一种急性波动性脑功能障碍,以急性意识障碍、注意力不集中、认知功能紊乱为核心特征。从POD预防效果看,穴位刺激可通过调节神经-内分泌-免疫网络,降低高危人群谵妄发生风险^[18]。一项针对老年腹部手术患者的随机对照研究显示,于麻醉诱导前30 min至术后48 h持续给予TEAS,干预组POD发生率低于对照组,且干预组术后72 h内谵妄发作持续时间更短^[48]。另一项针对心脏手术患者的Meta分析进一步证实,术前至术后3天穴位刺激可使POD发生风险降低,尤其年龄 ≥ 65 岁、合并基础脑病的高危患者,预防效果更显著^[10]。穴位刺激可作为药物治疗的补充手段,能减轻谵妄严重程度、改善认知功能。

对于已发生POD的患者,穴位刺激可通过温和神经调节作用,在缓解症状的同时减少药物依赖。一项针对骨科术后谵妄患者的临床研究表明,在常规药物治疗基础上给予电针治疗,患者谵妄评定量表评分低于单纯药物,且定向力、注意力等认知功能恢复时间缩短^[49]。此外,穴位刺激对POD干预具有针对性,对于以躁动、幻觉为主的“兴奋性谵妄”,选取百会、太冲穴可快速镇静;对于以嗜睡、反应迟钝为主的“抑制性谵妄”,配伍足三里、气海可改善意识状态,体现“辨证取穴”的个体化优势。穴位刺激还可通过多靶点调节,弥补传统麻醉脑保护措施的局限性,强化POD防控效果。穴位刺激能调节下丘脑-垂体-肾上腺轴功能,降低皮质醇水平,改善术后睡眠结构紊乱,而睡眠剥夺是POD的重要诱发因素^[13,17,48,50]。

3.3 优化术中管理 术中应用穴位刺激可减少麻醉药物用量。研究表明,在相同麻醉深度下,接受穴位刺激患者丙泊酚、瑞芬太尼等麻醉药物用量可减少20%~30%,降低了药物毒副作用风险;同时,穴位刺激还有助于维持术中血流动力学稳定,减少血压波动和心律失常发生,保证脑灌注压稳定,为手术患者提供全方位保护。特别是对于脑功能脆弱人群,如老年患者、合并脑血管疾病患者等,术中穴位刺激显示出独特的脑保护优势^[1,7,51-52]。

4 未来研究方向

当前研究多为单中心小样本,需开展大样、多中心的随机对照研究,同时制定麻醉场景专用假刺激标准,提升盲法有效性。穴位刺激存在明显个体差异,需要平衡标准化和个体化矛盾,建立基于患者特征的个体化治疗方案。未来应多学科联合,制定更加规范的临床操作指南,促进穴位刺激的规范化应用。

5 结论

穴位刺激作为中西医结合的非药物干预技术,在围手术期脑保护中具有独特优势:通过抗炎、抗氧化、调节神经递质,直接减轻麻醉手术脑损伤;通过减少麻药用量、稳定血流动力学,间接优化脑保护基础。临床应用,TEAS因无创适配全围手术期,可作为老年、高危患者首选;电针适用于长时间手术术中干预;针刺更适合术前预处理。未来需通过大样本循证研究、个体化方案及操作规范,推动其成为围手术期脑保护的标准化策略,改善患者术后康复质量。

参考文献

- [1] 王欣,罗念平,张赵梦,等.老年胃肠肿瘤病人术后认知功能障碍的研究进展[J].全科护理,2025,23(16):3113-3117.

- [2] ANAND N, GUPTA R, MISHRA S P, et al. Postoperative cognitive dysfunction: a review[J]. *Asian J Anesthesiol*, 2024, 62(1):1-11.
- [3] KITTHANYATEERAKUL P, TANKUMPUAN T, DAVIDSON P M. Cognitive dysfunction in older patients undergoing non-neurosurgery in the immediate postoperative period: a systematic review[J]. *Nurs Open*, 2024, 11(8):70023.
- [4] PONGRAWEEWAN P, TORNSATITKUL S, SIRIUSSAWAKUL A, et al. Incidence of postoperative cognitive dysfunction in older adults: a prospective cohort study using a web-based Montreal cognitive assessment application[J]. *Sci Rep*, 2025, 15(1):31180.
- [5] LIN J, ZHAO L, YANG L, et al. Current non-pharmacological therapies and new directions for cognitive dysfunction following traumatic brain injury[J]. *Behav Brain Res*, 2025, 495:115774.
- [6] ZHANG L, WU Y, LI J, et al. Discovery of a novel mitophagy inducer attenuating postoperative cognitive dysfunction through structure-based virtual screening and biological validation[J]. *Free Radic Biol Med*, 2025, 240:46-58.
- [7] 金晓伟, 周森, 周奇韬, 等. 围手术期经皮穴位电刺激预防老年全膝关节置换术后认知功能障碍的临床研究[J]. *中华全科医学*, 2024, 22(2):235-239.
- [8] 廖萌萌, 吴小斌. 经皮穴位电刺激预防术后谵妄和术后认知功能障碍的研究进展[J]. *中国医学创新*, 2025, 22(13):175-179.
- [9] 王麒, 周瑞玲, 丁玲玲, 等. 电针与经皮穴位电刺激对老年患者术后谵妄的影响[J]. *中国中西医结合外科杂志*, 2022, 28(4):485-490.
- [10] GUO F, YAN Y, SUN L, et al. Transcutaneous electrical acupoint stimulation for preventing postoperative delirium: a meta-analysis[J]. *Neuropsychiatr Dis Treat*, 2023, 19:907-920.
- [11] EDWARDS C, YURASEK F, ALEXANDER B, et al. A pilot study to evaluate the effects of acupuncture on post-operative cognitive dysfunction(POCD) in older adults: a randomized, controlled clinical trial[J]. *Integr Med Res*, 2020, 9:100605.
- [12] HO Y S, CHANG R C C, WONG G T C, et al. Effects of electroacupuncture on postoperative cognitive dysfunction: a preclinical study (abridged secondary publication)[J]. *Hong Kong Med J*, 2022, 28(6):45-47.
- [13] 张瑶, 季加富, 张维亮, 等. 术后认知功能障碍的中医理论及临床应用研究进展[J]. *临床麻醉学杂志*, 2024, 40(8):865-867.
- [14] 韩浩天, 许天宇, 李泽民, 等. 针刺手法基本功训练与评价方案设计[J]. *西部中医药*, 2024, 37(12):153-156.
- [15] 张斌森, 张笑佳, 秦晓宇, 等. 电针对布比卡因中毒大鼠心肌损伤及线粒体功能的影响[J]. *西部中医药*, 2024, 37(1):20-23.
- [16] 徐紫清, 丁凡帆, 薛阳, 等. 经皮穴位电刺激对老年髌关节置换术后认知功能影响的Meta分析[J]. *西部中医药*, 2023, 36(8):48-53.
- [17] DING L, NING J, GUO Y, et al. The preventive effect of transcutaneous electrical acupoint stimulation on postoperative delirium in elderly patients with time factors: a randomized trial[J]. *J Integr Complement Med*, 2022, 28(8):689-696.
- [18] 张靖, 刘亚男, 叶玉军. 经皮穴位电刺激联合柴胡加龙骨牡蛎汤治疗术后谵妄的效果观察[J/OL]. *辽宁中医杂志*, 2024:1-9. (2024-12-16). <https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?filename=LNZY2024121302S&dbname=CJFD&dbcode=CJFQ>.
- [19] 张小丹, 翁林舒, 吴蓓蓓, 等. 加速康复外科理念护理在老年患者胆道术后谵妄及认知功能障碍中的应用效果[J]. *中国医药导报*, 2023, 20(31):180-184.
- [20] 刘东, 陶庆宇, 朱海娟, 等. 脊柱手术后认知功能障碍和术后谵妄[J]. *临床与病理杂志*, 2024, 44(2):313-319.
- [21] LI C, CONG Y, SONG W, et al. Irisin regulates microglia M1/M2 polarization and promotes autophagy through the Sirt3 pathway to alleviate POCD[J]. *J Neuroimmune Pharmacol*, 2025, 20(1):34.
- [22] LI Z Y, LIU Q, SHI X T, et al. Impaired synaptic plasticity mediated by decreased GLUT1 in hippocampal astrocytes is involved in postoperative cognitive dysfunction in elderly mice[J]. *Mol Neurobiol*, 2025, 62(10):13678-13696.
- [23] XU X, MEI B, YANG Y, et al. Astrocytes lingering at a crossroads: neuroprotection and neurodegeneration in neurocognitive dysfunction[J]. *Int J Biol Sci*, 2025, 21(7):3122-3143.
- [24] 王志刚, 刘真富, 高扬, 等. 电针预处理对老龄大鼠长期术后认知功能障碍和神经炎症反应的影响[J]. *针刺研究*, 2023, 48(6):557-563.
- [25] SUN L, YONG Y, WEI P, et al. Electroacupuncture ameliorates postoperative cognitive dysfunction and associated neuroinflammation via NLRP3 signal inhibition in aged mice[J]. *CNS Neurosci Ther*, 2022, 28(3):390-400.
- [26] STAIKU R E, VERNIC C, CIURESCU S, et al. Postoperative delirium and cognitive dysfunction after cardiac surgery: the role of inflammation and clinical risk factors[J]. *Diagnostics*, 2025, 15(7):844.
- [27] WANG W, YAN F. The role of central inflammation in postoperative cognitive dysfunction[J]. *J Clin Nurs Res*, 2025, 9(2):35-39.
- [28] WANG Z G, LIU Z F, GAO Y, et al. Effects of electroacupuncture pretreatment on long-term postoperative cognitive dysfunction and neuron-inflammation in aged rats[J]. *Zhen Ci Yan Jiu*, 2023, 48(6):557-563.
- [29] 温美玲, 梁伟东. 经皮穴位电刺激疗法对老年甲状腺癌根治术患者术后应激反应及谵妄的影响[J]. *中国现代医生*, 2025, 63(21):1-4.
- [30] 徐贤亮, 黄仙保, 余奕军, 等. 经皮穴位电刺激辅助麻醉对老年腰椎手术术后应激反应及谵妄的影响[J]. *中国医学创新*, 2022, 19(16):53-57.
- [31] BONFANTE S, NETTO M B, DE OLIVEIRA JUNIOR A N, et

- al. Oxidative stress and mitochondrial dysfunction contributes to postoperative cognitive dysfunction in elderly rats dependent on NLRP3 activation[J]. *Metab Brain Dis*, 2024, 40(1):1.
- [32] LI N, HONG S Y, LI J, et al. Effect of electroacupuncture pretreatment on hippocampal oxidative stress in aged mice with postoperative cognitive dysfunction[J]. *Zhongguo ZhenJiu*, 2021, 41(6):645-650.
- [33] WANG W, CHEN C, WANG Q, et al. Electroacupuncture pretreatment preserves telomerase reverse transcriptase function and alleviates postoperative cognitive dysfunction by suppressing oxidative stress and neuroinflammation in aged mice[J]. *CNS Neurosci Ther*, 2024, 30(2):e14373.
- [34] ZHANG X, ZHANG B, QIN X, et al. Electroacupuncture ameliorates postoperative cognitive dysfunction and oxidative stress *via* the SIRT1/FOXO1 autophagy pathway: an animal study[J]. *J Cell Mol Med*, 2025, 29(4):e70436.
- [35] 秦晓宇, 张斌森, 张笑佳, 等. 电针对术后认知功能障碍模型大鼠炎症反应和铁死亡影响的研究[J]. *中国全科医学*, 2024, 27(6):723-732.
- [36] CHEN T, ZHANG B, ZHANG X, et al. Electroacupuncture improves postoperative cognitive dysfunction by inhibiting ferroptosis *via* the TFR1-DMT1-FPN pathway[J]. *Acupunct Med*, 2025, 43(2):74-84.
- [37] HUANG H, LI Y, WANG X, et al. Electroacupuncture pretreatment protects against anesthesia/surgery-induced cognitive decline by activating CREB *via* the ERK/MAPK pathway in the hippocampal CA1 region in aged rats[J]. *Aging*, 2023, 15(20):11227-11243.
- [38] ZHANG X, ZHANG A, LI R, et al. Electroacupuncture regulates ferroptosis to improve postoperative cognitive dysfunction in mice through mediating GRX1/GSK-3 β /Nrf2 axis[J]. *Brain Res Bull*, 2025, 222:111234.
- [39] WU T, SUN X Y, CAO J, et al. GABA(B) receptor activation contributes to post-surgery cognitive impairments in mice by inducing hippocampal BDNF hypermethylation[J]. *Ann Med*, 2025, 57(1):2536221.
- [40] SEUNG P, SEO Y, KANG S H, et al. Effect of choline alfoscerate on cognitive dysfunction after mild traumatic brain injury: a single-center prospective case-control study[J]. *Korean J Neurotrauma*, 2025, 21(2):114-123.
- [41] YE Z, KE M, WANG T, et al. Effect of electroacupuncture on postoperative cognitive dysfunction for patients undergoing total knee arthroplasty: a protocol for systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Medicine*, 2021, 100(4):23891.
- [42] XIE Z F, WANG S Y, GAO Y, et al. Vagus nerve stimulation(VNS) preventing postoperative cognitive dysfunction(POCD): two potential mechanisms in cognitive function[J]. *Mol Cell Biochem*, 2025, 480(3):1343-1357.
- [43] HASSANI AHANGAR M, AGHAZADEH-HABASHI K, RAHI A, et al. The significance of S100 β and neuron-specific enolase (NSE) in postoperative cognitive dysfunction following cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis[J]. *Eur J Med Res*, 2025, 30(1):811.
- [44] GAN L, QIAN K, YANG J, et al. Intraoperative transcutaneous electrical acupoint stimulation combined with anesthesia to prevent postoperative cognitive dysfunction: a systematic review and meta-analysis[J]. *PLoS One*, 2025, 20(1):0313622.
- [45] XI L, FANG F, YUAN H, et al. Transcutaneous electrical acupoint stimulation for postoperative cognitive dysfunction in geriatric patients with gastrointestinal tumor: a randomized controlled trial[J]. *Trials*, 2021, 22(1):563.
- [46] 汤炎华, 梅章林, 庄焕忠, 等. 电针涌泉、神门、百会穴对老年患者术后认知功能障碍的影响[J]. *罕少疾病杂志*, 2022, 29(9):94-96.
- [47] OU L, SHEN Z, ZHANG T, et al. Electroacupuncture for the prevention of postoperative cognitive dysfunction among older adults undergoing hip and knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Front Med*, 2022, 8:778474.
- [48] FAN Q, LEI C, WANG Y, et al. Transcutaneous electrical acupoint stimulation combined with auricular acupressure reduces postoperative delirium among elderly patients following major abdominal surgery: a randomized clinical trial[J]. *Front Med*, 2022, 9:855296.
- [49] 李荣华, 徐敏逸, 张建楠, 等. 电针治疗对老年患者髋部骨折术后谵妄的影响[J]. *临床麻醉学杂志*, 2025, 41(7):703-708.
- [50] CHEN X, KONG D, DU J, et al. Transcutaneous electrical acupoint stimulation affects older adults' cognition after general anesthesia: a meta-analysis[J]. *Geriatr Nurs*, 2022, 46:144-156.
- [51] QIAN J, HE M, ZHAN X, et al. Transcutaneous electrical acupoint stimulation combined with an integrated perioperative nursing program prevents subsyndromal delirium in older patients after joint replacement[J]. *Geriatr Nurs*, 2023, 49:199.
- [52] LIU F, WU X, WANG Z, et al. Mitochondrial dysfunction in postoperative cognitive dysfunction: From preclinical mechanisms to multimodal diagnostics and precision intervention[J]. *Ageing Res Rev*, 2025, 111:102845.

收稿日期:2025-10-03

*基金项目:国家自然科学基金(82260973);兰州市科技计划项目(2022-3-31)。

作者简介:陈文强(1998—),男,在读硕士研究生。研究方向:围手术期器官保护。

△通讯作者:王春爱(1970—),女,硕士学位,主任医师。研究方向:围手术期器官保护。Email:chunaixx@163.com。