经皮穴位电刺激防治肾移植术后恶心呕吐的研究进展

赵婷婷，李玉红*

浙江树人学院树兰国际医学院，树兰（杭州）医院麻醉科　浙江杭州

【摘要】肾移植术后恶心呕吐（PONV）是影响患者恢复质量的常见并发症，而以药物为主的防治策略在这一特殊人群中常面临安全性与有效性的双重制约。经皮穴位电刺激（TEAS）作为一种非侵入性物理疗法，在围术期 PONV 防治中展现出独特优势。本文围绕 TEAS 防治 PONV 的主要机制展开评述，包括内源性阿片肽释放、自主神经平衡调节、胃肠激素调控以及抗炎通路等多靶点协同作用，并结合肾移植患者特殊的病理生理背景，分析该技术在肾移植领域临床应用的研究现状与不足。现有证据虽初步提示 TEAS 可降低肾移植患者 PONV 发生率并促进胃肠功能恢复，但相关研究在样本量、设计质量和机制深度上仍存在明显局限。据此，本文提出未来应重点推进多中心高质量临床试验、开展肾移植特异性机制研究、建立标准化操作规范，并探索遗传背景对疗效的调控作用，以期为将该技术整合入肾移植围术期加速康复外科体系提供参考。

【关键词】经皮穴位电刺激；肾移植；术后恶心呕吐；加速康复外科

【基金项目】杭州市医药卫生科技项目（B20231958）

【收稿日期】2026 年 8 月 23 日　【出刊日期】2026 年 9 月 21 日　【DOI】10.12208/j.ijmd.20260086

Research progress of transcutaneous electrical acupoint stimulation in the prevention and treatment of postoperative nausea and vomiting after kidney transplantation

*Tingting Zhao, Yuhong Li**

Department of Anesthesiology, Shulan (Hangzhou) Hospital, Shulan International Medical College, Zhejiang Shuren University, Hangzhou, Zhejiang

【**Abstract**】Postoperative nausea and vomiting (PONV) remains a common complication after kidney transplantation that impairs recovery quality, while pharmacologically based prophylaxis and treatment often face dual constraints of safety and efficacy in this specific population. Transcutaneous electrical acupoint stimulation (TEAS), a non-invasive physical therapy, has shown unique advantages in perioperative PONV management. This review focuses on the main mechanisms by which TEAS alleviates PONV, including endogenous opioid peptide release, autonomic nervous balance regulation, gastrointestinal hormone modulation, and anti-inflammatory pathways, and discusses the current status and limitations of its clinical application in kidney transplantation, taking into account the special pathophysiological background of kidney transplant recipients. Preliminary findings suggest a potential benefit of TEAS in reducing PONV and improving gastrointestinal recovery among kidney transplant recipients; however, current studies suffer from limited sample sizes, methodological weaknesses, and insufficient mechanistic exploration. Therefore, we propose that future research should emphasize large-scale, multi-center trials, kidney transplant-specific mechanistic investigations, standardized treatment protocols, and assessment of genetic factors that may modulate therapeutic outcomes, ultimately supporting the integration of TEAS into ERAS programs for kidney transplantation.

【**Keywords**】Transcutaneous electrical acupoint stimulation; Kidney transplantation; Postoperative nausea and vomiting; Enhanced recovery after surgery

*通讯作者：李玉红

1 引言：临床困境与可能的非药物路径

术后恶心呕吐（postoperative nausea and vomiting, PONV）是外科麻醉后最常见的并发症之一，普通外科人群中发生率约为 20%～30%，在高危患者中可达 80%[1]。在肾移植领域，这一问题的严重性与复杂性被进一步放大。一方面，终末期肾病患者术前即存在较高的 PONV 基础风险--尿毒症毒素蓄积导致的胃肠功能紊乱、胃排空延迟以及多种共存疾病使得这类患者对恶心呕吐的易感性显著增加[2]。另一方面，肾移植术后必须长期使用的免疫抑制剂（尤其是霉酚酸酯和他克莫司）本身即具有显著的胃肠道副作用，临床数据显示接受联合治疗的患者恶心发生率可高达 39%～47%[3]。这就构成了一个深层矛盾：移植术后既必须使用止吐性药物，又因免疫抑制状态和肾功能特点而无法自由使用常规止吐药物。甲氧氯普胺可能通过 CYP3A4 途径升高他克莫司血药浓度而增加肾毒性[4]，部分 5-HT_3 受体拮抗剂对 QT 间期的影响在肾移植患者中亦需格外警惕[5]。

这一困境提示我们，单纯依赖药物方案可能已触及天花板，不仅因为每增加一种药物都可能带来新的相互作用风险，更因为肾移植患者 PONV 的病因是多因素的，单一靶点的药物干预难以覆盖所有致病环节。因此，将目光转向非药物辅助手段，探索与现有镇吐药物具有不同作用路径且安全边界更宽的干预措施，便具有了超越“增加一个选项”本身的学科意义。

经皮穴位电刺激（transcutaneous electrical acupoint stimulation, TEAS）正是这样一种值得审视的非药物路径[6]。它将中医针灸理论与现代电生理技术相结合，通过皮肤表面电极导入特定频率和强度的电脉冲刺激穴位，已在外科围术期研究中显示出镇吐、镇痛和调节胃肠功能等多重效应[7]。与针刺相比，TEAS 无创、操作标准化程度更高、便于在手术室和病房环境中连续应用，这使其具备了在加速康复外科（ERAS）体系中推广的可行性[8]。然而，TEAS 能否真正填补肾移植患者 PONV 防治的空白，取决于三个关键问题的回答：其镇吐效应是否有明确的机制支撑？现有临床证据是否足够扎实？肾移植的特殊病理背景如何影响 TEAS 的效应表达？本文将从这三个维度展开评述。

2 PONV 的发病基础与肾移植的特殊性

理解 PONV 的神经生物学基础，是评估 TEAS 干预合理性的前提。PONV 的反射弧涉及延髓呕吐中枢与化学感受器触发区（CTZ）的整合功能。CTZ 因位于血脑屏障之外，可直接感知血液中的致吐性化学信号-包括阿片类药物、挥发性麻醉药及手术创伤释放的炎性介质。迷走神经传入纤维将胃肠道机械扩张和化学刺激（如 5-HT）上传至孤束核，前庭系统和高级皮层则分别介导运动刺激和情绪相关恶心。多条通路在孤束核和呕吐中枢汇聚，形成复杂的神经-体液网络[5]。

这一多通路汇聚的解剖结构，恰好解释了为何单一靶点止吐药物往往效果有限，也为 TEAS 的多靶点干预提供了理论基础。PONV 涉及的受体系统包括 5-HT_3、多巴胺 D_2、组胺 H_1、毒蕈碱 M_1 和神经激肽-1（NK-1）等[5]，如此广泛的受体分布意味着，任何针对单一受体的药物都难以全面覆盖催吐信号的所有来源。

肾移植患者的特殊性在于，上述病理生理机制上叠加了三层额外负担。其一，术前长期尿毒症环境已造成胃肠道功能的基础性损伤，包括胃排空延迟和肠动力下降[2]。其二，手术本身涉及输尿管膀胱吻合等操作，术后早期需严格卧床，这些因素进一步抑制了胃肠蠕动。其三也是最重要的，术后免疫抑制方案中霉酚酸酯和他克莫司的胃肠道毒性极为常见-霉酚酸酯引起的恶心在部分报道中超过 25%，他克莫司也因胃肠道不耐受而成为停药的主要原因之一[3]。更复杂的是，移植肾功能延迟恢复或急性排斥反应时的全身应激状态会进一步释放炎性因子，间接加重恶心呕吐[9]。

正是这种“术前基础低、术中创伤大、术后药物催吐”的三重叠加，使得肾移植患者的 PONV 防治远比普通外科更为棘手。而现有的药物镇吐方案在这种多因素病因面前显得力不从心，这不仅是因为安全限制导致用药选择狭窄，更因为即使用了安全范围内的药物，也难以同时覆盖炎症、胃肠动力障碍和阿片效应等多个环节。

3 TEAS 镇吐效应：机制研究的进展与未解问题

关于 TEAS 为何能缓解 PONV，目前的认识主要来自非肾移植人群的基础与临床研究。综合来看，其效应可能通过几条相互交织的路径实现[6,10]。最受关注的当属内源性阿片肽系统的参与。电刺激频率不同，激活的阿片受体亚型也有所差异：低频（2 Hz）倾向于激活 μ 受体并促使脑啡肽、内啡肽释放，而

高频（100 Hz）则更多激活 κ 受体、释放强啡肽[6]。TEAS 常采用的 2/100 Hz 疏密波，正是试图通过频率交替来获得协同效应。有研究显示，针刺 P6（内关穴）可提高脑脊液中 β-内啡肽水平[11]，这为 TEAS 的止吐作用提供了一定的神经化学依据，β-内啡肽既能抑制呕吐反射，也可能减少外源性阿片类药物的需求[6]，从而在源头上削弱阿片类药物诱发 PONV 的环节。

另一条路径涉及自主神经张力的调整。恶心呕吐常伴有交感兴奋和副交感抑制，而 TEAS 似乎能抑制交感、增强迷走活性，使自主神经平衡向有利于胃肠动力的方向移动[11]。迷走兴奋可促进胃排空和协调性收缩[10]，这对术后胃肠功能恢复本就迟缓的肾移植患者来说，意义尤为突出。此外，TEAS 对胃肠激素的调节作用也受到关注。例如，在腹腔镜手术患者中，TEAS 可降低血清胃动素浓度，从而减少 PONV 发生[12]；它还能降低血浆 5-HT 水平[13]，而 5-HT 恰是触发 PONV 反射弧的关键上游信号。值得注意的是，有研究在子午流注理论指导下发现，刺激的时序可能影响激素调节效率[14]，这提示 TEAS 的效应或许并非单纯的物理刺激，而与机体节律状态有关。最后，抗炎效应也不容忽视。手术创伤释放的白细胞介素-6（IL-6）、肿瘤坏死因子-α（TNF-α）等炎性因子可作用于 CTZ 而诱发恶心，TEAS 能降低术后 IL-6 水平、逆转 NK 细胞减少，并可能通过激活核因子 E2 相关因子 2/抗氧化反应元件（Nrf2/ARE）通路发挥抗氧化作用[6]。考虑到肾移植患者长期处于免疫抑制状态，这一抗炎机制是否仍能有效运作，值得进一步探究。

然而，上述机制研究存在一个根本性局限：证据几乎全部来自非肾移植人群或动物实验。肾移植患者术前长期尿毒症环境是否改变了阿片受体敏感性？钙调神经磷酸酶抑制剂是否干扰了 TEAS 的自主神经调节通路？在强效免疫抑制剂背景下，炎症调控效应是否仍能显现？这些问题目前基本没有答案。将普通外科人群中建立的机制模型直接外推至肾移植患者，其合理性存疑。更实际的问题是，我们尚不清楚 TEAS 的效应方向、强度和作用窗口在肾移植患者中是否发生改变。

4 临床应用证据：疗效初显但根基尚浅

目前，TEAS 用于肾移植患者 PONV 防治的直接临床证据并不多，主要来自国内几项研究。张桂诚等的随机对照试验纳入了 60 例肾移植患者，结果显示 TEAS 组术后 6 h 和 6～24 h 的恶心发生率分别为 20%和 13%，明显低于假刺激组的 47%和 55%；同时，肠鸣音恢复时间、首次排气时间和麻醉后监护室（PACU）停留时间均有缩短[15]。袁伟等则在 180 例患者中观察到，TEAS 联合右美托咪定在降低 PONV 发生率和促进胃肠功能恢复方面优于单用右美托咪定或常规麻醉，且 TEAS 组血管活性肠肽水平的变化更为明显[16]。侯宇等将 TEAS 用于活体肾移植供者，同样发现焦虑发生率、恶心呕吐发生率和镇痛补救率有所下降[17]。

这些研究结果方向一致，均提示 TEAS 可能有益，但从循证医学角度看，证据基础仍显薄弱。最突出的问题是样本量偏小，最大的一项也仅 180 例，其余多在 60～72 例之间[15,17]，且全部为单中心设计，检测偏倚和选择偏倚的风险难以排除。其次，假刺激对照的盲法质量参差不齐。电刺激本身带有感觉，患者和评估者是否真正处于盲态，在缺乏客观盲态检验的情况下很难确认。再者，现有研究多关注术后短期指标（24～72 h），对移植物存活率、远期胃肠道功能和生活质量等缺乏随访，这使得 TEAS 的效益—成本分析无法在更长时间维度上展开。

更深层的问题在于，目前的研究尚未回答 TEAS 在肾移植患者中是否存在“效应修饰”现象—即同样的刺激方案，在肾功能恢复良好者与发生延迟恢复者之间、在不同免疫抑制方案之间，效应是否呈现有临床意义的差异。现有研究往往将肾移植患者视为同质群体，忽略了个体间免疫状态、炎症水平和胃肠基础功能的巨大差异。如果 TEAS 的效应确实部分通过炎症调控和自主神经调节介导，那么这些基线差异很可能显著影响疗效。这意味着，未来需要的不只是更大样本的 RCT，而是能够识别“谁最可能获益”的预测性研究[8]。

从研究设计的角度看，该领域正处于从“探索性”向“确证性”过渡的未完成阶段。要完成这一过渡，至少需要满足三个条件：标准化干预方案以消除操作异质性、多中心协作以提升外部效度、以及足够样本量以检测亚组差异。目前这三项条件均未充分满足。

5 瓶颈分析与未来方向

综合机制与临床证据，TEAS 在肾移植 PONV 防治中确有前景，但从“初步证据”到“临床常规”

之间，还有几个关键瓶颈需要突破。

第一个瓶颈是肾移植特异性机制的缺失。这是目前最深层的理论缺口。TEAS 的效应必然要经过肾移植患者独特的生理环境“过滤”—尿毒症毒素对神经传导的干扰、免疫抑制剂对信号通路的调控、移植肾对新环境的适应过程，但这些因素如何修饰 TEAS 的效应，我们几乎一无所知。未来需要专门设计的转化研究，在肾移植动物模型或临床队列中，系统检测不同肾功能状态下 TEAS 对 CTZ 敏感性、迷走传出活性和炎性因子谱的差异影响。

第二个瓶颈是标准化与个体化之间的张力。TEAS 的优势之一是参数可控、易于标准化，但目前的临床研究在穴位配伍、刺激强度和时长上差异较大[15,16]。这种异质性既反映了领域尚不成熟，也提示在找到最优方案之前强行统一可能反而限制疗效。较为合理的策略或许是先通过多臂剂量探索研究明确关键参数的效应曲线，再在此基础上建立分层方案-根据肾移植患者的体质、免疫方案和术后恢复情况提供差异化刺激策略。

第三个瓶颈是遗传背景的调控作用。PONV 的发生具有遗传倾向，HTR3B、KCNB2 和 CHRM3 等基因的多态性已被确认为独立预测因子[18]。TEAS 的效果是否同样受遗传背景调节？如果某些基因型的患者在 TEAS 干预下镇吐效果显著优于其他类型，那么根据术前基因分型来指导 TEAS 的使用决策，便成为可能[19]，这将是精准医学与物理治疗结合的一个重要方向。

第四个瓶颈是 TEAS 在 ERAS 体系中的定位。TEAS 不应被视为孤立的替代疗法，而应融入 ERAS 的多模式镇痛与镇吐框架[8]。ERAS 的精髓在于“多模式”，通过多种低强度、低风险干预的叠加实现最佳效果。TEAS 恰好符合这一哲学：它不增加药物相互作用风险，可在术前预刺激发挥抗焦虑效应，术中与减少阿片策略协同，术后持续促进胃肠功能恢复[20]。如何将 TEAS 与优化液体管理、早期进食、非阿片类镇痛等 ERAS 要素精确组合，是需要通过实效性研究回答的卫生服务问题。

6 结语

TEAS 在肾移植患者 PONV 防治中的探索，折射出围术期医学一个更深层的趋势：当药物方案触及安全与有效性的边界时，非药物物理疗法作为补充乃至协同手段的价值正在被重新审视。现有证据足以表明 TEAS 值得进一步深入研究，但尚不足以支持其作为肾移植 PONV 防治的常规手段纳入指南。未来的关键在于完成从“机制合理、初步有效”到“在特定人群中精准有效”的证据升级-这需要机制研究的纵深推进、临床设计的方法学精进，以及对肾移植患者异质性的充分尊重[8]。如果这些工作能够扎实完成，TEAS 或将成为 ERAS 体系中一个兼具中国特色与普适价值的技术选项。

参考文献

[1] Stoops S, Kovac A. New insights into the pathophysiology and risk factors for PONV[J]. Best Pract Res Clin Anaesthesiol, 2020, 34(4): 667-679.

[2] 宋文彬, 马葵芬, 李兴德, 等. 肾移植术后常用免疫抑制剂诱发胃肠道症状的机制探讨[J]. 中华移植杂志(电子版), 2020, 14(1): 58-61.

[3] 林宗明,张永康,王国民,等. 肾移植术后抗排斥药 FK506 的临床应用[J]. 肾脏病与透析肾移植杂志,2000,9(3):240-242.

[4] Verona P, Edwards J, Hubert K, et al. Tacrolimus-Induced Neurotoxicity After Transplant: A Literature Review[J]. Drug Saf, 2024, 47(5): 419-438.

[5] 纪文,王书平,汤振国,等. 5-羟色胺 3 受体拮抗剂相关心脏毒性文献病例分析[J]. 药物不良反应杂志,2024, 26(4): 204-210.

[6] Jiang XB, Li MQ, Tang YJ, et al. Research progress on the mechanism of transcutaneous electrical acupoint stimulation in the perioperative period[J]. Front Neurol, 2025, 16: 1563681.

[7] Chen J, Tu Q, Miao S, et al. Transcutaneous electrical acupoint stimulation for preventing postoperative nausea and vomiting after general anesthesia: A meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Int J Surg, 2020, 73: 57-64.

[8] 王晚霞, 程康, 刘岱, 等. 经皮穴位电刺激对术后早期恢复影响的研究进展[J]. 临床麻醉学杂志, 2024, 40(11): 1192-1195.

[9] 王霞,张芳,潘芳,等. 癌症患者预期性恶心和呕吐的不良情绪与应激[J]. 中国心理卫生杂志,2007,21(8):549-552.

[10] 付同, 李娟. 经皮穴位电刺激改善术后胃肠功能紊乱的

机制和临床应用进展[J]. 临床麻醉学杂志, 2023, 39(5): 528-531.

[11] 陈俊杰, 车璐, 崔雀玄, 等. 穴位电刺激预防术后恶心呕吐及其作用机制的研究进展[J]. 临床麻醉学杂志, 2024, 40(11): 1205-1208.

[12] Li JL, Wang XJ, Rong JF. Transcutaneous electrical acupoint stimulation relieves post-operative nausea and vomiting possibly by reducing serum motilin secretion in patients undergoing laparoscopic surgery[J]. Zhen Ci Yan Jiu, 2020, 45(11): 920-923.

[13] 王志明, 鲍杨, 祝义军, 等. 内关经皮穴位电刺激对老年日间手术患者术后恶心呕吐的预防效果及对应激反应指标、血清 5-羟色胺、胃动素的影响[J]. 河北中医, 2023, 45(9): 1549-1552.

[14] 毛琦, 丛仔红, 牛西武, 等. 子午流注理论指导下经皮穴位电刺激预防妇科腹腔镜手术术后恶心呕吐临床研究[J]. 山东中医杂志, 2025, 44(8): 902-907.

[15] 张桂诚, 喻文立. 经皮穴位电刺激对肾移植术后胃肠功能障碍的干预效果评价[J]. 中国中西医结合外科杂志, 2020, 26(5): 864-870.

[16] 袁伟,何平,王瑞,等. TEAS 联合盐酸右美托咪定对肾移植患者术后胃肠功能的影响[J]. 精准医学杂志,2019, 34(6): 490-493,498.

[17] 侯宇, 杨成伟, 刘洪涛, 等. 经皮穴位电刺激对活体肾移植供者围术期焦虑和术后疼痛的影响[J]. 中华麻醉学杂志, 2021, 41(4): 411-415.

[18] 王瑛琦, 汪小海, 葛卫红. 基因多态性影响术后恶心呕吐的研究进展[J]. 药学与临床研究, 2020, 28(2): 136-138.

[19] 朱妮. 不同中医体质妇科腹腔镜手术患者经皮穴位电刺激防治术后恶心呕吐的差异性比较及相关分析[D]. 成都: 成都中医药大学, 2022.

[20] 管俊杰, 张亮, 孟箭. 针刺治疗在加速康复外科中的应用进展[J]. 针刺研究, 2021, 46(3): 248-253.

版权声明：©2026 作者与开放获取期刊研究中心（OAJRC）所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

OPEN ACCESS