

经皮穴位电刺激在骨科临床中应用进展

冯成邳^{1*}, 余洋¹, 谢一舟¹, 王永涛¹, 樊效鸿^{1,2#}

¹成都中医药大学附属医院骨科, 四川 成都

²成都中医药大学临床医学院, 四川 成都

收稿日期: 2023年7月12日; 录用日期: 2023年8月10日; 发布日期: 2023年8月23日

摘要

经皮穴位电刺激(Transcutaneous Electrical Acupoint Stimulation, TEAS)作为结合中医穴位理论与经皮神经电刺激理论的一种新型安全无创、简便易行的穴位刺激方法,被证实具有和电针相同的治疗作用。近年来学术界不断报道其运用于骨科临床中,不仅可获得良好的镇痛效果,而且可在术中降低麻醉药用量,保护心脑血管器官功能,预防体温下降,还可降低术后炎症及应激反应,预防术后谵妄、尿潴留等,帮助患者快速康复。因其操作简易,疗效明确,应用广泛,或将成为快速康复理念下骨科围术期常规治疗方式。本文就经皮穴位电刺激的骨科临床应用价值、作用机制、研究进展及目前存在的不足之处等相关内容作一综述,以供后续基础及临床研究参阅。

关键词

骨科手术, 经皮穴位电刺激, 针灸镇痛, 麻醉, 围术期, 综述

Progress of Transcutaneous Electrical Acupoint Stimulation in Orthopedic Clinical Application

Chengzhi Feng^{1*}, Yang Yu¹, Yizhou Xie¹, Yongtao Wang¹, Xiaohong Fan^{1,2#}

¹Department of Orthopedic Surgery, Hospital of Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu Sichuan

²School of Clinical Medicine, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu Sichuan

Received: Jul. 12th, 2023; accepted: Aug. 10th, 2023; published: Aug. 23rd, 2023

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 冯成邳, 余洋, 谢一舟, 王永涛, 樊效鸿. 经皮穴位电刺激在骨科临床中应用进展[J]. 中医学, 2023, 12(8): 2301-2309. DOI: 10.12677/tcm.2023.128345

Abstract

Transcutaneous electrical acupoint stimulation (TEAS), as a new safe, non-invasive and easy-to-use acupoint stimulation method combining TCM acupoint theory and transcutaneous electrical nerve stimulation theory, has been proven to have the same therapeutic effects as electroacupuncture. In recent years, its use in orthopedic clinics has been continuously reported, which not only can obtain good analgesic effect, but also can reduce the dosage of anesthetic drugs during surgery, protect the function of heart, brain and kidney organs, prevent the drop of body temperature, as well as reduce postoperative inflammation and stress reaction, prevent postoperative delirium and urinary retention, and help patients recover quickly. Because of its easy operation, clear efficacy and wide application, it may become a routine treatment modality in the perioperative period of orthopedics under the concept of rapid recovery. This paper reviews the value, mechanism of action, research progress and current shortcomings of transcutaneous electrical acupoint stimulation in orthopedic clinical applications for subsequent basic and clinical research.

Keywords

Orthopedic Surgery, Transcutaneous Electrical Acupoint Stimulation, Acupuncture Pain Relief, Anesthesia, Perioperative Period, Overview

Copyright © 2023 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

经皮穴位电刺激(Transcutaneous Electrical Acupoint Stimulation, TEAS)是在经皮神经电刺激的操作基础上, 结合中医穴位理论发展而来的一种新型、无创的穴位刺激方式[1], 已有报道证实它具有与电针相似的麻醉镇痛、中枢及外周保护效果[2], 故被广泛用于围术期中。近年来, 不断有文献报道其在骨科手术临床应用方面的作用, 如镇痛、抗炎、保护心脑血管、减轻应激反应等。笔者通过检索数据库, 将经皮穴位电刺激在骨科手术中临床应用作一综述, 以期推广其成为骨科手术围术期常规治疗方式。

2. TEAS 在骨科临床中的应用

2.1. 镇痛

2.1.1. 围术期超前镇痛

传统的骨科手术因其在术中剥离肌肉较多, 患者术后疼痛管理是临床管理的一项重要问题, TEAS 因其良好的镇痛效应被广泛用作超前镇痛手段[3] [4]。Chung Y.C. [5]等在一项假单盲对照实验中, 对腰椎手术患者术前采取耳穴压丸结合 TEAS 的刺激方式, 结果表明在疼痛剧烈程度及术后 72 小时镇痛药消耗量上, 实验组与对照组存在显著差异, 表明实验组取得了更好的临床疗效。Wu X.Y. [6]等在麻醉诱导前至术后第 4 天持续使用经皮穴为电刺激仪对实验组患者足三里、三阴交、太冲、内关穴采取电刺激, 结果表明 TEAS 可减少患者术中芬太尼用量及缓解术后早期疼痛。不仅如此, 在关节置换术的超前镇痛中 TEAS 也有广泛应用。胡小雪等[7]在对行膝关节置换术的老年患者于麻醉诱导前加用 TEAS 做超前镇痛, 与对照组在结合麻醉药用量、VAS 评分及血液相关性炎症指标后指出, TEAS 在初次行膝关节置换术

的老年患者中具有明显的超前镇痛效果。在张鹏辉[8]等关于全膝关节置换术的研究中,通过麻醉前对双侧合谷、内关穴行 TEAS 治疗,可减轻患者术后疼痛,降低患者术后镇痛泵内阿片类药物使用剂量并减轻术后恶心呕吐等胃肠道反应。在兰飞[9]等的一项研究中,对全髋关节置换术患者取双侧内关、合谷以及手术侧风市及足三里做 TEAS 治疗,发现术后实验组患者芬太尼使用量显著低于对照组,且实验组不良事件发生率及补救药物频率明显低于对照组(恶心 16.7% vs. 46.7%; 补救药物频率 13.3% vs. 36.7%, $P < 0.05$),表明其可作为超前镇痛的有效手段。

2.1.2. 术后早期镇痛

关节置换术因其较大的手术创伤,术后 80% 的患者可能出现中重度疼痛而延长愈合时间[10]。已有研究证实,关节置换术后的早期功能锻炼对患者功能的快速恢复至关重要,故超前镇痛及良好的术后疼痛管理是必要的措施[11]。白天宇等[12]对全膝关节置换术患者术后使用 TEAS 联合常规镇痛方案,发现 TEAS 可缓解术后早期严重疼痛,促进血浆 β -EP 分泌,加速关节功能恢复。陈玉柳等[13]则通过观察术后补救性镇痛药使用量指出,术后在基础镇痛方案上加用 TEAS 可降低术后补救性镇痛药用量,降低术后不良反应。脊柱手术中也有研究指出其良好的术后镇痛效应。肖茜[14]等在一项研究中对腰椎后路内固定患者术后使用经皮穴位电刺激治疗并联合消癥散外敷,发现实验组患者术后 JOA、ODI 等评分显著低于对照组,表明 TEAS 具有缓解术后疼痛和加快患者康复的疗效。

2.1.3. 保守治疗中的疼痛管理

在骨科保守治疗领域中,TEAS 最早被用于骨关节炎。自上世纪 Lewis 等[15]的研究证实其可以缓解膝骨关节炎疼痛以来,国际骨关节炎学会在其指南中推荐 TEAS 作为控制膝骨关节炎短期疼痛的治疗手段,其后在腰椎间盘突出症临床指南中,也将 TEAS 作为二级推荐治疗手段。此后尽管也有其他文献指出其在控制各种慢性病疼痛缓解方面有不错疗效,但骨科临床上将其多用在膝骨关节炎、脊柱疾病等领域的疼痛管理和功能康复方面。Pietrosimone 等[16]的研究指出,TEAS 可帮助恢复膝骨关节炎患者股四头肌肌力,在患者功能恢复中发挥了积极作用。国内学者展嘉文等[17]在一项随机实验中对轻中度膝骨关节炎患者行 TEAS 联合运动疗法,指出 TEAS 联合运用疗法不但能够控制患者疼痛及帮助功能恢复,且随访效果稳定。周帅亮等[18]的研究则将 TEAS 结合运动疗法与单纯药物治疗组对比,指出其在改善 VAS 评分和 WOMAC 评分反面有确切疗效。朱彬等[19]将 TEAS 结合温针灸用在腰椎间盘突出症的治疗中,对比常规治疗组的 VAS 和 JOA 评分,指出其可有效缓解疼痛,改善腰椎功能。李永民等[20]在对颈椎病的治疗中,发现经皮穴位电刺激结合针刺组治疗后 NPQ 颈痛量表得分显著改善,指出其可作用临床颈椎病保守治疗的有效手段。

2.2. 辅助麻醉

2.2.1. 保护循环系统

术中血液、淋巴液等各种体液的输注及免疫物质的输送都依赖于机体循环系统,术中保护循环系统对手术安全性起着至关重要的作用[21]。在罗利静[22]等的一项随机对照研究中,研究者对选取脊柱后路手术患者采取 TEAS 辅助麻醉对比静吸复合全麻,参照免疫学指标、VAS 评分、呼吸及消化系统应激反应等指标,结论指出:TEAS 辅助麻醉可调节术中循环系统及调控舒张压,减少术中丙泊酚用量,并调控患者更快速恢复免疫系统功能。

2.2.2. 器官保护作用

骨科手术出血量大,对患者心脑血管器官功能影响较大,因此术中控制性降压技术被广泛应用。对比青年患者,老年患者术中更容易因失血出现器官缺血、缺氧等情况,在术中保护患者器官功能有着重要

临床意义。一些早期研究指明, TEAS 有改善脑组织微循环, 降低脑氧代谢及调控血压等脑组织保护作用[23] [24]。陆斌[25]等在 TEAS 辅助麻醉的髋关节置换术中, 对“百汇”、“内关”、“风池”穴行 TEAS 刺激, 结果表明, TEAS 辅助麻醉可通过降低术中脑氧摄取率(CERO₂), 脑动-静脉血氧含量差(Da-jvO₂)来实现脑保护, 同时增加脑组织血流量。另一项[26]选取“合谷”、“曲池”等穴位行电刺激的 TEAS 辅助麻醉的腰椎骨折开放术中, 通过结局指标显示, TEAS 可预防术后认知功能障碍的发生, 其机制有可能是通过脑组织保护作用实现的。吴欣圆[27]等在一项针对腰椎后路植骨融合术中采取 TEAS 刺激“足三里”、“三阴交”辅助麻醉, 通过术后检测免疫功能指标和呼吸抑制指标, 提示 TEAS 辅助麻醉不但可以保护患者心功能, 还可降低术中麻醉药的使用量。

2.2.3. 调节免疫应激反应

手术作为一种有创操作, 会诱发机体产生应激反应, 从而诱发免疫炎症反应, 影响患者术后恢复。已有研究指出[28], 围术期介入 TEAS 可调节患者激素水平, 抑制免疫应激反应, 可作为围术期辅助治疗手段。吴欣圆[27]等研究还通过观察患者免疫学指标及其变化发现, 围术期介入 TEAS 可使得患者免疫细胞学层面下降更少, 回升更快, 从而更平稳度过术后免疫应激期, 指出 TEAS 可改善患者免疫功能。姬严冬[29]在此基础上, 探究围术期介入 TEAS 对术后应激反应的调节作用, 对脊柱开放手术患者施加两种不同波形(疏密波/连续波)的 TEAS 刺激, 通过血清学指标分析发现围术期介入 TEAS 可显著降低术后应激反应发生率, 同时指出疏密波 TEAS 效果更好。任善洁[30]在一项针对腰椎内固定术后患者的研究中, 将 TEAS 刺激与腰痛电刺激结合, 通过观察术后 VAS 评分及补救性镇痛药用量指出, TEAS 在术后 24 小时内显著降低实验组 VAS 评分, 并有效抑制术后炎症反应。

2.2.4. 体温保护作用

当术中患者核心温度低于 36℃时, 即发生围术期低体温, 是术中常见的不良反应, 并会增加术后伤口感染风险与心血管不良事件发生率。核心体温降低还会导致术中寒战, 会增加机体耗氧量, 诱发低氧血症及乳酸性中毒[31] [32]。孙莉[33]等将 TEAS 辅助麻醉用在脊柱开放术中, 通过刺激大椎、内关、足三里、太溪等穴观察患者术中体温变化, 结果表明, 在患者围术期介入 TEAS 刺激, 不仅可以保护患者术中体温, 预防术中高血糖, 而且可以降低术后寒战发生率, 缩短苏醒时间。

2.3. 预防术后并发症

2.3.1. 预防术后深静脉血栓(DVT)

术后深静脉血栓(DVT)发生率在 30%左右, 源于麻醉及手术创伤等引起血流动力学改变, 使得白细胞及血小板大量粘附, 从而诱导血管内皮粘附因子表达, 大量募集血细胞及嗜中性粒细胞形成, 严重影响患者术后康复及生活质量[34]。王麟[35]等对下肢骨折患者在常规治疗方案上加用 TEAS 刺激, 通过观察凝血指标及血液动力学指标发现实验组凝血酶原时间(PT)、活化部分凝血活酶时间(APTT)和 D-二聚体(D-dimer)改善率显著优于对照组, 并发现实验组股总静脉和股深静脉等血管血液流速显著提高, 指出 TEAS 可显著改善血流动力学, 预防术后深静脉血栓形成。马松涛等[36]的研究将 TEAS 与低分子肝素钙皮下注射相对比, 探究两者对于髋关节置换术后深静脉血栓的预防效果, 通过观察凝血功能及血液动力学指标指出, TEAS 可显著改善髋关节置换术后的血液高凝状态, 预防深静脉血栓形成。

2.3.2. 预防术后谵妄

术后谵妄指术后认知功能障碍, 多见于老年患者, 与患者年龄、心脑血管功能退化度、应激反应等因素有关, 是术后常见严重并发症之一[37]。术后谵妄的发生与胶质细胞、白介素和炎症因子有直接和间接联系[38], 已有证据表明, 术后谵妄与短期及长期死亡率均有密切相关[39]。因此预防术后谵妄的发生

对患者预后存在重要意义。钱旭雯[40]等在老年脊柱开放术围术期对合谷及内关行 TEAS 刺激辅助麻醉,观察到术后患者神经恢复延迟显著降低,提示 TEAS 可预防术后谵妄的发生。史会建等通过对脊柱患者百汇、安眠、三阴交等穴位 TEAS 刺激,观察患者匹兹堡睡眠质量量表指出,围术期行 TEAS 刺激可显著改善患者术后睡眠质量,降低术后谵妄发生率。蔡银柜[41]等在全髋关节置换术围术期介入 TEAS 并通过自身手术前后神经特异性烯醇化酶等指标分析指出,TEAS 辅助麻醉可以预防术后谵妄的发生,其机制可能与改善术后认知功能及保护脑组织有关。在一项针对腰椎术后的随机对照实验中,王立峰[42]通过围术期补充 TEAS 刺激,观察到实验组患者术后炎症因子表达程度显著下降,推测 TEAS 可能通过抑制术后炎症反应从而预防术后谵妄的发生。钱志伟[43]等从免疫机制研究出发,对脊柱手术患者行 TEAS 辅助麻醉,通过患者血清学指标观察得出,实验组患者术后炎症因子及炎症因子靶向蛋白表达程度均显著降低,指出其有可能是降低术后谵妄严重程度的机制。

2.3.3. 预防术后排尿困难

尿管留置时间过长及麻醉药物等因素都可能导致术后排尿困难的发生,其可增加患者泌尿道感染风险,延长患者下地时间,延缓患者康复进程[44]。刘友瑛[45]在一项针对髌部骨折内固定术的研究中,对关元、中极等穴位行 TEAS 刺激,观察到实验组患者术后膀胱功能显著提高,可有效预防术后排尿困难。缪少芬[46]等在常规护理的基础上加行 TEAS 刺激,发现 TEAS 不但可以显著缩短患者术后首次自主排尿时间,并且可以提高尿流率,指出 TEAS 对改善膀胱功能,预防术后排尿困难有积极预防作用。

3. 讨论

从以上文献研究可以得出,经皮穴位电刺激自引入我国以来,由其简单易操作及安全无创,被广泛应用在围术期并发挥了显著效果[47],结合近年来一些研究[48][49],可以发现在骨科临床中不仅可以将其作为围术期辅助手段帮助患者减轻术后疼痛,保护术中患者循环功能及心脑血管功能、预防术后并发症,而且其本身作为一项单独治疗手段对缓解肌肉骨骼慢性疼痛也有明确的治疗效果。

TEAS 良好的镇痛效应可在围术期减少麻醉药用量,并在术后降低应激反应,帮助患者快速恢复,而目前学术界对其镇痛机制与通路的阐述,主要有以下几种:1)“闸门理论”:Melzack 等[50]的研究指出,增强粗纤维的传入刺激可以减弱脊髓背角细胞二级神经元 T 细胞的伤害性传入刺激,得出 T 细胞的伤害性刺激传入有类似“闸门”的神经传入机制。2)弥漫性伤害理论[51]:此理论认为,机体某一区域传入的伤害性强度刺激,可以在机体其他区域发挥镇痛效应。其机制可能是传入的伤害性刺激通过激活小直径纤维,诱导脊髓-延髓系统的疼痛下行抑制通路来发挥镇痛效应。3)韩济生院士[52]则指出可能与诱导脑部阿片系统释放镇痛物质有关,其研究发现低频电刺激易诱导中枢系统产生并释放内啡肽和脑啡肽,高频电刺激则易诱导中枢产生并释放强啡肽,而两种不同频率刺激叠加使得神经系统可释放三种以上三种物质达到广泛镇痛效果。4)局部镇痛效应:有研究指出 TEAS 刺激痛源局部穴位可对肌肉炎性疼痛起到良好镇痛效果,且镇痛效应比对侧或远端穴位效应更好,其机制可能与穴位深层 A 类神经纤维传入和浅层 C 类纤维传入有关[53]。5)此外还有研究指出 TEAS 发挥镇痛效应还可能与抑制免疫反应,抑制术后炎症因子释放有关[54]。

张维亮等[55]通过观察全麻气管插管患者介入 TEAS 前后神经递质 E 和 NE 变化水平提出,TEAS 可通过调节神经递质水平进而调控术中血压。柳华等[56]在一项针对皮划艇运动员的研究中指出,TEAS 预处理能够调控 BNP 及尾加压素(U II)维持心脏血容量和收缩血管参与心肌重塑,从而保护心脏组织。杨翼等[57][58]在动物实验中提出,TEAS 也可通过提高过氧化氢酶(CAT)、超氧化物歧化酶(SOD)及 5-核苷酸酶(5'-NT)活性和抑制心肌粘附因子表达来降低心肌炎性反应和保护心肌微结构,实现心脏保护功能。以上机制可能是 TEAS 在围术期实现调控循环系统、心脏保护作用、预防静脉血栓作用的原因。TEAS

在围术期预防术后认知障碍和脑保护功能可能与以下机制有关:王志刚等[59]发现电针可减弱术后大鼠脑内神经炎性反应,提出其机制可能是激活 $\alpha 7nAChR$ 介导的胆碱能抗炎通路,从而抑制小胶质细胞 HMGB1/NF- κB 信号达到脑保护作用;在一项针对比格犬血压调控的动物实验中,方剑乔[60]等提出 TEAS 可通过调控主动脉血压及丘脑局部血流状况实现脑保护作用;刘喆等[61]则通过观察海马区神经炎性因子和相关凋亡蛋白提出,TEAS 可调控脑部神经相关凋亡蛋白 Bcl-2/Bax 的比值及抑制活化性胱冬酶蛋白表达减少海马神经元凋亡来实现神经保护作用。TEAS 在免疫功能上的调控作用主要通过调控免疫因子的表达来实现的:在针对癌症患者免疫功能的研究中,郭健等[62]提出 TEAS 可降低胃癌根治术后的外周血 IgM 和 IgG 水平减轻免疫抑制;赖氏等[63]对种植性肝癌大鼠的穴位电刺激研究中发现 TEAS 可提高 IgM、IgG、CD4、C3 含量等提高免疫功能。

但我们仍需认识到 TEAS 目前的一些局限性。笔者认为主要有以下几点:其一,目前缺少针对 TEAS 设计严谨的高质量基础研究,针灸领域内并未对 TEAS 的作用机制达成较为统一的共识,需要更多设计严谨的实验来印证。其二,临床上取穴方案、刺激参数等未得到统一,目前大多数临床研究选穴都借鉴韩济生院士早期的研究成果和经络腧穴学,尽管此后有国内外学者进行一些深入研究探讨刺激参数,如石田寅夫等[64]在对不同频率的电针研究中指出,5 Hz 频率的电针对周围神经细微结构的恢复显著优于对照组,且 TEAS 在对于糖尿病足周围神经的再生和恢复中疗效显著。李胜等[65]则在一项针对膝骨关节炎的实验中,探究不同强度电针的临床疗效,通过疼痛评分和血液学指标观察得出高强度经皮穴为电刺激的临床疗效要优于低强度刺激。但仍然缺乏临床指南参考,未对病种形成统一标准,或将造成对同一病种治疗效果不稳定。其三,目前针对 TEAS 的横向临床研究数量较少,多把 TEAS 作单一辅助手段引入围术期,未探索针对同一病种将 TEAS 与何种辅助手段一起结合使其达到最大疗效作探索,此后需要更多设计严谨、高循证医学证据性的研究作探索和印证。

综上,TEAS 作为一种围术期辅助手段,不但具有减少麻醉用量,维持术中体温,保护术中心脑功能的作用,而且可以预防术后并发症,辅助镇痛,减轻炎症等,其作为一种安全无创的刺激方式,或将在某些领域逐步取代电针成为新型针灸刺激方式。但目前存在缺乏统一机制认识、刺激参数尚无统一共识等问题,仍需要大量基础研究及设计严谨、随机度高的临床研究证实其疗效及机制。同时,如何将 TEAS 与其他辅助方式结合帮助患者更好更快恢复值得临床工作者探索,由此将使得 TEAS 无论在围术期还是保守治疗中应用将更加量化、规范化和客观化,同时也将对临床使用提供更具指导性的方案。

基金项目

项目基金:四川省重点研发项目(2022YFS0418)、成都市技术创新研发项目(2022-YF05-02064-SN)。

参考文献

- [1] Chi, Y.-L., Zhang, W.-L., Yang, F., Su, F. and Zhou, Y.-K. (2019) Transcutaneous Electrical Acupoint Stimulation for Improving Postoperative Recovery, Reducing Stress and Inflammatory Responses in Elderly Patient Undergoing Knee Surgery. *The American Journal of Chinese Medicine*, 47, 1445-1458. <https://doi.org/10.1142/S0192415X19500745>
- [2] 牟玉庆, 刘兴山, 魏彦龙. 经皮穴位电刺激的临床应用进展[J]. 长春中医药大学学报, 2017, 33(1): 169-171.
- [3] 徐紫清, 侯怀晶, 薛阳, 等. 经皮穴位电刺激用于髋关节置换术后镇痛效果的 Meta 分析[J]. 临床麻醉学杂志, 2021, 37(8): 845-851.
- [4] 吕大鹏, 周红荣, 李丹. 经皮穴位电刺激配合麻醉药物对老年髋部骨折术后疼痛程度的影响[J]. 山西中医, 2022, 38(10): 28-29. <https://doi.org/10.20002/j.issn.1000-7156.2022.10.011>
- [5] Chung, Y.C., Chien, H.-C., Chen, H.-H. and Yeh, M.-L. (2014) Acupoint Stimulation to Improve Analgesia Quality for Lumbar Spine Surgical Patients. *Pain Management Nursing*, 15, 738-747. <https://doi.org/10.1016/j.pmn.2013.07.010>
- [6] Wu, X., Huang, J., Zhang, Y., Chen, L., Ji, Y., Ma, W. and Li, Y. (2022) Perioperative Transcutaneous Electrical

- Acupoint Stimulation (pTEAS) in Pain Management in Major Spinal Surgery Patients. *BMC Anesthesiology*, **22**, Article No. 342. <https://doi.org/10.1186/s12871-022-01875-3>
- [7] 胡小雪, 李建松, 金忆, 等. 经皮穴位电刺激在老年骨关节炎初次全膝关节置换术麻醉中超前镇痛效果的临床研究[J]. 山东中医杂志, 2021, 40(7): 724-728. <https://doi.org/10.16295/j.cnki.0257-358x.2021.07.011>
- [8] 张鹏辉, 刘朋, 李惠洲, 等. 经皮穴位电刺激对全膝关节置换术后老年患者自控静脉镇痛效果的影响[J]. 临床麻醉学杂志, 2019, 35(3): 243-246.
- [9] 兰飞, 徐娜, 王天龙. 经皮穴位电刺激用于老年患者全髋关节置换术后早期疼痛治疗的临床研究[J]. 北京医学, 2017, 39(10): 1003-1006. <https://doi.org/10.15932/j.0253-9713.2017.10.004>
- [10] 杨晓笛, 张聘聘, 张宇, 谷贵山. 全膝关节置换术围手术期疼痛的原因及镇痛的研究进展[J]. 中国骨伤, 2015, 28(9): 874-880.
- [11] 任力, 彭丽桦, 秦珮珮, 闵苏. 两种镇痛方式对全膝关节置换术后疼痛及关节功能影响的随机对照研究[J]. 中华外科杂志, 2015, 53(7): 522-527.
- [12] 白天宇, 邱佳明, 李紫阁, 危一飞, 温冠楠, 梁佩文, 程程. 经皮穴位电刺激对全膝置换术后患者辅助镇痛疗效及血浆 β -内啡肽的影响[J]. 中国中医药信息杂志, 2023, 30(5): 141-145. <https://doi.org/10.19879/j.cnki.1005-5304.202206544>
- [13] 陈玉柳, 梁佩文, 林新晓, 等. 经皮穴位电刺激对全膝人工关节置换术后镇痛疗效评价的临床研究[J]. 现代中医临床, 2021, 28(6): 14-18.
- [14] 肖茜. 消癥散配合穴位电刺激治疗腰椎间盘突出术后综合征的临床观察[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 湖北中医药大学, 2016.
- [15] Lewis, D., Lewis, B. and Sturrock, R.D. (1984) Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation in Osteoarthritis: A Therapeutic Alternative? *Annals of the Rheumatic Diseases*, **43**, 47-49. <https://doi.org/10.1136/ard.43.1.47>
- [16] Pietrosimone, B.G., Saliba, S.A., Hart, J.M., Hertel, J., Kerrigan, D.C. and Ingersoll, C.D. (2011) Effects of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation and Therapeutic Exercise on Quadriceps Activation in People With Tibiofemoral Osteoarthritis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, **41**, 4-12. <https://doi.org/10.2519/jospt.2011.3447>
- [17] 展嘉文, 王尚全, 朱立国, 等. 经皮穴位电刺激治疗膝骨关节炎的临床研究[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2019, 27(8): 28-31.
- [18] 周帅亮, 岑珏, 郭艳明, 等. 经皮穴位电刺激结合运动疗法治疗膝骨关节炎的临床研究[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2020, 28(2): 15-18.
- [19] 朱彬, 田兴琴, 雷爽, 范利锋. 经皮穴位电刺激联合温针灸治疗腰椎间盘突出症疗效评价[J]. 现代中西医结合杂志, 2019, 28(31): 3508-3511.
- [20] 李永民. 针刺结合经皮穴位电刺激治疗颈椎病颈痛的临床研究[J]. 临床医药文献电子杂志, 2017, 4(69): 13518. <https://doi.org/10.16281/j.cnki.jocml.2017.69.043>
- [21] 王祥瑞. 围术期循环稳态的构建[J]. 中华临床医师杂志(电子版), 2008, 2(3): 249-251.
- [22] 罗利静. 针刺辅助麻醉对脊柱手术患者影响的临床研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 广州中医药大学, 2015.
- [23] 中华医学会麻醉学分会“穴位刺激围术期应用专家共识”工作小组. 穴位刺激围术期应用专家共识[J]. 中华麻醉学杂志, 2017, 37(10): 1153-1157, 1158.
- [24] 方剑乔, 张乐乐, 邵晓梅, 等. 经皮穴位电刺激复合药物全麻行控制性降压的控压效应分析[J]. 中国中西医结合外科杂志, 2012, 18(5): 476-479.
- [25] 陆斌, 丁玲玲, 王麒, 等. 经皮穴位电刺激对老年髋关节置换术患者脑氧代谢以及术后认知功能、镇痛效果的影响[J]. 现代生物医学进展, 2019, 19(16): 3094-3097+3114. <https://doi.org/10.13241/j.cnki.pmb.2019.16.017>
- [26] 周斌福, 倪艳乐, 瞿清, 等. 控制性降压联合穴位电刺激对术后认知功能障碍的影响[J]. 中国中西医结合外科杂志, 2011, 17(5): 476-478.
- [27] 吴欣圆. 围术期经皮穴位电刺激对脊柱手术患者免疫功能的影响[D]: [硕士学位论文]. 广州: 广州中医药大学, 2017.
- [28] 何孟霖, 胡澄, 田伟千. 经皮穴位电刺激在围手术期的应用[J]. 针刺研究, 2021, 46(9): 800-803. <https://doi.org/10.13702/j.1000-0607.200977>
- [29] 姬严冬, 吴欣圆, 李思蓓, 等. 针刺辅助麻醉对脊柱手术患者应激反应的影响[J]. 临床麻醉学杂志, 2020, 36(6): 525-529.
- [30] 任善洁. 腰痛点揆针联合经皮穴位电刺激对腰椎术后疼痛及炎性因子的影响[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东中

- 医药大学, 2022. <https://doi.org/10.27282/d.cnki.gsdzu.2022.000160>
- [31] 马正良, 易杰. 围手术期患者低体温防治专家共识(2017) [J]. 协和医学杂志, 2017, 8(6): 352-358.
- [32] Lopez, M.B. (2018) Postanaesthetic Shivering—From Pathophysiology to Prevention. *Romanian Journal of Anaesthesia and Intensive Care*, **25**, 73-81. <https://doi.org/10.21454/rjaic.7518.251.xum>
- [33] 孙莉. 经皮穴位电刺激对脊柱手术患者术中体温保护的临床研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东中医药大学, 2020. <https://doi.org/10.27282/d.cnki.gsdzu.2020.000509>
- [34] Navarrete, S., Solar, C., Tapia, R., Pereira, J., Fuentes, E. and Palomo, I. (2023) Pathophysiology of Deep Vein Thrombosis. *Clinical and Experimental Medicine*, **23**, 645-654. <https://doi.org/10.1007/s10238-022-00829-w>
- [35] 王麒, 柯海, 丁玲玲, 等. 经皮穴位电刺激对骨科全麻手术后患者血流动力学的影响[J]. 上海针灸杂志, 2022, 41(2): 139-144. <https://doi.org/10.13460/j.issn.1005-0957.2022.02.0139>
- [36] 马松涛, 邱庆虎, 王科, 等. 经皮穴位电刺激预防髌膝关节置换术后深静脉血栓的疗效观察[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2018, 26(3): 31-35.
- [37] Beloosesky, Y., Hendel, D., Weiss, A., Hershkovitz, A., Grinblat, J., Pirotsky, A. and Barak, V. (2007) Cytokines and C-Reactive Protein Production in Hip-Fracture-Operated Elderly Patients. *The Journals of Gerontology: Series A*, **62**, 420-426. <https://doi.org/10.1093/gerona/62.4.420>
- [38] Terrando, N., Brzezinski, M., Degos, V., Eriksson, L.I., Kramer, J.H., Leung, J.M., Miller, B.L., Seeley, W.W., Vacas, S., Weiner, M.W., Yaffe, K., Young, W.L., Xie, Z. and Maze, M. (2011) Perioperative Cognitive Decline in the Aging Population. *Mayo Clinic Proceedings*, **86**, 885-893. <https://doi.org/10.4065/mcp.2011.0332>
- [39] Van Munster, B.C., Korevaar, J.C., Zwinderman, A.H., Levi, M., Wiersinga, W.J. and De Rooij, S.E. (2008) Time-Course of Cytokines During Delirium in Elderly Patients with Hip Fractures. *Journal of the American Geriatrics Society*, **56**, 1704-1709. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2008.01851.x>
- [40] 钱旭雯. 经皮穴位电刺激对老年脊柱开放性手术患者围术期神经认知障碍的影响[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京中医药大学, 2021. <https://doi.org/10.26973/d.cnki.gbjzu.2021.000304>
- [41] 蔡银柜, 刘晓红, 童琴. 经皮穴位电刺激辅助全麻对老年骨科患者术后认知功能障碍的影响[J]. 国际老年医学杂志, 2021, 42(4): 246-248.
- [42] Wang, L.-F., Liang, W.-D., Wang, B.-Y., Guo, M.-L., Zhou, J.-S., Chen, L., Zhong, M.-L. and Ye, J.-M. (2022) Transcutaneous Electrical Acupoint Stimulation for Reducing Cognitive Dysfunction in Lumbar Spine Surgery: A Randomized, Controlled Trial. *Frontiers in Aging Neuroscience*, **14**, Article 1034998. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.1034998>
- [43] 钱志伟. 经皮穴位电刺激对老年脊柱手术患者术后谵妄的影响[D]: [硕士学位论文]. 苏州: 苏州大学, 2018. <https://doi.org/10.27351/d.cnki.gszhu.2018.000324>
- [44] 中国加速康复外科专家组. 中国加速康复外科围手术期管理专家共识(2016) [J]. 中华外科杂志, 2016, 54(6): 413-418.
- [45] 刘友瑛. 经皮穴位电刺激预防老年髌部骨折患者术后尿潴留的临床观察[D]: [硕士学位论文]. 福州: 福建中医药大学, 2020.
- [46] 缪少芳, 黄惠榕, 刘秦宇, 韩雪琪. 经皮穴位电刺激预防后路腰椎椎间融合术后病人排尿困难的效果观察[J]. 护理研究, 2022, 36(2): 303-306.
- [47] 韩济生. 针麻镇痛研究[J]. 针刺研究, 2016, 41(5): 377-387. <https://doi.org/10.13702/j.1000-0607.2016.05.001>
- [48] 潘路平, 杨瑜. 经皮穴位电刺激在外科手术中的临床应用进展[J]. 上海中医药杂志, 2021, 55(1): 96-100. <https://doi.org/10.16305/j.1007-1334.2021.1905008>
- [49] 于波, 王晶, 刘春, 王铁东. 基于加速康复外科理念经皮穴位电刺激在围手术期应用进展[J]. 辽宁中医药大学学报, 2023, 25(5): 131-136. <https://doi.org/10.13194/j.issn.1673-842x.2023.05.026>
- [50] Melzack, R. and Wall, P.D. (1965) Pain Mechanisms: A New Theory. *Science*, **150**, 971-979. <https://doi.org/10.1126/science.150.3699.971>
- [51] Sprenger, C., May, A. and Büchel, C. (2010) Schmerz kontra Schmerz: Das prinzip der DNIC [Pain Contra Pain: The Concept of DNIC]. *Der Schmerz*, **24**, 569-574. (In German) <https://doi.org/10.1007/s00482-010-0985-0>
- [52] Han, J.S., Chen, X.H., Sun, S.L., Xu, X.J., Yuan, Y., Yan, S.C., Hao, J.X. and Terenius, L. (1991) Effect of Low- and High-Frequency TENS on Met-Enkephalin-Arg-Phe and Dynorphin A Immunoreactivity in Human Lumbar CSF. *Pain*, **47**, 295-298. [https://doi.org/10.1016/0304-3959\(91\)90218-M](https://doi.org/10.1016/0304-3959(91)90218-M)
- [53] 端木程琳, 王晓宇, 张晓宁, 等. 不同强度电针和经皮穴位电刺激对肌肉炎性痛大鼠的镇痛效应[J]. 针刺研究, 2020, 45(11): 902-907. <https://doi.org/10.13702/j.1000-0607.200155>

- [54] 姚娜, 李鹏程, 张瑾, 等. 基于骨质疏松疼痛机制探讨经皮穴位电刺激镇痛机理[J]. 实用老年医学, 2020, 34(12): 1299-1301+1305.
- [55] 张维亮, 于鹏, 苏帆. 经皮穴位电刺激对气管插管应激反应的影响[J]. 临床麻醉学杂志 2018, 34(10) : 949-952.
- [56] 柳华. 川芎嗪、经皮穴位电刺激对男子皮艇运动员 IMA、BNP、U II 的影响[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉体育学院, 2008.
- [57] 杨翼, 马杰, 靳丹, 李章华. 内关、足三里电刺激预处理对心肌内源性保护物质的影响[J]. 武汉体育学院学报, 2009, 43(7): 37-40. <https://doi.org/10.15930/j.cnki.wtxb.2009.07.008>
- [58] 杨翼, 李章华, 柳华, 等. 不同预处理方法对超负荷训练大鼠心肌细胞粘附因子表达的影响[J]. 中国运动医学杂志, 2014, 33(7): 669-675. <https://doi.org/10.16038/j.1000-6710.2014.07.030>
- [59] 王志刚. 电针对围术期神经认知障碍的影响及相关机制研究[D]: [博士学位论文]. 石家庄: 河北医科大学, 2022. <https://doi.org/10.27111/d.cnki.ghyku.2022.000627>
- [60] 邵晓梅, 方剑乔, 周传龙, 等. 经皮穴位电刺激复合药物全麻行控制性降压对丘脑局部血流的影响[J]. 临床麻醉学杂志, 2012, 28(6): 599-601.
- [61] 刘喆, 沈颖洁, 连林立, 等. 经皮穴位电刺激复合全麻/控制性降压对术后海马神经保护的炎性反应调控机制[J]. 中国针灸, 2013, 33(2): 149-155. <https://doi.org/10.13703/j.0255-2930.2013.02.032>
- [62] 郭键, 王凯, 翟茜, 等. 经皮电穴位电刺激足三里穴对胃癌患者术后血清 IgG、IgM 水平的影响[J]. 现代生物医学进展, 2015, 15(18): 3406-3409+3414. <https://doi.org/10.13241/j.cnki.pmb.2015.18.002>
- [63] 赖敏, 王淑美, 张文亮, 等. 电针对 Walker-256 模型大鼠肿瘤生长和免疫功能的影响[J]. 中国针灸, 2008, 28(8): 607-609.
- [64] 石田寅夫, 郭义, 李庆雯, 等. 不同频率电针对周围神经再生与修复影响的实验与临床研究[C]//中国针灸学会. 世界针灸学会联合会成立 20 周年暨世界针灸学术大会论文摘要汇编: 2007 年卷. 2007: 77-80.
- [65] 李胜. 不同强度经皮穴位电刺激对膝关节置换术后镇痛效果的临床观察[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东中医药大学, 2021. <https://doi.org/10.27282/d.cnki.gsdzu.2021.000240>