

DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20230357

• 短篇论著 •

经皮神经电刺激治疗疼痛的文献计量学分析

肖柏炀¹, 蔡孟成², 方凡夫¹, 李 柏^{*}

1. 海军军医大学(第二军医大学)第一附属医院康复医学科, 上海 200433

2. 海军军医大学(第二军医大学)海军特色医学中心康复医学与理疗科, 上海 200052

[摘要] **目的** 探讨经皮神经电刺激(TENS)治疗疼痛的研究现状与未来热点。**方法** 检索中国知网和 Web of Science 数据库中 TENS 治疗疼痛的相关文献, 检索时限为 2013 年 1 月 1 日至 2022 年 12 月 31 日。使用 R 语言环境下的 Bibliometrix 包和 Java 语言环境下的 VOSviewer 软件对近 10 年 TENS 治疗疼痛的文献进行汇总整理, 归纳 TENS 治疗疼痛的研究现状并预测未来研究热点。**结果** 共纳入中文文献 143 篇、英文文献 769 篇, 2013—2022 年间中文、英文文献发文量总体上均呈上升趋势, 中文、英文文献单篇最高被引频次分别为 130 次、235 次。英文文献系统关键词总频次分析显示 TENS 治疗疼痛的热点为有效性与机制研究, 历年系统关键词分析结果显示脑干、预防、肩痛是 2021 年当年频次最高的关键词; 战略坐标图结果显示未来发展方向主要分为 2 类: 第 1 类为术后疼痛、镇痛与阿片受体, 第 2 类为神经疼痛、脊髓与激活。中文文献关键词频次分析显示经皮神经电刺激、疼痛、镇痛、分娩镇痛、经皮穴位电刺激等为 TENS 治疗疼痛的研究热点。**结论** TENS 治疗疼痛的研究热度正在逐步上升, 研究热点主要为各种疼痛的临床有效性与机制研究, 未来研究可能会从阿片受体与脊髓角度展开更深入的机制研究。

[关键词] 经皮神经电刺激; 疼痛; 电针; 阿片受体; 文献计量学

[引用本文] 肖柏炀, 蔡孟成, 方凡夫, 等. 经皮神经电刺激治疗疼痛的文献计量学分析[J]. 海军军医大学学报, 2025, 46(5): 681-687. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20230357.

Transcutaneous electrical nerve stimulation for pain treatment: a bibliometric study

XIAO Baiyang¹, CAI Mengcheng², FANG Fanfu¹, LI Bai^{*}

1. Department of Rehabilitation Medicine, The First Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

2. Department of Rehabilitation Medicine and Physiotherapy, Naval Medical Center, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200052, China

[Abstract] **Objective** To study the current research and future focus of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for pain treatment. **Methods** We retrieved the literatures on TENS for pain treatment from Jan. 1, 2013 to Dec. 31, 2022 from CNKI and Web of Science, and Bibliometrix package in R language and the VOSviewer software in Java language were used to analyze the literatures, identifying the current research and future focus on TENS for pain treatment. **Results** A total of 143 articles in Chinese and 769 articles in English were included in this study, and both showed an increasing trend from 2013 to 2022; the highest citation for Chinese article was 130 and the highest for English article was 235. Total frequency analysis of keywords of English literatures showed that effectiveness and mechanism research were the research focus. The frequency analysis of keywords over years showed that brain-stem, prevention, and shoulder pain were the most frequent keywords in 2021. The strategic coordinate map results showed 2 major future development directions: (1) postoperative pain, analgesia, and opioid receptors, and (2) neuropathic pain, spinal cord, and activation. Total frequency analysis of keywords of Chinese literatures showed that transcutaneous nerve electrical stimulation, pain, analgesia, labor analgesia, and transcutaneous acupoint electrical stimulation were the research focuses. **Conclusion** TENS therapy for pain is

[收稿日期] 2023-06-25 [接受日期] 2024-05-10

[基金项目] 军队高层次科技创新人才工程项目([2020]NQ06128), 上海申康医企融合转化专项(SHDC2022CRD004). Supported by Military High-level Science and Technology Innovation Talent Project ([2020]NQ06128) and Project of Integration and Transformation of Medical Enterprises of Shanghai Hospital Development Center (SHDC2022CRD004).

[作者简介] 肖柏炀, 博士生. E-mail: xbyang1999@126.com

*通信作者(Corresponding author). E-mail: libai9@126.com

gradually gaining popularity, with a focus on the clinical effectiveness and mechanisms of various types of pain. Future research may focus on further need to animals study of opioid receptors and spinal cord.

[**Key words**] transcutaneous electrical nerve stimulation; pain; electroacupuncture; opioid receptors; bibliometrics

[**Citation**] XIAO B, CAI M, FANG F, et al. Transcutaneous electrical nerve stimulation for pain treatment: a bibliometric study [J]. Acad J Naval Med Univ, 2025, 46(5): 681-687. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20230357.

疼痛是一种与实际或潜在的组织损伤相关的不愉快的主观感受,涉及伤害感受、情感、认知和社会因素^[1]。经皮神经电刺激(transcutaneous electrical nerve stimulation, TENS)作为一种非药物疗法,具有安全性高、镇痛效果好、减少阿片类药物使用、可避免针刺诱发传染性疾病风险等优势,在临床与科研中备受青睐^[2],但其研究进展有待总结。文献综述虽然可以总结研究进展,但主题往往趋向于作者的主观意愿,易造成偏倚。文献计量学目前已被广泛应用于研究某领域的发展状况及预测未来热点。本研究利用R语言环境下的文献计量包Bibliometricx联合Java语言环境下的VOSviewer软件对2013—2022年TENS治疗疼痛的中英文文献进行文献计量学分析,以期明确TENS治疗疼痛的研究现状与未来热点,为进一步探索疼痛诊疗的新策略提供参考。

1 材料和方法

1.1 文献检索 中文文献来源于中国知网数据库(<https://www.cnki.net/>),英文文献来源于Web of Science (WOS)数据库(<https://www.webofscience.com/wos/alldb/basic-search>)。中文文献以“经皮神经电刺激”与“疼痛”为主题词进行检索,检索式为“SU=‘经皮神经电刺激’AND SU=‘疼痛’”;英文文献以“transcutaneous electrical nerve stimulation”与“pain”为主题词进行检索,检索式为“transcutaneous electrical nerve stimulation (Topic) and pain (Topic)”。中英文文献检索时限均为2013年1月1日至2022年12月31日,文献类型包括论著与综述^[3]。

1.2 数据导出 将WOS数据库2013—2022年TENS治疗疼痛相关的论著与综述导出为.bib格式文件,将中国知网数据库2013—2022年TENS治疗疼痛相关的论著与综述通过Refworks方式导出为.txt格式文件。

1.3 数据分析 英文文献利用R语言环境下的Bibliometricx包进行系统分析,使用默认参数设置;中文文献利用Java语言环境下的VOSviewer软件

进行系统分析,使用默认参数设置。分析内容主要包括:(1)年度发文量;(2)期刊载文量、作者发文量、发文机构与发文国家;(3)高频被引文献;(4)研究热点与未来发展方向。

2 结果

2.1 纳入文献数目 本研究以“transcutaneous electrical nerve stimulation”与“pain”为主题词进行检索,在WOS核心合集(SCI-E)数据集中获得文献769篇;以“经皮神经电刺激”与“疼痛”为主题词进行检索,在中国知网数据库中获得文献143篇。

2.2 年度发文趋势分析 英文文献发文量统计结果显示,2013—2022年间,2016年发文量最少(53篇),2022年发文量最多(110篇),2016—2022年发文量呈现上升趋势(图1A)。中文文献发文量统计结果显示,2016年发文量同样存在低谷,此外2018年发文量较2017年有所下降,总体来看,与TENS治疗疼痛相关的中文文献发文量呈现上升趋势(图1B)。

2.3 发文期刊、作者、机构与国家分析 英文文献发文期刊分析结果显示,载文量居前3位的期刊为*Neuromodulation*、*J Back Musculoskeletal Rehabil*和*Trials*,其载文量分别为21、16、15篇。英文文献发文作者分析结果显示,发文量居前3位的学者为Sluka Kathleen A教授、Dailey教授与Vance Carol C T教授,发文量分别为13、10、9篇。英文文献发文机构分析结果显示,Univ Iowa(爱荷华大学)、China Med Univ(中国医科大学)与Univ Sao Paulo(圣保罗大学)是发文量居前3位的机构,发文量分别为68、44、43篇。英文文献发文国家分析结果显示,中国、美国与土耳其是发文量居前3位的国家,发文量分别为138、128、86篇。见图2。

中文文献发文期刊分析结果显示,载文量居前3位的期刊为《中国疼痛医学杂志》《中国康复医学杂志》《上海针灸杂志》,其载文量分别为11、7、5篇。中文文献发文作者分析结果显示,发文最多的学者为复旦大学附属华山医院贾杰教授,发文量

为4篇。中文文献发文机构分析结果显示,福建中医药大学、天津市中心妇产科医院和复旦大学附

属华山医院是发文量居前3位的机构,发文量均为4篇。

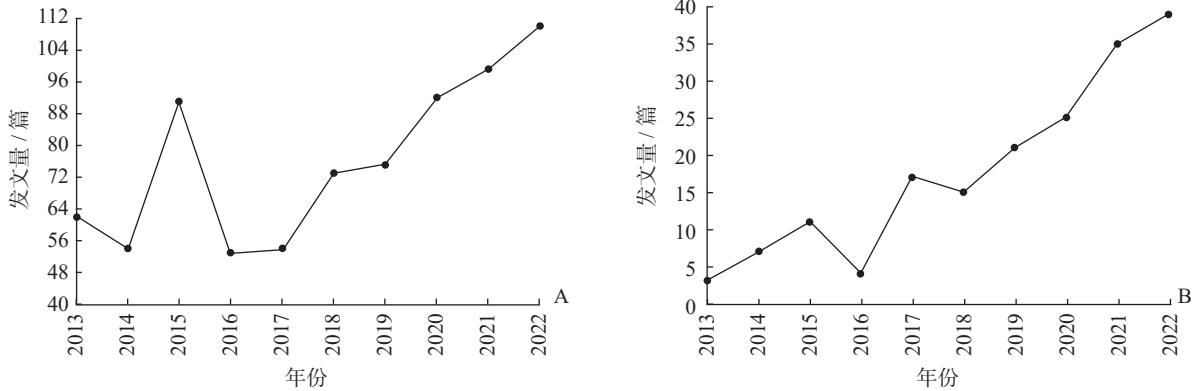


图1 与TENS治疗疼痛相关的英文文献(A)和中文文献(B)年度发文趋势图

TENS:经皮神经电刺激.

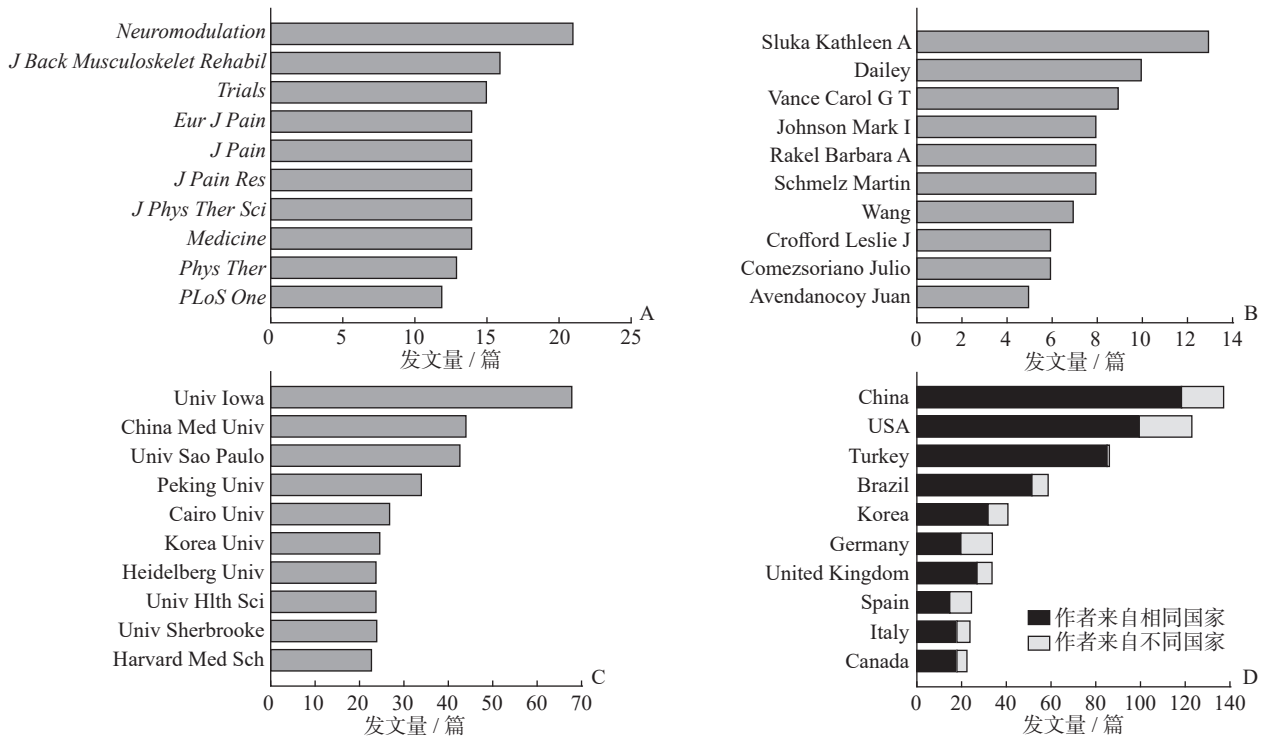


图2 TENS与疼痛相关英文文献发文期刊、作者、机构与国家分析

A:载文量居前10位的英文期刊;B:发文量居前10位的作者;C:发文量居前10位的机构;D:发文量居前10位的国家. TENS:经皮神经电刺激.

2.4 高频被引文献分析 英文高频被引文献分析结果(表1)显示, *Anodal transcranial direct current stimulation (tDCS) over the motor cortex increases sympathetic nerve activity*的被引频次最高,为235次。中文高频被引文献分析结果(表2)显示,《经皮穴位电刺激的临床镇痛进展》的被引频次最高,为130次。

2.5 研究热点与未来发展方向分析 英文文献系统关键词总频次分析显示, TENS治疗疼痛相关文献的高频关键词有疼痛、TENS、管理等,热点为有效性与机制研究,值得一提的是腰痛是TENS治疗疼痛的一种重要类型(图3A)。历年系统关键

词分析结果显示,脑干、预防、肩痛是2021年当年频次最高的关键词,提示TENS治疗疼痛的机制与应用的深入挖掘;此外, TENS的实际应用(疼痛、管理、生活质量和有效性)也是重点研究内容(图3B)。战略坐标图结果显示未来发展方向主要分为2类:第1类为术后疼痛、镇痛与阿片受体,第2类为神经疼痛、脊髓与激活(图4)。中文文献关键词频次分析显示, TENS、疼痛、镇痛、分娩镇痛、经皮穴位电刺激等关键词为TENS治疗疼痛相关文献的高频关键词(图5),与英文文献关键词的分析结果一致。

表1 被引频次居前10位的与TENS治疗疼痛相关的英文文献及总被引用频次

篇名	来源期刊	发表年份	总被引频次
Anodal transcranial direct current stimulation (tDCS) over the motor cortex increases sympathetic nerve activity	<i>Brain Stimul</i>	2014	235
Prosthesis with neuromorphic multilayered e-dermis perceives touch and pain	<i>Sci Robot</i>	2018	190
Treatment of chronic migraine with transcutaneous stimulation of the auricular branch of the vagal nerve (auricular t-VNS): a randomized, monocentric clinical trial	<i>J Headache Pain</i>	2015	144
Transcutaneous electrical nerve stimulation reduces pain, fatigue and hyperalgesia while restoring central inhibition in primary fibromyalgia	<i>Pain</i>	2013	131
The effect of transcutaneous vagus nerve stimulation on pain perception—an experimental study	<i>Brain Stimul</i>	2013	127
Classification of methods in transcranial electrical stimulation (tES) and evolving strategy from historical approaches to contemporary innovations	<i>J Neurosci Methods</i>	2013	119
Access to vagal projections via cutaneous electrical stimulation of the neck: fMRI evidence in healthy humans	<i>Brain Stimul</i>	2017	107
A mechanism-based approach to physical therapist management of pain	<i>Phys Ther</i>	2018	103
The global burden of disease survey 2010, lifting the burden and thinking outside-the-box on headache disorders	<i>J Headache Pain</i>	2013	100
Clinical practice guidelines for pain management in acute musculoskeletal injury	<i>J Orthop Trauma</i>	2019	92

TENS: 经皮神经电刺激.

表2 被引频次居前10位的与TENS治疗疼痛相关的中文文献及总被引频次

篇名	来源期刊	发表年份	总被引频次
经皮穴位电刺激的临床镇痛进展	中国疼痛医学杂志	2014	130
腰椎间盘突出症康复治疗进展	华西医学	2018	50
经皮神经电刺激的镇痛作用机制及最新研究进展	实用医学杂志	2015	49
经皮电神经刺激在脑卒中后上肢功能障碍中的应用	中国康复理论与实践	2014	45
经皮神经电刺激的临床应用研究进展	中国康复医学杂志	2018	44
经皮神经电刺激治疗膝关节炎性疼痛的荟萃分析	中国组织工程研究	2015	41
盐酸羟考酮缓释片联合生物电刺激治疗中重度癌痛的疗效及治疗费用分析	中国全科医学	2014	41
经皮神经电刺激联合加巴喷丁治疗带状疱疹后遗神经痛的临床疗效	中国康复医学杂志	2017	39
膝关节炎的物理治疗进展	中国老年学杂志	2021	35
经皮神经电刺激的镇痛机制及其临床应用	生理学报	2017	33

TENS: 经皮神经电刺激.

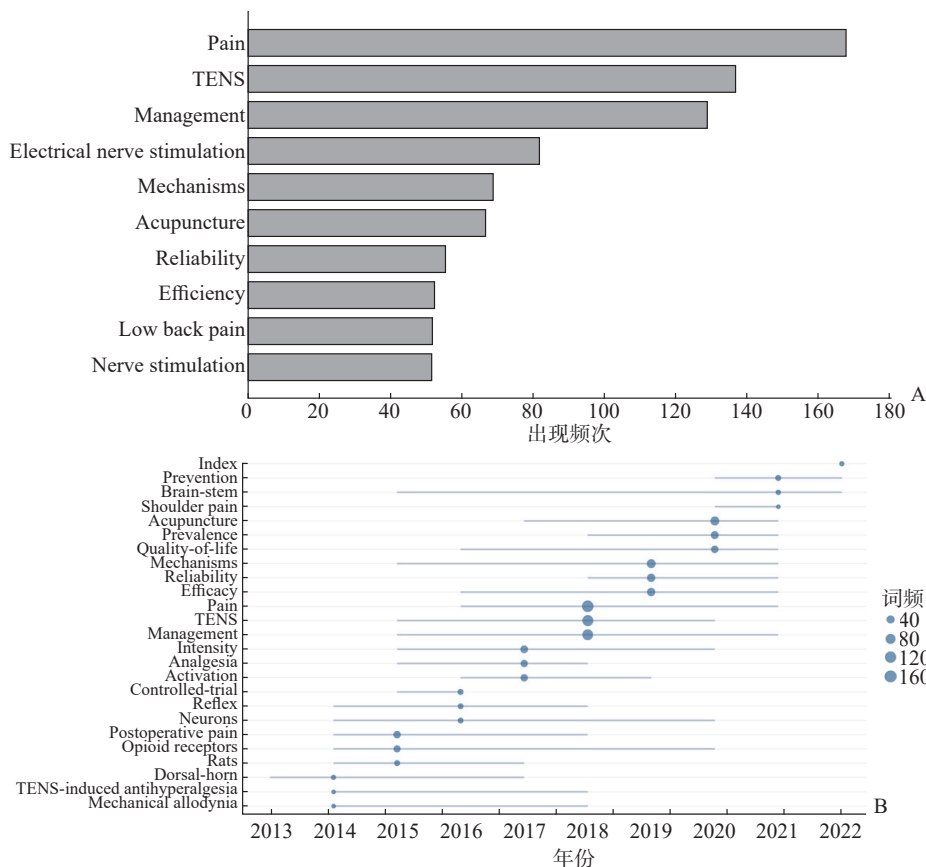


图3 与TENS治疗疼痛相关的英文文献系统关键词分析

A: 出现频次最多的10个系统关键词; B: 系统关键词历年频次分析, 节点越大表示该词在当年出现的频次越高. TENS: 经皮神经电刺激.

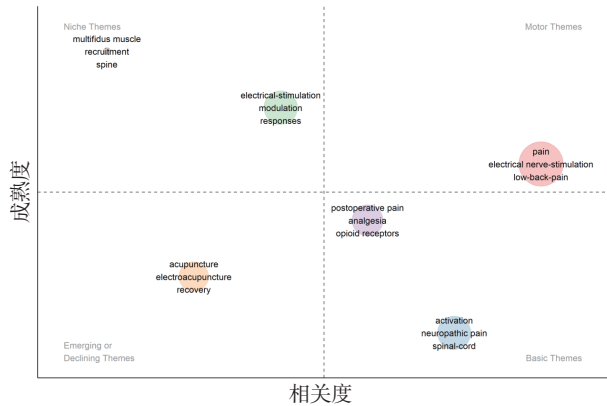


图4 与TENS治疗疼痛相关的英文文献的战略坐标图
第1象限为重要且已有较好发展的主题;第2象限为细化的主题;第3象限为可能即将消失的主题;第4象限为重要但没有得到较好发展的主题,可能是未来TENS治疗疼痛的研究热点. TENS:经皮神经电刺激.



图5 与TENS治疗疼痛相关的中文文献关键词之间的相互关系
不同颜色代表不同的类群,圆圈越大代表该词在TENS治疗疼痛相关文献中出现频率越高. TENS:经皮神经电刺激.

3 讨论

神经调控是一个不断扩大的疼痛医学领域,国际神经调控协会将神经调控定义为“通过有针对性地将刺激物(如电刺激)输送到体内特定的神经部位,从而改变神经活动”^[4]。早在1965年, Melzack 和 Wall 就提出了“闸门控制理论”,即在不同程度上开放或关闭神经性的“门”,可以调节进入大脑的疼痛信号^[5]。TENS 是基于闸门控制理论兴起的一种以电流脉冲激活外周神经纤维的非侵入式镇痛疗法,研究认为 TENS 可以通过神经调控关闭疼痛信号传导的“门”,进而达到镇痛目的^[6]。

本研究结果表明,2013—2022 年 TENS 治疗疼痛的文献数目处于上升趋势,可见 TENS 治疗疼痛正逐渐为世界所认可。真实世界研究也证实了这一点。一项纳入了 381 篇研究的 meta 分析证明了 TENS 治疗急性疼痛与慢性疼痛的有效性^[7],包括手术镇痛,术后镇痛,分娩镇痛,各种顽固性慢性疼痛如各种头痛、癌痛、颈肩腰背痛、关节痛、带状疱疹后神经痛、痛经等^[8]。本团队的前期研究表明,慢性盆腔疼痛、脑卒中、肠镜镇痛也可应用 TENS 进行治疗,补充了 TENS 的治疗范围^[9-11]。本研究结果显示腰痛是 TENS 治疗疼痛的高频关键词,现代临床研究已经证实 TENS 治疗腰痛的有效性^[12-13]。我们推测 TENS 在未来也许会成为慢性疼痛(尤其是慢性肌肉骨骼疼痛)的一种重要辅助治疗方式。

TENS 是将电极贴在特定皮肤表面并施加脉冲电刺激,根据脉冲频率、强度和持续时间进行调整。目前,传统 TENS 与针刺样 TENS 刺激模式被广泛应用于临床,传统 TENS 主要针对急性疼痛,针刺样 TENS 主要针对慢性疼痛。随着非药物疗法逐渐被重视,中医针灸疗法也走进了国际视野。针灸疗法治疗疼痛类疾病具有显著疗效^[14]。本研究中战略坐标图显示针刺与电针出现在第3象限,意味着针刺与电针可能是即将消失的主题,这可能是因为与传统针刺和电针相比, TENS 具有无创、安全、费用低等优点,适合多种临床应用,相关研究更多^[15]。

随着技术的发展, TENS 的应用上了一个新的台阶, TENS 除了治疗疼痛外,还可以治疗吞咽障碍、抑郁症、多囊卵巢综合征等疾病^[16-18]。在 TENS 基础上发展出的经皮/非侵入性迷走神经电刺激(transcutaneous/non-intrusive vagus nerve stimulation, tVNS/nVNS)、经颅直流电刺激(transcranial direct current stimulation, tDCS)和经颅交流电刺激(transcranial alternating current stimulation, tACS)均在临床上广泛应用于治疗疼痛^[19]。此外,研究人员还采用多学科交叉的方法致力于研究便携化、无线化的 TENS 设备,同时根据生物力学、皮肤参数、材料性质构建一款不受体位限制、完美贴合皮肤的新型 TENS 设备,这将进一步提升 TENS 的效能^[8]。

在 TENS 的机制研究中,动物实验结果显示高频 TENS 可以改变脊髓背角 γ -氨基丁酸(γ -aminobutyric acid, GABA)的浓度,并能够激活脊髓和脑干的

δ 阿片受体;低频 TENS 可以激活局部的 μ 阿片受体并与疼痛下行抑制系统有关^[20-22]; 具体而言,中脑导水管周围灰质区域的谷氨酸能神经元的激活促进了延脑头端腹内侧区域的 5-羟色胺能神经元向脊髓背角释放 5-羟色胺,进而促进脊髓背角中间神经元释放脑啡肽和强啡肽等内源性阿片物质,抑制脊髓背角伤害性信息的传递^[23]。有趣的是,Chen 等^[24]在一项动物实验中发现,对小鼠正中神经进行经皮电刺激后,下丘脑食欲素神经元被激活并释放食欲素,进而激活中脑导水管周围灰质腹外侧区的突触后食欲素受体 1,产生的内源性大麻素逆向抑制 GABA 释放,从而解除中脑导水管周围灰质输出的抑制,产生镇痛作用。该镇痛过程不受阿片类拮抗剂纳洛酮或纳曲酮的显著影响,即与阿片系统呈非依赖性。这有别于以往提出的“内源性阿片理论”,可见 TENS 治疗疼痛的机制是复杂的。本研究通过文献计量学分析发现, TENS 治疗疼痛的未来发展方向在于阿片受体,期望未来在该领域有更加深入的研究,为阿片类药物耐受患者的疼痛治疗提供新策略。除此之外,本研究结果还显示脊髓是 TENS 治疗疼痛的关键。现代研究发现 TENS 远端刺激能够缓解各种疼痛的现象,并对其机制进行了深入探索,发现选取疼痛点的对侧同源部位、远离疼痛点但受重叠脊髓节段支配的部位以及不相关的神经外部位也可以发挥镇痛作用^[25]。这从脊髓的角度初步探讨了 TENS 的镇痛机制,但仍需深入研究。

综上所述,本研究结果显示 TENS 作为非药物治疗法治疗疼痛逐渐受到人们重视,并探索了 TENS 治疗疼痛研究的关键期刊、作者、机构与国家,通过系统关键词明确了目前研究热点并预测了未来可能的发展趋势,为未来的研究方向提供了导向,也为相关领域研究者寻求合作伙伴与投稿提供了指导。虽然 TENS 治疗疼痛的范围较广,但大多临床试验存在样本量较小、数据有限、方法学等问题,从而导致 TENS 镇痛的有効性与安全性的证据等级较低;同时,疼痛与 TENS 相关的动态参数模型也没有确定,无法实现个体化 TENS 镇痛诊疗。希望 TENS 镇痛在未来能够继续发展,造福更多患者,为临床疼痛诊疗提供新策略。

[参 考 文 献]

[1] RAJA S N, CARR D B, COHEN M, et al. The revised

International Association for the study of pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises[J]. *Pain*, 2020, 161(9): 1976-1982. DOI: 10.1097/j.pain.0000000000001939.

[2] MOKHTARI T, REN Q, LI N, et al. Transcutaneous electrical nerve stimulation in relieving neuropathic pain: basic mechanisms and clinical applications[J]. *Curr Pain Headache Rep*, 2020, 24(4): 14. DOI: 10.1007/s11916-020-0846-1.

[3] CAI M, NI Z, YUAN Z, et al. Past and present: a bibliometric study on polycystic ovary syndrome[J]. *J Ovarian Res*, 2023, 16(1): 42. DOI: 10.1186/s13048-022-01072-3.

[4] International Neuromodulation Society. Neuromodulation, or neuromodulatory effect[EB/OL]. (2021-11-21)[2023-06-01]. https://www.neuromodulation.com/index.php?option=com_content&view=article&id=366:neuromodulation-defined&catid=21:definitions.

[5] MELZACK R, WALL P D. Pain mechanisms: a new theory[J]. *Science*, 1965, 150(3699): 971-979. DOI: 10.1126/science.150.3699.971.

[6] RAMESH C, SAWANT S S, KOLTE D R, et al. Efficacy of transcutaneous electrical nerve stimulation on salivary flow rates in normal healthy adults according to gender and age groups[J]. *Asian J Neurosurg*, 2021, 16(4): 770-776. DOI: 10.4103/ajns.AJNS_48_21.

[7] JOHNSON M I, PALEY C A, JONES G, et al. Efficacy and safety of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for acute and chronic pain in adults: a systematic review and meta-analysis of 381 studies (the meta-TENS study)[J]. *BMJ Open*, 2022, 12(2): e051073. DOI: 10.1136/bmjopen-2021-051073.

[8] 褚华清, 郑晖. 经皮神经电刺激在疼痛诊疗中的应用及研究进展[J]. *中国疼痛医学杂志*, 2021, 27(9): 693-697. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9852.2021.09.010.

[9] DU J, SHI P, FANG F, et al. Cerebral cortical hemodynamic metrics to aid in assessing pain levels? A pilot study of functional near-infrared spectroscopy[J]. *Front Neurosci*, 2023, 17: 1136820. DOI: 10.3389/fnins.2023.1136820.

[10] SONG W, WANG X, ZHOU J, et al. Rehabilitation of an analgesic bracelet based on wrist-ankle acupuncture in patients with rotator cuff injury: a randomized trial[J]. *Pain Res Manag*, 2021, 2021: 9946548. DOI: 10.1155/2021/9946548.

[11] HUANG X, WANG H, SHI L, et al. Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation based

- on wrist-ankle acupuncture theory for pain relief during colonoscopy without anesthesia: a randomized controlled trial[J]. *Endoscopy*, 2025, 57(2): 158-165. DOI: 10.1055/a-2373-0513.
- [12] WU L C, WENG P W, CHEN C H, et al. Literature review and meta-analysis of transcutaneous electrical nerve stimulation in treating chronic back pain[J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2018, 43(4): 425-433. DOI: 10.1097/AAP.0000000000000740.
- [13] JAUREGUI J J, CHERIAN J J, GWAM C U, et al. A meta-analysis of transcutaneous electrical nerve stimulation for chronic low back pain[J]. *Surg Technol Int*, 2016, 28: 296-302.
- [14] 葛海雅, 鄢来军, 杨宗睿, 等. 不同针灸疗法治疗腰背肌筋膜炎的网状meta分析[J]. *康复学报*, 2023, 33(1): 65-76. DOI: 10.3724/SP.J.1329.2023.01009.
- [15] BARONI A, ANTONIONI A, FREGNA G, et al. The effectiveness of paired associative stimulation on motor recovery after stroke: a scoping review[J]. *Neurol Int*, 2024, 16(3): 567-589. DOI: 10.3390/neurolint16030043.
- [16] 段霞. 脑卒中后吞咽障碍(PSD)患者常见并发症的相关因素分析及经皮耳迷走神经电刺激(taVNS)的疗效研究[D]. 重庆: 中国人民解放军陆军军医大学, 2022.
- [17] 张世科, 何慧. 耳穴贴压联合耳迷走神经电刺激治疗轻中度产后抑郁症的疗效及对患者心理状态和生活质量的影响[J]. *河北中医*, 2022, 44(3): 476-479, 500. DOI: 10.3969/j.issn.1002-2619.2022.03.028.
- [18] 张世科, 何慧, 高维滨, 等. 经皮电刺激耳迷走神经治疗多囊卵巢综合征的机制探讨[J]. *针刺研究*, 2020, 45(2): 164-168. DOI: 10.13702/j.1000-0607.180261.
- [19] KNOTKOVA H, HAMANI C, SIVANESAN E, et al. Neuromodulation for chronic pain[J]. *Lancet*, 2021, 397(10289): 2111-2124. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)00794-7.
- [20] MAEDA Y, LISI T L, VANCE C T, et al. Release of GABA and activation of GABA(A) in the spinal cord mediates the effects of TENS in rats[J]. *Brain Res*, 2007, 1136(1): 43-50. DOI: 10.1016/j.brainres.2006.11.061.
- [21] SLUKA K A, DEACON M, STIBAL A, et al. Spinal blockade of opioid receptors prevents the analgesia produced by TENS in arthritic rats[J]. *J Pharmacol Exp Ther*, 1999, 289(2): 840-846.
- [22] HEINRICHER M M, TAVARES I, LEITH J L, et al. Descending control of nociception: specificity, recruitment and plasticity[J]. *Brain Res Rev*, 2009, 60(1): 214-225. DOI: 10.1016/j.brainresrev.2008.12.009.
- [23] 陈钰昕, 张立波, 吕雪靖, 等. 非侵入性电刺激神经调控技术: 镇痛效果与镇痛机制[J]. *生理学报*, 2021, 73(3): 389-406. DOI: 10.13294/j.aps.2020.0093.
- [24] CHEN Y H, LEE H J, LEE M T, et al. Median nerve stimulation induces analgesia via orexin-initiated endocannabinoid disinhibition in the periaqueductal gray[J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2018, 115(45): E10720-E10729. DOI: 10.1073/pnas.1807991115.
- [25] GOZANI S N. Remote analgesic effects of conventional transcutaneous electrical nerve stimulation: a scientific and clinical review with a focus on chronic pain[J]. *J Pain Res*, 2019, 12: 3185-3201. DOI: 10.2147/JPR.S226600.

[本文编辑] 孙岩