

· 针灸经络 ·

不同频率电针对全身麻醉脊柱手术患者气管插管 应激反应及 PONV 发生率的影响

王婷婷¹, 崔勇¹, 金卫芳², 赵晓丽¹, 夏建华³

1. 上海中医药大学附属第七人民医院, 上海 200137; 2. 上海交通大学医学院附属瑞金医院古北分院, 上海 201103; 3. 上海市浦东新区人民医院, 上海 200137

摘要 目的: 分析不同频率电针对全身麻醉脊柱手术患者气管插管应激反应及恶心呕吐(PONV)发生率的影响。方法: 选取2024年9月—2025年2月于上海市第七人民医院接受全身麻醉脊柱手术治疗的168例患者, 采用随机数字表法将患者分为对照组(C组)、低频电针组(L组)和高频电针组(H组), 每组56例。比较三组患者气管插管前后的血流动力学指标、血清应激激素水平的变化, 并记录术后6 h、24 h PONV 发生率。结果: 与C组比较, L组T2~T4时心率(HR)、平均动脉压(MAP)显著降低($P < 0.05$); 与L组比较, H组T2~T4时HR、MAP显著降低($P < 0.05$)。与C组比较, L组T4、T5时血清肾上腺素(E)、去甲肾上腺素(NE)、皮质醇(Cor)水平显著降低($P < 0.05$); 与L组比较, H组T4、T5时血清E、NE、Cor水平显著降低($P < 0.05$)。术后6 h、24 h, L组和H组PONV发生率均显著低于C组($P < 0.05$), 而L组和H组比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。结论: 电针可有效减轻全身麻醉脊柱手术患者气管插管应激反应, 降低术后PONV发生率。其中100 Hz高频电针在稳定血流动力学、抑制应激激素释放方面效果更优, 而2 Hz低频电针与100 Hz高频电针的抗PONV作用相当。

关键词 电针; 全身麻醉; 脊柱手术; 气管插管; 应激反应; 恶心呕吐

中图分类号: R245.9⁺7

文献标识码: A

文章编号: 1002-2392(2026)09-0043-06

DOI: 10.19664/j.cnki.1002-2392.260178

脊柱手术由于手术部位特殊、创伤较大, 术中常需采用全身麻醉以保证患者舒适与手术安全。气管插管作为全身麻醉的关键操作, 可诱发强烈的应激反应, 表现为血流动力学剧烈波动(如心率加快、血压升高)及神经内分泌紊乱(如儿茶酚胺、皮质醇等应激激素大量释放)^[1]。这种应激反应不仅增加心肌氧耗、加重心脏负担, 还可能诱发心肌缺血、心律失常等严重并发症, 尤其对于合并心血管疾病的患者风险更高。此外, 脊柱手术患者术后恶心呕吐(Postoperative nausea and vomiting, PONV)发生率较高, PONV不仅增加患者痛苦, 还可能导致切口张力增加、出血、误吸等不良事件, 延长住院时间, 影响术后康复^[2]。因此, 如何有效减轻气管插管应激反应、降低PONV发生率是脊柱手术

麻醉管理的重要课题。电针作为中医特色疗法, 在麻醉领域的应用已得到广泛关注。研究表明, 电针可通过调节自主神经功能、抑制交感神经兴奋, 减轻围术期应激反应; 同时, 电针还可通过影响中枢神经递质(如5-羟色胺、多巴胺)的释放, 发挥防治PONV的作用^[3-4]。然而, 电针的疗效与刺激频率密切相关, 不同频率电针的作用机制存在差异, 低频电针(2~10 Hz)主要通过激活内源性阿片肽系统发挥镇痛作用, 而高频电针(50~100 Hz)可能通过抑制交感神经活性调节血流动力学。目前, 关于不同频率电针对全身麻醉脊柱手术患者气管插管应激反应及PONV影响的对比研究较少, 其最优频率选择尚未明确。本研究旨在比较不同频率电针对全身麻醉脊柱手术患者气管插管应激反应及PONV发生率的影响, 以探讨电针的最佳应用频率, 为临床提供循证依据。

1 材料与方法

1.1 一般资料

选取2024年9月—2025年2月于上海市第七人

收稿日期: 2025-08-25 修回日期: 2026-04-02

基金项目: 上海市卫生健康委员会科研项目(202340099)

作者简介: 王婷婷(1981-), 女, 硕士, 主任医师, 从事疼痛、麻醉药药效学及术后认知功能障碍等相关研究。

民医院接受全身麻醉脊柱手术治疗的 168 例患者,采用随机数字表法将患者分为对照组(C 组)、低频电针组(L 组)和高频电针组(H 组),每组 56 例。三组患者的性别、年龄、体质量指数(Body mass index, BMI)、手

术类型、手术时间、术中出血量比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性,见表 1。本研究经上海市第七人民医院伦理委员会批准(伦理批号:2025 - 7th - HIRB - 116),所有患者均签署知情同意书。

表 1 三组全身麻醉脊柱手术治疗患者基线资料比较

组别	例数	男/女	年龄($\bar{x}\pm s$)/ 岁	BMI($\bar{x}\pm s$)/ (kg/m ²)	手术类型/例			手术时间($\bar{x}\pm s$)/ min	术中出血量($\bar{x}\pm s$)/ mL
					腰椎间盘突出症	腰椎管狭窄症	脊柱骨折		
C 组	56	32/24	48.68±7.25	22.56±1.75	22	18	16	125.63±25.34	356.82±85.28
L 组	56	30/26	47.86±7.64	22.24±1.84	20	20	16	123.80±24.72	348.52±82.68
H 组	56	31/25	49.23±7.52	22.38±1.79	21	19	16	127.27±26.16	362.13±87.55

1.2 诊断标准

腰椎间盘突出症参照《腰椎间盘突出症诊疗指南》^[5],表现为腰痛伴下肢放射性疼痛、麻木,直腿抬高试验阳性,腰椎 CT 或 MRI 提示椎间盘突出压迫神经根。

腰椎管狭窄症参照《腰椎管狭窄症中西医结合诊疗指南(2023 年)》^[6],表现为间歇性跛行、下肢麻木无力,腰椎 CT 或 MRI 提示椎管矢状径<12 mm,或横截面积<100 mm²。

脊柱骨折参照《骨科手术学(第 4 版)》^[7],有明确外伤史,腰背部疼痛、活动受限,X 线或 CT 提示脊柱椎体骨折,符合手术复位固定指征。

1.3 纳入标准

①符合脊柱手术指征,拟行全身麻醉;②年龄 18~65 岁;③美国麻醉医师协会分级 I~II 级;④术前无严重心、肝、肾等重要脏器功能障碍;⑤无电针治疗禁忌证(如局部皮肤感染、出血倾向、安装心脏起搏器等);⑥患者及家属自愿参与本研究。

1.4 排除标准

①术前存在心律失常、高血压(血压≥160/100 mmHg)等心血管疾病且控制不佳;②有晕动病史、PONV 病史或术前 24 h 内使用止吐药;③精神疾病、认知功能障碍或无法配合研究;④对本研究使用的麻醉药物或电针材料过敏;⑤手术时间超过 3 h 或术中出血量超过 800 mL;⑥中途退出研究。

1.5 研究方法

1.5.1 电针干预

L 组和 H 组患者入室后取平卧位,常规监测心电图、无创血压、血氧饱和度。由经验丰富的针灸医师选取双侧内关穴(腕横纹上 2 寸,掌长肌腱与桡侧腕屈肌腱之间)、合谷穴(第 2 掌骨桡侧的中点处)、足三里穴(犊鼻下 3 寸,胫骨前嵴外 1 横指处)。穴位局部皮肤常规消毒后,采用 0.30 mm×40 mm 无菌针灸针直刺,得气后(患者自觉酸、麻、胀、重感)连接韩氏穴位

神经刺激仪(HANS-200A,北京华卫产业开发公司)。L 组采用 2 Hz 连续波刺激,H 组采用 100 Hz 连续波刺激,两组电流强度均以患者能耐受为宜(1~3 mA),刺激时间从麻醉诱导前 30 min 开始,持续至手术结束。C 组仅进行相同穴位定位和皮肤消毒,不刺入针灸针,不给予电刺激。

1.5.2 麻醉方法

三组患者麻醉诱导方案一致:依次静脉注射咪达唑仑(生产厂家:江苏恩华药业股份有限公司,批准文号:国药准字 H10980025,规格 2 mL:10 mg)0.05 mg/kg、丙泊酚(生产厂家:辰欣药业股份有限公司,批准文号:国药准字 H20234180,规格 20 mL:0.2 g)1.5~2 mg/kg、芬太尼(生产厂家:宜昌人福药业有限责任公司,批准文号:国药准字 H42022076,规格 2 mL:0.1 mg)3 μg/kg、罗库溴铵(生产厂家:浙江仙琚制药股份有限公司,批准文号:国药准字 H20093186,规格 5 mL:50 mg)0.6 mg/kg。待患者意识消失、肌松监测显示肌松完全后,由同一位高年资麻醉医师采用喉镜进行气管插管,选择合适型号的气管导管(男性 7.5~8.0 mm,女性 7.0~7.5 mm),插管成功后连接麻醉机行机械通气,设置潮气量 8~10 mL/kg,呼吸频率 12~16 次/min,吸呼比 1:2,呼气末二氧化碳分压 35~45 mmHg。麻醉维持:静脉泵注丙泊酚 4~6 mg·kg⁻¹·h⁻¹、瑞芬太尼 0.1~0.2 μg·kg⁻¹·min⁻¹,间断静脉注射罗库溴铵维持肌松,脑电双频指数 40~60。术中根据血压、心率变化调整麻醉药物用量,若收缩压>基础值 20%或<基础值 20%,分别静脉注射尼卡地平(生产厂家:吉林津升制药有限公司,批准文号:国药准字 H20040774,规格 10 mL:5 mg)或去氧肾上腺素(生产厂家:南京海融制药有限公司,批准文号:国药准字 H20243722,规格 1 mL:10 mg);若心率(heart rate, HR)>100 次/min 或<50 次/min,分别静脉注射艾司洛尔(生产厂家:齐鲁制药有限公司,批准文号:国药准字 H19991058,规格 2 mL:0.2 g)或阿托品(生产厂

家:天津金耀药业有限公司,批准文号:国药准字H12020382,规格1 mL:0.5 mg)。手术结束前30 min停止使用罗库溴铵,缝皮时停止泵注丙泊酚和瑞芬太尼。

1.6 观察指标

1.6.1 血流动力学指标

分别于麻醉诱导前(T0)、气管插管前(T1)、插管后1 min(T2)、插管后3 min(T3)、插管后5 min(T4)记录HR、平均动脉压(Mean arterial pressure,MAP)。

1.6.2 血清应激激素水平

分别于T0、T4、手术结束时(T5)采集外周静脉血5 mL,3 000 r/min离心10 min,分离血清后置于-80 ℃冰箱保存待测。采用酶联免疫吸附法检测血清肾上腺素(Epinephrine,E)、去甲肾上腺素(Norepinephrine,NE)、皮质醇(Cortisol,Cor)水平,试剂盒购自上海酶联生物科技有限公司,严格按照说明书操作。

1.6.3 PONV评估

分别于术后6 h、24 h采用视觉模拟评分法(Visu-

al analogue score,VAS)^[8]评估PONV严重程度(0分:无恶心呕吐;1~3分:轻度,不影响进食和休息;4~6分:中度,影响进食和休息;7~10分:重度,严重影响生活质量),记录PONV发生率(出现恶心或呕吐即为阳性)。

1.7 统计学分析

采用SPSS 26.0统计软件进行数据分析。计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,两两比较采用LSD-t检验,组间比较采用单因素方差分析。计数资料以率(%)表示,比较采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 三组患者不同时间点血流动力学指标比较

与C组比较,L组T2~T4时HR、MAP显著降低($P < 0.05$);与L组比较,H组T2~T4时HR、MAP显著降低($P < 0.05$),见表2,表3。

表2 三组全身麻醉脊柱手术治疗患者不同时间点 HR 比较($\bar{x} \pm s$,次/min)

组别	例数	T0	T1	T2	T3	T4
C组	56	72.34±5.50	70.54±5.63	95.66±8.25 [*]	89.34±8.51 [*]	82.52±8.86 [*]
L组	56	71.82±5.25	70.91±5.38	82.45±7.13 ^{*#}	76.57±7.40 ^{*#}	73.25±6.92 ^{*#}
H组	56	72.16±5.40	71.25±5.48	75.34±7.60 ^{#&}	70.25±6.84 ^{#&}	68.52±6.35 ^{*#&}

表3 三组全身麻醉脊柱手术治疗患者不同时间点 MAP 比较($\bar{x} \pm s$,mmHg)

组别	例数	T0	T1	T2	T3	T4
C组	56	103.41±9.65	100.57±7.74	122.63±9.75 [*]	118.66±8.49 [*]	116.21±8.14 [*]
L组	56	104.59±8.76	102.61±6.76	117.55±9.37 ^{*#}	114.25±8.26 ^{*#}	112.23±7.87 ^{*#}
H组	56	104.34±8.67	101.88±7.39	113.34±8.76 ^{*#&}	110.48±7.79 ^{*#&}	108.57±7.29 ^{*#&}

注:与同组T0比较,^{*} $P < 0.05$;与C组比较,[#] $P < 0.05$;与L组比较,[&] $P < 0.05$ 。

2.2 三组患者血清应激激素水平比较

与C组比较,L组T4、T5时血清E、NE、Cor水平

显著降低($P < 0.05$);与L组比较,H组T4、T5时血清E、NE、Cor水平显著降低($P < 0.05$),见表4。

表4 三组全身麻醉脊柱手术治疗患者血清应激激素水平比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	E/(pg/mL)			NE/(pg/mL)			Cor/(ng/mL)		
		T0	T4	T5	T0	T4	T5	T0	T4	T5
C组	56	125.62±25.32	325.83±45.61 [*]	285.32±42.54 [*]	215.35±35.62	525.61±65.81 [*]	485.25±62.32 [*]	115.63±20.34	285.34±35.62 [*]	255.81±32.53 [*]
L组	56	124.85±24.74	235.26±38.43 ^{*#}	205.64±35.78 ^{*#}	214.72±34.95	385.25±58.62 ^{*#}	345.63±55.25 ^{*#}	114.91±19.75	215.25±30.41 ^{*#}	195.62±28.71 ^{*#}
H组	56	125.22±25.15	185.35±32.64 ^{*#&}	165.22±30.81 ^{*#&}	215.16±35.26	315.32±52.46 ^{*#&}	285.23±48.64 ^{*#&}	115.25±20.11	175.37±25.62 ^{*#&}	155.27±23.82 ^{*#&}

注:与同组T0比较,^{*} $P < 0.05$;与C组比较,[#] $P < 0.05$;与L组比较,[&] $P < 0.05$ 。

2.3 三组患者术后 PONV 发生情况比较

术后6 h、24 h,L组和H组PONV发生率均显著

低于C组($P < 0.05$),而L组和H组比较差异无统计学意义($P > 0.05$),见表5。

表 5 三组全身麻醉脊柱手术治疗患者术后不同时间点 PONV 发生率比较(例)

组别	例数	术后 6 h					术后 24 h				
		无	轻度	中度	重度	总发生/例(%)	无	轻度	中度	重度	总发生/例(%)
C 组	56	28	15	8	5	28(50.00)	22	16	10	8	34(60.71)
L 组	56	40	10	4	2	16(28.57) [#]	35	12	6	3	21(37.50) [#]
H 组	56	45	8	2	1	11(19.64) [#]	42	9	4	1	14(25.00) [#]

注:与 C 组比较,[#] $P < 0.05$ 。

3 讨论

气管插管作为全身麻醉中建立人工气道的关键操作,其引发的应激反应及 PONV 始终是临床麻醉管理的重点。本研究通过对比不同频率电针干预效果发现,100 Hz 高频电针在稳定全身麻醉脊柱手术患者气管插管期血流动力学、抑制应激激素释放方面优于 2 Hz 低频电针,且两种频率电针均能有效降低术后 PONV 发生率。这一结果为临床优化气管插管期麻醉管理提供了重要参考,现就其机制及临床意义结合既往研究讨论如下。

本研究选取内关、合谷、足三里三穴进行电针刺激,选穴依据及意义如下,①内关穴:属手厥阴心包经,为八脉交会穴之一,通阴维脉。中医理论认为其可调理气血、宁心安神、和胃降逆。现代研究证实,内关穴电刺激可通过调节自主神经平衡,抑制交感神经兴奋,降低插管期 HR、MAP 波动^[9],同时可通过影响中枢 5-羟色胺能系统发挥止吐作用。②合谷穴:属手阳明大肠经,为原穴。中医认为其具有疏风解表、镇静镇痛、通经活络之效。现代药理研究表明,合谷穴电刺激可激活脊髓背角 μ 阿片受体,阻断伤害性感受信号传导,减少应激激素释放^[10],且能增强围术期镇静效果,减轻患者焦虑情绪。③足三里穴:属足阳明胃经,为合穴、胃下合穴。中医理论中其可健脾和胃、益气养血、降逆止呕。现代研究显示,足三里穴电刺激可通过迷走神经-胃肠轴调节胃肠动力,减少胃内容物潴留^[11],同时能抑制下丘脑-垂体-肾上腺轴过度激活,降低 Cor 水平,减轻应激反应。三穴协同作用,可从镇静、调节循环、抑制应激、止吐等多维度发挥围术期保护作用,契合本研究“减轻插管应激、降低 PONV”的核心目标。

气管插管操作通过刺激咽喉部神经末梢,激活交感-肾上腺髓质系统,导致儿茶酚胺大量释放,引起 HR、MAP 剧烈波动^[12]。这种血流动力学波动对于合并高血压、冠心病的脊柱手术患者尤为危险,可能增加心肌耗氧量,诱发心肌缺血或脑血管意外。本研究显示,与对照组相比,低频电针(L 组)能显著降低插管后 1~5 min(T2~T4)的 HR 和 MAP,而高频电针(H 组)

的稳定效果更优,且 H 组各时间点指标波动幅度最小。这提示电针对气管插管应激的血流动力学抑制存在频率依赖性。既往研究已证实电针的血流动力学调节作用与自主神经平衡相关。Pan 等^[13]纳入 105 例腹腔镜子宫肌瘤切除术患者,在麻醉前 30 min 至麻醉结束持续经皮电针刺激内关穴、合谷穴。结果显示,患者术中瑞芬太尼用量减少 25%,插管后 MAP 升高幅度降低 20%~30%,且术后 24 h 恶心呕吐发生率显著下降。机制上,经皮电针刺激通过调节交感-迷走神经平衡,减少插管应激反应。而关于频率差异,Armstrong 等^[14]比较 2.5 Hz 和 15 Hz 电针对心率变异性的影响,发现低频电针(2.5 Hz)显著增加迷走神经活性(高频功率升高 56%),而高频电针(15 Hz)效果不显著;尽管频率低于 100 Hz,但研究验证了电针频率对迷走神经调节的剂量依赖性,为高频电针机制提供了理论支持。Mao 等^[15]指出高频电针(如 100 Hz)可通过调节自主神经系统(增强迷走神经张力)稳定血流动力学,减少插管后 HR 波动。其机制可能与高频电针激活迷走神经介导的心率变异性调节有关——迷走神经兴奋可直接拮抗交感神经的心脏效应,而高频电针可能通过增强脑干迷走神经核团活性,延长这种拮抗作用的持续时间。本研究中 H 组在 T4 仍能维持 HR、MAP 稳定,印证了这一机制的合理性。需注意的是,脊柱手术患者常因术前疼痛、体位限制存在潜在交感神经张力升高,这可能放大插管应激反应。本研究中对照组 T2 时 MAP 较 T0 升高达 18.6%,而 H 组仅升高 8.6%,提示高频电针在高应激状态下的调节优势更突出。这与 Wang 等^[16]针对全麻插管期患者,100 Hz 电针通过抑制 miRNA-155、miRNA-335 和 miRNA-383 的表达,上调内皮型一氧化氮合酶活性,显著降低收缩压、舒张压和 MAP 波动幅度达 40%~50%,尤其在创伤较大的骨科手术中效果更显著。

应激激素(E、NE、Cor)的过度释放是气管插管应激的核心分子表现,其水平升高不仅加剧血流动力学波动,还可能通过抑制免疫功能增加术后感染风险。本研究显示,L 组在 T4 及 T5 的血清 E、NE、Cor 水平显著低于对照组,而 H 组上述指标进一步降低,提示

电针可剂量依赖性(频率相关)抑制应激激素分泌。从神经-内分泌调控机制分析,E、NE 主要由交感神经末梢及肾上腺髓质分泌,而 Cor 则受下丘脑-垂体-肾上腺轴(HPA 轴)调控。电针可能通过双重途径抑制其释放:一方面,高频电针通过激活脊髓背角 μ 阿片受体,阻断伤害性感受信号向中枢传递,减少交感神经兴奋;另一方面,电针刺激可促进内啡肽释放,内啡肽通过抑制下丘脑促肾上腺皮质激素释放激素分泌,间接降低 Cor 水平^[17-18]。本研究中 H 组 T4 时 Cor 水平较对照组降低 38.5%,为这一机制提供了间接证据。另外,对比低频电针,高频电针的优势可能与内啡肽亚型的释放差异有关。Yang 等^[19]研究表明,2 Hz 电针主要诱导 β -内啡肽分泌,而 100 Hz 电针可同时促进强啡肽释放。强啡肽对交感神经节前纤维的抑制作用更强,且半衰期较 β -内啡肽长约 3 倍,这可能解释本研究中 H 组应激激素水平在插管后仍能持续降低的现象。对脊柱手术患者而言,这种持续抑制作用尤为重要——手术创伤本身可引发二次应激,而术前电针预处理形成的“应激耐受”状态,可能减少术中循环波动及术后炎症反应。

本研究显示,L 组和 H 组术后 PONV 发生率显著低于对照组,但两组间差异无统计学意义,提示电针抗 PONV 作用存在频率独立性。PONV 的发生与多种因素相关,包括胃肠动力紊乱、前庭功能敏感及中枢化学感受器激活等。电针抗 PONV 的机制可能涉及多通路调控,其一,电针刺激足三里穴可通过迷走神经-胃肠轴促进胃肠蠕动,减少胃内容物潴留。其二,电针可降低延髓化学触发区 5-羟色胺受体活性,而 5-羟色胺是介导呕吐反射的关键递质^[20-21],这与本研究中电针组 PONV 发生率降低的结果直接相关。关于频率对 PONV 的影响,本研究未发现 L 组与 H 组差异,推测原因可能是抗 PONV 的核心通路(如迷走神经调控)对电针频率的敏感性较低,而更依赖刺激持续时间及穴位选择。本研究中两组均采用麻醉诱导前 30 min 至手术结束的持续电针干预,足够的刺激时长可能掩盖了频率差异。值得注意的是,本研究中电针组术后 24 h PONV 发生率仍显著低于 C 组,提示电针的抗呕吐作用具有一定延续性。这可能与电针减少术中阿片类药物用量有关,应激反应被抑制后,麻醉维持期镇痛药需求降低,而阿片类药物是 PONV 的独立危险因素。

本研究的临床意义主要体现在以下方面,其一,明确高频电针在脊柱手术插管期的优势,为高风险患者(如老年、高血压患者)提供了更优的应激管理方案;其二,证实电针作为非药物干预的有效性,可减少术中

血管活性药物及术后止吐药使用,符合加速康复外科理念;其三,简化临床操作——抗 PONV 无需区分电针频率,而血流动力学管理可优先选择高频电针,便于临床推广。另外,本研究存在一定局限性,首先,未评估电针刺激强度、持续时间对结果的影响,未来可通过剂量效应研究优化参数;其次,未检测与应激、呕吐相关的分子标志物,机制探讨仍需深化;最后,样本量局限于单中心,多中心大样本研究将进一步验证结论可靠性。

综上所述,电针可有效减轻全身麻醉脊柱手术患者气管插管应激反应,降低术后 PONV 发生率。其中 100 Hz 高频电针在稳定血流动力学、抑制应激激素释放方面效果更优,而 2 Hz 低频电针与 100 Hz 高频电针的抗 PONV 作用相当。

参考文献:

- [1] IVASCU R, TORSIN L I, HOSTIUC L, et al. The surgical stress response and anesthesia: a narrative review [J]. J Clin Med, 2024, 13(10):3017.
- [2] LIN Y Y, SUN T S, ZHANG Z C, et al. Effects of ramosetron on nausea and vomiting following spinal surgery: a meta-analysis [J]. Curr Ther Res Clin Exp, 2022, 96:100666.
- [3] PAN W T, JI M H, MA D, et al. Effect of perioperative autonomic nervous system imbalance on surgical outcomes: a systematic review [J]. Br J Anaesth, 2025, 135(3):608-622.
- [4] ZHAO W B, ZOU W. Effects of electroacupuncture on postoperative cognitive dysfunction and its underlying mechanisms: a literature review of rodent studies [J]. Front Aging Neurosci, 2024, 16:1384075.
- [5] 中华医学会骨科学分会脊柱外科学组, 中华医学会骨科学分会骨科康复学组. 腰椎间盘突出症诊疗指南 [J]. 中华骨科杂志, 2020, 40(8):477-487.
- [6] 魏戌, 徐卫国, 李路广, 等. 腰椎管狭窄症中西医结合诊疗指南(2023 年) [J]. 中国全科医学, 2024, 27(25):3076-3082, 3099.
- [7] 邱贵兴, 戴尅戎. 骨科手术学 [M]. 4 版. 北京: 人民卫生出版社, 2016:589-592.
- [8] GUO J, QIAN Y T, ZHANG X J, et al. Remimazolam tosylate compared with propofol for gastrointestinal endoscopy in elderly patients: a prospective, randomized and controlled study [J]. BMC Anesthesiol, 2022, 22(1):180.
- [9] ZHANG M, ZHAO N, YANG G, et al. Effects of transcutaneous electrical acupoint stimulation at Neiguan (PC6) and Jianshi (PC5) on autonomic nervous function and inflammatory factors in frail elderly patients after surgery [J]. Acupunct Res, 2025, 50(7):815-821.
- [10] 李冰, 赵占强, 柳舒扬, 等. 经皮穴位电刺激对腹腔镜胆囊切除术后应激反应及胃肠功能的影响 [J]. 临床麻醉学杂志, 2023, 39(4):379-383.
- [11] DONG S, ZHAO L J, LIU J, et al. Neuroanatomical organization of electroacupuncture in modulating gastric function in mice and humans [J]. Neuron, 2025, 113(19):3243-3259. e11.

- [12] TAKEUCHI R, HOSHIJIMA H, TSUKAMOTO M, et al. Hemodynamic response to tracheal intubation using indirect and direct laryngoscopes in pediatric patients: a systematic review and network meta-analysis [J]. *Children*, 2025, 12(6): 786.
- [13] PAN Y Y, SHAO Y F, CHI Z H, et al. Transcutaneous electrical acupuncture stimulation accelerates the recovery of patients undergoing laparoscopic myomectomy: a randomized controlled trial [J]. *J Pain Res*, 2023, 16: 809–819.
- [14] ARMSTRONG K, GOKAL R, TODORSKY W. Neuromodulating influence of two electroacupuncture treatments on heart rate variability, stress, and vagal activity [J]. *J Altern Complement Med*, 2020, 26(10): 928–936.
- [15] MAO Y, YANG L F. Clinical application of electroacupuncture in enhanced recovery after surgery [J]. *Front Rehabil Sci*, 2023, 4: 1135618.
- [16] WANG W, WANG K, ZHONG X. Effect of electroacupuncture on haemodynamic changes during intubation for general anaesthesia is mediated by nitric oxide synthase-3 via the regulation of microRNA-155, microRNA-335 and microRNA-383 [J]. *Mol Med Rep*, 2023, 27(4): 36866732.
- [17] WANG Y, HU W, HAN J, et al. Electroacupuncture alleviates perioperative hypothalamus-pituitary-adrenal axis dysfunction via circRNA-miRNA-mRNA networks [J]. *Front Mol Neurosci*, 2023, 16: 1115569.
- [18] CHU W G, ZHANG R, LI H T, et al. Locus coeruleus noradrenergic-spinal projections contribute to electroacupuncture-mediated antinociception in postoperative pain in mice [J]. *Adv Sci*, 2025, 12(25): e01182.
- [19] YANG S, WU Y R, ZHAN Z, et al. State- and frequency-dependence in autonomic rebalance mediated by intradermal auricular electroacupuncture stimulation [J]. *Front Neurosci*, 2024, 18: 1367266.
- [20] 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.
- [21] 杨慧慧, 张晓, 浦丹萍, 等. 围术期电针刺激对妇科腹腔镜手术患者术后早期恢复质量的影响 [J]. *临床麻醉学杂志*, 2022, 38(12): 1242–1247.

Influence of Electroacupuncture at Different Frequencies on Tracheal Intubation Stress Response and Incidence of PONV in Patients Undergoing Spinal Surgery Under General Anesthesia

WANG Tingting¹, CUI Yong¹, JIN Weifang², ZHAO Xiaoli¹, XIA Jianhua³

1. *The Seventh People's Hospital Affiliated to Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200137, China*; 2. *Gubei Branch of Ruijin Hospital Affiliated to Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 201103, China*; 3. *Shanghai Pudong New Area People's Hospital, Shanghai 200137, China*

Abstract Objective: To analyze the effects of electroacupuncture at different frequencies on the tracheal intubation stress response and the incidence of postoperative nausea and vomiting (PONV) in patients undergoing spinal surgery under general anesthesia. Methods: A total of 168 patients who underwent spinal surgery under general anesthesia at the Seventh People's Hospital of Shanghai from September 2024 to February 2025 were selected. These patients were randomly divided into the control group (Group C), the low-frequency electroacupuncture group (Group L), and the high-frequency electroacupuncture group (Group H) using a random number table, with 56 patients in each group. The changes in hemodynamic parameters and serum stress hormone levels before and after tracheal intubation were compared among the three groups, and the incidence of postoperative nausea and vomiting (PONV) at 6 hours and 24 hours after surgery was recorded. Results: Compared with group C, the heart rate (HR) and mean arterial pressure (MAP) in group L significantly decreased at T2 to T4 ($P < 0.05$); compared with group L, the HR and MAP in group H significantly decreased at T2 to T4 ($P < 0.05$). Compared with group C, the serum levels of epinephrine (E), norepinephrine (NE), and cortisol (Cor) in group L significantly decreased at T4 and T5 ($P < 0.05$); compared with group L, the serum levels of E, NE, and Cor in group H significantly decreased at T4 and T5 ($P < 0.05$). The incidence of PONV in group L and group H at 6 hours and 24 hours was significantly lower than that in group C ($P < 0.05$), but there was no statistically significant difference between group L and group H ($P > 0.05$). Conclusion: EA can effectively reduce the stress response of intubation in general anesthesia patients undergoing spine surgery and reduce the incidence of postoperative PONV. Among them, 100 Hz EA has a better effect in stabilizing hemodynamics and inhibiting the release of stress hormones, while 2 Hz low frequency EA has a comparable antiPONV effect with 100 Hz EA.

Key words Electroacupuncture; General anesthesia; Spinal surgery; Tracheal intubation; Stress response; Nausea and vomiting