

# 利多卡因对腹腔镜手术患者术后自主神经功能的影响

陈茂桂, 王林, 李敏, 李菲菲, 黄雯, 张建友

(扬州大学附属医院 麻醉科, 江苏 扬州, 225000)

**摘要:** 目的 探讨静脉输注利多卡因对腹腔镜手术患者术后自主神经功能和恢复的影响。方法 将全身麻醉下腹腔镜妇科手术患者 70 例纳入本研究, 随机分为利多卡因组(L组)和对照组(C组)。L组术前静脉推注利多卡因 1.5 mg/kg, 术中以 1.5 mg/(kg·h)维持, C组给予等量生理盐水。术前、术后第 1 天和术后第 2 天动态监测心电图, 分析心率变异性(HRV)指标, 包括低频功率标准化值(LFnu)、高频功率标准化值(HFnu)、总功率对数值(LogTP)、低频与高频功率比值(LF/HF)、全部窦性 RR 间期标准差(SDNN)及相邻 RR 间期差值均方根(RMSSD); 评估术后疼痛评分, 检测血清白细胞介素-6(IL-6)浓度并采用恢复质量评定量表(QoR-40)对患者进行随访。**结果** 与 C组比较, L组术后第 1 天 LogTP、HFnu、SDNN、RMSSD 均较高, 而 LFnu、LF/HF 较低, 疼痛评分也较低, 差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ); L组术后第 2 天的 IL-6 浓度低于 C组, QoR-40 评分高于 C组, 差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。**结论** 利多卡因可稳定腹腔镜手术患者术后交感与副交感神经平衡, 利于患者术后恢复。

**关键词:** 心率变异性; 利多卡因; 交感神经; 副交感神经; 围术期

中图分类号: R 614.2; R 338 文献标志码: A 文章编号: 1672-2353(2022)06-095-05 DOI: 10.7619/jcmp.20214368

## Effect of lidocaine on postoperative autonomic nerve function in patients undergoing laparoscopic surgery

CHEN Maogui, WANG Lin, LI Min, LI Feifei, HUANG Wen, ZHANG Jianyou

(Anesthesiology Department, Affiliated Hospital of Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu, 225000)

**Abstract: Objective** To investigate the effect of lidocaine on perioperative function of autonomic nervous system and recovery in patients undergoing gynecological surgery. **Methods** A total of 70 patients undergoing laparoscopic gynecological surgery under general anesthesia were randomly divided into lidocaine group (group L) and control group (group C). Group L received intravenous injection of 1.5 mg/kg lidocaine before operation and maintained at 1.5 mg/(kg·h) during operation, while group C received the same amount of normal saline. Electrocardiogram was monitored before operation, 1 day and 2 days after operation to analyze heart rate variability (HRV), including the normalized unit of low-frequency band power (LFnu), the normalized unit of high-frequency band power (HFnu), the log-transformed measure of total-frequency band power (LogTP), the ratio of low to high frequency band powers (LF/HF), the standard deviation of the inter-beat-interval of normal sinus beats (SDNN) and the root mean square of successive difference of successive intervals (RMSSD). Pain score was assessed, and plasma levels of interleukin-6 (IL-6) were determined and the quality of recovery-40 questionnaire (QoR-40) was used to evaluate the quality of recovery. **Results** Compared with group C, LogTP, HFnu, SDNN, and RMSSD were higher, LFnu and LF/HF were lower, and pain scores were lower in the group L on the first postoperative day ( $P < 0.05$ ). The levels of plasma IL-6 on the second postoperative day in the group L were significantly lower, and QoR-40 scores were higher than those of the C group ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** Lidocaine can stabilize the balance of sympathetic and parasympathetic nerves after laparoscopic surgery, which is beneficial to postoperative recovery of patients.

**Key words:** heart rate variability; lidocaine; sympathetic nerve; parasympathetic nerve; perioperation

收稿日期: 2021-11-05

基金项目: 江苏省青年医学重点人才项目[QRN(2016354)]; 2018年扬州市科教兴卫项目(77)

通信作者: 张建友, E-mail: zjy\_oracle@163.com

心率变异性 (HRV) 被认为是自主神经功能改变的敏感性标志物<sup>[1]</sup>, 腹腔镜手术中的伤害性刺激、CO<sub>2</sub> 气腹、体位改变等都可破坏 HRV 稳定<sup>[2]</sup>, 且 HRV 异常与围术期高血压、心律失常和心肌梗死等心血管事件的发生和不良结局密切相关<sup>[3-4]</sup>。相关研究<sup>[5]</sup>报道, 利多卡因可减轻气管插管期间 HRV 的波动, 但术中持续静脉输注利多卡因对围术期 HRV 的影响仍然未知。本研究探讨腹腔镜手术中静脉输注利多卡因对术后自主神经功能的影响。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取 2020 年 8 月—2021 年 3 月择期全身麻醉下腹腔镜全子宫切除术的女性患者 70 例为研究对象, 随机分为利多卡因组 (L 组) 和对照组 (C 组)。患者年龄 40~70 岁, 体质指数 (BMI) 18~25 kg/m<sup>2</sup>, 美国麻醉医师协会 (ASA) 分级 I~II 级。排除心血管疾病、中枢或外周神经系统疾病、糖尿病、肾衰竭及围术期使用儿茶酚胺或 β 肾上腺素能受体激动剂等心血管活性药物的患者。对患者及参与麻醉随访过程的研究人员设盲, 由 1 名未知分组的麻醉医生进行术中麻醉管理, 另 1 名未知分组且未参与麻醉管理的研究者进行术后随访, 手术和护理由同组人员完成。患者均已签署知情同意书。

### 1.2 麻醉方法

所有患者禁食 8 h, 禁饮 2 h, 入室后开放静脉通路, 常规监测血压、心率、血氧饱和度 (SpO<sub>2</sub>)、呼气末二氧化碳分压 [ $p_{et}(\text{CO}_2)$ ] 等, 采用 Narcotrend 监护仪 (MT Monitor Technik GmbH&Co. KG, 德国) 监测麻醉深度。L 组采用静脉推注 1.5 mg/kg 利多卡因进行麻醉 (生产批号为 1B210322104, 河北天成药业股份有限公司), 术中以 1.5 mg/(k·h) 泵注至手术结束。C 组输注等容量生理盐水。麻醉诱导: 静脉推注咪达唑仑 0.05 mg/kg, 舒芬太尼 0.50 μg/kg, 丙泊酚 2.00 mg/kg, 顺式阿曲库铵 0.15 mg/kg, 气管插管后行机械通气, 呼吸参数: 潮气量 6~8 mL/kg, 吸呼比 1:2, 呼吸频率 12~15 次/min, 吸入氧流量 1.5 L/min, 维持  $p_{et}(\text{CO}_2)$  在 35~45 cmH<sub>2</sub>O (1 cmH<sub>2</sub>O=0.098 kPa)。麻醉维持: 瑞芬太尼 0.05~2.00 μg/(kg·h), 丙泊酚 4~8 mg/(kg·h), 顺式阿曲库铵以 0.06 mg/(kg·h) 泵注。维持平

均动脉压在术前基线值的 ±20%, 若出现心动过缓 (心率 < 45 次/min) 或收缩压过低 (收缩压 < 80 mmHg) 则使用阿托品或麻黄碱处理, 患者退出研究。Narcotrend 数值为 39~64, 气腹压力为 10~12 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa), 晶体液与胶体液以 2:1 比例静滴补液。手术结束后静脉推注氟比洛芬酯 50 mg 用于术后镇痛, 带气管导管入麻醉后恢复室, 拔管后 Steward 评分 ≥4 分转出麻醉后恢复室。

### 1.3 观察指标

分析 HRV 指标。患者于术前、术后第 1 天 (POD1)、术后第 2 天 (POD2) 佩戴十二导联动态心电图记录仪 (型号为 SEER Light, 生产批号为 P8808CE29, GE Healthcare Marquette, 美国) 采集心电图, 由 MARS Holter 分析工作站 (GE Healthcare Marquette, 美国) 进行校正, 人工剔除伪差和早搏, 将预处理后的数据导入 Kubios HRV 3.3.1 软件 (东芬兰大学应用物理系生物信号分析与医学成像组, 芬兰), 对采集 3 d 夜间 1 h 连续心电图信号进行分析, 计算 HRV 各项指标: 低频频段 (0.04~0.15 Hz) 功率 (LF) 以交感为主, 相邻 RR 间期差值均方根 (RMSSD) 和高频频段 (0.15~0.40 Hz) 功率 (HF) 与副交感相关, 而全部窦性 RR 间期的标准差 (SDNN) 和总功率 (TP) 反映了 ANS 的综合效应, LF/HF 用于评估交感与副交感之前的平衡性。TP、HF 和 LF 可转换为对数 (LogTP) 或标准化值 (HFnu 和 LFnu)<sup>[6]</sup>。

记录手术时间、麻醉时间、气腹时间和术中药物用量。患者自主呼吸恢复后拔除气管导管, 记录苏醒时间 (手术结束至患者睁眼的时间) 和拔管时间 (手术结束至拔除气管导管的时间)。用 Steward 评分法评估拔管后即刻苏醒质量, 评分标准包括 3 个部分: 清醒程度 (对刺激无反应 0 分, 对刺激有反应 1 分, 完全清醒 2 分)、呼吸道通畅程度 (呼吸道需要予以支持 0 分, 可自主维持呼吸道通畅 1 分, 可按医师吩咐咳嗽 2 分) 和肢体活动程度 (肢体无活动 0 分, 肢体无意识活动 1 分, 肢体能做有意识的活动 2 分)。术前、POD1 和 POD2 清晨 6:00—7:00 抽取静脉血, 采用酶联免疫吸附法测定白细胞介素 (IL)-6 血清浓度, 同时采用恢复质量评定量表 (QoR-40) 对恢复质量进行评估, 记录出院时间及住院期间是否出现利多卡因相关中毒、过敏、苏醒延迟等不良反应。对于不愿意使用自控镇痛及对阿片类药物有恶心、

呕吐等不良反应的患者,术后均未使用自控镇痛,而是由研究者采用视觉模拟评分法(VAS)评估疼痛情况,若VAS > 4分,静脉推注氟比洛芬酯50 mg,记录POD1和POD2清晨6:00—7:00时疼痛评分和补救镇痛药量。

#### 1.4 统计学方法

采用SPSS 24.0软件对结果进行统计分析,符合正态分布的计量资料以( $\bar{x} \pm s$ )表示,组间比较使用 $t$ 检验,组内比较采用重复测量方差分析;偏态分布的计量资料以中位数(四分位间距)[ $M(Q_1, Q_3)$ ]表示,组间比较采用Mann-Whitney  $U$ 检验,组内比较采用Wilcoxon秩和检验;计数

资料采用率表示,行 $\chi^2$ 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 一般资料及术中情况

2组患者年龄、BMI、ASA分级及手术时间、麻醉时间、气腹时间比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ );与C组比较,L组术中丙泊酚及瑞芬太尼用量较少,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );2组患者苏醒时间、拔管时间及拔管后即刻Steward评分比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表1、表2。

表1 患者一般资料比较( $\bar{x} \pm s$ )

组别	n	年龄/岁	BMI/(kg/m <sup>2</sup> )	ASA 分级		手术时间/min	麻醉时间/min	气腹时间/min
				I	II			
C组	28	50.25 ± 5.80	24.13 ± 2.66	19	9	68.93 ± 10.14	80.57 ± 10.18	60.96 ± 10.52
L组	28	49.57 ± 7.53	24.45 ± 2.60	1	10	68.22 ± 9.39	79.11 ± 9.87	60.50 ± 9.31

BMI: 体质量指数; ASA: 美国麻醉医师协会。

表2 术中用药及苏醒质量比较( $\bar{x} \pm s$ )

组别	n	丙泊酚/mg	舒芬太尼/ $\mu$ g	瑞芬太尼/mg	顺式阿曲库铵/mg	苏醒时间/min	拔管时间/min	Steward 评分/分
C组	28	455.54 ± 75.01	30.99 ± 4.19	0.65 ± 0.18	11.34 ± 1.34	10.04 ± 2.50	13.04 ± 2.38	4.04 ± 0.78
L组	28	355.18 ± 69.87*	31.01 ± 3.47	0.54 ± 0.13*	10.93 ± 1.75	10.14 ± 2.43	12.64 ± 2.79	4.11 ± 0.77

与C组比较, \* $P < 0.05$ 。

### 2.2 围术期HRV指标比较

C组POD1时HRV指标与术前比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),但POD2时点的LogTP、HFnu、SDNN、RMSSD较术前降低,LFnu、LF/HF升高,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。L组POD1时点LFnu、LF/HF较术前降低,POD2时点LogTP、SDNN较术前下降,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );与POD1时点比较,C组POD2时点SDNN下降,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );L组POD2时点LogTP、HFnu、SDNN、RMSSD低于POD1时点,LF/HF高于POD1时点,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。L组POD1时点LogTP、HFnu、SDNN、RMSSD高于C组,LFnu、LF/HF低于C组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );L组POD2时点RMSSD高于C组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),2组其他HRV指标比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表3。

### 2.3 术后疼痛、IL-6及恢复情况比较

与术前比较,2组POD1、POD2时点的IL-6水平先上升后下降,QoR-40评分则下降后升高,

差异有统计学意义( $P < 0.05$ );L组POD1、POD2时点IL-6血清浓度低于C组,QoR-40评分高于C组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );L组术后POD1时点静息和活动VAS评分低于C组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),2组POD2时点静息和活动VAS评分差异无统计学意义( $P > 0.05$ );2组术后48 h内补救镇痛药用量及出院时间比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表4。2组均未出现利多卡因相关的中毒、过敏、苏醒延迟等不良反应。

## 3 讨论

本研究以POD1时点HRV指标LFnu为主要观察指标,依据预实验结果,对照组LFnu为61.68(61.1, 65.31),静脉输注利多卡因后LFnu下降6.58,设双侧 $\alpha = 0.05$ ,把握度为90%。采用PASS 15软件计算得到L组的样本量28例,对照组样本量28例,考虑丢失率20%,共纳入70例,实验过程中因术中心动过缓、插管困难、数据不完整等原因剔除14例,最后每组28例纳入本研究。

表 3 围术期 HRV 指标比较 [M(Q<sub>1</sub>, Q<sub>3</sub>)]

指标	组别	n	术前	POD1	POD2
LogTP	C 组	28	6.11( 5.76, 6.58)	5.79( 5.24, 6.43)	5.71( 4.60, 6.04) <sup>#</sup>
	L 组	28	6.27( 5.85, 6.52)	6.22( 6.02, 6.81) <sup>*</sup>	5.61( 5.28, 6.51) <sup>#△</sup>
HFnu	C 组	28	39.21(33.34, 49.02)	35.73(29.70, 40.46)	29.85(23.61, 44.37) <sup>#</sup>
	L 组	28	40.06(29.92, 52.73)	47.53(33.76, 57.87) <sup>*</sup>	39.57(27.73, 49.57) <sup>#△</sup>
LFnu	C 组	28	60.73(50.92, 66.58)	64.15(59.46, 70.23)	70.09(55.50, 76.28) <sup>#</sup>
	L 组	28	59.88(47.12, 70.03)	52.27(41.90, 65.26) <sup>#</sup>	60.30(50.31, 72.07)
LF/HF	C 组	28	1.55( 1.04, 2.00)	1.80( 1.47, 2.36)	2.35( 1.26, 3.24) <sup>#</sup>
	L 组	28	1.50( 0.89, 2.34)	1.10( 0.72, 1.88) <sup>#</sup>	1.53( 1.01, 2.60) <sup>△</sup>
SDNN/ms	C 组	28	22.90(18.25, 28.48)	19.95(15.68, 26.73)	18.75(10.50, 20.98) <sup>#△</sup>
	L 组	28	24.10(19.10, 28.00)	23.95(20.85, 30.43) <sup>*</sup>	18.90(14.70, 26.88) <sup>#△</sup>
RMSSD/ms	C 组	28	22.55(17.43, 29.43)	19.05(13.10, 26.35)	15.75( 8.60, 21.90) <sup>#</sup>
	L 组	28	22.95(16.83, 27.50)	22.90(19.23, 33.63) <sup>*</sup>	18.15(12.80, 27.45) <sup>*△</sup>

HRV: 心率变异性; LogTP: 总功率对数值; HFnu: 高功率的标准值; LFnu: 低功率的标准值;  
 LF/HF: 低频与高功率比值; SDNN: 全部窦性 RR 间期的标准差; RMSSD: 相邻 RR 间期差值均方根;  
 POD1: 术后第 1 天; POD2: 术后第 2 天。与 C 组比较, \**P*<0.05; 与术前比较, #*P*<0.05; 与 POD1 时点比较, △*P*<0.05。

表 4 术后疼痛、IL-6 及恢复情况比较 ( $\bar{x} \pm s$ ) [M(Q<sub>1</sub>, Q<sub>3</sub>)]

指标	时点	C 组 (n=28)	L 组 (n=28)
静息 VAS 评分/分	POD1	4.00( 3.00, 5.00)	3.00( 2.00, 4.00) <sup>*</sup>
	POD2	3.00( 2.00, 3.00)	2.00( 1.00, 3.00)
活动 VAS 评分/分	POD1	4.00( 4.00, 5.00)	3.50( 3.00, 4.75) <sup>*</sup>
	POD2	3.00( 2.00, 4.00)	3.00( 2.00, 3.00)
补救镇痛药量/mg		50.00(50.00, 68.75)	50.00(12.50, 50.00)
IL-6 血清浓度/(pg/mL)	术前	3.20 ± 0.98	2.92 ± 0.91
	POD1	24.32 ± 5.35 <sup>#</sup>	18.31 ± 5.12 <sup>*#</sup>
	POD2	13.95 ± 2.29 <sup>#△</sup>	9.98 ± 1.84 <sup>*#△</sup>
QoR-40 评分/分	术前	191.68 ± 4.06	192.00 ± 3.08
	POD1	172.57 ± 5.57 <sup>#</sup>	179.00 ± 6.05 <sup>*#</sup>
	POD2	185.00 ± 4.88 <sup>#△</sup>	188.18 ± 3.23 <sup>*#△</sup>
出院时间/d		9.5(8.0, 10.0)	9.0(8.0, 11.0)

QoR-40: 恢复质量评定量表; VAS: 视觉模拟评分法; POD1: 术后第 1 天; POD2: 术后第 2 天。  
 与 C 组比较, \**P*<0.05; 与术前比较, #*P*<0.05; 与 POD1 时点比较, △*P*<0.05。

HRV 又称呼吸性窦性心律失常,由交感、副交感神经和心脏窦房结之间的相互作用产生<sup>[1,6]</sup>,是自主神经功能改变的敏感性标志物。非心脏手术患者术中低体温、失血、气管插管、疼痛等交感刺激因素可导致 HRV 降低<sup>[7-8]</sup>,HRV 降低是围术期发生窦性心动过速、心律失常、心脏骤停、持续性高血压等心血管系统异常的重要原因<sup>[3,9]</sup>。腹腔镜手术气腹头位低后 LF/HF 及 LF 波动更加明显,可加重手术对交感和副交感神经功能的破坏<sup>[2,10]</sup>,因此维持围术期 HRV 稳定对腹腔镜手术患者术后恢复至关重要。

利多卡因是一种酰胺类局部麻醉剂,近年来在神经、免疫方面的作用广受关注<sup>[11]</sup>。研究<sup>[5]</sup>发现,静脉运用利多卡因对气管插管期 HRV 变化有稳定作用。利多卡因可作用于电压门控钠通道减慢神经元动作电位传导,阻止痛觉过敏从而发挥围术期镇痛作用<sup>[12]</sup>。HRV 分析发现,交感兴奋性与围术期急性疼痛刺激存在显著相关性<sup>[13-15]</sup>,

所以利多卡因的镇痛作用可能影响到术后神经功能。本研究中 L 组 POD1 时点交感相关指标 LFnu 及 LF/HF 数值低于 C 组,副交感相关指标 HFnu 与 RMSSD 则高于 C 组,VAS 疼痛评分低于 C 组,提示利多卡因能抑制术后早期交感兴奋,维持副交感神经张力,这可能与其有一定的镇痛作用有关。

本研究发现,POD2 时点,L 组 LFnu 及 LF/HF 上升,HFnu 下降,与 C 组比较,差异无统计学意义 (*P*>0.05),可能与术后利多卡因血药浓度下降,镇痛效应减弱有关。利多卡因主要通过肝途径代谢,持续静脉滴注消除半衰期为 80~110 min<sup>[11]</sup>。相关 Meta 分析中提出,术中静脉输注利多卡因能明显减轻术后早期(1~4 h)疼痛,对于术后晚期(24~48 h)镇痛效果则不显著<sup>[16-17]</sup>。本研究中因利多卡因未持续泵注至术后,术后第 2 天的镇痛效果与对照组比较优势不明显,若术后持续泵注可能更有益于围术期神经功能平衡。

全身炎症反应是心血管系统功能障碍的关键环节,研究<sup>[18]</sup>指出降低交感神经兴奋性、增加副交感活性对缓解心脏炎症损伤有益。SUN X 等<sup>[19]</sup>发现,肾脏去交感神经支配可减轻心肌缺血期炎症因子的释放,抑制心肌细胞凋亡和纤维化,而刺激迷走神经可作用于 $\alpha 7$ 烟碱型乙酰胆碱受体阻止免疫细胞聚集,从而产生心肌保护作用<sup>[18]</sup>。本研究L组术后副交感神经相关HRV指标和Q-40评分高于C组,炎症因子IL-6水平低于C组,说明副交感神经功能相对保留对减轻炎症反应有积极意义,术后恢复质量得以改善。

依据利多卡因静脉用于术后疼痛和恢复的国际共识声明<sup>[20]</sup>,本研究选用诱导时1.5 mg/kg 负荷量,1.5 mg/(kg·h)维持至手术结束,且研究过程中未出现静脉使用利多卡因相关的严重不良反应。本研究对利多卡因术后HRV和恢复质量观察时间较短,未对中、老年患者严格区分且只针对女性人群,有一定的局限性。

综上所述,静脉输注利多卡因可降低腹腔镜手术患者术后LFnu及LF/HF,保护副交感神经活性,促进术后恢复。

#### 参考文献

- [1] HAASE O, LANGELOTZ C, SCHARFENBERG M, *et al.* Reduction of heart rate variability after colorectal resections[J]. *Langenbeck's Arch Surg*, 2012, 397(5): 793-799.
- [2] RAIMONDI F, COLOMBO R, COSTANTINI E, *et al.* Effects of laparoscopic radical prostatectomy on intraoperative autonomic nervous system control of hemodynamics[J]. *Minerva Anestesiologica*, 2017, 83(12): 1265-1273.
- [3] MAY S M, REYES A, MARTIR G, *et al.* Acquired loss of cardiac vagal activity is associated with myocardial injury in patients undergoing noncardiac surgery: prospective observational mechanistic cohort study[J]. *Br J Anaesth*, 2019, 123(6): 758-767.
- [4] VAN BILSEN M, PATEL H C, BAUERSACHS J, *et al.* The autonomic nervous system as a therapeutic target in heart failure: a scientific position statement from the Translational Research Committee of the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology[J]. *Eur J Heart Fail*, 2017, 19(11): 1361-1378.
- [5] UGUR B, YÜKSEL H, ODABASI A R, *et al.* Effects of intravenous lidocaine on QTd and HRV changes due to tracheal intubation during sevoflurane induction[J]. *Int Heart J*, 2006, 47(4): 597-606.
- [6] LEE C H, SHIN H W, SHIN D G. Impact of oxidative stress on long-term heart rate variability: linear versus non-linear heart rate dynamics[J]. *Heart Lung Circ*, 2020, 29(8): 1164-1173.
- [7] ANDERSON T A. Heart rate variability: implications for peri-

- operative anesthesia care[J]. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2017, 30(6): 691-697.
- [8] LIU X, RABIN P L, YUAN Y, *et al.* Effects of anesthetic and sedative agents on sympathetic nerve activity[J]. *Heart Rhythm*, 2019, 16(12): 1875-1882.
- [9] MAZZEO A T, LA MONACA E, DI LEO R, *et al.* Heart rate variability: a diagnostic and prognostic tool in anesthesia and intensive care[J]. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2011, 55(7): 797-811.
- [10] MATANES E, WEISSMAN A, RIVLIN A, *et al.* Effects of pneumoperitoneum and the steep trendelenburg position on heart rate variability and cerebral oxygenation during robotic sacrocolpopexy[J]. *J Minim Invasive Gynecol*, 2018, 25(1): 70-75.
- [11] BEAUSSIER M, DELBOS A, MAURICE-SZAMBURSKI A, *et al.* Perioperative use of intravenous lidocaine[J]. *Drugs*, 2018, 78(12): 1229-1246.
- [12] KHAN A A, LIP G Y H, SHANTSILA A. Heart rate variability in atrial fibrillation: the balance between sympathetic and parasympathetic nervous system[J]. *Eur J Clin Investig*, 2019, 49(11): e13174.
- [13] KASAEYAN NAEINI E, SUBRAMANIAN A, CALDERON M D, *et al.* Pain recognition with electrocardiographic features in postoperative patients: method validation study[J]. *J Med Internet Res*, 2021, 23(5): e25079.
- [14] SESAY M, ROBIN G, TAUZIN-FIN P, *et al.* Responses of heart rate variability to acute pain after minor spinal surgery: optimal thresholds and correlation with the numeric rating scale[J]. *J Neurosurg Anesthesiol*, 2015, 27(2): 148-154.
- [15] ANDERSON T A, SEGARAN J R, TODA C, *et al.* High-frequency heart rate variability index: a prospective, observational trial assessing utility as a marker for the balance between analgesia and nociception under general anesthesia[J]. *Anesth Analg*, 2020, 130(4): 1045-1053.
- [16] WEIBEL S, JOKINEN J, PACE N L, *et al.* Efficacy and safety of intravenous lidocaine for postoperative analgesia and recovery after surgery: a systematic review with trial sequential analysis[J]. *Br J Anaesth*, 2016, 116(6): 770-783.
- [17] WEIBEL S, JELTING Y, PACE N L, *et al.* Continuous intravenous perioperative lidocaine infusion for postoperative pain and recovery in adults[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2018, 6: CD009642.
- [18] GROTE V, LEVNAJIC Z, PUFF H, *et al.* Dynamics of vagal activity due to surgery and subsequent rehabilitation[J]. *Front Neurosci*, 2019, 13: 1116.
- [19] SUN X, WEI Z L, LI Y Y, *et al.* Renal denervation restrains the inflammatory response in myocardial ischemia-reperfusion injury[J]. *Basic Res Cardiol*, 2020, 115(2): 15.
- [20] FOO I, MACFARLANE A J R, SRIVASTAVA D, *et al.* The use of intravenous lidocaine for postoperative pain and recovery: international consensus statement on efficacy and safety[J]. *Anaesthesia*, 2021, 76(2): 238-250.