DOI:10.16016/j.2097-0927.202205088

手术体积描记指数监测全凭静脉麻醉患者伤害性刺激的应用研究

刘华为,陈 凤,丁锦屏,陈 勤,左都坤,任玉坤,彭滔滔,段振馨,李 洪 400037 重庆,陆军军医大学(第三军医大学)第二附属医院麻醉科

[**摘要**] **目的** 探讨手术体积描记指数(surgical pleth index,SPI)监测全凭静脉麻醉患者伤害性刺激的准确性以及对伤害性刺激心血管反应的预测性。**方法** 择期甲状腺手术患者102例,年龄18~65岁,ASAⅠ~Ⅱ级,BMI 18.5~30 kg/m^2。每例患者均采用静脉麻醉诱导,靶控输注丙泊酚和瑞芬太尼麻醉维持,采用SPI行镇痛深度监测。记录患者伤害性刺激前2 min和伤害性刺激时SPI、心率(HR)、平均动脉压(MAP)的绝对值以及伤害性刺激后2 min内SPI、HR、MAP的最大值。采用受试者操作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线对SPI、HR、MAP监测伤害性刺激的准确性以及SPI对伤害性刺激心血管反应的预测性进行分析。**结果** 根据ROC曲线分析,在监测气管插管刺激准确性方面,SPI[曲线下面积(area under roc curve,AUC)=0.931,最佳截断值=30]优于HR(AUC=0.804,最佳截断值=68)、MAP(AUC=0.759,最佳截断值=80),ΔSPI(AUC=0.990,最佳截断值=4)优于ΔHR(AUC=0.972,最佳截断值=3)、ΔMAP(AUC=0.854,最佳截断值=3),ΔSPI优于SPI,ΔHR优于HR,ΔMAP优于MAP,以上AUC差异均具有统计学意义($P<0.05$);在监测切皮刺激准确性方面,SPI(AUC=0.925,最佳截断值=43)优于HR(AUC=0.587,最佳截断值=65)、MAP(AUC=0.804,最佳截断值=76),ΔSPI(AUC=0.998,最佳截断值=7)优于ΔHR(AUC=0.833,最佳截断值=1)、ΔMAP(AUC=0.943,最佳截断值=3),ΔSPI优于SPI,ΔHR优于HR,ΔMAP优于MAP,以上AUC差异均具有统计学意义($P<0.05$);SPI对气管插管刺激心血管反应具有预测意义(AUC=0.662,最佳截断值=17,$P<0.05$),但对切皮刺激心血管反应不具有预测意义($P>0.05$)。**结论** SPI绝对值与变化差值在监测伤害性刺激准确性方面均较优于传统的血流动力学指标HR、MAP,能对术中伤害性刺激进行更准确地监测;SPI对气管插管刺激心血管反应具有预测价值,对判断合适的插管时机具有重要的临床意义。

[**关键词**] 手术体积描记指数;伤害性刺激;全凭静脉麻醉

[**中图法分类号**] R181.32; R444; R614.24 [**文献标志码**] A

Application of surgical pleth index in monitoring nociceptive stimulation in patients with total intravenous anesthesia

LIU Huawei, CHEN Feng, DING Jinping, CHEN Qin, ZUO Dukun, REN Yukun, PENG Taotao, DUAN Zhenxin, LI Hong Department of Anesthesiology, Second Affiliated Hospital, Army Medical University (Third Military Medical University), Chongqing, 400037, China

[**Abstract**] **Objective** To investigate the accuracy of surgical pleth index (SPI) in monitoring patients with nociceptive stimulation and its predictability for cardiovascular response to nociceptive stimulation in total intravenous anesthesia (TIVA). **Methods** A total of 102 patients (aged 18 to 65 years, ASA Ⅰ to Ⅱ, and BMI of 18.5 to 30 kg/m^2) who underwent elective thyroid surgery in our hospital from February to

[**基金项目**] 国家重点研发计划(2018YFC0117200)

[**通信作者**] 李 洪,E-mail:lh78553@163.com

2097-0927/Copyright © 2022, 陆军军医大学(第三军医大学)。这篇开放获取文章遵循 CC BY 许可协议(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

June 2022 were enrolled in this study. Each patient was induced by intravenous anesthesia, maintained by target-controlled infusion of propofol and remifentanil, and monitored by SPI for analgesia depth. The absolute values of SPI, heart rate (HR) and mean arterical pressure (MAP) of patients 2 min before and during nociceptive stimulation and the maximum values of SPI, HR and MAP within 2 min after nociceptive stimulation were recorded. Receiver operating characteristic (ROC) curve was used to analyze the accuracy of SPI, HR and MAP in monitoring nociceptive stimulation and the predictability of SPI in cardiovascular response to nociceptive stimulation. **Results** ROC curve analysis indicated that SPI (AUC=0.931, Cutoff value=30) was superior to HR (AUC=0.804, Cutoff value=68) and MAP (AUC=0.759, Cutoff value=80) in monitoring accuracy of tracheal intubation stimulation, ΔSPI (AUC=0.990, Cutoff value=4) was better than ΔHR (AUC=0.972, Cutoff value=3) and ΔMAP (AUC=0.854, Cutoff value=3), ΔSPI was better than SPI, ΔHR was better than HR, and ΔMAP was better than MAP, with their AUC values statistically different ($P<0.05$). In terms of monitoring the accuracy of skin incisions, SPI (AUC=0.925, Cutoff value=43) was superior to HR (AUC=0.587, Cutoff value=65) and MAP (AUC=0.804, Cutoff value=76), ΔSPI (AUC=0.998, Cutoff value=7) was better than ΔHR (AUC=0.833, Cutoff value=1) and ΔMAP (AUC=0.943, Cutoff value=3), ΔSPI was better than SPI, ΔHR was better than HR, and ΔMAP was better than MAP, and the above AUC differences were statistically significant ($P<0.05$); SPI had predictive value for the cardiovascular response stimulated by tracheal intubation (AUC=0.662, Cutoff value=17, $P<0.05$), but had no predictive significance for the cardiovascular response stimulated by skin incisions ($P>0.05$). **Conclusion** The absolute value and change of SPI are better than the traditional hemodynamic indexes HR and MAP in monitoring the accuracy of nociceptive stimulation, which can accurately monitor nociceptive stimulation during operation. SPI has predictive value for the cardiovascular response stimulated by intubation stimulation, and has important clinical significance for judging the appropriate timing of intubation.

[**Key words**] surgical pleth index; nociceptive stimulation; total intravenous anesthesia

Supported by the National Key Research and Development Program (2018YFC0117200). Corresponding author: LI Hong, E-mail: lh78553@163.com

麻醉手术过程中,伤害性刺激可通过皮层下结构介导,激活交感神经通路,从而引起一系列神经体液功能变化,产生应激反应[1-2]。适度的应激反应可以使机体有效抵御外来的伤害性刺激,提高机体对环境的适应性,而过度的应激反应则可能引起患者血流动力学剧烈波动和内环境失衡,从而增加围术期心脑血管意外等不良事件的发生率[3]。在传统的临床麻醉工作中,为减轻应激反应带来的不良后果,麻醉医生往往通过患者血流动力学变化和个人经验调节术中用药,这可能会导致术中阿片类镇痛药的过量或不足,从而影响患者术后的恢复质量。因此,寻求一项准确反映伤害性刺激的指标,以实现术中阿片类镇痛药的合理应用,从而减轻伤害性刺激给机体带来的损伤显得尤为重要。手术体积描记指数(surgical pleth index,SPI)是近些年来出现的一项反映伤害性刺激的指标,其来源于GE监护仪的无创指脉氧监测,将标准化心跳间期(normalized heart beat interval,HBI)与标准化光电容积脉搏波波幅(photoplethysmography pulse wave amplitude,PPGA)两类连续心血管变量进行整合,并对外周交感神经活动情况加以量化,从而有效评估伤害性刺激大小[4-5]。已有大量研究报道,术中通过SPI调控镇痛深度,能够有效稳定患者术中血流动力学水平,减少阿片类药物用量,降低术中意外事件的发生率[6-8]。而目前关于SPI在监测伤害性刺激中的应用研究鲜有报道。因此,本研究拟探讨SPI监测全凭静脉麻醉患者伤害性刺激的准确性以及对伤害性刺激心血管反应的预测性,从而实现对伤害性刺激的精准监测,提高麻醉内在质量,为临床镇痛深度监测仪器的应用提供数据支持。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2022年2月至2022年6月于陆军军医大学第二附属医院择期行全身麻醉下的甲状腺手术患者102例为研究对象。纳入标准:①择期行全身麻醉下的甲状腺手术患者;②年龄18~65岁;③ASA分级

Ⅰ~Ⅱ级;④BMI18.5~30 kg/m²。排除标准:①有神经、精神病史、近期服用影响中枢神经系统药物、酗酒或滥用违禁药物者;②听力、语言障碍者;③心律失常(房颤或房室间传导阻滞等心律失常)或心脏起搏器植入术后;④其他心血管疾病(冠脉疾病、心肌病、瓣膜病、主动脉瘤等);⑤未有效控制的高血压;⑥心、肺、肾、肝功能严重受损者。研究方案经本院伦理委员会批准(2021-研第 169-01),已获得所有受试者知情同意并签署知情同意书。

1.2 方法

所有患者术前常规禁食禁饮 8~12 h。三方核查无误后,开放外周静脉通路,予以复方电解质 10 mL/kg 静滴,诱导前滴注完毕。连续监测心电图(ECG)、心率(HR)、血压(BP)及血氧饱和度(SpO_2)。局麻下行左侧桡动脉穿刺置管,进行有创动脉血压(IBP)监测。采用脑电双频指数(bispectral index,BIS)行镇静深度监测,采用 SPI 行镇痛深度监测。所有患者术前不用药。麻醉诱导前面罩给氧去氮,氧流量为 5~6 L/min,吸入氧浓度设定为 100%。丙泊酚采用 Marsh 模型,初始靶浓度设定为 3 μg/mL,瑞芬太尼采用 Minto 模型[9],初始靶浓度设定为 4 ng/mL,同时开始静脉泵注,待患者意识消失后(睫毛反射消失,对睁眼呼名指令无反应,BIS<60),静脉推注罗库溴铵 0.6 mg/kg。继续面罩加压通气 2 min 后行气管插管机械通气。调节潮气量为 6~8 mL/kg,呼吸频率为 12~15 次/min,吸呼比为 1∶2,维持呼气末二氧化碳 $P_{ET}CO_2$ 为 35~45 mmHg。术中靶控输注丙泊酚(效应室靶浓度 2~6 μg/mL)和瑞芬太尼(效应室靶浓度 4 ng/mL),维持 BIS 在 40~60。术中输注醋酸钠林格液 4 mL/(kg·h)维持。根据手术需要间断追加肌松药。当患者血压下降时(MAP 低于基础值 20%),静脉推注麻黄碱 6 mg/次,当患者心率下降时(HR 低于 50 次/min),静脉推注阿托品 0.5 mg/次,必要时重复给予,该患者不纳入最终的统计分析。手术结束前 30 min 适当给予舒芬太尼 0.05~0.1 μg/kg,同时停止追加肌松药,手术结束时停用丙泊酚和瑞芬太尼,术毕送入麻醉复苏室(postanesthesia care unit,PACU),待患者符合拔管指征后进行拔管。

1.3 观察指标

以气管插管、切皮代表术中伤害性刺激,记录参数包括 SPI、HR、平均动脉压(MAP)。记录伤害性刺激前 2 min 和伤害性刺激时各参数的绝对值以及伤害性刺激后 2 min 内各参数的最大值。将伤害性刺激后 2 min 内 HR、MAP 的最大值较基线值(伤害性刺激前 2 min 内的平均值)升高 20%定义为心血管反应阳性。

1.4 统计学分析

本研究采用 PASS 15.0 样本量计算软件来进行样本量的计算,设 α 为 0.05,检验效能(1-β)为 0.9,受试者操作特征曲线(receiver operating characteristic curve,ROC)的曲线下面积(area under roc curve,AUC)为 0.8,零假设为 0.5,考虑 20%脱落率,可得需要的样本量为至少 44 例。采用 SPSS 24.0 统计软件进行统计学分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示;SPI、HR、MAP 监测伤害性刺激的准确性以及 SPI 对伤害性刺激心血管反应的预测性采用 ROC 曲线进行分析。$P<0.05$ 表明差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 患者一般临床资料比较

本研究最初纳入的 110 名患者中,有 8 名患者因间断或持续使用血管活性药物被排除在外,因此研究共纳入 102 名患者的临床数据进行分析。患者的一般临床资料信息如下,见表 1。

表 1 患者一般临床资料

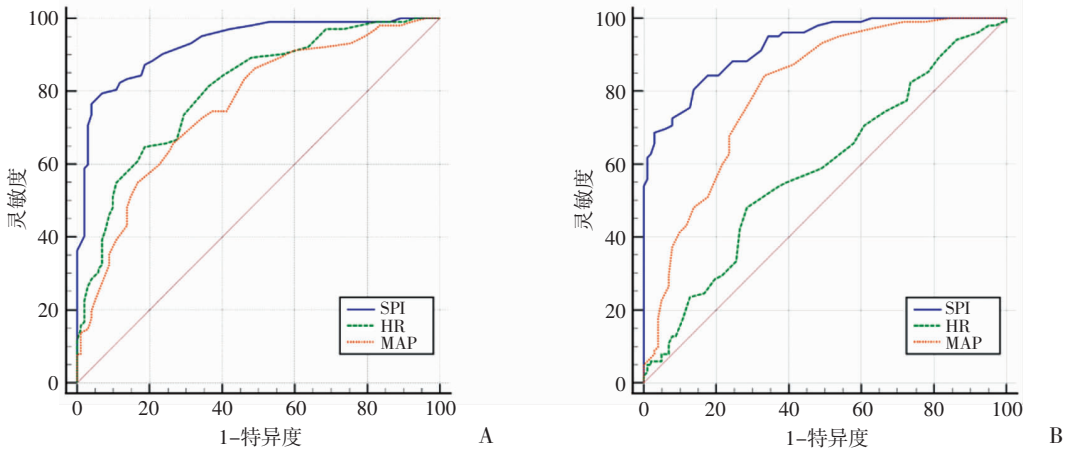
基线资料	数值
性别比(男/女)	32/70
年龄(岁,$\bar{x}\pm s$)	43±10
身高(cm,$\bar{x}\pm s$)	162.3±6.4
体重(kg,$\bar{x}\pm s$)	63.1±8.2
体重指数(kg/m²,$\bar{x}\pm s$)	23.9±2.5
ASA 分级(Ⅰ/Ⅱ)	39/63
麻醉时间(min,$\bar{x}\pm s$)	168.3±47.5
手术时间(min,$\bar{x}\pm s$)	136.5±45.6
入量合计(mL,$\bar{x}\pm s$)	1 061.7±310.6
出量合计(mL,$\bar{x}\pm s$)	517.3±261.8

2.2 SPI、HR、MAP 监测伤害性刺激的准确性

根据 SPI、HR、MAP 的 ROC 曲线分析,在监测气管插管刺激准确性方面,SPI(AUC=0.931,最佳截断值=30)、HR(AUC=0.804,最佳截断值=68)、MAP(AUC=0.759,最佳截断值=80)均具有诊断价值,且 SPI 优于 HR($Z=4.348$,$P<0.05$)、MAP($Z=4.961$,$P<0.05$),AUC 差异具有统计学意义;在监测切皮刺激准确性方面,SPI(AUC=0.925,最佳截断值=43)、HR(AUC=0.587,最佳截断值=65)、MAP(AUC=0.804,最佳截断值=76)同样具有诊断价值,且 SPI 优于 HR($Z=8.471$,$P<0.05$)、MAP($Z=3.770$,$P<0.05$),AUC 差异具有统计学意义。见图 1、表 2。

2.3 ΔSPI、ΔHR、ΔMAP 监测伤害性刺激的准确性

根据 ΔSPI、ΔHR、ΔMAP 的 ROC 曲线分析,在监测气管插管刺激准确性方面,ΔSPI(AUC=0.990,最佳截断值=4)、ΔHR(AUC=0.972,最佳截断值=3)、ΔMAP(AUC=0.854,最佳截断值=3)均具有诊断价值,ΔSPI 优于 ΔHR(Z=2.192,P<0.05)、ΔMAP(Z=5.303,P<0.05),AUC 差异具有统计学意义;在监测切皮刺激准确性方面,ΔSPI(AUC=0.998,最佳截断值=7)、ΔHR(AUC=0.833,最佳截断值=1)、ΔMAP(AUC=0.943,最佳截断值=3)同样具有诊断价值,且 ΔSPI 优于 ΔHR(Z=6.142,P<0.05)、ΔMAP(Z=3.382,P<0.05),AUC 差异具有统计学意义。见图 2、表 3。

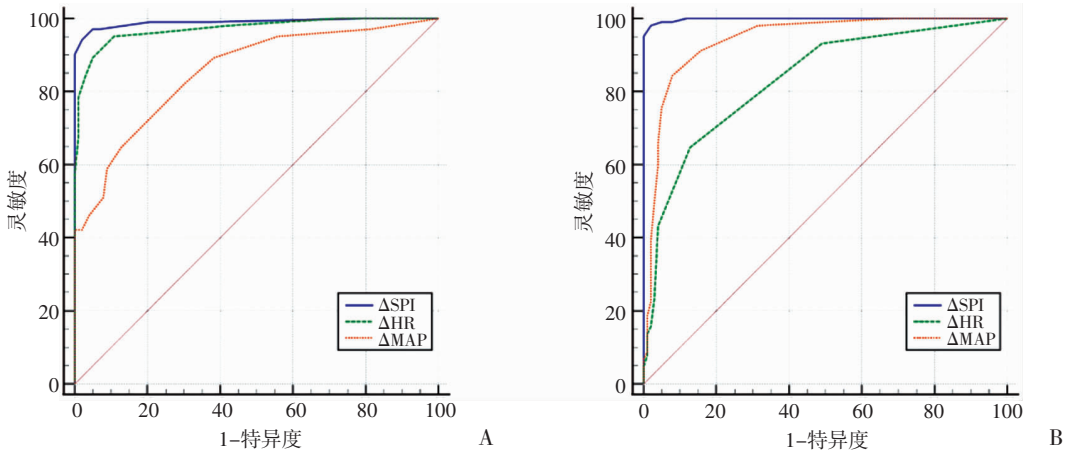


A:SPI、HR、MAP 监测气管插管刺激准确性的 ROC 曲线分析图;B:SPI、HR、MAP 监测切皮刺激准确性的 ROC 曲线分析图

图 1 SPI、HR、MAP 监测伤害性刺激准确性的 ROC 曲线分析图

表 2 SPI、HR、MAP 监测伤害性刺激准确性的 ROC 曲线分析表

伤害性刺激	参数	AUC	SE	95%*CI*	*P* 值	最佳截断值	灵敏度	特异度
气管插管	SPI	0.931	0.017 1	0.888~0.962	<0.01	30	79.41%	93.14%
	HR	0.804	0.030 2	0.743~0.856	<0.01	68	64.71%	81.37%
	MAP	0.759	0.033 4	0.695~0.816	<0.01	80	65.69%	73.53%
切皮	SPI	0.925	0.016 9	0.880~0.957	<0.01	43	80.39%	86.27%
	HR	0.587	0.039 9	0.516~0.655	0.029 0	65	48.04%	71.57%
	MAP	0.804	0.030 7	0.743~0.856	<0.01	76	84.31%	66.67%



A:ΔSPI、ΔHR、ΔMAP 监测气管插管刺激准确性的 ROC 曲线分析图;B:ΔSPI、ΔHR、ΔMAP 监测切皮刺激准确性的 ROC 曲线分析图

图 2 ΔSPI、ΔHR、ΔMAP 监测伤害性刺激准确性的 ROC 曲线分析图

表 3 ΔSPI、ΔHR、ΔMAP 监测伤害性刺激准确性的 ROC 曲线分析表

伤害性刺激	参数	AUC	SE	95%*CI*	*P* 值	最佳截断值	灵敏度	特异度
气管插管	ΔSPI	0.990	0.006 1	0.965~0.999	<0.01	4	97.06%	95.10%
	ΔHR	0.972	0.010 3	0.938~0.990	<0.01	3	95.10%	89.22%
	ΔMAP	0.854	0.026 0	0.798~0.899	<0.01	3	82.35%	69.61%
切皮	ΔSPI	0.998	0.001 2	0.979~1.000	<0.01	7	98.04%	98.04%
	ΔHR	0.833	0.027 0	0.775~0.882	<0.01	1	64.71%	87.25%
	ΔMAP	0.943	0.016 4	0.902~0.970	<0.01	3	84.31%	92.16%

2.4 SPI、HR、MAP 绝对值与变化差值监测伤害性刺激的准确性

根据 SPI、HR、MAP 绝对值与变化差值的 ROC 曲线分析,在监测气管插管刺激准确性方面,ΔSPI 优于 SPI($Z=3.474$,$P<0.05$),ΔHR 优于 HR($Z=5.656$,$P<0.05$),ΔMAP 优于 MAP($Z=3.222$,$P<0.05$),AUC 差异具有统计学意义;在监测切皮刺激准确性方面,ΔSPI 优于 SPI($Z=4.394$,$P<0.05$),ΔHR 优于 HR($Z=5.556$,$P<0.05$),ΔMAP 优于 MAP($Z=4.229$,$P<0.05$),AUC 差异具有统计学意义。

2.5 SPI 对伤害性刺激心血管反应的预测性

根据 ROC 曲线分析,SPI 对气管插管刺激心血管反应具有预测意义($P<0.05$),AUC 为 0.662,最佳截断值为 17,见图 3、表 4;SPI 对切皮刺激心血管反应不具有预测意义($P>0.05$),见表 4。

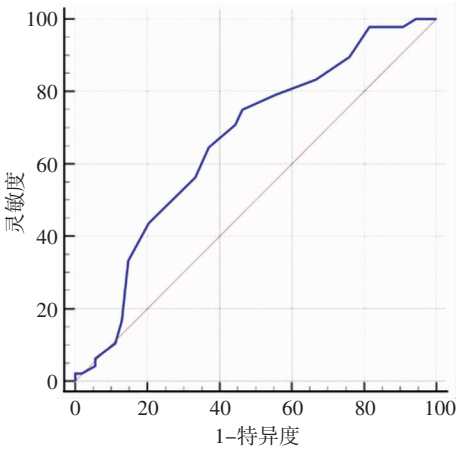


图 3 SPI 对气管插管刺激心血管反应预测性的 ROC 曲线分析图

3 讨论

麻醉手术中的伤害性刺激会导致机体产生一系列应激反应,可引起围术期严重的并发症,增加患者的死亡率[10-11]。清醒状态下的患者可以自我表达疼痛程度,而全身麻醉手术状态下的患者却难以表述。因此,如何在麻醉手术中通过客观指标评估并维持机体伤害性刺激与抗伤害性刺激的平衡,使患者平稳度过围手术期显得尤为重要。

在日常临床麻醉工作中,麻醉医生往往通过患者的心率、血压等传统血流动力学指标以及体动、流泪、出汗等自主反应判断镇痛深度,但该方法灵敏度和特异度较差,通常不能精准地反映镇痛深度,也难以指导麻醉医生术中合理用药[12]。SPI 是近年来出现的一项反映伤害性刺激的的无量纲指标,其基于脉搏波形光学的体积分析所得到,反映了机体对伤害性刺激的自主神经反应[12]。SPI 的参考范围为 0~100,其中 20~50 被认为是一个合适的镇痛水平,大于 50 被认为是镇痛不足,小于 20 被认为是镇痛过度[13]。

本研究根据 BIS 值调控镇静深度,维持 BIS 值为 40~60,靶控输注瑞芬太尼以维持相对恒定的镇痛深度。HARJU 等[14]研究发现 SPI 准确性受患者的年龄大小影响,本研究选取的受试者为一般情况良好的中青年患者。ILIES 等[15]研究发现体位改变时,SPI 会有显著改变,因此本试验纳入的手术类型为术中无体位变动的甲状腺手术。此外,有研究报道[16-17],容量变化和血管活性药物的使用也会影响 HBI 和 PPGA,从而对 SPI 读数的准确性造成影响,本研究诱导前和术中均以相对统一的输注速度进行液体管理,如果患者术中使用血管活性药物进行血流动力学干预,则将该例患者剔除本试验。在全麻下行甲状腺手术中,气管插管、切皮、气管拔管等均为较强的伤害性刺激,因 SPI 对清醒患者不适用[18],本试验选取气管插管和切皮作为伤害性刺激观察点进行研究。

表 4 SPI 对伤害性刺激心血管反应预测性的 ROC 曲线分析表

伤害性刺激	参数	AUC	SE	95%*CI*	*P* 值	最佳截断值	灵敏度	特异度
气管插管	SPI	0.662	0.0542	0.562~0.753	<0.01	17	75.00%	53.70%
切皮	SPI	0.582	0.1070	0.480~0.679	0.4451	41	55.56%	80.60%

本研究通过 ROC 曲线分析了 SPI 监测全凭静脉麻醉患者伤害性刺激的准确性以及对伤害性刺激心血管反应的预测性。研究结果表明,在监测伤害性刺激准确性方面,SPI 优于传统的血流动力学指标 HR、MAP,这与 MUSTOLA 等[19]的一项研究结果相似,为我们在临床上应用 SPI 监测伤害性刺激提供了实践依据。考虑到患者存在个体差异,SPI、HR、MAP 的基线值可能不同,我们进一步分析了 ΔSPI、ΔHR、ΔMAP 监测伤害性刺激的准确性。研究结果表明,在监测伤害性刺激准确性方面,ΔSPI 均优于 ΔHR、ΔMAP。该结果与绝对值结果相似,表明 SPI 绝对值与变化差值均能较好地反应伤害性刺激大小。其次,我们还比较了各参数绝对值与对应指标的变化差值监测伤害性刺激的准确性,研究结果显示,在监测伤害性刺激准确性方面,各参数变化差值均优于其绝对值。该研究结果表明各参数伤害性刺激前后变化差值可能对监测伤害性刺激大小更具有实际临床意义。此外,我们还分析了 SPI 对伤害性刺激心血管反应的预测性,研究结果显示 SPI 对气管插管刺激心血管反应具有预测意义,其最佳截断值为 17,而对切皮刺激心血管反应不具有预测意义。该研究结果为我们选择合适的插管时机以减轻围术期血流动力学波动提供了参考依据,即当 SPI 下降至 17 以下时行气管插管可能会降低心血管反应的发生。

本研究也存在一定的局限性。首先,由于甲状腺疾病多发于女性[20],本研究纳入的男性病人较少,性别对监测伤害性刺激准确性的影响需要进一步研究。其次,在研究 SPI 对切皮刺激心血管反应的预测性时,心血管反应阳性的患者仅占 8.82%,这可能对实验结果的产生有一定影响,为使实验结果更加准确可靠,进一步的大样本研究是十分必要的。最后,有研究报道[21],麻醉手术过程中患者血浆儿茶酚胺类激素的水平可反映其伤害性刺激大小,而本实验仅选择 SPI、HR、MAP 三种指数进行研究,关于儿茶酚胺类激素监测伤害性刺激的准确性与我们选择的三种指数差异大小如何,也值得我们的进一步比较研究。

综上所述,SPI 绝对值与变化差值在监测伤害性刺激准确性方面均较优于传统的血流动力学指标 HR、MAP,能对术中伤害性刺激进行更准确地监测;SPI 对气管插管刺激心血管反应具有预测价值,对判断合适的插管时机具有重要的临床意义。

参考文献:

[1] VON D F. Monitoring of pain, nociception, and analgesia under general anesthesia: Relevance, current scientific status, and clinical practice[J]. Anaesthesist, 2015, 64(10): 758-764. DOI:10.1007/s00101-015-0080-0.

[2] FUNCKE S, SAUERLAENDER S, PINNSCHMIDT H O, *et al*. Validation of innovative techniques for monitoring nociception during general anesthesia: a clinical study using tetanic and intracutaneous electrical stimulation[J]. Anesthesiology, 2017, 127(2): 272-283. DOI:10.1097/ALN.0000000000001670.

[3] 陈莹, 王品莹, 王俊. 手术体积描计指数在腹腔镜手术中镇痛深度监测的应用[J]. 临床麻醉学杂志, 2017, 33(12): 1220-1221.
CHEN Y, WANG P Y, WANG J. Application of surgical plethysmography index in monitoring the depth of analgesia in laparoscopic surgery[J]. J Clin Anesthesiol, 2017, 33(12): 1220-1221.

[4] MUSTOLA S, PARKKARI T, UUTELA K, *et al*. Performance of surgical stress index during sevoflurane-fentanyl and isoflurane-fentanyl anesthesia[J]. Anesthesiol Res Pract, 2010, 2010: 810721. DOI: 10.1155/2010/810721.

[5] LEDOWSKI T, SCHNEIDER M, GRUENEWALD M, *et al*. Surgical pleth index: prospective validation of the score to predict moderate-to-severe postoperative pain[J]. Br J Anaesth, 2019, 123(2): e328-e332. DOI:10.1016/j.bja.2018.10.066.

[6] BERGMANN I, GÖHNER A, CROZIER T A, *et al*. Surgical pleth index-guided remifentanil administration reduces remifentanil and propofol consumption and shortens recovery times in outpatient anaesthesia[J]. Br J Anaesth, 2013, 110(4): 622-628. DOI:10.1093/bja/aes426.

[7] DOSTALOVA V, SCHREIBEROVA J, BARTOS M, *et al*. Surgical pleth index and analgesia nociception index for intraoperative analgesia in patients undergoing neurosurgical spinal procedures: a comparative randomized study[J]. Minerva Anestesiol, 2019, 85(12): 1265-1272. DOI:10.23736/S0375-9393.19.13765-0.

[8] FUNCKE S, PINNSCHMIDT H O, WESSELER S, *et al*. Guiding opioid administration by 3 different analgesia nociception monitoring indices during general anesthesia alters intraoperative sufentanil consumption and stress hormone release: a randomized controlled pilot study[J]. Anesth Analg, 2020, 130(5): 1264-1273. DOI:10.1213/ANE.0000000000004388.

[9] NIMMO A F, ABSALOM A R, BAGSHAW O, *et al*. Guidelines for the safe practice of total intravenous anaesthesia (TIVA): joint Guidelines from the Association of Anaesthetists and the Society for Intravenous Anaesthesia[J].

Anaesthesia, 2019, 74(2): 211-224. DOI:10.1111/anae.14428.

[10] SHOAR S, NADERAN M, EBRAHIMPOUR H, *et al*. A prospective double-blinded randomized controlled trial comparing systemic stress response in Laparoascopic cholecystectomy between low-pressure and standard-pressure pneumoperitoneum[J]. Int J Surg, 2016, 28((1)): 28-33. DOI:10.1016/j.ijsu.2016.02.043.

[11] SIDIROPOULOU I, TSAOUSI G G, POURZITAKI C, *et al*. Impact of anesthetic technique on the stress response elicited by laparoscopic cholecystectomy: a randomized trial[J]. J Anesth, 2016, 30(3): 522-525. DOI:10.1007/s00540-016-2148-7.

[12] LEE J H, CHOI B M, JUNG Y R, *et al*. Evaluation of Surgical Pleth Index and Analgesia Nociception Index as surrogate pain measures in conscious postoperative patients: an observational study[J]. J Clin Monit Comput, 2020, 34(5): 1087-1093. DOI:10.1007/s10877-019-00399-5.

[13] KIM J H, JWA E K, CHOUNG Y, *et al*. Comparison of pupillometry with surgical pleth index monitoring on perioperative opioid consumption and nociception during propofol-remifentanil anesthesia: a prospective randomized controlled trial[J]. Anesth Analg, 2020, 131(5): 1589-1598. DOI:10.1213/ANE.0000000000004958.

[14] HARJU J, KALLIOMÄKI M L, LEPPIKANGAS H, *et al*. Surgical pleth index in children younger than 24 months of age: a randomized double-blinded trial[J]. Br J Anaesth, 2016, 117(3): 358-364. DOI:10.1093/bja/aew215.

[15] ILIES C, LUDWIGS J, GRUENEWALD M, *et al*. The effect of posture and anaesthetic technique on the surgical pleth index[J]. Anaesthesia, 2012, 67(5): 508-513. DOI:10.1111/j.1365-2044.2011.07051.x.

[16] HANS P, VERSCHEURE S, UUTELA K, *et al*. Effect of a fluid challenge on the Surgical Pleth Index during stable propofol-remifentanil anaesthesia[J]. Acta Anaesthesiol Scand, 2012, 56(6): 787-796. DOI:10.1111/j.1399-6576.2011.02639.x.

[17] HÖCKER J, BROCH O, GRÄSNER J T, *et al*. Surgical stress index in response to pacemaker stimulation or atropine[J]. Br J Anaesth, 2010, 105(2): 150-154. DOI:10.1093/bja/aeq114.

[18] ILIES C, GRUENEWALD M, LUDWIGS J, *et al*. Evaluation of the surgical stress index during spinal and general anaesthesia[J]. Br J Anaesth, 2010, 105(4): 533-537. DOI:10.1093/bja/aeq203.

[19] MUSTOLA S, TOIVONEN J. Effect-site concentration of remifentanil attenuating surgical stress index responses to intubation of the Trachea[J]. Anaesthesia, 2010, 65(6): 581-585. DOI:10.1111/j.1365-2044.2010.06329.x.

[20] 郭玉平, 张立维, 苗阔, 等. 成人甲状腺结构及碘营养状况与性别和年龄的相关性研究[J]. 中国超声医学杂志, 2020, 36(7): 588-591. DOI:10.3969/j.issn.1002-0101.2020.07.005.
GUO Y P, ZHANG L W, MIAO K, *et al*. Correlation of thyroid structure and iodine nutrition status with sex and age in adults[J]. Chin J Ultrasound Med, 2020, 36(7): 588-591. DOI:10.3969/j.issn.1002-0101.2020.07.005.

[21] CHEN X Z, THEE C, GRUENEWALD M, *et al*. Correlation of surgical pleth index with stress hormones during propofol-remifentanil anaesthesia[J]. Sci World J, 2012, 2012: 879158. DOI:10.1100/2012/879158.

(**收稿**:2022-05-16;**修回**:2022-06-24)

(编辑 邓强庭)