

The Relationship between Postoperative Acute Pain after Breast Surgery and Changes in Photoplethysmographic Waveform

Xiuxiu Zhao, Xiajuan Hu, Lei Xu*

Department of Anesthesiology, Nanjing Hospital Affiliated to Nanjing Medical University (Nanjing First Hospital),
Nanjing Jiangsu
Email: *xuleimd@sina.com

Received: Feb. 18th, 2020; accepted: Mar. 4th, 2020; published: Mar. 11th, 2020

Abstract

Objective: To explore the relationship between postoperative acute pain and photoplethysmographic waveform changes in patients undergoing breast surgery after emergence from general anesthesia. **Methods:** Sixty-five patients, undergoing breast surgery under general anesthesia, female patients, aged 18 - 65 years, falling to ASA physical status I or II, were included in this study. Induction of anesthesia was induced by intravenous propofol 1.5 mg/kg, sufentanil 0.4 ug/kg and cisatracurium besilate 0.2 mg/kg; total intravenous anesthesia was maintained by intravenous infusion propofol 5 - 6 mg·kg⁻¹·h⁻¹ and remifentanyl 0.2 - 0.3 ug·kg⁻¹·h⁻¹. Heart rate (HR), systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), photoplethysmographic main wave amplitude (PPGA), static VAS score were recorded at 5 min after enter the operating room (T₀), 10 min (T₁), 20 min (T₂), 30 min (T₃) after emergence from anesthesia. The ratio of PPGA at the time point of Tx and T₀ is calculated and it is defined as PPGA_{Tx/T0}. The patients were divided into mild pain group (L group) and moderate pain group (M group) according to the VAS score at the time of T₁. If VAS score ≥ 4, oxycodone was given at 0.09 mg/kg. **Results:** Compared with T₀, SBP, DBP, PPGA in group L significantly decreased ($P < 0.05$), VAS significantly increased ($P < 0.05$) at T₁; SBP, DBP, VAS in group M significantly increased, PPGA significantly decreased ($P < 0.05$) at T₁; HR, SBP, DBP, PPGA in two groups significantly decreased, VAS significantly increased ($P < 0.05$) at T₂, T₃; compared with the previous time point, T₂ had lower HR than T₁ ($P < 0.05$) in group L; T₂ had lower HR, SBP, DBP, and VAS than T₁, and PPGA and PPGA_{Tx/T0} increased ($P < 0.05$) in group M. Compared with T₂, SBP, DBP, VAS decreased, and PPGA, PPGA_{Tx/T0} increased at T₃ ($P < 0.05$). Compared with the group L, the VAS score was significantly increased at T₁ ($P < 0.05$); SBP, DBP, and VAS were significantly decreased at T₂ and T₃, PPGA and PPGA_{Tx/T0} were significantly increased in group M ($P < 0.05$). Pearson correlation analysis showed that there was no correlation between VAS scores and HR, SBP, and DBP, and it displayed a significant negative relationship with PPGA ($r = -0.437$, $P < 0.01$) and PPGA_{Tx/T0} ($r = -0.948$, $P < 0.01$). **Conclusion:** Mild to moderate pain after emergence from general anesthesia can cause significant reduction in the photoplethysmographic main wave amplitude. When patients with moderate VAS pain scores can be given analgesics to relieve pain to the VAS pain score which is mild, the amplitude can be significantly increased but not exceed the preoperative level, and PPGA_{Tx/T0} increases but less than 1, PPGA_{Tx/T0} maybe has reference value in

*通讯作者。

assessing the pain degree after general anesthesia.

Keywords

Finger Photoplethysmographic Waveform, General Anesthesia, Pain after Surgery, Analgesic

乳腺术后急性痛与光电容积脉搏波变化的关系

赵秀秀, 胡夏娟, 徐 磊*

南京医科大学附属南京医院(南京市第一医院)麻醉科, 江苏 南京

Email: *xuleimd@sina.com

收稿日期: 2020年2月18日; 录用日期: 2020年3月4日; 发布日期: 2020年3月11日

摘要

目的: 探讨乳腺手术患者全身麻醉苏醒后急性痛与光电容积脉搏波波幅变化的关系。方法: 选择全身麻醉下行乳腺手术65例, 女性患者, 年龄18~65岁, ASA I或II级。麻醉诱导采用静脉注射丙泊酚1.5 mg/kg、舒芬太尼0.4 ug/kg, 睫毛反射消失时静脉注射顺式阿曲库铵0.2 mg/kg; 麻醉维持采用全凭静脉麻醉, 丙泊酚5~6 mg·kg⁻¹·h⁻¹、瑞芬太尼0.2~0.3 ug·kg⁻¹·h⁻¹。记录患者入室后5 min (T₀)、苏醒后10 min (T₁)、苏醒后20 min (T₂)、苏醒后30 min (T₃)各时间点的心率(HR)、收缩压(SBP)、舒张压(DBP)、脉搏波收缩波波幅(PPGA)和记录静态VAS评分, 计算T_x与T₀时间点PPGA比值定义为PPGA_{T_x/T₀}。根据患者T₁时刻的VAS评分将患者分为轻度疼痛组(L组)和中度疼痛组(M组), 若发现VAS评分 ≥ 4分则给予羟考酮0.09 mg/kg。结果: 与T₀时比较, T₁时L组SBP、DBP、PPGA降低, VAS增加, 差异有统计学意义($P < 0.05$); M组SBP、DBP、VAS增加, PPGA降低, 差异有统计学意义($P < 0.05$); T₂、T₃时两组HR、SBP、DBP、PPGA降低, VAS增加, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。与前一时间点比较, L组T₂较T₁时HR降低, 差异有统计学意义($P < 0.05$); M组T₂较T₁时HR、SBP、DBP、VAS降低, PPGA、PPGA_{T_x/T₀}增加, 差异有统计学意义($P < 0.05$); T₃较T₂时SBP、DBP、VAS降低, PPGA、PPGA_{T_x/T₀}增加, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。与L组比较, M组T₁时VAS评分显著增高, 差异有统计学意义($P < 0.05$); T₂、T₃时SBP、DBP、VAS显著降低, PPGA、PPGA_{T_x/T₀}显著增高, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。Pearson相关分析显示: VAS评分与HR、SBP、DBP无明显相关性, 与PPGA ($r = -0.437, P < 0.01$)及PPGA_{T_x/T₀} ($r = -0.948, P < 0.01$)呈负相关性。结论: 全身麻醉苏醒后轻中度疼痛可以引起光电容积脉搏波波幅显著降低, 对VAS疼痛评分中度患者给予镇痛药缓解疼痛至VAS疼痛评分为轻度时波幅可明显增加但不超过术前水平, 伴有PPGA_{T_x/T₀}增大且<1, PPGA_{T_x/T₀}改变在评估全身麻醉苏醒后急性痛方面具有参考价值。

关键词

指光电容积脉搏波, 全身麻醉, 术后疼痛, 镇痛药

Copyright © 2020 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

疼痛是一种不愉快的主观感觉,通常会导致不适感,疼痛的强度具有个体差异,而急性术后疼痛是手术后常见的副作用,围术期产生的疼痛可能会影响患者早期下床活动,延迟伤口愈合、增加患者的负面情绪,降低患者满意度,若不及时处理不仅会对生理及心理产生不良影响,疼痛持续存在还会在体内产生复杂的应激反应,导致发展成为慢性疼痛影响患者生活质量。

疼痛被认为是对严重应激的自主神经反应,并且疼痛与生理心理反应之间存在关系。相关研究[1]显示:疼痛和社会心理测验得分的降低显著相关。术后急性痛的详细机制尚处于不断探索和完善中,在动物模型研究中得出的相关理论还需要转化试验的支持以更好地应用于临床实践中[2]。在围术期医学中,如果我们能够更好地理解疼痛产生、缓解的详细机制、客观评价患者的疼痛强度变化,则可以及时采取措施控制急性疼痛,减少不良反应的发生。

视觉模拟量表、数字评分量表和 McGill 问卷表是临床工作中常用的主观疼痛评估工具,该类量表的评定要求患者意识清楚、积极配合;后者还受患者文化程度的影响;外科体积指数和抗伤害指数可以评估全麻状态下的镇痛效果是否足以抗伤害应激,尚不清楚是否也能准确评估术后患者清醒状态下的疼痛程度。目前对于全身麻醉苏醒后清醒状态或躁动患者没有标准的疼痛评估方法。光电容积描记法衍生的参数可以反映自主神经系统的功能,并且在疼痛领域中也有相关应用[3][4]。基于光电容积脉搏波可以反映自主神经功能和目前用于持续监测疼痛的客观指标研究较少的现状,本文拟探讨全身麻醉苏醒后急性痛对乳腺手术患者光电容积脉搏波幅的影响,为临床评估和控制急性疼痛提供参考。

2. 资料与方法

2.1. 一般资料

本研究已通过南京医科大学附属南京医院(南京市第一医院)医学伦理委员会批准,术前与患者或家属签署知情同意书。选择我院 2018 年 11 至 2019 年 2 月拟在全身麻醉下择期行乳腺手术患者 65 例,女性患者,年龄 18~65 岁,ASA I 或 II 级。排除标准:术前存在明显紧张焦虑或感觉认知功能异常的患者、长期吸烟或嗜酒的患者、甲亢、近期精神药物或放化疗药物使用史、存在中枢神经系统疾病、严重心脑血管系统疾病及自主神经病变患者、指甲形状或颜色异常、血生化或肝肾功异常、麻醉评估预计气管插管或术后拔管困难者、药物过敏者、孕妇及哺乳期妇女、有手术史、术前放化疗史或术前存在疼痛患者。

2.2. 麻醉方法

所有患者均无术前用药,入室后常规开放上肢外周静脉通路,以常规 $4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 的速率输注复方氯化钠注射液。连接 BSM-4103/4113 多功能光电监护仪,入室后连续监测 HR、SBP、DBP、ECG、 SpO_2 、PPGA 等,将指脉搏血氧饱和度手指探头 TL-101T 妥合贴于患者右手食指并妥善固定。面罩吸氧 5 min 后行麻醉诱导:静脉注射丙泊酚 1.5 mg/kg 、舒芬太尼 0.4 ug/kg ,睫毛反射消失时静脉注射顺式阿曲库铵 0.2 mg/kg ,3 min 后气管内插管,连接麻醉机行机械通气。调整呼吸参数: V_T 8 ml/kg ,RR 12 次/分。麻醉维持:采用全凭静脉麻醉,丙泊酚 $5\sim 6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 、瑞芬太尼 $0.2\sim 0.3 \text{ ug}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$,维持 $P_{\text{ET}}\text{CO}_2$ $35\sim 40 \text{ mmHg}$,术中维持平均气道压 $8\sim 12 \text{ cm H}_2\text{O}$,BIS 值 $40\sim 60$ 。术中间断推注顺式阿曲库铵 0.15 mg/kg ,给予舒欧亨 4.48 mg 及地佐辛 5 mg 。手术缝皮时停止麻醉药物输注,缝皮结束时静注阿托品 0.5 mg 及新斯的明 1 mg 拮抗残余肌松效应,待患者自然睁眼苏醒达到拔管指征时拔除气管导管。记录术后 PONV 的情况。

2.3. 观察指标

记录患者入室后 5 min (T_0)、苏醒后 10 min (T_1)、苏醒后 20 min (T_2)、苏醒后 30 min (T_3)各时间点的

心率(HR)、收缩压(SBP)、舒张压(DBP)、脉搏波收缩波波幅(PPGA)和记录静态 VAS 评分, 计算 T_x 与 T_0 时间点 PPGA 比值定义为 $PPGA_{T_x/T_0}$ 。全身麻醉苏醒拔除气管导管后立即将患者转移到麻醉恢复室记录数据。若 VAS 评分 ≥ 4 分则给予羟考酮 0.09 mg/kg [5]; 根据患者 T_1 时刻的 VAS 评分将患者分为轻度疼痛组(L 组: $VAS \leq 3$)和中度疼痛组(M 组: $3 < VAS < 7$)。

2.4. 统计分析

采用 SPSS 20.0 软件进行统计学分析。正态分布计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 组间比较采用独立样本 t 检验, 若方差不齐则采用 t' 检验, 组内比较采用重复测量方差分析; 非正态分布计量资料以中位数(M)和四分位数间距(IQR)表示, 组间比较采用 Mann-Whitney U 检验; 计数资料组间比较采用卡方检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3. 结果

本研究共纳入 65 例女性患者, 两组患者年龄、身高、体重无统计学差异(如表 1 所示); 术后无恶心呕吐事件发生。

如表 2 所示: 与 T_0 时比较, T_1 时 L 组 SBP、DBP、PPGA 降低, VAS 增加, 差异有统计学意义($P < 0.05$); M 组 SBP、DBP、VAS 增加, PPGA 降低, 差异有统计学意义($P < 0.05$); T_2 、 T_3 时两组 HR、SBP、DBP、PPGA 降低, VAS 增加, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。

与前一时间点比较, L 组 T_2 较 T_1 时 HR 降低, 差异有统计学意义($P < 0.05$); M 组 T_2 较 T_1 时 HR、SBP、DBP、VAS 降低, PPGA、 $PPGA_{T_x/T_0}$ 增加, 差异有统计学意义($P < 0.05$); T_3 较 T_2 时 SBP、DBP、VAS 降低, PPGA、 $PPGA_{T_x/T_0}$ 增加, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。

与 L 组比较, M 组 T_1 时 VAS 评分显著增高, 差异有统计学意义($P < 0.05$); T_2 、 T_3 时 SBP、DBP、VAS 显著降低, PPGA、 $PPGA_{T_x/T_0}$ 显著增高, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。

Pearson 相关分析显示(如表 3 所示): VAS 评分与 HR、SBP、DBP 无明显相关性, 与 PPGA($r = -0.437$, $P < 0.01$)及 $PPGA_{T_x/T_0}$ ($r = -0.948$, $P < 0.01$)呈负相关性。

Table 1. Comparison of general conditions of the two groups of patients
表 1. 两组患者一般情况的比较

指标	L 组	M 组	P
例数	40	25	/
年龄	39.6 ± 13.0	44.8 ± 10.8	0.104
身高(cm)	162.0 ± 5.7	160.0 ± 3.8	0.091
体重(kg)	59.9 ± 7.3	58.0 ± 6.0	0.285

Table 2. Comparison of every observations
表 2. 各观察指标的比较

	组别	T0	T1	T2	T3
HR	L	73.4 ± 9.9	73.5 ± 8.8	66.2 ± 6.4^{bc}	65.6 ± 9.3^b
	M	71.0 ± 12.0	71.8 ± 11.2	65.0 ± 5.9^{bc}	64.8 ± 8.5^b
SBP(mmHg)	L	134.7 ± 10.2	133.5 ± 8.7	133.4 ± 9.4	133.4 ± 10.0
	M	131.4 ± 8.4	135.9 ± 8.4	127.4 ± 9.5^{ac}	116.4 ± 9.3^{abc}

Continued

DBP(mmHg)	L	71.3 ± 5.2	70.5 ± 4.7	69.7 ± 6.6	68.6 ± 5.8 ^b
	M	69.0 ± 6.4	71.2 ± 6.3	66.4 ± 6.4 ^{ac}	62.4 ± 5.7 ^{abc}
VAS	L	0	2.3 ± 0.7 ^b	2.4 ± 0.7 ^b	2.3 ± 0.7 ^b
	M	0	4.3 ± 0.5 ^{ab}	1.5 ± 0.5 ^{abc}	0.9 ± 0.3 ^{abc}
PPGA(mm)	L	16.0 ± 4.7	12.8 ± 3.6 ^b	12.7 ± 3.6 ^b	12.8 ± 3.6 ^b
	M	18.2 ± 4.3	11.1 ± 2.8 ^b	16.0 ± 3.7 ^{ac}	16.8 ± 4.1 ^a
PPGA _{Tx/T0}	L	/	0.7994 ± 0.0619	0.7947 ± 0.0624	0.7991 ± 0.0605
	M	/	0.6084 ± 0.0506 ^a	0.8795 ± 0.0290 ^{ac}	0.9222 ± 0.0238 ^{ac}

注：与 L 比较，^a $P < 0.05$ ；与 T₀ 比较，^b $P < 0.05$ ；与前一时间点比较，^c $P < 0.05$ 。

Table 3. Correlation between VAS scores and HR, SBP, DBP, PPGA, PPGA_{Tx/T0}

表 3. VAS 评分与 HR、SBP、DBP、PPGA、PPGA_{Tx/T0} 的相关性

	r	95%CI	P
HR	-0.0080	-0.1296, 0.1137	0.8974
SBP	0.1394	0.01808, 0.2567	0.0246
DBP	0.0724	-0.04974, 0.1923	0.2450
PPGA	-0.4369	-0.5304, -0.3330	<0.0001
PPGA _{Tx/T0}	-0.9476	-0.9603, -0.9311	<0.0001

4. 讨论

根据手术类型的不同，有 3% 到 85% 的患者会发生持续术后疼痛[6]，伤害性和持续性的有害信号可能导致疼痛敏化。脊髓传导途径中对有害信号的抑制性调节作用以及递质的调节作用、继发于神经营养因子的持续适应不良的神经塑性改变以及神经元与小胶质细胞之间的相互作用可能导致这一现象。在慢性或持续性疼痛的情况下，小胶质细胞内信号均被上调并持续激活，从而导致神经元的持续刺激导致疼痛感。手术后的伤害感受会导致细胞分子结构和功能改变而引起炎症反应和神经病变；大脑不同区域在调节疼痛中发挥不同的作用。采用合理的药物进行术后早期疼痛管理，可有助于减少急性疼痛向持续性疼痛状态的转变。

乳腺手术后疼痛的发生机制包括切口疼痛、炎性疼痛和神经病理性疼痛，前二者被认为是术后急性疼痛的产生机制。一项前瞻性研究[7]对乳腺癌术后急性和持续性疼痛的危险因素进行了综合评估，包括患者相关因素，围手术期因素和遗传风险因素。手术时间增加与急性疼痛的严重程度增加相关，而术前放疗与较低的急性疼痛评分有关，术后放化疗和急性疼痛的严重程度与持续疼痛的可能性增加有关；神经损伤后交感神经兴奋可易化或直接兴奋感觉传入神经元，从而引起或加重疼痛。阿片类药物是缓解和治疗围术期中重度疼痛常用的镇痛药物之一，但疼痛个体差异和止痛药敏感性是限制术后疼痛管理效果的主要因素。经验性给予阿片类药物可能导致用药不足或过量，镇痛管理策略的关键性及有效性在于确切评估伤害感受程度和抗伤害性药物剂量。全麻状态下外科体积指数和抗伤害指数在评估抗伤害应激方面具有参考价值，在评估术后清醒患者的疼痛程度方面较为缺乏类似地客观指标。

光电容积描记术通过测量光线照射到人体的周围部位后透射、反射或散射的光线量来确定血容量的变化，PPG 可在指尖，脚尖或耳垂处测量。PPGA 的值随心脏射血量 and 外周血管张力而变化，因此，PPG

形态学分析揭示了提取具有重要意义疼痛参数的可能性。疼痛评估方法包括：主观评估量表、伤害感受监测仪、客观生命体征。目前，有一些临床医生使用疼痛量表来识别和监测儿童患者术后的疼痛程度[8]。然而，这种方法在观察患有认知障碍的儿童中的疼痛方面不是有效的，并且还需要有经验的临床医生观察测量和记录疼痛。使用量表法评估疼痛程度具有主观性和患者依从性，可能影响术后患者镇痛药剂量的需求。全麻下疼痛的客观监测方法包括：皮肤电导、心率变异性(HRV)、镇痛-伤害性刺激指数(ANI)、手术体积描记指数(SPI)、手术应激指数(SSI)、伤害性刺激反应性指数(RN)、灌注指数(PI)等，以及生理信号相关的特征，例如心电图，体温，瞳孔直径等。此外，应用生化法检测神经内分泌因子如血浆皮质醇、血浆和脑脊液中内啡肽的含量也有助于疼痛的评估。依据 DeepFace LIFT 算法开发的面部表情预测疼痛评分在临床工作中也有相关应用。相关研究[9]评估了手术体积描记术指数(SPI)和镇痛伤害感受指数(ANI)作为替代性疼痛措施的性能，在手术结束后有意识的患者 SPI 和 ANI 在预测术后疼痛时的临界值分别为 44 (敏感性：84%，特异性：53%)和 63 (敏感性：52%，特异性：82%)。动态变量，如每搏量变异度和脉压变异度在预测危重患者的容积反应性方面准确性优于传统静态变量(例如心率和血压)。因此推测动态变量 $PPGA_{Tx/T0}$ 在量化术后疼痛程度时可能更具优势。

本研究结果(如表 2 所示)显示：M 组 T_2 较 T_1 时 HR、SBP、DBP、VAS 降低，PPGA、 $PPGA_{Tx/T0}$ 增加， T_3 较 T_2 时 SBP、DBP、VAS 降低，PPGA、 $PPGA_{Tx/T0}$ 增加，Pearson 相关分析(表 3)显示 VAS 评分与 PPGA ($r = -0.437, P < 0.01$)及 $PPGA_{Tx/T0}$ ($r = -0.948, P < 0.01$)呈显著负相关性。应激反应是对组织损伤的无意识反应，可以引起自主神经、激素和代谢变化等相关变化。疼痛会激活交感神经中枢，经多级传递引起末梢血管收缩并导致血容量减少。因此， $PPGA_{Tx/T0}$ 降低是由于术后急性疼痛使交感神经激活引起的外周血管收缩所致。一项临床研究[10]在全麻后清醒患者中发现鼻腔容积描记术提取参数(舒张波峰值变化和心跳间隔变化的组合)作为一种新的镇痛指数似乎要优于外科手术治疗指数，可以区分数字评分量表(VAS) ≥ 3 分的疼痛存在与否。Lim 等[3]提出了一种疼痛分类器，其根据数字评分量表提取了 PPG 功能与疼痛状态之间的复杂非线性关系，该疼痛分类器可有助于开发疼痛分类系统。另一相关研究[11]从 65 名手术患者中获得了术前和术后的 PPG 和 100 毫米视觉模拟量表(VAS)，并从获得的这些 PPG 中提取了总共 51 种基于 PPG 形态学的参数及其标准化参数，其中 36 个发现了统计学上的显著差异，这些参数可能在评估术后疼痛方面具有潜在价值。动态脉搏间参数(例如归一化收缩期幅度变化和归一化舒张期幅度变化)显示出比静态参数更好的疼痛分类性能。其中 PPG 振幅归一化的收缩期峰值振幅变化在分类术后疼痛方面表现最佳，其准确度、敏感性、特异性和阳性预测值分别为 79.5%、74.0%、86.0%和 84.5%，这些结果优于 SPI，分别为 65.9%、65.9%、66.5%和 66.5%。此外，Ye 等[12]观察到生理参数在疼痛产生和缓解的过程中发生了质的变化，并且发现光体积描记法参数在无疼痛，疼痛产生，疼痛经历和缓解疼痛四种情况下有不同的响应，这些变化的趋势可在临床环境中用作连续观察疼痛强度的参考。

本研究针对全麻苏醒后的急性疼痛评估，排除了术前存在慢性疼痛及应用精神类药物的患者，结果表明全身麻醉苏醒后轻中度疼痛可以引起光电容积脉搏波幅显著降低，对 VAS 疼痛评分中度患者给予镇痛药缓解疼痛至 VAS 疼痛评分为轻度时波幅可明显增加但不超过术前水平，伴有 $PPGA_{Tx/T0}$ 增大且 < 1 ，其改变在评估全身麻醉苏醒后疼痛程度方面具有参考价值。本文存在局限性为：1、仅选择乳腺外科手术女性患者作为观察对象，未纳入男性患者；2、术后 VAS 评分中未发现重度疼痛患者。本研究纳入乳腺外科手术患者，排除了不同手术种类和性别对术后急性痛的影响；此外，光电容积脉搏波在男性患者及重度疼痛评分患者中的应用有待进一步研究。

5. 结语

总之，指端光电容积脉搏波中提取的脉搏波波幅的动态变化作为一项简单、无创、客观的指标

可以反映疼痛引起交感神经张力的变化, 在儿童患者、重症监护室意识障碍患者、全麻术后苏醒不佳患者具有潜在价值, 为临床医生及时判断患者疼痛程度并早期干预提供参考。

参考文献

- [1] Jarrell, J., Robert, M., Giamberardino, M.A., *et al.* (2018) Pain, Psychosocial Tests, Pain Sensitization and Laparoscopic Pelvic Surgery. *Scandinavian Journal of Pain*, **18**, 49-57. <https://doi.org/10.1515/sjpain-2017-0127>
- [2] Pogatzki-Zahn, E., Segelcke, D. and Zahn, P. (2018) Mechanisms of Acute and Chronic Pain after Surgery: Update from Findings in Experimental Animal Models. *Current Opinion in Anesthesiology*, **31**, 575-585. <https://doi.org/10.1097/ACO.0000000000000646>
- [3] Lim, H., Kim, B., Noh, G.J., *et al.* (2019) A Deep Neural Network-Based Pain Classifier Using a Photoplethysmography Signal. *Sensors (Basel)*, **19**, 384-399. <https://doi.org/10.3390/s19020384>
- [4] Ye, J.J., Lee, K.T., Chou, Y.Y., *et al.* (2018) Assessing Pain Intensity Using Photoplethysmography Signals in Chronic Myofascial Pain Syndrome. *Pain Practice*, **18**, 296-304. <https://doi.org/10.1111/papr.12601>
- [5] 何自静, 陈静, 李密. 盐酸羟考酮在乳腺癌改良根治手术后急性疼痛治疗中的应用[J]. 临床麻醉学杂志, 2016, 32(3): 255-257.
- [6] Guler, P. and Nelli, A. (2019) Persistent Postoperative Pain: Mechanisms and Modulators. *Current Opinion in Anesthesiology*, **32**, 668-673. <https://doi.org/10.1097/ACO.0000000000000770>
- [7] Habib, A.S., Kertai, M.D., Cooter, M., *et al.* (2019) Risk Factors for Severe Acute Pain and Persistent Pain after Surgery for Breast Cancer: A Prospective Observational Study. *Regional Anesthesia & Pain Medicine*, **44**, 192-199. <https://doi.org/10.1136/rapm-2018-000040>
- [8] Subramaniam, S.D., Doss, B., Chandrasekar, L.D., *et al.* (2018) Scope of Physiological and Behavioural Pain Assessment Techniques in Children: A Review. *Healthcare Technology Letters*, **5**, 124-129. <https://doi.org/10.1049/htl.2017.0108>
- [9] Lee, J.H., Choi, B.M., Jung, Y.R., *et al.* (2019) Evaluation of Surgical Pleth Index and Analgesia Nociception Index as Surrogate Pain Measures in Conscious Postoperative Patients: An Observational Study. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*. <https://doi.org/10.1007/s10877-019-00399-5>
- [10] Choi, B.M., Park, C., Lee, Y.H., *et al.* (2018) Development of a New Analgesic Index Using Nasal Photoplethysmography. *Anaesthesia*, **73**, 1123-1130. <https://doi.org/10.1111/anae.14327>
- [11] Yang, Y., Seok, H.S., Noh, G.J., *et al.* (2018) Postoperative Pain Assessment Indices Based on Photoplethysmography Waveform Analysis. *Frontiers in Physiology*, **9**, 1199. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01199>
- [12] Ye, J.J., Lee, K.T., Lin, J.S., *et al.* (2017) Observing Continuous Change in Heart Rate Variability and Photoplethysmography-Derived Parameters during the Process of Pain Production/Relief with Thermal Stimuli. *Journal of Pain Research*, **10**, 527-533. <https://doi.org/10.2147/JPR.S129287>