

病情-麻醉-手术三位一体方法与 ASA-PS 预测术中心血管并发症风险比较

徐德朋 王金英 黄光晖 马福嫣 杨菁 朱跃 薛路 周文 江学成

中国人民解放军第七十一集团军医院麻醉科,徐州 221004

通信作者:江学成,Email:jiangxc99@126.com

【摘要】目的 建立病情-麻醉-手术三位一体预测术中心血管并发症风险的新方法。**方法** 分别以美国麻醉学协会的患者体质分级标准(American Society of Anesthesiologists Physical Status Classification, ASA-PS)、Carrillo's 方法作为病情、手术、麻醉风险分级标准,制作风险评估量表。在 2016 年 1 月—2016 年 12 月期间对 3 543 例各科手术患者进行术前风险评估和分级,记录术中心血管并发症。将病情-麻醉-手术的风险等级与术中心血管并发症进行二元逻辑分析,获得回归系数。利用 Logistic 回归方程,建立病情-麻醉-手术三位一体风险评估数学模型,用三位一体模型对术中心血管并发症进行预测并与直接用 ASA-PS 建模的模型比较。**结果** 3 543 例患者术中发生心血管并发症 311 例(8.78%)。三位一体方法中 3 种元素对术中并发症的贡献大小依次为病情、麻醉和手术元素,回归系数分别为 0.886、0.508、0.268;ASA-PS 的回归系数为 1.089。三位一体方法术中并发症预测公式为 $\text{logit}(P) = -6.298 + 0.886 \times \text{ASA-PS 等级} + 0.508 \times \text{麻醉等级} + 0.268 \times \text{手术等级}$;ASA-PS 方法公式为 $\text{logit}(P) = -4.758 + 1.089 \times \text{ASA-PS}$ 。三位一体方法的受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC)和 ROC 曲线下面积(area under the ROC curve, AUROC)为 0.809,ASA-PS 的 AUROC 为 0.732。**结论** 与 ASA-PS 比较,病情-麻醉-手术三位一体风险评估新方法预测术中心血管并发症的效力和拟合度较好。

【关键词】 手术; 麻醉; 风险评估; 风险预测; 并发症; 美国麻醉学协会的患者体质分级标准

基金项目:原南京军区科技创新项目(MS038)

DOI:10.3760/cma.j.issn.1673-4378.2019.01.00

Predicting the risk of intraoperative cardiovascular complications with physical status-anesthesia-surgery method and American Society of Anesthesiologists Physical Status Classification

Xu Depeng, Wang Quanying, Huang Guanghui, Ma Fuyan, Yang Qiang, Zhu Yue, Xue Lu, Zhou Wen, Jiang Xuecheng

Department of Anesthesiology, the Seventy-first Army Hospital of the Chinese People's Liberation Army, Xuzhou 221004, China

Corresponding author: Jiang Xuecheng, Email: jiangxc99@126.com

【Abstract】 Objective To develop a new method to predict the risk of intraoperative cardiovascular complications. **Methods** American Society of Anesthesiologists Physical Status Classification (ASA-PS) and Carrillo's risk classification were selected as the risk evaluation criteria for physical status, and anesthesia and surgery status, respectively. Preoperative risk assessment and grading were carried out in 3 543 surgical patients. The intraoperative cardiovascular complications were recorded. The risk of cardiovascular complications in patients with different classifications in the physical status, and anesthesia and surgery status were analyzed with logistic analysis and the regression coefficients were obtained. The Logistic regression coefficient was used to establish a mathematical model, which was compared with ASA-PS model. **Results** Three hundred and eleven intraoperative cardiovascular complication (8.78%) occurred in 3 543 patients. According to the logistic analysis, the risk of the complications include classifications of physical status, anesthesia and surgery elements with coefficients of 0.886, 0.508 and 0.268, respectively, the coefficient of the ASA-PS was 1.089. The equation of the three-in-one model was $\text{logit}(P) = -6.298 + 0.886 \times \text{ASA-PS} + 0.508 \times \text{anesthesia grade} + 0.268 \times \text{surgical grade}$. The equation of the ASA-PS model is $\text{logit}(P) = -4.758 + 1.089 \times \text{ASA-PS}$. The area under the receiver operating characteristic curve (ROC) is 0.809 in the three-in-one model and is 0.732 in ASA-PS model. **Conclusions** The new method of physical status-anesthesia-surgery three-in-one risk assessment is better than ASA-PS model to predict intraoperative cardiovascular complications.

【Key words】 Surgery; Anesthesia; Risk assessment; Risk prediction; Complication; American Society of Anesthesiologists Physical Status Classification

Fund program: The Science and Technology Innovation Project in Nanjing Military Region (MS038)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4378.2019.01.00

术前对患者进行风险评估, 实现分级管理, 是控制风险和确保安全的有效措施, 已获共识和广泛实践^[1-5]。美国麻醉学协会的患者体质分级标准 (American Society of Anesthesiologists Physical Status Classification, ASA-PS) 是最常用的评估工具。许多资料显示, ASA-PS 与术后并发症和病死率关系密切^[6-8], 但 ASA-PS 也有一些缺陷, 如太过简单, 不包含麻醉和手术成分等^[9-10]。手术患者的风险主要来自于患者本身、疾病、麻醉和手术等因素, 为优化术前风险评估方法, 提高评估和预测效力, 我们建立了一种以病情-麻醉-手术元素组成的三位一体风险评估方法, 用来预测术中血管并发症。

1 资料和方法

1.1 一般资料

本研究纳入 2016 年 1 月—2016 年 12 月中国人民解放军第七十一集团军医院各科手术患者 3 543 例, 男 2 063 例, 女 1 480 例, 年龄 13~75 岁。本研究经中国人民解放军第七十一集团军医院伦理委员会批准通过。

1.2 麻醉和麻醉管理

常规实施术前准备、根据选定麻醉方法实施麻醉和麻醉管理。常规监测 BP、HR、ECG 和 SpO₂, 中、大型手术监测有创动静脉压、P_{ET}CO₂、BIS 等项目。为排除麻醉医师资质和技术对术中并发症判断和处理的影响, 麻醉均有副高级职称以上医师参与。

1.3 观察指标

术中常规进行麻醉记录, 标记并发症或事件、用药和处理措施。麻醉完成后, 依据麻醉单记录补充、完善患者术中相关资料, 并对数据小结和登记。

术中心血管并发症指患者入室至离开手术室前新发的心血管并发症, 包括严重低血压和严重高血压 [SBP 降低或增加 >30% 或 SBP <80 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa) 或 >180 mmHg]、心动过缓 (HR <40 次/min) 和心动过速 (>120 次/min), BP 和 HR 改变需持续 5 min 以上, 室性期前收缩 (premature ventricular contraction, PVC) >5 次/min。排除人为和设备相关不良事件 (如麻醉、手术和护理错误、用药错误、药物或输血过敏以及输血错误等)。

1.4 风险评估方法

采用 ASA-PS 方法 (2014) 评估病情和体质状况^[11], 以 Carrillo 等^[6]方法进行麻醉和手术分级。ASA-PS 方法 (I 级, 平素健康, 无系统性疾病; II 级, 轻度系统性疾病; III 级, 中度系统性疾病; IV 级, 严重系统性疾病, 威胁生命; V 级, 濒死患者, 如果不手术, 难以生存; VI 级, 脑死亡患者, 器官捐赠摘除术)。各方法将风险水平分为 1~5 个等级, 1 代表最低风险, 5 代表最高风险 (表 1、表 2)。

表 1 手术分级标准^[6]

分级	定义
S1	门诊手术、体表小手术以及内镜手术等
S2	简单手术, 单一器官或系统进行的手术
S3	复合大手术; 尽管单一器官或系统, 但还需做附加手术或潜在出血, 如脾切除术+门脉分流术
S4	多个器官或系统的多个大手术、大血管手术、潜在大出血, 长时间手术
S5	救命性手术, 有死亡的危险

注: S2、S3、S4 若为急诊手术自动向后靠 1 级

表 2 麻醉分级标准^[6]

分级	定义
A1	局部麻醉
A2	区域阻滞 (臂丛、颈丛、神经阻滞)、低位蛛网膜下腔麻醉, 镇静或不镇痛
A3	硬膜外麻醉、蛛网膜下腔-硬膜外联合麻醉、高平面蛛网膜下腔麻醉、全身麻醉, 用血管活性药物、辅助麻醉药或拮抗剂。单一麻醉技术
A4	与 A3 类似; 高位硬膜外麻醉、全身麻醉+其他麻醉; 麻醉时间超过 2 h, 有下列情况 1 项以上: 插管困难、术中唤醒、双腔气管插管、单肺通气、特殊机械通气、纤维支气管镜、Swan-Ganz 导管、体外循环、低温、控制性降压或心肺复苏
A5	病情危重, 只实施一些抢救性措施, 可供选择的麻醉方法有限

首先, 根据各方法所包括的元素和评估标准制作风险评估量表, 于术前访视时填写和收集资料, 由担负麻醉的所有麻醉医师进行风险评估和分级。记录基础疾病等风险因素。研究数据于术前和术后录入自行开发的“麻醉风险评估和分级管理平台”, 进行计算和评估。统计分析时以 Excel 格式导出。

1.5 统计学分析

采用 SPSS 22.0 统计学软件进行数据处理。用 ASA-PS 对患者病情和体质状况进行评估, 将病情-麻醉-手术元素与术中心血管并发症进行二元逻辑

分析, 获得三元素与术中心血管并发症的回归系数。利用 Logistic 回归方程, 建立病情-麻醉-手术三位一体风险评估方法或数学模型。分别用三位一体和 ASA-PS 方法对术中并发症进行预测并比较。以受试者工作特征曲线 (receiver operating characteristic curve, ROC) 及其曲线下面积 (area under the ROC curve, AUROC) 评估模型预测术中并发症的效力和拟合度。

2 结果

2.1 一般资料

各科择期手术患者 3 543 例, 其中男 2 063 例, 女 1 480 例, 年龄 (43±27) 岁, 身高 (161±19) cm, 体重 (61±20) kg, 麻醉时间 (2.9±1.2) h, 手术时间 (2.4±1.4) h。麻醉方法包括全身麻醉 1 545 例, 蛛网膜下腔-硬膜外联合麻醉 1 549 例, 臂丛和颈丛阻滞等 449 例。

2.2 术中心血管并发症发生情况

术中共发生心血管并发症 311 例 (8.78%)。并发症发生率随 ASA-PS 等级的增加而增加。ASA-PS I 级和 ASA-PS II 级病例并发症发生率接近, 约 5%, 而后 ASA-PS 每增加 1 级, 发生率约增加 20% (表 3)。术中心血管并发症主要为 BP 和 HR 改变 (表 4)。

表 3 ASA-PS 分级以及术中心血管并发症发生率 [例 (%)]

ASA-PS 等级	例数	发生并发症
I 级	846(23.88)	36(4.26)
II 级	2 074(58.54)	105(5.06)
III 级	453(12.79)	102(22.52)
IV 级	142(4.01)	51(35.92)
V 级	28(0.79)	17(60.71)
合计	3 543(100)	311(8.78)

注: ASA-PS: 美国麻醉学协会的患者体质分级标准

表 4 术中心血管并发症发生情况

术中并发症	例数 [例 (%)]
严重低血压	165(53.05)
严重高血压	78(25.08)
心动过缓	48(15.43)
心动过速	10(3.22)
室性期前收缩 > 5 次/min	8(2.57)
合计	311(100)

2.3 三位一体方法的元素或 ASA-PS 与术中并发症二元逻辑分析结果

用三位一体 (病情-麻醉-手术) 方法或 ASA-PS

对患者进行评估, 各元素与术中并发症二元逻辑分析结果见表 5。三位一体方法中 3 种元素对术中心血管并发症的贡献依次为病情、麻醉和手术, 回归系数分别为 0.886、0.508、0.268; ASA-PS 回归系数为 1.089。

2.4 建立病情-麻醉-手术三位一体预测模型

分别将三位一体方法或 ASA-PS 各元素的回归系数代入二元逻辑回归方程

$$\text{logit}(X) = \beta_0 + \beta_1 M_1 + \dots + \beta_n M_n$$

根据三位一体方法的回归系数, 术中心血管并发症预测公式:

$$\text{logit}(P) = -6.298 + 0.886 \times \text{ASA-PS 等级} + 0.508 \times \text{麻醉等级} + 0.268 \times \text{手术等级}$$

根据 ASA-PS 的回归系数, 术中心血管并发症预测公式:

$$\text{logit}(P) = -4.758 + 1.089 \times \text{ASA-PS}$$

术中心血管并发症发生概率适用公式

$$P = \frac{1}{1 + e^{-g(X)}}$$

$P < 0.5$, 术中并发症发生可能性小; $P \geq 0.5$, 术中并发症发生可能性大。

分别用三位一体方法和 ASA-PS 预测术中并发症, 预测结果及其效力见表 6。尽管三位一体方法预测术中并发症发生例数跟实际发生例数有距离, 但效力远大于 ASA-PS 方法。

表 6 ASA-PS 模型和三位一体方法预测术中并发症及其效力比较 (例)

方法	病例数	并发症发生例数	预测发生例数	实际发生例数
三位一体方法	3 543	311	214	130
ASA-PS 方法	3 543	311	28	19

注: ASA-PS: 美国麻醉学协会的患者体质分级标准

三位一体方法预测术中并发症的 AUROC 为 0.809, ASA-PS 的 AUROC 为 0.732, 提示三位一体方法的拟合度好于 ASA-PS 方法 (图 1)。

3 讨论

目前, 麻醉手术风险评估多以疾病以及疾病对机体生理病理影响的评估为主, 而就手术和麻醉对风险的贡献考虑较少^[12]。实际上, 手术的性质、大小、时间、类型、部位和损伤程度及范围等对机体的影响差别很大, 麻醉也是如此。因此, 对手术患者来说, 单独地评估病情是不全面的, 况且病情、麻醉、手术等对人体的损害作用不是孤立的, 这种作用还

表 5 两种方法中各元素与术中并发症二元逻辑分析结果

元素	回归系数 (B)	标准误 (SE)	P 值	比值比 [Exp(B)]	95%CI		
					下限	上限	
三位一体	病情(ASA-PS)	0.886	0.080	0.000	2.425	2.074	2.836
	麻醉	0.508	0.104	0.000	1.662	1.354	2.038
	手术	0.268	0.113	0.000	1.308	1.047	1.633
	常量	-6.298	0.254	0.000	0.002		
ASA-PS	ASA-PS	1.089	0.069	0.000	2.972	2.598	3.339
	常量	-4.758	0.183	0.000	0.009		

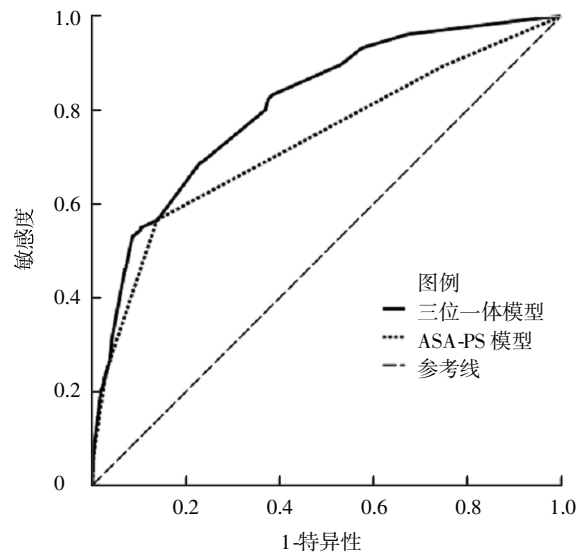
注:ASA-PS:美国麻醉学协会的患者体质分级标准

会相互促进和放大。Aust 等^[7]报道,引入手术复杂程度参数可使术后并发症和病死率预测的精度进一步改善。尤其一些外科围手术期风险预测方法中手术参数占比重较大,如生理改变-手术干扰程度对病死率影响的评估系列方法^[4]。

结果显示,三位一体方法中 3 种元素对术中心血管并发症的贡献大小依次为病情、麻醉和手术元素。病情-麻醉-手术三位一体方法综合考虑这些因素,通过二元逻辑回归统计学分析,将多元素融合一体,产生对术中风险预测的数学模型,实现综合性风险量化评估,预警术中并发症的发生,促进对手术患者风险分级管理和风险控制。本研究对病情、麻醉和手术 3 种元素的风险评估都采用 5 级分级法,不仅使评估、分级和计算统一、方便,而且也便于风险分级管理。同时,用自主开发的软件,直接输入三元素评估结果,立即获得术中并发症的发生概率,综合风险水平并以色阶标识。也可以在 Excel 下编辑公式运算,将三元素分值直接输入,便可自动获得概率值^[12]。

就对病情的评估而言,有许多方法,这些方法需要较多临床数据,应用略显复杂,且多把术后 30 d 并发症和病死率作为靶结局观察^[13]。ASA-PS 是最简单的方法,在世界范围内广泛应用,甚至已成为业界常规,且修订后的 ASA-PS 添加了分级判断的辅助信息,改善了一些限制^[11]。因此,建立病情-麻醉-手术三位一体方法中选择了 ASA-PS 来评估病情。

许多研究表明,ASA-PS 水平与围手术期并发症和病死率关系密切。Rix 和 Bates^[8]的综述资料显示,老年患者急诊手术后病死率随 ASA-PS 等级几乎成倍数形式增加。本研究显示术中心血管并发症随 ASA-PS 等级而增加,风险等级越高,并发症发生率越高。ASA-PS I 级和 ASA-PS II 级病例并发症



注:AUROC:ROC 曲线下面积;ROC:受试者工作特征曲线;

ASA-PS:美国麻醉学协会的患者体质分级标准

图 1 两种方法预测术中并发症的 AUROC

发生率接近,约 5%,而后 ASA-PS 每增加 1 级,并发症发生率增加约 20%,ASA-PS V 级病例中并发症发生率达 70%。因此,以 ASA-PS 方法进行麻醉分级管理或预测结局时,对高 ASA-PS 等级者,要进行周密的计划,充分的准备,谨慎地实施麻醉和麻醉管理,尤其是 ASA-PS III 级以上病例。

ASA-PS 通常以等级和百分数形式表示风险的发生率,但为了与三位一体方法比较,ASA-PS 也根据二元逻辑回归系数建立了术中并发症预测模型。ASA-PS 模型方法预测术中心血管并发症的敏感度低,把预测概率 0.5 作为界点,预测心血管并发症只有 28 例,相当于 ASA-PS \geq V 级才能被预测为阳性。换句话说,在有并发症的病例中,如果 ASA-PS < V 级都会被漏诊。ASA-PS 模型方法预测术中并发症容易漏诊的原因可能与 ASA-PS I 级和 ASA-PS II 级病例占比大有关。三位一体方法的 AUROC 为 0.809,提示其拟合度好于 ASA-PS 模型方法(AUROC

为 0.732)。有学者用生理改变-手术干扰程度对病死率影响的评估、ASA-PS 等 6 种经典风险评估工具预测术后 30 d 病死率, AUROC 在 0.432~0.700^[14-16], 与此相比, 三位一体方法预测术中并发症的预测效力可以被接受。ASA-PS 以分级风险评估较好, 不适合这种模型方法。

随着手术方式、麻醉技术、麻醉药物更新等因素, 术中常见并发症谱也发生了变化, 此研究的目的是尝试了解术中血管并发症发生情况, 这是麻醉医师首先和直接面临的问题, 需要立即干预和处理。术中血管并发症主要发生在麻醉诱导期^[17], 此时手术尚未开始, 手术元素对机体的影响还未产生, 这大概能够解释此研究中三位一体方法对术中血管并发症的贡献时, 病情和麻醉大于手术元素的现象。必须强调, 本研究是以术中血管并发症作为靶研究目标, 而对术后长期(通常为术后 30 d)并发症可能是另外的结果。当然, 对术后短期或长期并发症的发生率同样重要, 也是我们研究计划的一部分。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Grossmann E, Ninke T, Probst S, et al. Perioperative evaluation and treatment of cardiovascular risk patients for noncardiac surgery: Guidelines of the European Society of Cardiology/European Society of Anaesthesiology 2014[J]. *Anaesthesist*, 2015, 64(4): 324-328. DOI:10.1007/s00101-015-2422-3.
- [2] Thanavaro JL. Cardiac risk assessment: decreasing postoperative complications[J]. *AORN J*, 2015, 101(2): 201-212. DOI:10.1016/j.aorn.2014.03.014.
- [3] Fleisher LA, Fleischmann KE, Auerbach AD, et al. 2014 ACC/AHA guideline on perioperative cardiovascular evaluation and management of patients undergoing noncardiac surgery: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines [J/OL]. *Circulation*, 2014, 130(24): e278-e333. DOI:10.1161/CIR.000000000000106.
- [4] Saeidimehr S, Ebadi A, Kalantari F, et al. A validation study for POSSUM and EuroSCORE as a predictor of mortality after selective cardiac surgery[J]. *Acta Med Indones*, 2015, 47(1): 38-44.
- [5] Moonesinghe SR, Mythen MG, Das P, et al. Risk stratification tools for predicting morbidity and mortality in adult patients undergoing major surgery: qualitative systematic review [J]. *Anesthesiology*, 2013, 119 (4): 959-981. DOI:10.1097/ALN.0b013e3182a4e94d.
- [6] Carrillo P, González A, Escoboza R, et al. Perioperative risk evaluation [J]. *The Internet Journal of Anesthesiology*, 2004, 8(2): 1-8.
- [7] Aust JB, Henderson W, Khuri S, et al. The impact of operative complexity on patient risk factors [J]. *Ann Surg*, 2005, 241(6): 1024-1027, discussion 1027-1028. DOI:10.1097/01.sla.0000165196.32207.dd.
- [8] Rix TE, Bates T. Preoperative risk scores for the prediction of outcome in elderly people who require emergency surgery[J/OL]. *World J Emerg Surg*, 2007, 2: 16. DOI:10.1186/1749-7922-2-16.
- [9] Malde AD. Anaesthesia risk stratification: time to think beyond American Society of Anesthesiologists Physical Status Classification [J]. *Indian J Anaesth*, 2011, 55 (5): 542-544. DOI:10.4103/0019-5049.89903.
- [10] ASA physical status classification system[EB/OL]. (2018-10-24) [2018-12-25]. https://en.wikipedia.org/wiki/ASA_physical_status_classification_system.
- [11] ASA House of Delegates/Executive Committee. ASA physical status classification system[S/OL]. (2014.10.15) [2018-12-25]. <https://www.asahq.org/resources/clinical-information/asa-physical-status-classification-system>.
- [12] 徐德朋, 张燕燕, 杨磊, 等. 麻醉风险评估和分级管理的软件开发和应用[J]. *国际麻醉学与复苏杂志*, 2017, 38(4): 347-355. DOI:10.3760/cma.j.issn.1673-4378.2017.04.012.
- [13] 江学成. 麻醉和手术风险数字化评估方法解读 [J]. *临床麻醉学杂志*, 2007, 22(11): 947-949. DOI:10.3969/j.issn.1004-5805.2007.11.028.
- [14] Warnell I, Chincholkar M, Eccles M. Predicting perioperative mortality after oesophagectomy: a systematic review of performance and methods of multivariate models [J]. *Br J Anaesth*, 2015, 114 (1): 32-43. DOI:10.1093/bja/aeu294.
- [15] Bosch DJ, Pultrum BB, de Bock GH, et al. Comparison of different risk-adjustment models in assessing short-term surgical outcome after transthoracic esophagectomy in patients with esophageal cancer [J]. *Am J Surg*, 2011, 202 (3): 303-309. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2011.04.003.
- [16] Dawe EJ, Lindisfarne E, Singh T, et al. Sembo score predicts survival after intracapsular hip fracture in the elderly[J]. *Ann R Coll Surg Engl*, 2013, 95 (1): 29-33. DOI:10.1308/003588413X13511609954653.
- [17] 徐德朋, 张燕燕, 王超, 等. Hussman 病情和体质状况评估方法预测围术期并发症[J]. *临床麻醉学杂志*, 2017, 33(6): 546-549.

(本文编辑: 华云)