

• 临床研究 • doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2025.10.030

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20250818.1111.002\(2025-08-18\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20250818.1111.002(2025-08-18))

基于广义相加模型的非体外循环冠状动脉搭桥术后谵妄的影响因素分析

何 烨,王 维,沈洁芳

(上海交通大学医学院附属瑞金医院手术室,上海 200025)

[摘要] **目的** 本研究基于广义相加模型(GAM),全面剖析各因素与非体外循环冠状动脉搭桥(OPCAB)术后谵妄间的非线性关系,建立早期预警识别模式,为制订相对应的干预措施提供理论依据。**方法** 选取该院心脏外科收治的 OPCAB 手术的 431 例患者,收集其横断面研究数据,通过重症监护病房意识模糊评估量表(CAM-ICU)评估术后谵妄,根据评估结果将患者分为谵妄组与非谵妄组。使用线性模型进行拟合,判断各变量与术后谵妄间的关联性,使用 Lasso 逻辑回归模型筛选与术后谵妄明显相关的变量,通过 GAM 进一步分析捕捉相关变量与术后谵妄间的关系。**结果** 谵妄组年龄、术前白蛋白、术前 N-末端 B 型利钠肽原(NT-proBNP)、术前左心室射血分数(LVEF)、术前糖化血红蛋白(HbA1c)、机械通气时间、ICU 停留时间、术前合并脑血管疾病、术前合并糖尿病、术前合并贫血、术前合并周围血管疾病、术中输血、术后电解质紊乱情况与非谵妄组比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。Lasso 逻辑回归模型分析结果发现,年龄、术前 HbA1c、术前合并周围血管疾病、术后电解质紊乱与 OPCAB 术后谵妄存在曲线关联($P<0.05$)。GAM 分析结果进一步证实了年龄、术前 HbA1c、术前合并周围血管疾病、术后电解质紊乱与 OPCAB 术后谵妄的曲线关联关系($P<0.05$),年龄、术前 HbA1c 存在饱和效应,术前合并周围血管疾病、术后电解质紊乱存在正向关联关系。**结论** 年龄、术前 HbA1c 与 OPCAB 术后谵妄存在曲线关联关系,并存在饱和效应;术前合并周围血管疾病、术后电解质紊乱与 OPCAB 术后谵妄存在正向曲线关联关系。

[关键词] 广义相加模型;谵妄;非线性;非体外循环冠状动脉搭桥

[中图法分类号] R654.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2025)10-2407-07

Analysis on the influencing factors of postoperative delirium after off-pump coronary artery bypass grafting based on generalized additive model

HE Ye, WANG Wei, SHEN Jiefang

(Operating Room, Ruijin Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025, China)

[Abstract] **Objective** Based on the generalized additive model (GAM), this study comprehensively analyzes the nonlinear relationships between various factors and postoperative delirium after off-pump coronary artery bypass grafting (OPCAB), aiming to establish an early warning identification model and provide a theoretical basis for developing corresponding intervention measures. **Methods** A total of 431 patients who underwent OPCAB surgery in the Department of Cardiac Surgery of this hospital were selected, and their cross-sectional study data were collected. Postoperative delirium was assessed using the confusion assessment method for the intensive care unit (CAM-ICU). Based on the assessment results, patients were divided into the delirium group and the non-delirium group. Linear models were used for fitting to determine the association between variables and postoperative delirium. Lasso logistic regression model was employed to screen for variables which significantly associated with postoperative delirium. The GAM was further used to analyze and capture the relationships between the relevant variables and postoperative delirium. **Results** Statistically significant differences ($P<0.05$) were observed between the delirium group and the non-delirium group in terms of age, preoperative albumin level, preoperative N-terminal pro-B-type natriuretic peptide (NT-proBNP), preoperative left ventricular ejection fraction (LVEF), preoperative glycated hemoglobin (HbA1c), duration of mechanical ventilation, ICU stay, preoperative comorbidities (peripheral vascular disease, diabetes, anemia, pe-

ipheral vascular disease), intraoperative blood transfusion, and postoperative electrolyte disturbances. The Lasso regression analysis identified curved relationships ($P < 0.05$) between postoperative delirium and age, preoperative HbA1c, preoperative peripheral vascular disease, and postoperative electrolyte disturbances. The GAM results further confirmed the curved relationships of age, preoperative HbA1c, preoperative peripheral vascular disease, and postoperative electrolyte disturbances with postoperative delirium ($P < 0.05$). Saturation effects were observed for age and preoperative HbA1c, while positive associations were found for preoperative peripheral vascular disease and postoperative electrolyte disturbances. **Conclusion** Age and HbA1c exhibit curved relationships with postoperative delirium after OPCAB, and exhibit saturation effects. Preoperative peripheral vascular disease and postoperative electrolyte disturbances show positive curved relationships with postoperative delirium after OPCAB.

[Key words] generalized additive model; delirium; nonlinear; off-pump coronary artery bypass grafting

谵妄是以患者意识清晰度下降、定向力受损、显著的精神运动性兴奋、感知觉障碍为主要临床表现的一组器质性精神障碍症状群^[1]。术后谵妄是谵妄的一种临床特殊类型,指患者在经历外科手术后出现的急性脑功能障碍,是一种以注意力障碍和认知功能急性损害为主要特征的神经精神综合征,也是 ICU 内较为常见的术后并发症之一。术后谵妄发生范围较广,有研究报道心脏手术术后谵妄的发生率在 3.0%~54.9%^[2-5],总体呈现高发生率态势。术后谵妄虽然常被视为一种短暂的脑功能紊乱,多数患者可以完全康复,但近年来的研究显示,其影响可能更为深远。研究表明,术后谵妄不仅与长期的认知功能下降^[6]和非认知疾病风险增加^[7]有关,它还会降低患者的生活质量。此外,该症状还会对患者的术后恢复产生不利影响,包括:延长患者机械通气时间^[8]、增加住院时间^[9]、提高并发症发生率和 ICU 病死率^[10]。部分患者甚至需要转至其他医疗机构进行后续康复治疗^[9,11],这不仅加重了患者及其家庭的经济和心理负担,还可能成为医患纠纷的潜在诱因,因此术后谵妄已成为影响手术预后及护理的一大难题。

目前针对术后谵妄的研究多基于线性关联分析,而广义相加模型(generalized additive models, GAM)作为广义线性模型的非参数扩展,能够更灵活地刻画因变量和多个自变量间的潜在非线性关系,相较于传统方法, GAM 的优势在于可根据不同变量的特征采用差异化的策略建模,从而更准确地揭示变量间的复杂关联^[12]。有研究显示,对于单纯冠状动脉旁路移植患者,非体外循环冠状动脉搭桥(off-pump coronary artery bypass surgery, OPCAB)可降低术后谵妄的发生率^[13],但临床上因患者本身和围手术期并发症、护理等多种促发因素, OPCAB 术后谵妄仍很常见。因此,本研究采用 GAM 来分析 OPCAB 术后谵妄的影响因素,以揭示两者之间的非线性关系,为 OPCAB 术后谵妄的预测模型建立提供新思路。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2021 年 1 月至 2022 年 8 月上海某三级甲等医院心脏外科收治的 457 例 OPCAB 手术患者为研究对象,其中 26 例患者因不符合入选标准而被排除,最终有效样本数为 431 例。纳入标准:(1)择期行 OPCAB 手术;(2)自愿参与本研究;(3)无重要脏器损伤。排除标准:(1)术前有精神病、痴呆、抑郁或其他神经疾病;(2)术前已发生过谵妄;(3)病历资料不完整。本研究将对患者所有资料严格保密,本研究已通过本院伦理委员会审批[审批号:(2021 临伦审第 14 号)],免除患者知情同意。

1.2 方法

1.2.1 基本信息收集

通过结合文献回顾、临床专家经验及研究实施的客观条件,由研究者自行编制了 OPCAB 术后临床资料调查表,包括被研究者的性别,年龄,术前 BMI、LVEF、N-末端 B 型利钠肽原(N-terminal pro-B-type natriuretic peptide, NT-proBNP)、白蛋白、糖化血红蛋白(glycated hemoglobin, HbA1c),术前合并症(脑血管疾病、高血压、糖尿病、高脂血症、贫血、周围血管疾病、肾功能不全)、术中输血、手术时间、机械通气时间、ICU 停留时间、术后电解质紊乱,由研究者从临床病历记录及医院病史系统中获取。

1.2.2 ICU 意识模糊评估量表(confusion assessment method for the intensive care unit, CAM-ICU)

该量表由 ELY 等^[14]于 2001 年根据金标准《心理障碍诊断与统计手册·第四版》(diagnostic and statistical manual of mental disorders, fourth edition, DSM-IV)在谵妄评估方法(confusion assessment method, CAM)的基础上进行改良而产生的简便有效的评估量表,评估内容包括 4 个关键特征:(1)精神状态急性发作或波动过程;(2)注意力不集中;(3)思维混乱;(4)意识水平改变。评估时如果患者同时存

在(1)和(2),并且存在(3)或/和(4),则诊断为谵妄阳性;该量表的评分标准具有较高的客观性,结果可靠,被认为是目前心脏外科术后应用最为广泛的谵妄筛查工具之一。经验证该量表的灵敏度在 93%~100%,特异度在 98%~100%。根据评估结果,将患者分为谵妄组与非谵妄组。使用该量表评估谵妄前先进行里士满躁动-镇静量表(Richmond agitation-sedation scale,RASS)评估镇静与躁动,RASS 以 0 为中点值,分值范围从-5~4 分,负分值表示镇静程度,正分值表示躁动程度。患者入住 ICU 期间,使用 CAM-ICU 每 8 小时对患者进行一次谵妄评估。

1.2.3 数据质量控制

患者基线资料的收集由研究者完成,对符合纳入标准的患者由专人进行术后谵妄的评估。研究前对谵妄评估的研究人员进行结构化的培训,包括评估工具使用方法、对术后谵妄的诊断、对各项指标的采集方法。观察终点为患者转科、出院或死亡;所有数据由两人进行重复录入,尽量避免个人失误造成的偏倚。对于基线资料中存在缺失值的样本做删除处理。

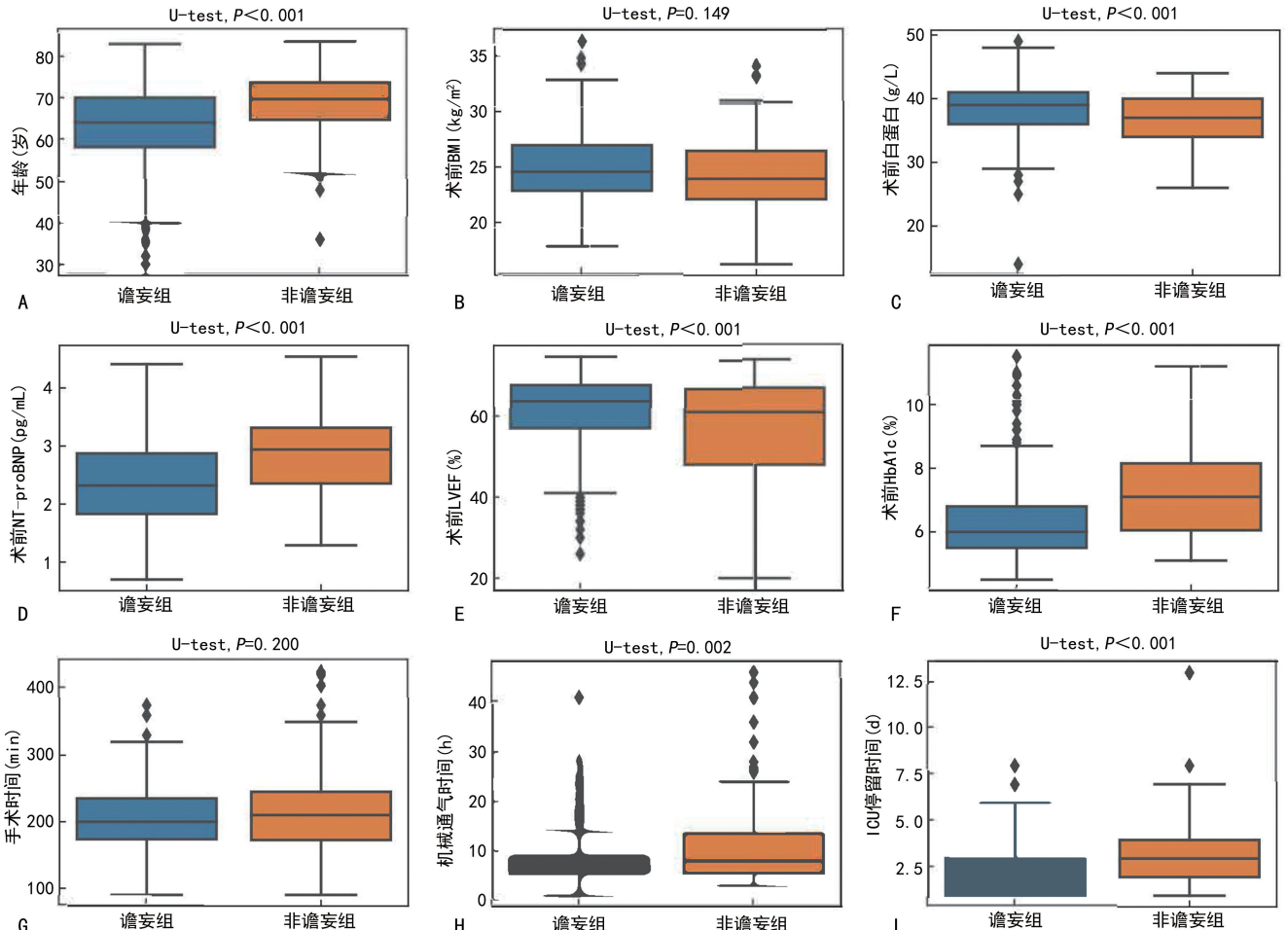
1.3 统计学处理

采用 SPSS26.0、Python3.10 软件进行数据处理,对变量 NT-proBNP 进行 log 转换,采用 Kolmogorov-Smirnov 方法对计量资料进行正态性检验。不符合正态分布的计量资料采用 $M(Q_1,Q_3)$ 进行描述,组间比较采用 U 检验。计数资料以频数或百分比表示,组间比较采用 χ^2 检验。使用 Lasso 逻辑回归模型中二项分布(BinomialDist)和 Logit 连接函数(LogitLink)来选择与术后谵妄明显相关的特征因素,GAM 分析采用了平滑函数处理术后谵妄与相关因素的关系,通过正则化参数控制平滑程度,以 $P<0.05$ 差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组临床资料比较

纳入的所有患者中 107 例发生谵妄,占比 24.83%,归为谵妄组,其余患者为非谵妄组;经单因素分析,谵妄组年龄、术前白蛋白、术前 NT-proBNP、术前 LVEF、术前 HbA1c、机械通气时间、ICU 停留时间、术前合并脑血管疾病、术前合并糖尿病、术前合并贫血、术前合并周围血管疾病、术中输血、术后电解质紊乱情况与非谵妄组比较,差异有统计学意义($P<0.05$),见图 1、表 1。



A: 年龄;B: 术前 BMI;C: 术前白蛋白;D: 术前 NT-proBNP;E: 术前 LVEF;F: 术前 HbA1c;G: 手术时间;H: 机械通气时间;I: ICU 停留时间。
图 1 两组 OPCAB 术后谵妄相关因素(计量资料)的箱式图比较

2.2 Lasso 逻辑回归模型拟合各相关变量与 OPCAB 术后谵妄的关系

使用 Lasso 逻辑回归模型对各指标进行拟合,评估每个变量与 OPCAB 术后谵妄间的关系。结果显示,年龄、术前 HbA1c、手术时间、术前合并周围血管疾病、术后电解质紊乱与 OPCAB 术后谵妄相关,差异有统计学意义($P<0.05$),见表 2。

表 1 两组 OPCAB 术后谵妄相关因素(计数资料)比较[n(%)]

项目	谵妄组 (n=107)	非谵妄组 (n=324)	χ^2	P
性别			3.149	0.076
男	76(71.0)	257(79.3)		
女	31(29.0)	67(20.7)		
术前合并脑血管疾病			4.741	0.029
是	30(28.0)	59(18.2)		
否	77(72.0)	265(81.8)		
术前合并高血压			0.982	0.322
是	80(74.8)	226(69.8)		
否	27(25.2)	98(30.2)		
术前合并糖尿病			20.746	<0.001
是	69(64.5)	127(39.2)		
否	38(35.5)	197(60.8)		
术前合并高脂血症			1.039	0.308
是	17(15.9)	66(20.4)		
否	90(84.1)	258(79.6)		
术前合并贫血			17.127	<0.001
是	42(39.3)	63(19.4)		
否	65(60.7)	261(80.6)		
术前合并周围血管疾病			24.324	<0.001
是	40(37.4)	49(15.1)		
否	67(62.6)	275(84.9)		
术前合并肾功能不全			1.523	0.217
是	12(11.2)	24(7.4)		
否	95(88.8)	300(92.6)		
术中输血			16.431	<0.001
是	23(21.5)	24(7.4)		
否	84(78.5)	300(92.6)		
术后电解质紊乱			20.708	<0.001
是	14(13.1)	7(2.2)		
否	93(86.9)	317(97.8)		

2.3 OPCAB 术后谵妄影响因素的 GAM 分析

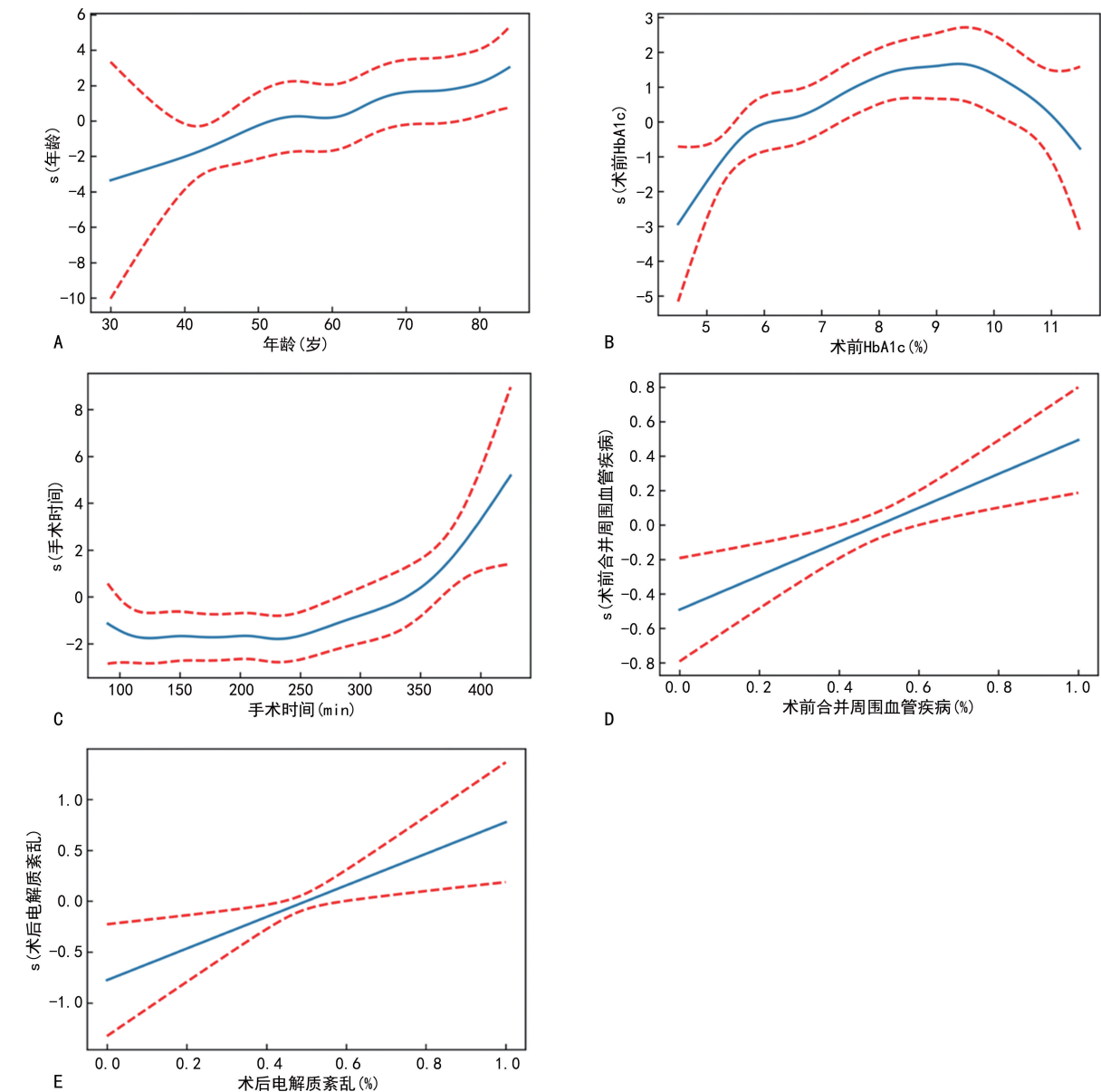
通过绘制上述差异有统计学意义的因素指标与 OPCAB 术后谵妄间的散点图,并拟合低度数的多项式回归曲线,来进一步验证各指标与 OPCAB 术后谵妄间是否存在线性关系。将与 OPCAB 术后谵妄有关的各指标纳入模型,仅对存在非线性关联的指标进行 s(x)函数处理,结果发现,年龄、术前 HbA1c、术前合并周围血管疾病与术后电解质紊乱与 OPCAB 术后谵妄存在曲线关联关系,差异有统计学意义($P<0.01$);手术时间也表现为曲线关联关系,但差异无统计学意义($P>0.05$)。其中年龄、术前 HbA1c 存在饱和效应,术前合并周围血管疾病、术后电解质紊乱存在正向关联,见表 3、图 2。

表 2 OPCAB 术后谵妄的 Lasso 逻辑回归模型拟合分析

项目	λ	P
截距	-0.037	<0.001
年龄	0.039	<0.001
术前 BMI	-0.070	0.794
术前白蛋白	-0.092	0.737
术前 NT_proBNP	0.004	0.072
术前 LVEF	-0.034	0.510
术前 HbA1c	0.382	0.001
手术时间	0.003	0.038
机械通气时间	0.041	0.156
ICU 停留时间	0.119	0.383
性别	0.101	0.530
术前合并脑血管疾病	0.008	0.898
术前合并高血压	0.070	0.680
术前合并糖尿病	0.086	0.983
术前合并高脂血症	-0.012	0.817
术前合并贫血	0.058	0.206
术前合并周围血管疾病	0.474	0.009
术前合并肾功能不全	-0.041	0.366
术中输血	0.051	0.766
术后电解质紊乱	0.163	0.036

表 3 相关指标对 OPCAB 术后谵妄影响的 GAM 检验

项目	有效自由度	P
s(年龄)	7.4	<0.01
s(术前 HbA1c)	6.7	<0.01
s(手术时间)	5.8	0.28
s(术前合并周围血管疾病)	0.9	<0.01
s(术后电解质紊乱)	0.8	<0.01



A: 年龄; B: 术前 HbA1c; C: 手术时间; D: 术前合并周围血管疾病; E: 术后电解质紊乱。

图 2 OPCAB 术后谵妄相关因素的 GAM 分析

3 讨 论

OPCAB 术后谵妄的发生与不良临床结局相关^[15],这使得早期识别术后谵妄的高危人群、明确术后谵妄的危险因素并实施有效预防措施变得尤为重要。然而,现有研究在分析相关因素时,往往未能同时考虑变量间的线性和非线性关联特征。本研究首次应用了 Lasso 逻辑回归和 GAM 模型,分析了 OPCAB 术后谵妄的关联因素,综合运用了不同研究方法的优点,结果更具可靠性,目前尚未见相关文献报道。本研究发现年龄、术前 HbA1c、术前合并周围血管疾病、术后电解质紊乱与 OPCAB 术后谵妄存在曲线关联关系。

研究显示,年龄与 OPCAB 术后谵妄间存在明显的曲线关联关系,随着年龄的增加,谵妄的风险有两次增加的趋势。根据 GAM 分析,年龄增加到 55 岁阶段和 80 岁阶段,对 OPCAB 术后谵妄发生的影响均达

到了饱和效应,这可能与中年患者群体面临较大的家庭压力有关。此外,疾病进展及手术应激反应可能加剧焦虑等负面心理状态^[16]。因此,临床医护人员在诊疗和护理的过程中,应重视与患者的充分沟通,详细向其解释病情及治疗方案,同时鼓励家庭成员参与照护,早期实施心理干预,这可能有助于降低 OPCAB 术后谵妄的发生风险。另外,随着年龄的增大,老年患者神经调节功能逐渐衰退,大脑及其他重要脏器代偿能力减弱,糖代谢效率降低,缺氧耐受能力也随之变差,同时,高龄患者常合并多种慢性基础疾病,围手术期出现低氧血症等生理病理变化,这些因素共同作用,进一步提高了 OPCAB 术后谵妄的发生风险^[17]。有研究表明,谵妄的发生机制涉及大脑对外周炎症的异常反应,这一病理生理过程在不同类型的谵妄中均起关键作用^[18],值得注意的是,高龄(≥ 80 岁)患者由于脑功能储备明显降低,加之对手术、麻醉等应激源

的适应能力和生理调节能力减弱,其神经系统对外周炎症刺激的敏感性明显增高,从而导致术后谵妄的发生风险明显上升^[19-20],这与本研究结果相一致。因此临床上有必要加强对该两个年龄段人群 OPCAB 术后精神状态的监测。

本研究还显示,术前 HbA1c 与 OPCAB 术后谵妄间也存在明显的曲线关联关系。根据 GAM 结果分析,与术前 HbA1c 介于 6%~8% 的 OPCAB 患者比较,术前 HbA1c<6.0% 及 HbA1c>8.0% 的患者 OPCAB 术后谵妄发生率明显增高。作为机体最重要的能量底物,葡萄糖为包括神经细胞在内的多种组织细胞提供代谢支持。值得注意的是,脑组织虽然仅占体重的 2%,却消耗了全身约一半的葡萄糖供给,其功能活动高度依赖于血糖水平的稳定,研究表明,无论是血糖水平过低还是过高,都可能对中枢神经系统造成不可逆的损伤^[21]。近期一项研究发现,老年住院患者围手术期血糖异常与术后谵妄发生风险存在明显关联,具体而言,应激性高血糖患者谵妄发生率较血糖稳定患者明显升高,而既往出现低血糖病史的患者更容易发展为高血糖状态^[22],对患者预后不利。祁向雯等^[23]报道术前 HbA1c 是老年患者发生术后谵妄的独立危险因素,其潜在机制可能涉及:持续重度高血糖可诱发脑组织的氧化应激和炎症级联反应,进而导致神经元损伤,同时干扰神经递质系统的合成和转运,增加了术后谵妄的发生风险^[24]。许莉等^[25]研究发现,HbA1c 水平的波动可能通过多途径影响认知功能,包括损害视空间处理能力、执行功能、语言表达、计算能力及延迟记忆等认知领域,认为 HbA1c 水平异常与多个认知功能维度的损伤存在关联。因此对于所有手术患者来说,在围手术期保持血糖正常具有很大益处,医护人员应严格把控指标,做好患者的血糖管理。

本研究还发现术前合并周围血管疾病及术后发生电解质紊乱的人群更容易发生 OPCAB 术后谵妄,存在正向关联。术前合并周围血管疾病的患者,一方面可能由于该疾病本身与动脉粥样硬化斑块及血栓造成的动脉管腔狭窄闭塞、负担过重^[26],另一方面由于该类人群血管硬化程度高、微循环障碍严重,表现为四肢或局部血流灌注及氧供不足,导致术后谵妄发生^[27]。术后发生电解质紊乱的人群,可能使机体内乙酰胆碱水平发生变化,致使脑功能发生障碍,从而发生谵妄^[28]。特别是出现低钠和低钾血症的患者,容易诱发机体本身出现中枢神经系统症状,导致脑细胞水肿和神经元兴奋性改变,从而影响神经递质的正常传导和脑功能,如未能及时处理可导致患者昏迷甚至死亡^[29-30]。目前,ICU 医护人员对术后电解质紊乱的问题都比较重视,但处理往往相对滞后,本研究尚未针对哪一类型电解质诱发 OPCAB 术后谵妄进行研究,将在后续研究中进一步完善。

综上所述,本研究使用了 GAM 来探讨 OPCAB 术后谵妄相关因素的特征,发现年龄、HbA1c 与 OPCAB 术后谵妄存在曲线关联关系,且存在饱和效应,术前合并周围血管疾病、术后电解质紊乱对 OPCAB 术后谵妄也存在曲线关联关系,且存在正向关联关系。为临床提供了一个更准确的 OPCAB 术后谵妄预测思路 and 工具。当然,本研究还存在一定的局限性,包括样本的局限性和变量的局限性,可能会对研究结果产生潜在的选择偏差影响。

参考文献

- [1] 张伟英. 冠状动脉旁路移植术后谵妄护理干预方案的研究[D]. 上海:第二军医大学,2014.
- [2] MARISCALCO G, COTTINI M, ZANOBINI M, et al. Preoperative statin therapy is not associated with a decrease in the incidence of delirium after cardiac operations[J]. *Ann Thorac Surg*, 2012, 93(5):1439-1447.
- [3] CEREGHETTI C, SIEGEMUND M, SCHAEDELIN S, et al. Independent predictors of the duration and overall burden of postoperative delirium after cardiac surgery in adults: an observational cohort study[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2017, 31(6):1966-1973.
- [4] BROWN C H, PROBERT J, HEALY R, et al. Cognitive decline after delirium in patients undergoing cardiac surgery[J]. *Anesthesiology*, 2018, 129(3):406-416.
- [5] SMULTER N, LINGEHALL H C, GUSTAFSON Y, et al. Delirium after cardiac surgery: incidence and risk factors[J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2013, 17(5):790-796.
- [6] SACZYNSKI J S, MARCANTONIO E R, QUACH L, et al. Cognitive trajectories after postoperative delirium[J]. *N Engl J Med*, 2012, 367(1):30-39.
- [7] PISANI M A, KONG S Y, KASL S V, et al. Days of delirium are associated with 1-year mortality in an older intensive care unit population[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2009, 180(11):1092-1097.
- [8] 彭晓红, 丁雪茹, 董正惠. 心脏外科重症监护病房 ICU 谵妄发生状况及影响因素分析[J]. *解放军预防医学杂志*, 2019, 37(6):182-183.
- [9] ROBINSON T N, RAEBURN C D, TRAN Z V, et al. Postoperative delirium in the elderly: risk factors and outcomes[J]. *Ann Surg*, 2009, 249(1):173-178.
- [10] 国欣涛, 魏荣伟, 王斌. 冠状动脉搭桥术后谵妄的研究现状[J]. *医学信息*, 2019, 32(10):53-56.

- [11] BALAS M C, HAPP M B, YANG W, et al. Outcomes associated with delirium in older patients in surgical ICUs[J]. *Chest*, 2009, 135(1): 18-25.
- [12] 张云权, 朱耀辉, 李存禄, 等. 广义相加模型在 R 软件中的实现[J]. *中国卫生统计*, 2015, 32(6): 1073-1075.
- [13] 裴锋博, 卫金花, 程兆晶, 等. 体外循环对冠状动脉旁路移植术后谵妄的影响[J]. *中国心血管病研究*, 2021, 19(8): 718-721.
- [14] ELY E W, INOUE S K, BERNARD G R, et al. Delirium in mechanically ventilated patients: validity and reliability of the confusion assessment method for the intensive care unit (CAM-ICU)[J]. *JAMA*, 2001, 286(21): 2703-2710.
- [15] WASSENAAR A, ROOD P, SCHOONHOVEN L, et al. The impact of nursing delirium preventive interventions in the intensive care unit (UNDERPIN-ICU): a study protocol for a multi-centre, stepped wedge randomized controlled trial[J]. *Int J Nurs Stud*, 2017, 68: 1-8.
- [16] TULLY P J, BAKER R A, WINEFIELD H R, et al. Depression, anxiety disorders and type D personality as risk factors for delirium after cardiac surgery[J]. *Aust N Z J Psychiatry*, 2010, 44(11): 1005-1011.
- [17] 范蒙蒙, 马晶茹. 心脏术后继发谵妄的研究进展[J]. *沈阳医学院学报*, 2018, 20(6): 550-553.
- [18] 崔绪芳. 集束化护理干预在预防老年髋关节置换患者术后谵妄中的应用[D]. 济南: 山东中医药大学, 2018.
- [19] KOTFIS K, SZYLINSKA A, LISTEWNIAK M, et al. Early delirium after cardiac surgery: an analysis of incidence and risk factors in elderly (≥ 65 years) and very elderly (≥ 80 years) patients[J]. *Clin Interv Aging*, 2018, 13: 1061-1070.
- [20] MÉNDEZ-MARTÍNEZ C, FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ M N, GARCÍA-SUÁREZ M, et al. Related factors and treatment of postoperative delirium in old adult patients: an integrative review [J]. *Healthcare (Basel)*, 2021, 9(9): 1103.
- [21] SCHEEN A J. Central nervous system: a conductor orchestrating metabolic regulations harmed by both hyperglycaemia and hypoglycaemia[J]. *Diabetes Metab*, 2010, 36(Suppl. 3): S31-38.
- [22] SONG Q, DAI M, ZHAO Y, et al. Association between stress hyperglycemia ratio and delirium in older hospitalized patients: a cohort study[J]. *BMC Geriatr*, 2022, 22(1): 277.
- [23] 祁向雯, 李洪影, 毛珊珊, 等. 术前糖化血红蛋白水平与椎管内麻醉老年患者术后谵妄及认知功能障碍的相关性[J]. *检验医学与临床*, 2023, 20(19): 2822-2825.
- [24] CHEN H, MO L, HU H, et al. Risk factors of postoperative delirium after cardiac surgery: a meta-analysis[J]. *J Cardiothorac Surg*, 2021, 16(1): 113.
- [25] 许莉, 李慧英. 脑梗死急性期患者糖化血红蛋白和纤维蛋白原水平与认知功能障碍的关系[J]. *中华老年心脑血管病杂志*, 2018, 20(6): 627-630.
- [26] NIKOLIĆ B D, PUTNIK S M, LAZOVIC D M, et al. Can we identify risk factors for postoperative delirium in cardiac coronary patients? Our experience[J]. *Heart Surg Forum*, 2012, 15(4): E195-199.
- [27] 苏保童, 王翰宇, 许忆浪, 等. 基于医院病历资料构建老年髋部骨折术后谵妄 Nomogram 预测模型[J]. *中国组织工程研究*, 2021, 25(24): 3844-3849.
- [28] 程文涛, 王照华. ICU 危重症患者发生谵妄的原因分析[J]. *临床和实验医学杂志*, 2015, 14(7): 600-603.
- [29] 王利宏, 徐国红, 韦仙姣, 等. 骨科常见手术术后谵妄的危险因素分析[J]. *中华骨科杂志*, 2015, 35(6): 650-655.
- [30] SHIRVANI F, SEDIGHI M, SHAHZAMANI M. Metabolic disturbance affects postoperative cognitive function in patients undergoing cardiopulmonary bypass[J]. *Neurol Sci*, 2022, 43(1): 667-672.

(收稿日期: 2025-02-22 修回日期: 2025-06-12)

(编辑: 姚雪)