

# 肥胖症患者腹腔镜袖状胃切除术后 体质量反弹的危险因素分析 及列线图模型的构建

赵杰 焦宇文 钱峻 钱志芬 杨豪俊 汤黎明  
南京医科大学附属常州二院胃肠外科,常州 213000  
通信作者:汤黎明,Email: tangliming@njmu.edu.cn

**【摘要】目的** 探讨肥胖症患者腹腔镜袖状胃切除术(LSG)后体质量反弹的独立危险因素,并构建列线图预测模型。**方法** 本研究为回顾性观察性研究,回顾性收集南京医科大学附属常州二院胃肠外科2015年1月至2019年7月期间,施行LSG的肥胖症患者的临床资料和随访资料。纳入标准为年龄16~65周岁、根据2014版中国肥胖和2型糖尿病外科治疗相关指南具有明确的手术指征并施行LSG减重手术的患者。排除服用减肥药物或影响体质量的药物者、伴严重胃食管反流和食管裂孔疝者、术后怀孕的女性患者、临床资料不全或失访的患者以及随访不足3年者。共纳入241例行LSG手术的肥胖症患者;男69例,女172例;年龄(29.9±5.8)岁;体质指数(40.8±4.8) kg/m<sup>2</sup>。随访截至2022年7月,重点了解患者体质量情况。术后体质量反弹的定义为相对于最低点体质量,体质量增加百分比≥10%,而术后最低点体质量定义为术后3年随访期间的最低体质量。本研究观察指标包括LSG术后体质量反弹情况和影响因素,以及列线图模型的构建和评价。采用单因素分析方法分析患者基本资料、临床指标、术前血液学指标以及术后指标与LSG术后体质量反弹的关系。进一步用多因素Logistic回归分析筛选出体质量反弹的独立危险因素,并通过R软件将有差异的多因素进一步纳入列线图预测模型,对该模型进行内部(建模集)及外部(验证集,本中心基线资料与建模集相匹配的80例患者作为外部验证集)评估。采用受试者工作特征(ROC)曲线、校准(calibrate)曲线和决策曲线分析法(DCA)分析计量资料对体质量反弹的预测价值及临界值。**结果** 术后有90例(37.3%)出现体质量反弹,体质指数最低点为(29.5±2.6) kg/m<sup>2</sup>,体质量达到最低点时间为(15.4±2.3)个月;151例(62.7%)未出现体质量反弹,体质指数最低点为(29.8±2.3) kg/m<sup>2</sup>,体质量达到最低点时间为(14.7±2.1)个月。单因素分析结果显示,体质指数、抑郁、焦虑、C-反应蛋白、全身免疫炎症指数、预后营养指数和白蛋白/纤维蛋白原比值水平与LSG术后体质量出现反弹有关,差异均有统计学意义(均P<0.05)。多因素Logistic回归分析结果显示,抑郁(OR=1.31, 95%CI: 1.08~1.62, P=0.010)、C-反应蛋白≥8 mg/L (OR=1.34, 95%CI: 1.09~1.69, P=0.007)、全身免疫炎症指数(OR=0.58, 95%CI: 0.41~0.86, P=0.013)、预后营养指数(OR=2.06, 95%CI: 1.03~4.21, P=0.007)和白蛋白/纤维蛋白原比值(OR=0.49, 95%CI: 0.33~0.69, P=0.011)为肥胖症患者LSG术后出现体质量反弹的独立危险因素。根据此结果构建列线图预测模型,预后营养指数为92.5分、全身免疫炎症指数为100分、白蛋白/纤维蛋白原比值为72.5分、C-反应蛋白为25分、抑郁为27.5分,通过对每个危险因素单项评分相加得到总分,总分所对应的值即为模型预测LSG术后体质量反弹的发生概率。列线图模型评估结果显示,该模型建模集C指数为0.713,灵敏度为0.656,特异度为0.715;验证集C指数为0.762,灵敏度为0.594,特异度为0.909。经校准拟合及DCA曲线提示,该列线图模型对于LSG术后体质量反弹的预测价值良好。**结论** 术前抑郁、C-反应蛋白≥8 mg/L、全身免疫炎症指数、预后营养指数和白蛋白/纤维蛋白原比值增加为肥胖症患者LSG术后出现体质量反弹的独立危险因素,构建的列线图模型可有效预测减重术后体质量反弹。

DOI: 10.3760/ema.j.cn441530-20220418-00159

收稿日期 2022-04-18 本文编辑 卜建红 万晓梅

引用本文:赵杰,焦宇文,钱峻,等.肥胖症患者腹腔镜袖状胃切除术后体质量反弹的危险因素分析及列线图模型的构建[J].中华胃肠外科杂志,2022,25(10):913-920. DOI: 10.3760/ema.j.cn441530-20220418-00159.



【关键词】腹腔镜袖状胃切除术；体质量反弹；危险因素；列线图；预测模型

基金项目：常州市科技发展项目(CJ20220079、CQ20210104、QT202110、CE20215039、CM20223008)

## Risk factor analysis on body mass rebound after laparoscopic sleeve gastrectomy and establishment of a nomogram prediction model

Zhao Jie, Jiao Yuwen, Qian Jun, Qian Zhifen, Yang Haojun, Tang Liming

Department of Gastrointestinal Surgery, The Affiliated Changzhou No.2 People's Hospital of Nanjing Medical University, Changzhou 213000, China

Corresponding author: Tang Liming, Email: tangliming@njmu.edu.cn

**【Abstract】 Objective** To investigate the potential independent risk factors of body mass rebound following laparoscopic sleeve gastrectomy (LSG) and construct a nomogram prediction model based on these factors. **Methods** In this retrospective observational study, patients with obesity who had undergone LSG at the Department of Gastrointestinal Surgery of the Affiliated Changzhou No. 2 People's Hospital of Nanjing Medical University between January 2015 and July 2017 were retrospectively enrolled. These patients were divided according to their status of postoperative body mass rebound. The inclusion criteria were patients aged between 16 and 65 years who had undergone LSG bariatric surgery with surgical indications according to the 2014 Chinese Guidelines for the Surgical Management of Obesity and Type 2 Diabetes Mellitus. The exclusion criteria were patients who had undergone other bariatric surgeries, who were taking weight-loss drugs or drugs that affected their body weight, who had severe gastroesophageal reflux and hiatal hernia, who were pregnant, who had incomplete clinical data, and who were lost to follow-up or were followed up for <3 years. In total, 241 patients with obesity (69 males and 172 females) who had undergone LSG surgery were enrolled. The mean age and body mass index (BMI) were (29.9±5.8) years and (40.8±4.8) kg/m<sup>2</sup>, respectively. The patients were followed up till July 2022, with a focus on their body weight. Postoperative body mass rebound was defined as a percentage increase of ≥10% from the nadir body mass, which was the lowest body mass during the 3-year follow-up period. The body weight rebound following LSG and its influencing factors were observed, based on which a nomogram model was constructed and evaluated. The relationships between the patients' basic data, clinical indicators, preoperative hematological indicators, postoperative indicators, and body weight rebound following LSG were analyzed via univariate analysis. Independent risk factors were further screened by multivariate logistic regression analysis. Factors with a statistically significant difference were included into the nomogram prediction model. Moreover, the model was internally (modeling set) and externally (validation set, 80 baseline data-matched patients with obesity from our center) validated using receiver operating characteristic (ROC) curve, calibration curve, and decision curve analysis (DCA) via R software. ROC curve analysis was used to analyze the predictive and cutoff values of the measurement data for body mass rebound. **Results** Overall, 90 patients (37.3%) exhibited postoperative body weight rebound, with the lowest BMI of (29.5±2.6) kg/m<sup>2</sup> and time to reach the lowest BMI of (15.4±2.3) months; 151 patients (62.7%) did not exhibit body weight rebound, with the lowest BMI of (29.8±2.3) kg/m<sup>2</sup> and time to reach the lowest BMI of (14.7±2.1) months. The results of univariate analysis showed that BMI, depression, anxiety, C-reactive protein (CRP) levels, systemic immune inflammatory index (SII), prognostic nutritional index (PNI), and albumin/fibrinogen ratio (AFR) were associated with body weight rebound following LSG with statistically significant differences (all *P*<0.05). The results of multivariate regression analyses suggested that depression [odds ratio (OR) = 1.31, 95% confidence interval (CI): 1.08-1.62, *P*=0.010], preoperative CRP levels of ≥8 mg/L (OR = 1.34, 95% CI: 1.09-1.69, *P*=0.007), SII (OR = 0.58, 95% CI: 0.41-0.86, *P*=0.013), PNI (OR = 2.06, 95% CI: 1.03-4.21, *P*=0.007), and AFR (OR: 0.49, 95% CI: 0.33-0.69, *P*=0.011) were five independent risk factors for body mass rebound. A nomogram prediction model was constructed based on the multivariate analysis results. The scores of PNI, SII, AFR, CRP, and depression were 92.5, 100, 72.5, 25, and 27.5, respectively. The total score was calculated by adding the individual scores of each risk factor, which was used to calculate the probability of body mass rebound following LSG. The evaluation results of the nomogram model showed a C-index of 0.713 and 0.762, sensitivity of 0.656 and 0.594, and specificity of 0.715 and 0.909 in the modeling and validation sets, respectively. The calibration curve analysis and DCA indicated that the nomogram model has a good predictive value for body mass rebound after LSG. **Conclusion** Preoperative depression, CRP of ≥8 mg/L, SII, PNI, and AFR were independent risk factors for body mass rebound following LSG. Hence, the

nomogram prediction model based on these factors can effectively predict body mass rebound in patients undergoing LSG.

**【Key words】** Laparoscopic sleeve gastrectomy; Body mass rebound; Risk factors; Nomograph; Predictive model

**Fund programs:** Changzhou Sci&Tech Program (CJ20220079, CQ20210104, QT202110, CE20215039, CM20223008)

近些年来,肥胖在全世界范围内呈现流行趋势,现已成为全球性的健康问题<sup>[1]</sup>。随着经济的增长和居民生活的改善,我国肥胖患者也呈急剧增长趋势<sup>[2]</sup>。研究发现,对于重度肥胖患者,传统的运动、饮食控制和药物保守治疗均不能达到理想的体质状态,无法根治肥胖症<sup>[3]</sup>。目前,减重代谢手术是国际上公认能够长期稳定维持体质减轻状态、并治愈或缓解肥胖相关疾病的治疗策略<sup>[4]</sup>。其中,腹腔镜袖状胃切除术(laparoscopic sleeve gastrectomy, LSG)以其安全性高、疗效显著、操作简单和生理破坏小等优势得到普及,已成为减重手术中最为常用的术式<sup>[5]</sup>。但 LSG 术后体质量的高反弹率,是临床外科医师所面临的重大挑战,对患者的预后有着非常不利的影响<sup>[6]</sup>。故而,探索 LSG 术后体质量反弹的预测因素,对于肥胖症患者的风险评估、围手术期及长期管理非常重要。本研究旨在探讨 LSG 术后体质量反弹的独立危险因素,并根据这些因素构建列线图预测模型,以实现个体化预测体质量反弹风险的目标。

## 资料与方法

### 一、研究对象

本研究为回顾性观察性研究。回顾性收集南京医科大学附属常州二院胃肠外科 2015 年 1 月至 2019 年 7 月期间,施行 LSG 的肥胖症患者的临床资料和随访资料。

纳入标准:(1)年龄 16~65 周岁;(2)根据 2014 版中国肥胖和 2 型糖尿病外科治疗相关指南,有明确的手术指征者<sup>[7]</sup>;(3)行 LSG 减重手术者。排除标准:(1)服用减肥药物者或者影响体质量的药物(如糖皮质激素);(2)伴严重胃食管反流、食管裂孔疝者;(3)术后怀孕的女性患者;(4)临床资料不全者;(5)随访不足 3 年者。

根据上述标准,本研究共纳入 241 例行 LSG 的肥胖症患者;男 69 例,女 172 例;年龄(29.9±5.8)岁;体质指数(40.8±4.8) kg/m<sup>2</sup>。本研究经医院伦理委员会批准(批准文号:[2021]YLA001),患者均获知情同意。

### 二、观察指标、定义及评价标准

1. 观察指标:(1)LSG 术后体质量反弹情况;(2)LSG 术后体质量反弹的影响因素:基本资料(包括患者的性别、年龄、术前体质指数、吸烟和酗酒、术前合并症)、临床指标(包括患者的腰围、腰臀比、术前焦虑和抑郁)、术前血液学指标(包括低密度脂蛋白胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇、总胆固醇、甘油三酯、肌酐、尿素、C-反应蛋白、中性粒细胞、淋巴细胞、血小板、白蛋白/纤维蛋白原比值)以及术中、术后指标(包括手术时间、术中出血量、术后排气和排便时间、术后住院时间、心理咨询情况);(3)列线图模型的构建;(4)列线图模型的评价;(5)白蛋白/纤维蛋白原比值(albumin / fibrinogen ratio, AFR)、全身免疫炎症指数(systemic immune-inflammation index, SII)、预后营养指数(prognostic nutritional index, PNI)对 LSG 术后体质量反弹的预测价值。

2. 术后体质量反弹的定义:术后最低点体质量定义为术后 3 年随访期间的最低体质量<sup>[8]</sup>,体质量反弹定义为相对于最低点体质量,体质量增加百分比≥10%<sup>[9-10]</sup>。

3. 评价标准:AFR 为白蛋白除以纤维蛋白原所得比值。PNI 计算公式:PNI=白蛋白(g/L)+5×淋巴细胞( $\times 10^9/L$ );SII 计算公式:SII=血小板×中性粒细胞/淋巴细胞( $\times 10^9/L$ )<sup>[11]</sup>。焦虑诊断依据中文版的 Zung 焦虑自评量表(self-rating anxiety scale, SAS),该量表包含 20 个项目,焦虑临界值为 50 分<sup>[12]</sup>。抑郁症诊断使用中文版的 Zung 抑郁自评量表(self-rating depression scale, SDS),包含 20 个项目,抑郁临界值为 53 分<sup>[13]</sup>。

### 三、随访方法

入组患者术后通过门诊和电话定期随访,门诊随访指标包括患者的体质量、饮食、运动等生活规律以及血液学相关指标,电话随访患者体质量改变及生活规律情况。患者随访时间截止为术后 3 年,本研究随访截止时间为 2022 年 7 月。

### 四、统计学方法

采用 SPSS 23.0、Graphpad 8.0 及 R(4.0.1)进行

统计分析。计数资料用[例(%)]表示,组间比较采用 $\chi^2$ 检验;符合正态分布数据的计量资料用 $\bar{x}\pm s$ 表示,组间比较采用 $t$ 检验。术后体质量反弹的危险因素采用多因素二元 Logistic 回归分析(“输入”法),通过 R 软件将有差异的多因素进一步纳入列线图预测模型,对该模型进行内部(建模集)及外部(验证集,本中心基线资料与建模集相匹配的 80 例患者作为外部验证集)评估。采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线、校准(calibrate)曲线和决策曲线分析法(decision curve analysis, DCA)分析计量资料对体质量反弹的预测价值及临界值。 $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

## 结 果

### 一、LSG 术后体质量反弹情况

术后有 90 例(37.3%)出现体质量反弹,体质指数最低点为(29.5±2.6) kg/m<sup>2</sup>,体质量达到最低点时间为(15.4±2.3)个月;未出现体质量反弹的 151 例(62.7%),体质指数最低点为(29.8±2.3) kg/m<sup>2</sup>,体

量达到最低点时间为(14.7±2.1)个月。

### 二、LSG 术后体质量反弹的影响因素分析

单因素分析结果显示,术前体质指数、抑郁、焦虑、C-反应蛋白、SII、PNI 和 AFR 与 LSG 术后体质量出现反弹有关,差异均有统计学意义(均  $P<0.05$ ),见表 1。Logistic 回归多因素分析结果显示,抑郁(OR=1.31, 95%CI: 1.08~1.62,  $P=0.010$ )、C-反应蛋白 $\geq 8$  mg/L(OR=1.34, 95%CI: 1.09~1.69,  $P=0.007$ )、SII(OR=0.58, 95%CI: 0.41~0.86,  $P=0.013$ )、PNI(OR=2.06, 95%CI: 1.03~4.21,  $P=0.007$ )和 AFR(OR=0.49, 95%CI: 0.33~0.69,  $P=0.011$ )为 LSG 术后患者出现体质量反弹的独立危险因素,见表 2。

### 三、列线图模型的构建

将多因素 Logistic 回归分析所得的 5 个独立危险因素,即术前 C-反应蛋白 $\geq 8$  mg/L、抑郁、SII、PNI 和 AFR 纳入预测模型,结果显示:C-反应蛋白 $\geq 8$  mg/L 为 25 分、抑郁为 27.5 分、SII 为 100 分、PNI 为 92.5 分和 AFR 为 72.5 分。通过对每个危险因素单项评分相加得到总分,总分所对应的值即为模型预测 LSG 术后体质量反弹的发生概率。见图 1。

表 1 肥胖症患者腹腔镜袖状胃切除术后体质量反弹预后因素的单因素分析

组别	例数	性别		年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$ )	体质指数 (kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x}\pm s$ )	吸烟 [例(%)]	酗酒 [例(%)]	术前合并症[例(%)]				
		男	女					糖尿病	高血压	高脂血症	睡眠呼吸 暂停综合征	高尿酸血症
体质量 反弹组	90	29(32.2)	61(67.8)	29.4±6.2	41.6±5.1	16(17.8)	11(12.2)	20(22.2)	18(20.0)	37(41.1)	24(26.7)	11(12.2)
无体质量 反弹组	151	40(26.5)	111(73.5)	30.2±5.7	40.3±4.5	22(14.6)	19(12.6)	35(23.2)	22(14.6)	48(31.8)	27(17.9)	15(9.9)
统计值		$\chi^2=0.907$		$t=1.020$	$t=2.063$	$\chi^2=0.437$	$\chi^2=0.007$	$\chi^2=0.029$	$\chi^2=1.201$	$\chi^2=2.147$	$\chi^2=2.609$	$\chi^2=0.307$
P值		0.341		0.309	0.040	0.509	0.935	0.864	0.273	0.143	0.106	0.580
组别	例数	腰围 (cm, $\bar{x}\pm s$ )	腰臀比 ( $\bar{x}\pm s$ )	抑郁 [例(%)]	焦虑 [例(%)]	低密度脂 蛋白胆固醇 (mmol/L, $\bar{x}\pm s$ )	高密度脂蛋白 胆固醇 (mmol/L, $\bar{x}\pm s$ )	总胆固醇 (mmol/L, $\bar{x}\pm s$ )	甘油三酯 (mmol/L, $\bar{x}\pm s$ )	肌酐 ( $\mu\text{mol/L}$ , $\bar{x}\pm s$ )	尿素 ( $\mu\text{mol/L}$ , $\bar{x}\pm s$ )	全身免疫 炎症指数 ( $\bar{x}\pm s$ )
体质量 反弹组	90	122.2±11.1	1.00±0.12	27(33.3)	24(26.7)	2.91±0.59	1.14±0.19	4.71±0.65	1.70±0.48	61.5±6.5	409.3±45.5	1 063±492
无体质量 反弹组	151	120.6±10.8	1.01±0.11	25(16.5)	22(14.6)	2.94±0.64	1.12±0.21	4.57±0.63	1.64±0.45	60.9±5.8	401.9±52.2	892±461
统计值		$t=1.101$	$t=0.660$	$\chi^2=6.963$	$\chi^2=5.343$	$t=0.362$	$t=0.741$	$t=1.649$	$t=0.977$	$t=0.742$	$t=1.116$	$t=2.700$
P值		0.272	0.510	0.008	0.021	0.718	0.460	0.101	0.330	0.459	0.266	0.007
组别	例数	C-反应蛋白[例(%)]		预后营养 指数 ( $\bar{x}\pm s$ )	白蛋白/纤维 蛋白原比值 ( $\bar{x}\pm s$ )	手术时间 (min, $\bar{x}\pm s$ )	术中出血量 (mL, $\bar{x}\pm s$ )	术后排气 时间 (d, $\bar{x}\pm s$ )	术后排便 时间 (d, $\bar{x}\pm s$ )	术后住院 时间 (d, $\bar{x}\pm s$ )	术后心理 咨询 [例(%)]	
		$\geq 8$ mg/L	$< 8$ mg/L									
体质量 反弹组	90	49(54.4)	41(45.6)	53.2±5.4	9.4±0.6	118.3±22.4	42.5±35.1	1.5±0.6	2.0±0.6	4.8±2.1	18(20.0)	
无体质量 反弹组	151	60(39.7)	91(60.3)	54.9±4.5	9.7±0.8	114.7±21.7	48.6±42.5	1.4±0.6	1.9±0.7	4.7±1.9	33(21.9)	
统计值		$\chi^2=4.925$		$t=2.630$	$t=3.218$	$t=1.231$	$t=1.148$	$t=1.252$	$t=1.130$	$t=0.380$	$\chi^2=0.116$	
P值		0.027		0.009	0.002	0.220	0.252	0.212	0.260	0.704	0.733	

表 2 肥胖症患者腹腔镜袖状胃切除术后体质量反弹预后因素的多因素分析

变量	回归系数	标准误	Wald 值	P 值	OR(95%CI)
体质指数(每增加 1 kg/m <sup>2</sup> )	-0.846	0.313	4.12	0.084	1.57(1.24~2.01)
焦虑(是/否)	0.255	0.098	3.12	0.073	1.01(0.94~1.09)
抑郁(是/否)	0.882	0.341	2.59	0.010	1.31(1.08~1.62)
C-反应蛋白(mg/L, ≥8/<8)	0.797	0.293	2.72	0.007	1.34(1.09~1.69)
全身免疫炎症指数(每增加 1 个单位)	0.001	0.000	2.70	0.007	2.06(1.03~4.21)
预后营养指数(每增加 1 个单位)	-0.077	0.031	-2.47	0.013	0.58(0.41~0.86)
白蛋白/纤维蛋白原比值(每增加 1 个单位)	-0.490	0.193	-2.54	0.011	0.49(0.33~0.69)

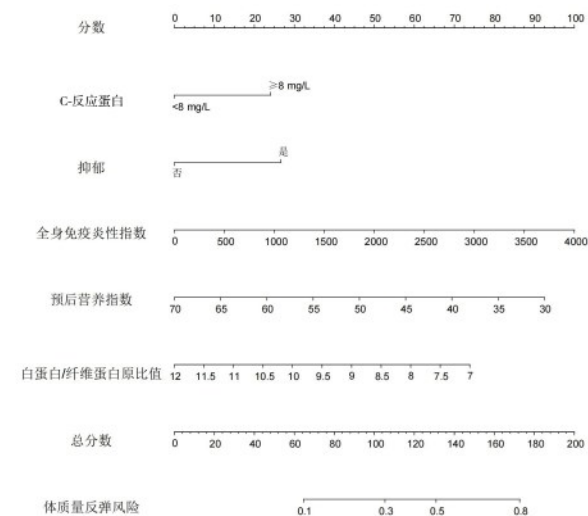


图 1 肥胖症患者腹腔镜袖状胃切除术后体质量反弹的列线图模型(建模集)

#### 四、列线图模型的评价

随后用 R 对该模型进行了内部(建模集)及外部(验证集)评估,ROC 曲线提示,该模型建模集 C 指数为 0.713、灵敏度为 0.656、特异度为 0.715;验证集 C 指数为 0.762、灵敏度为 0.594、特异度为 0.909,见图 2A。校准拟合及 DCA 曲线提示,该模型标准及校正曲线拟合度良好,见图 2B;在建模集中,当风险阈值在 0.1~0.7 时,该列线图模型的净收益最高,见图 2C。建模集和验证集结果表明,该列线图模型对于 LSG 术后体质量反弹的预测价值良好。

#### 五、AFR、SII、PNI 对 LSG 术后体质量反弹的预测价值

采用 ROC 曲线评估多因素回归模型中 AFR、SII 和 PNI 的 3 个连续性变量对于术后体质量反弹的预测价值,结果显示,术前 AFR[截断值:9.95,曲线下面积(area under the curve, AUC):0.610,  $P=0.0042$ ]、SII(截断值:954.50, AUC:0.630,  $P=0.0007$ )和 PNI

(截断值:52.65, AUC:0.594,  $P=0.0147$ )均为 LSG 术后体质量反弹的预测因子。见图 3。

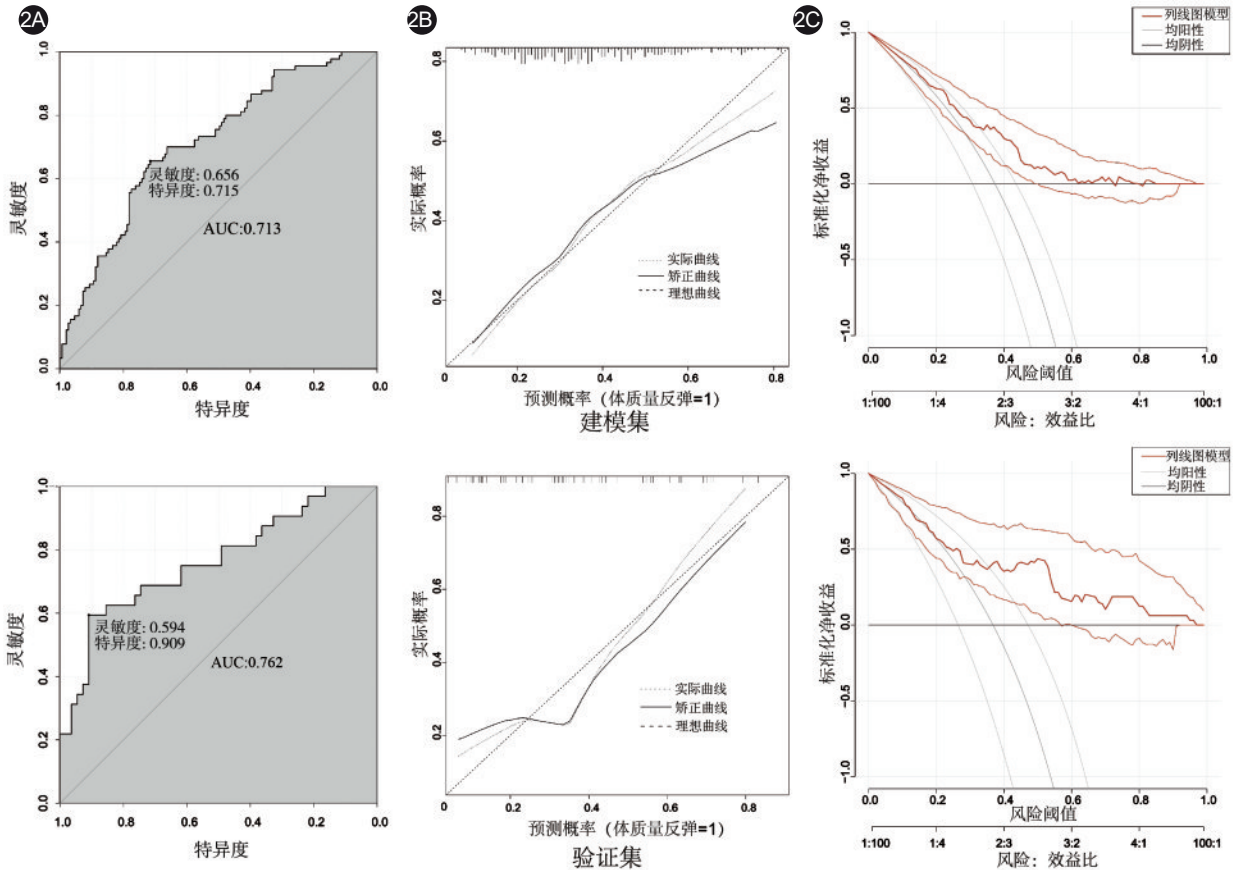
## 讨 论

术后体质量反弹是减重代谢手术所面临的巨大挑战之一,随着体质量反弹的发生,肥胖相关并发症也会随之出现,而且导致减重修正或再次手术难度显著增加,严重影响了减重手术的疗效和患者预后。但截至目前,减重术后体质量反弹的发生机制目前还未能完全明了,且目前针对体质量反弹尚未有共识性诊断标准,再加上患者的异质性较大,导致了目前国际上尚未能建立体质量反弹的有效预测模型。故而,术前对体质量反弹进行风险评估和建立预测模型有着非常重要的意义。

本研究中,LSG 减重手术后 3 年体质量反弹的发生率为 37.3%,这低于 Nedelcu 等<sup>[14]</sup>所报道的 47.5%(术后 18 个月),而显著高于 da Silva 等<sup>[10]</sup>报道的 23.7%(术后 2 年)。不同研究中所报道的体质量反弹率差别较大,考虑可能与不同人群特征(如种族、年龄、术前体质指数等)、不同体质量反弹定义、不同随访时间、不同观察终点或不同手术方案等因素有关。

本研究结果发现,抑郁状态、术前 C-反应蛋白水平、AFR、SII 及 PNI 为术后反弹的 5 个独立危险因素。既往有研究也指出,减重术后体质量控制与抑郁状态有着非常紧密的联系,而 Alvarez 等<sup>[15]</sup>更是直接指出,抑郁是 LSG 术后体质量反弹的独立危险因素。这与本研究结果一致。但抑郁与术后反弹之间的具体关系还存在着争议,尚缺乏大样本量、多中心的前瞻性随机对照研究证据的支持。

此外,本研究结果还显示,AFR、SII 及 PNI 这 3 个复合型指标在体质量反弹中具有预测价值。AFR 为白蛋白和纤维蛋白原的比值,能够很好地反映机体的营养、炎症反应和凝血功能等状况,目前



注:在图2C中,灰色曲线为所有患者术后均发生体质量反弹,黑色曲线为所有患者术后均未发生体质量反弹,红色曲线为本研究构建的列线图模型。建模集中当风险阈值在0.1~0.7时,该列线图模型的净收益最高

图2 预测肥胖症患者腹腔镜袖状胃切除术后列线图模型内部及外部评估 2A.受试者工作特征(ROC)曲线;2B.校准(calibrate)曲线;2C.决策曲线分析(DCA)

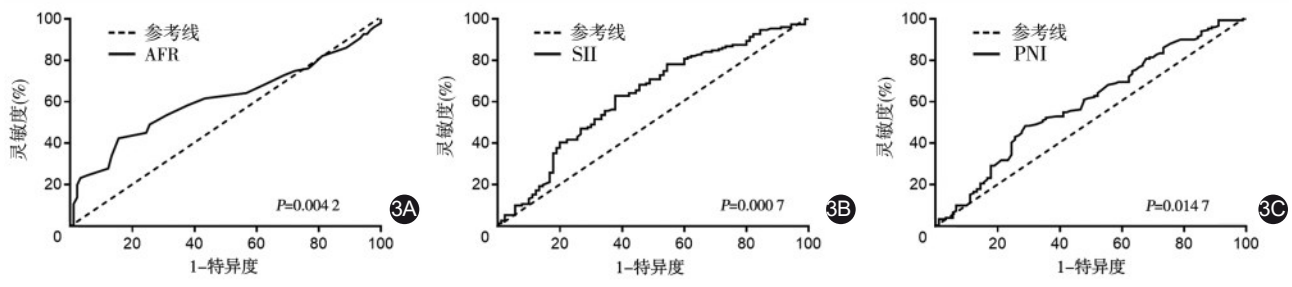


图3 术前白蛋白/纤维蛋白原比值(AFR)、全身免疫炎症性指数(SII)和预后营养指数(PNI)对腹腔镜袖状胃切除术后体质量反弹的列线图模型受试者工作特征曲线 3A.AFR;3B.SII;3C.PNI

已广泛应用于各种疾病模型中作为预后指标<sup>[16]</sup>。此外,AFR对于手术患者术后并发症的发生也有着非常积极的预测价值<sup>[17]</sup>。既往有研究指出,C-反应蛋白和纤维蛋白原能够作为肥胖症患者LSG术后发生吻合口漏的早期标志物<sup>[18]</sup>。还有研究指出,C-反应蛋白能够独立预测减重代谢术后并发症的发生,尤其是感染性并发症<sup>[19]</sup>。但截至目前,C-反应蛋白和AFR在减重代谢术后体质量反弹的预测

价值还尚未有报道。SII为血小板、中性粒细胞和淋巴细胞计算所得,可有效地评估机体炎症反应和凝血状态。PNI由白蛋白和淋巴细胞计算所得,同样也能很好地反映机体营养和炎症状态。近来大量研究指出,SII和PNI指数能够有效作为预后指标而广泛用于临床多种疾病模型中,尤其是肿瘤患者<sup>[20]</sup>。本研究中这3个指标均为术后体质量反弹的独立危险因素,进一步揭示了减重术后体质量反

弹是一个非常复杂的病理生理过程,其中可能牵扯了很多机制,尤其是炎症反应和营养状态。

既往研究报道了炎症反应、胰岛素抵抗与脂肪组织中 11 $\beta$ -HSD1 表达升高之间的联系,并且这与中心性肥胖密切相关<sup>[21]</sup>。提示,炎症反应很可能是肥胖发生、LSG 后体质量反弹的机制之一,这也可能是 C-反应蛋白、AFR、PNI 和 SII 这些指标能够独立预测术后体质量反弹的潜在机制。既往研究发现,白色脂肪组织(white adipose tissue, WAT)在肥胖状态下表现出代谢内分泌功能的有害改变,脂肪细胞增大,并伴有慢性低级别炎症反应<sup>[22]</sup>。最近, Hildreth 等<sup>[23]</sup>通过人体 WAT 的单细胞测序及一系列研究发现,不同的结构和免疫细胞在维持人类 WAT 稳态中的重要作用,肥胖患者 WAT 存在显著的炎症改变,进一步揭示了炎症反应与肥胖之间的密切关系。基于这些危险因素,我们构建了列线图预测模型,并从内部、外部对模型效果进行了评估,提示该模型对于 LSG 术后体质量反弹具有良好的预测价值。

综上,本研究多因素回归结果显示了抑郁、术前 C-反应蛋白、AFR、SII 及 PNI 为减重术后患者出现体质量反弹的独立危险因素,并首次基于这些参数构建了列线图预测模型,该模型可结合各项因素的评分,从而达到个体化地预测体质量反弹风险,对于术后体质量反弹的预防、预后改善均有着积极的临床价值。根据该模型术前可对减重患者进行风险评估,对于那些风险较高的患者,相应地调整手术方案,积极地进行心理干预,制订围手术期管理策略和术后定期随访频率及锻炼规划,可能能够降低术后体质量反弹概率,从而改善预后。

本研究也存在一些不足之处。首先,这是单中心、回顾性的研究,样本量仍不够大;其次,这些独立危险因素与体质量反弹之间的关系及机制还需进一步深入研究;此外,本研究中的列线图模型对于体质量反弹的预测曲线灵敏度和特异度并不是很高,可能存在一定的假阳性和假阴性;最后,该列线图预测模型还需进一步多中心研究来验证,也有待探索更有价值的参数完善该模型。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

**作者贡献声明** 赵杰直接参与酝酿和设计实验、实施研究、采集数据、分析/解释数据,起草文章和文章的知识性内容作批评性审阅,提供统计分析、获取研究经费、行政、技术或材料支持;焦宇文直接参与实施研究、采集数据;钱峻、钱志芬、杨豪俊提供行政、技术或材料支持;汤黎明对文章的知识性内容作批评性审阅,提供行政、技术或材料支持及指导

## 参 考 文 献

- [1] Omarov T, Samadov E, Bayramov N, et al. The effectiveness and feasibility of laparoscopic re-sleeve gastrectomy[J]. *Obes Surg*, 2020, 30(12): 4945-4952. DOI: 10.1007/s11695-020-04927-0.
- [2] 刘旭,孙超男,徐奇,等.腹腔镜袖状胃切除患者术后 1 年的减重效果及其影响因素分析[J]. *中国现代普通外科进展*, 2021, 24(8): 598-603. DOI: 10.3969/j.issn.1009-9905.2021.08.003.
- [3] Aiolfi A, Micheletto G, Marin J, et al. Resleeve for failed laparoscopic sleeve gastrectomy: systematic review and meta-analysis[J]. *Surg Obes Relat Dis*, 2020, 16(10): 1383-1391. DOI: 10.1016/j.soard.2020.06.007.
- [4] Alqahtani AR, Elahmedi M, Alqahtani YA, et al. Laparoscopic sleeve gastrectomy after endoscopic sleeve gastroplasty: technical aspects and short-term outcomes[J]. *Obes Surg*, 2019, 29(11): 3547-3552. DOI: 10.1007/s11695-019-04024-x.
- [5] Hajjar R, Lafrance JP, Tchervenkov J, et al. Successful surgical weight loss with laparoscopic sleeve gastrectomy for morbid obesity prior to kidney transplantation[J]. *Transpl Int*, 2021, 34(5): 964-973. DOI: 10.1111/tri.13855.
- [6] Jaruvongvanich V, Wongjarupong N, Vantanasiri K, et al. Midterm outcome of laparoscopic sleeve gastrectomy in Asians: a systematic review and meta-analysis[J]. *Obes Surg*, 2020, 30(4): 1459-1467. DOI: 10.1007/s11695-019-04332-2.
- [7] 刘金刚,郑成竹,王勇.中国肥胖和 2 型糖尿病外科治疗指南(2014)[J]. *中国实用外科杂志*, 2014, 34(11): 1005-1010. DOI: 10.3969/j.issn.1672-7851.2014.11.003.
- [8] King WC, Belle SH, Hinerman AS, et al. Patient behaviors and characteristics related to weight regain after Roux-en-Y gastric bypass: a multicenter prospective cohort study[J]. *Ann Surg*, 2020, 272(6): 1044-1052. DOI: 10.1097/SLA.0000000000003281.
- [9] Athanasiadis DI, Martin A, Kapsampelis P, et al. Factors associated with weight regain post-bariatric surgery: a systematic review[J]. *Surg Endosc*, 2021, 35(8): 4069-4084. DOI: 10.1007/s00464-021-08329-w.
- [10] da Silva FB, Gomes DL, de Carvalho KM. Poor diet quality and postoperative time are independent risk factors for weight regain after Roux-en-Y gastric bypass[J]. *Nutrition*, 2016, 32(11-12): 1250-1253. DOI: 10.1016/j.nut.2016.01.018.
- [11] Zhu S, Cheng Z, Hu Y, et al. Prognostic value of the systemic immune-inflammation index and prognostic nutritional index in patients with medulloblastoma undergoing surgical resection[J]. *Front Nutr*, 2021, 8: 754958. DOI: 10.3389/fnut.2021.754958.
- [12] Zung WW. A rating instrument for anxiety disorders[J]. *Psychosomatics*, 1971, 12(6): 371-379. DOI: 10.1016/S0033-3182(71)71479-0.
- [13] Zung WW. A Self-rating depression scale[J]. *Arch Gen Psychiatry*, 1965, 12: 63-70. DOI: 10.1001/archpsyc.1965.01720310065008.
- [14] Nedelcu M, Noel P, Iannelli A, et al. Revised sleeve gastrectomy (re-sleeve) [J]. *Surg Obes Relat Dis*, 2015, 11(6): 1282-1288. DOI: 10.1016/j.soard.2015.02.009.
- [15] Alvarez V, Carrasco F, Cuevas A, et al. Mechanisms of long-term weight regain in patients undergoing sleeve gastrectomy[J]. *Nutrition*, 2016, 32(3): 303-308. DOI: 10.1016/j.nut.2015.08.023.
- [16] Sun DW, An L, Lv GY. Albumin-fibrinogen ratio and fibrinogen-prealbumin ratio as promising prognostic

- markers for cancers: an updated meta-analysis[J]. *World J Surg Oncol*, 2020, 18(1): 9. DOI: 10.1186/s12957-020-1786-2.
- [17] You X, Zhou Q, Song J, et al. Preoperative albumin- to-fibrinogen ratio predicts severe postoperative complications in elderly gastric cancer subjects after radical laparoscopic gastrectomy[J]. *BMC Cancer*, 2019, 19(1): 931. DOI: 10.1186/s12885-019-6143-x.
- [18] Ruiz-Tovar J, Muñoz JL, Gonzalez J, et al. C-reactive protein, fibrinogen, and procalcitonin levels as early markers of staple line leak after laparoscopic sleeve gastrectomy in morbidly obese patients within an enhanced recovery after surgery (ERAS) program[J]. *Surg Endosc*, 2017, 31(12):5283-5288. DOI:10.1007/s00464-017-5602-1.
- [19] Lee Y, McKechnie T, Doumouras AG, et al. Diagnostic value of C-reactive protein levels in postoperative infectious complications after bariatric surgery: a systematic review and meta-analysis[J]. *Obes Surg*, 2019, 29(7):2022-2029. DOI: 10.1007/s11695-019-03832-5.
- [20] Bi H, Shang Z, Jia C, et al. Predictive values of preoperative prognostic nutritional index and systemic immune-inflammation index for long-term survival in high-risk non-muscle-invasive bladder cancer patients: a single-centre retrospective study[J]. *Cancer Manag Res*, 2020, 12: 9471-9483. DOI: 10.2147/CMAR.S259117.
- [21] Korkmaz H, Bozdag Z, Akarsu E, et al. Macrophage infiltration into subcutaneous adipose tissue is associated with local levels of 11BHSD1[J]. *Exp Clin Endocrinol Diabetes*, 2016, 124(8): 474-480. DOI: 10.1055/s-0042-106292.
- [22] Guilherme A, Virbasius JV, Puri V, et al. Adipocyte dysfunctions linking obesity to insulin resistance and type 2 diabetes[J]. *Nat Rev Mol Cell Biol*, 2008, 9(5): 367-377. DOI: 10.1038/nrm2391.
- [23] Hildreth AD, Ma F, Wong YY, et al. Single-cell sequencing of human white adipose tissue identifies new cell states in health and obesity[J]. *Nat Immunol*, 2021, 22(5): 639-653. DOI: 10.1038/s41590-021-00922-4.