

· 临床研究 ·

术前衰弱对老年患者心脏手术后肺部并发症的预测价值

范光磊 马广宇 徐蔚 扶书扬 林姝池 郑明珠 单天池 赵文静

【摘要】 目的 探讨术前衰弱对于老年患者心脏手术后肺部并发症(PPCs)的预测价值。**方法** 选择 2022 年 7 月至 2023 年 1 月择期开胸心脏手术老年患者 162 例,男 109 例,女 53 例,年龄 65~83 岁,BMI 18~36 kg/m²,ASA II—IV 级。根据是否发生 PPCs 将患者分为两组:PPCs 组($n=57$)和非 PPCs 组($n=105$)。收集一般资料、吸烟史、饮酒史、EuroSCORE II、衰弱情况、慢性合并症(高血压、糖尿病、心肌梗死、肺动脉高压、慢性阻塞性肺疾病、睡眠呼吸暂停综合征等)、Hb、肌酐、白蛋白、肺功能指标、左心室射血分数、手术类型、手术时间、主动脉钳夹时间和心肺转流时间。将单因素回归分析中 $P<0.2$ 及具有临床意义的因素纳入多因素 Logistic 回归分析,通过受试者工作特征(ROC)曲线下面积(AUC)比较 Fried 衰弱量表和 EuroSCORE II 对 PPCs 的预测效能。**结果** 有 57 例(35.2%)患者发生 PPCs。多因素 Logistic 回归分析显示,衰弱($OR=3.14, 95\% CI 1.05\sim 9.37, P<0.05$)和 EuroSCORE II ($OR=2.16, 95\% CI 1.01\sim 4.60, P<0.05$)是发生 PPCs 的危险因素。Fried 衰弱量表的预测效能($AUC=0.76, 95\% CI 0.68\sim 0.82$)明显高于 EuroSCORE II ($AUC=0.65, 95\% CI 0.57\sim 0.72$) ($P<0.05$)。**结论** 术前衰弱是老年患者心脏手术后肺部并发症的独立危险因素,与传统的风险预测指标 EuroSCORE II 比较,Fried 衰弱量表的预测效能更佳。

【关键词】 心脏手术;衰弱;老年;术后肺部并发症

Predictive value of preoperative frailty for pulmonary complications after cardiac surgery in elderly patients FAN Guanglei, MA Guangyu, XU Wei, FU Shuyang, LIN Shuchi, ZHENG Mingzhu, SHAN Tianchi, ZHAO Wenjing. Department of Anesthesiology, Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Xuzhou 221006, China

Corresponding author: ZHAO Wenjing, Email: zhaowj886@sina.com

【Abstract】 Objective To investigate the predictive value of preoperative frailty for pulmonary complications (PPCs) after cardiac surgery in elderly patients. **Methods** A total of 162 elderly patients, 109 males and 53 females, aged 65–83 years, BMI 18–36 kg/m², ASA physical status II–IV, underwent elective open heart surgery from July 2022 to January 2023 were collected. The patients were divided into two groups according to the occurrence of PPCs: the PPCs group ($n=57$) and the non-PPCs group ($n=105$). General information, smoking history, alcohol consumption history, EuroSCORE II, frailty, chronic comorbidities (hypertension, diabetes mellitus, myocardial infarction, pulmonary hypertension, chronic obstructive pulmonary disease, sleep apnea syndrome, etc.), Hb, creatinine, albumin, pulmonary function indices, left ventricular ejection fraction, type of surgery, duration of surgery, aortic clamping time, and cardiopulmonary bypass time were collected. Factors with $P<0.2$ and clinically significant in the univariate regression analysis were included in the multivariate logistic regression analysis, and the predictive efficacy of the Fried frailty scale and EuroSCORE II for PPCs were compared by the area under the ROC curve (AUC). **Results** PPCs occurred in 57 patients (35.2%). Multifactorial Logistic regression analysis showed that frailty ($OR=3.14, 95\% CI 1.05\sim 9.37, P<0.05$) and EuroSCORE II ($OR=2.16, 95\% CI 1.01\sim 4.60, P<0.05$) were risk factors for the development of PPCs. The predictive power of Fried frailty scale ($AUC=0.76, 95\% CI 0.68\sim 0.82$) was significantly higher than that of EuroSCORE II ($AUC=0.65, 95\% CI 0.57\sim 0.72$) ($P<0.05$). **Conclusion** Preoperative frailty is the independent risk factors for pulmonary complications after cardiac surgery in elderly patients, and the Fried frailty scale has a better predictive efficacy compared to EuroSCORE II, a traditional risk predictor.

【Key words】 Cardiac surgery; Frailty; Aged; Postoperative pulmonary complications

DOI:10.12089/jca.2023.12.004

作者单位:221006 徐州医科大学附属医院麻醉科(范光磊、徐蔚、扶书扬、林姝池、郑明珠、单天池),重症医学科(赵文静);南京中医药大学附属医院麻醉科(马广宇)

通信作者:赵文静,Email: zhaowj886@sina.com

心脏手术后肺部并发症 (postoperative pulmonary complications, PPCs) 延长患者术后住院时间、增加住院费用、升高围术期病死率及致残率^[1-3], 其发生率约为 30%^[4-5]。ASA 分级、欧洲心血管手术危险因素评分 (European System for Cardiac Operative Risk Evaluation II, EuroSCORE II) 和胸外科医师协会评分^[6] 作为预测心脏手术后肺部并发症的潜在常用风险工具, 缺乏对患者生理机能储备的评估。衰弱是以多系统生理储备能力和抵御能力下降为特征的临床综合征, 是老年患者手术预后不佳的重要危险因素。老年心脏手术患者术前衰弱发生率为 20%~50%, 并造成严重的术后并发症^[7-8], 增加了患者死亡、失能、谵妄、PPCs 等发生风险。本研究评价老年患者心脏手术前衰弱与 PPCs 的关系, 为其防治提供参考。

资料与方法

一般资料 本研究为单中心前瞻性队列研究, 经医院伦理委员会批准 (XYFY2022-KL300-01), 并于中国临床试验中心注册 (ChiCTR2200063581), 患者或家属签署知情同意书。收集 2022 年 7 月至 2023 年 1 月择期行开胸心脏手术的老年患者, 性别不限, 年龄 65~83 岁, BMI 18~36 kg/m²、ASA II—IV 级。排除标准: 拒绝手术, 拒绝参加本研究, 术前合并肺不张、肺炎、呼吸衰竭等, 术前合并严重肝肾功能不全, 交流障碍或绝对卧床。剔除标准: 拒绝术后随访, 术后行二次开胸手术, 术后缺乏影像学 and 检验资料。

麻醉方法 术前常规禁食禁饮, 入室后常规监测 ECG、HR、BP、BIS、SpO₂、鼻咽温、CVP、血气分析, 同时给予右美托咪定 1 μg/kg 负荷剂量, 后以 0.4 μg·kg⁻¹·h⁻¹ 的速率输注缓解焦虑, 局麻下行超声引导下桡动脉和颈内静脉穿刺置管。麻醉诱导: 舒芬太尼 1~2 μg/kg、依托咪酯 0.1~0.3 mg/kg、咪达唑仑 0.05 mg/kg、罗库溴铵 1 mg/kg, 后经可视喉镜引导下插入相应型号的气管导管, 并经口置入经食管心脏超声探头。麻醉维持: 吸入 1%~2% 七氟醚、静脉持续泵注丙泊酚 6~10 mg·kg⁻¹·h⁻¹、顺式阿曲库铵 0.10~0.15 mg·kg⁻¹·h⁻¹、瑞芬太尼 0.2~2 μg·kg⁻¹·min⁻¹, 维持 BIS 40~60。术中术后采用相同的通气策略: V_T 6~8 ml/kg、PEEP 5 cmH₂O、FiO₂ 40%~60%、I:E 1:2, 维持 P_{ET}CO₂ 35~45 mmHg, 依据循环需要选择去甲肾上腺素 0.01~0.1 μg·kg⁻¹·min⁻¹、去氧肾上腺素 25~50 μg、多

巴胺 2~20 μg·kg⁻¹·min⁻¹、肾上腺素 0.01~0.1 μg·kg⁻¹·min⁻¹、硝酸甘油 0.5~10 μg·kg⁻¹·min⁻¹ 或米力农 0.375~0.75 μg·kg⁻¹·min⁻¹ 等血管活性药物维持 HR 45~100 次/分, SBP>80 mmHg (心肺转流期间维持 MAP 60~80 mmHg)。术中液体输注原则采用目标导向的液体治疗, 当术中 Hb<100 g/L 或红细胞比容<30% 时, 输注悬浮少白红细胞。对于手术时间较长、CBP>2 h 或手术创面渗血较多等情况, 及时行血栓弹力图检测, 依据其结果使用包括输注新鲜冷冻血浆、血小板、人纤维蛋白原或人凝血酶原复合物等血制品。同时动态监测患者尿量, 当尿量<1 ml·kg⁻¹·h⁻¹ 时, 使用呋塞米 2.5~5 mg 或甘露醇 0.25~0.5 g/kg, 对于长期接受呋塞米治疗的患者, 在心肺转流中应该继续使用原剂量维持利尿作用。术后患者送入 ICU, 生命体征平稳后转入普通病房。

观察指标 收集术前信息, 包括性别、年龄、BMI、ASA 分级、吸烟史、饮酒史、EuroSCORE II^[9]、衰弱情况、慢性合并症 (高血压、糖尿病、心肌梗死、肺动脉高压、慢性阻塞性肺疾病、睡眠呼吸暂停综合征等)、Hb、肌酐、白蛋白、肺功能指标、左心室射血分数和手术类型。记录手术时间、主动脉阻断时间和心肺转流时间。

由一名麻醉科医师对患者使用 Fried 衰弱量表^[11] 进行评估术前衰弱评估, 量表包括 (1) 体重减轻: 在过去 1 年内体重降低 (非减肥或者短期利尿剂使用) ≥5% 或 ≥4.54 kg; (2) 握力降低: 取优势手两次握力的最大值, 并依据性别和 BMI 进行划分; (3) 自述疲倦: 采用流行病学调查用抑郁自评量表评估; (4) 4.57 m 行走时间增加: 依据身高和性别进行划分; (5) 每周体力活动减少: 采用明达休闲时间活动量表测试并依据性别划分。

由一名经过专业训练的麻醉科医师在术前 1 d 用手持肺活量计进行床旁肺功能检测, 按照美国胸科学会指南标准对患者进行术前肺功能评估^[10], 取 3 次测量结果平均值, 记录用力肺活量 (forced vital capacity, FVC)、第 1 秒用力呼气量 (forced expiratory volume in 1 second, FEV₁)、一秒率 (FEV₁/FVC)。

PPCs 诊断参考 Kroenke 等^[12] 定义的标准, 分为 4 级: 1 级, 主要包括咳嗽、干咳和微小的肺不张; 2 级, 主要包括肺不张与低氧血症; 3 级, 主要包括需要穿刺的胸腔积液、肺部感染; 4 级, 主要包括再插管和术后呼吸支持时间>48 h。其中具有临床意义的 PPCs 定义为: 出现 2 级肺部并发症中 2 项或 2 项

以上症状,或出现 3 或 4 级肺部并发症中任意 1 项症状。根据术后 7 d 内是否发生 PPCs 将患者分为两组:PPCs 组和非 PPCs 组。

统计分析 根据预试验和既往研究,PPCs 的累积发生率约为 30%,多变量回归模型中至少包含 5 个 PPCs 危险因素,EPV 取 10,根基公式计算得出本研究最小样本量为 167 例。

采用 R 4.1.2 和 SPSS 26.0 统计学软件进行分析。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;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。计数资料以例(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法。采用二项 Logistic 回归分析衰弱与术后 PPCs 发生的关系,使用方差膨胀因子测试潜在的多重共线性,排除方差膨胀因子 ≥ 5 的变量,在模型一中调整 $P<0.2$ 的人口统计学变量,在模型二中继续调整 $P<0.2$ 的变量。采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线下面积(area under curve, AUC)评价 Fried 衰弱量表和 EuroSCORE II 的预测效能,曲线下面积比较采用 Delong 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

本研究初始评估老年心脏手术患者 192 例,其中术前交流困难者 2 例、术前胸部 CT 异常者 14 例、术前绝对卧床者 5 例、合并严重肝肾功能障碍 2 例,共排除 23 例;二次开胸手术 6 例、术后未行胸部影像学检查 1 例,共剔除 7 例。最终纳入患者 162 例,衰弱 26 例(16.0%),PPCs 组 57 例(35.2%),非 PPCs 组 105 例(64.8%)。

与非 PPCs 组比较,PPCs 组年龄明显增大($P<0.05$),ASA 分级、术前衰弱率、EuroSCORE II 明显升高($P<0.05$),手术时间、主动脉阻断时间和心肺转流时间明显延长($P<0.05$),FVC 明显降低($P<0.05$),其余指标差异均无统计学意义(表 1)。

单因素 Logistic 回归分析显示:ASA 分级、术前衰弱、EuroSCORE II 与发生 PPCs 有关。调整年龄和性别后(模型一),多因素 Logistic 回归分析显示:术前衰弱(OR=3.67,95%CI 1.09~9.37, $P<0.05$)、ASA 分级(OR=3.10,95%CI 1.28~7.51, $P<0.05$)和 EuroSCORE II(OR=2.66,95%CI 1.41~5.02, $P<0.05$)是发生 PPCs 的危险因素。调整年龄、性别、饮酒史、高血压、Hb、FVC 和手术时间后(模型

表 1 两组患者一般情况、术中及术后指标的比较

指标	PPCs 组 (<i>n</i> =57)	非 PPCs 组 (<i>n</i> =105)	<i>P</i> 值
男/女(例)	34/23	75/30	0.127
年龄(岁)	70.1 $\pm$ 4.7	68.6 $\pm$ 4.4	0.049
BMI(kg/m ²)	24.9 $\pm$ 3.4	24.5 $\pm$ 3.3	0.445
ASA II/III/IV级(例)	0/42/15	6/89/10	0.008
吸烟史[例(%)]	24(42.1)	48(45.7)	0.659
饮酒史[例(%)]	12(21.1)	33(31.4)	0.159
术前衰弱[例(%)]	17(29.8)	9(8.6)	<0.001
EuroSCORE II(%)	1.8(1.2~2.2)	1.3(0.9~1.7)	<0.001
NYHA 分级 I/II/III 级(例)	0/35/22	4/68/33	0.363
慢性合并症[例(%)]			
高血压	31(54.4)	42(40.0)	0.079
糖尿病	14(24.6)	27(25.7)	0.872
心肌梗死	12(21.1)	21(20.0)	0.874
肺动脉高压	15(26.3)	20(19.0)	0.283
慢性阻塞性肺疾病	1(1.8)	2(1.9)	1.000
睡眠呼吸暂停综合征	5(8.8)	5(4.8)	0.324
Hb(g/L)	131.1 $\pm$ 13.9	134.6 $\pm$ 15.1	0.150
肌酐(μ mol/L)	67.6 $\pm$ 20.7	67.8 $\pm$ 15.8	0.940
白蛋白(g/L)	41.8 $\pm$ 3.4	42.2 $\pm$ 3.9	0.579
FEV ₁ (L)	2.2 $\pm$ 0.7	2.4 $\pm$ 0.7	0.056
FVC(L)	2.6 $\pm$ 0.7	2.9 $\pm$ 0.7	0.038
FEV ₁ /FVC(%)	85.0 $\pm$ 11.5	84.4 $\pm$ 10.2	0.740
左心室射血分数(%)	58.7 $\pm$ 7.4	60.0 $\pm$ 7.3	0.271
手术类型[例(%)]			0.286
冠状动脉旁路移植术	33(57.9)	66(62.9)	
瓣膜手术	15(26.3)	29(27.6)	
冠状动脉搭桥+瓣膜手术	7(12.3)	10(9.5)	
大血管手术	2(3.5)	0(0)	
手术时间(h)	6.1 $\pm$ 1.7	5.3 $\pm$ 1.3	0.001
主动脉阻断时间(min)	57(0~109)	40(0~73)	0.037
心肺转流时间(min)	88(0~149)	61(0~113)	0.026

二),多因素 Logistic 回归分析显示:术前衰弱(OR=3.14,95%CI 1.05~9.37, $P<0.05$)和 EuroSCORE II(OR=2.16,95%CI 1.01~4.60, $P<0.05$)是发生 PPCs 的危险因素(表 2)。

表 2 PPCs 的单因素和多因素 Logistic 回归分析

变量	单因素分析		多因素分析模型一		多因素分析模型二	
	OR (95%CI)	P 值	OR (95%CI)	P 值	OR (95%CI)	P 值
术前衰弱	4.53 (1.87~11.02)	0.001	3.67 (1.43~9.4)	0.007	3.14 (1.05~9.37)	0.040
ASA 分级	3.71 (1.63~8.48)	0.002	3.10 (1.28~7.51)	0.012	1.47 (0.49~4.42)	0.498
EuroSCORE II	2.98 (1.68~5.28)	<0.001	2.66 (1.41~5.02)	0.002	2.16 (1.01~4.60)	0.047

注:模型一,调整性别和年龄;模型二,调整性别、年龄、饮酒、高血压、血红蛋白、FVC 和手术时间

EuroSCORE II 预测 PPCs 的 AUC 为 0.65 (95% CI 0.57~0.72), Fried 衰弱量表预测 PPCs 的 AUC 为 0.76 (95% CI 0.68~0.82)。与 EuroSCORE II 比较, Fried 衰弱量表的预测效能明显升高 ($P=0.035$) (图 1)。

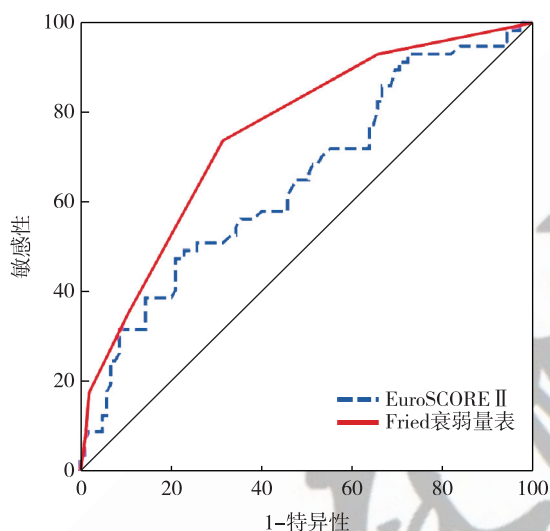


图 1 术前衰弱量表与 EuroSCORE II 预测老年患者心脏手术 PPCs 的 ROC 曲线图

讨 论

衰弱是一种与年龄增加相关的老年综合征,表现为对应激的应对能力降低。本研究结果显示,术前衰弱是老年心脏手术后肺部并发症的独立危险因素之一,与传统的风险预测指标 EuroSCORE II 比较, Fried 衰弱量表的预测效能更佳。

衰弱与 PPCs 的发生密切相关,且预测效能不亚于加泰罗尼亚外科患者的呼吸风险评分 (Ariscat 评分)。Hanada 等^[13]对 364 例接受肺切除手术老年患者进行了一项多中心队列研究,结果表明,术前较差的体能状况是发生 PPCs 的独立危险因素,与本研究结果相同,但上述研究对象为非心脏手术患者,不能将研究结果推至心脏手术患者。Cavayas

等^[5]对 115 例行心脏手术患者进行了一项关于术前膈肌功能与 PPCs 关系的前瞻性队列研究,其术前评估了衰弱,但结果并未发现术前衰弱与 PPCs 的相关性,这可能是由于样本量较小,效能不够所致。Li 等^[14]对 497 例行冠状动脉旁路移植术的患者进行一项单中心前瞻性队列研究,结果表明,术前握力、步速、5 次椅子坐立时间和 PPCs 有关,与衰弱相同,握力、步速等也是生理减退的评估指标,但此研究对象年龄跨度较大 (≥ 18 岁),而生理机能减低绝大多数集中于老年人,同时也并未采用评估更为综合全面的衰弱指标作为预测因子。

本研究中衰弱发生率为 16%, 低于既往文献定义的 20%~50%, 可能是由于本研究男性患者纳入较多, 而女性患者衰弱发生率较高^[15]。在手术相关的指标中, 手术时间、主动脉阻断时间及心肺转流时间差异均有统计学意义, 但是考虑到手术时间与体外循环时间及主动脉阻断时间具有共线性, 故只将手术时间纳入多因素分析。同样, 由于 FEV₁ 与 FVC 同为肺功能指标, 共线性诊断结果表明方差膨胀因子 >5 , 具有很强的共线性, 如果强行纳入模型中, 会造成模型的过度拟合, 导致建模失败, 故只将 FVC 纳入模型分析。本研究结果显示, 与未发生 PPCs 的患者比较, 发生 PPCs 的患者年龄较大、FVC 降低和手术时间较长, 与 Khanna 等^[16]研究结果相同。ASA 分级和 EuroSCORE II 是术后不良事件的风险评估工具, 但本研究多因素分析结果显示, ASA 分级与 PPCs 无关, 这可能是由于 ASA 分级在心脏手术中跨度较小, 绝大多数是 III/IV 级, 而 EuroSCORE II 虽然与 PPCs 有关, 但对 PPCs 的预测效能明显低于 Fried 衰弱量表。因此, 可以术前利用 Fried 衰弱量表识别患者是否衰弱, 通过术前功能康复锻炼和优化膳食来改善老年患者的衰弱状态、调整肺保护通气策略, 采用目标导向液体治疗和优化镇痛, 早期运用气道廓清技术等减轻患者围术期应激损伤, 从而防治 PPCs。

衰弱对 PPCs 影响机制目前尚不明确,主要可能与以下机制有关:(1)衰弱患者常合并肌肉减少症状,导致膈肌等呼吸肌肉无力,肺功能降低,无法有力咳嗽,气道的廓清能力下降,分泌物阻塞气道,造成不同程度的肺不张,甚至肺部感染;(2)衰弱患者常有相应合并症,如糖尿病、慢性阻塞性肺疾病、贫血和低蛋白血症,而这些合并症是 PPCs 的高危因素;(3)衰弱患者在面对应激时,循环中的炎性因子水平会高于非衰弱患者,导致衰弱患者发生肺泡和肺毛细血管损伤,进而使肺毛细血管通透性增高,肺泡表面活性物质减少,最终引起肺泡塌陷,通气血流比失调,严重者发生低氧血症。

本研究的局限性:(1)本研究为单中心小样本观察性研究,且随访时间较短,未来需要多中心大样本研究进一步验证;(2)心脏手术患者发生 PPCs 十分常见,与患者因素、外科因素、麻醉因素及 ICU 管理等诸多因素相关,但本研究多重回归因素中纳入的麻醉因素、ICU 管理等因素相对缺乏,例如输血引起的肺损伤、因伤口疼痛而呼吸受限引起肺不张及术后急性肾损伤引起肺组织渗出增多,需要进一步研究。

综上所述,术前衰弱是老年患者心脏手术后肺部并发症的独立危险因素之一,与传统的风险预测指标 EuroSCORE II 比较,Fried 衰弱量表的预测效能更佳。

参 考 文 献

- [1] Miskovic A, Lumb AB. Postoperative pulmonary complications. *Br J Anaesth*. 2017, 118(3):317-334.
- [2] Fischer MO, Brotons F, Briant AR, et al. Postoperative pulmonary complications after cardiac surgery: the VENICE international cohort study. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2022, 36(8 Pt A): 2344-2351.
- [3] Weissman C. Pulmonary complications after cardiac surgery. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth*, 2004, 8(3): 185-211.
- [4] Hulzebos EH, Helders PJ, Favié NJ, et al. Preoperative intensive inspiratory muscle training to prevent postoperative pulmonary complications in high-risk patients undergoing CABG surgery: a randomized clinical trial. *JAMA*, 2006, 296(15): 1851-1857.
- [5] Cavayas YA, Eljaiek R, Rodrigue É, et al. Preoperative diaphragm function is associated with postoperative pulmonary complications after cardiac surgery. *Crit Care Med*, 2019, 47(12): e966-e974.
- [6] Kuwaki K, Inaba H, Yamamoto T, et al. Performance of the EuroSCORE II and the society of thoracic surgeons score in patients undergoing aortic valve replacement for aortic stenosis. *J Cardiovasc Surg (Torino)*, 2015, 56(3): 455-462.
- [7] Milne B, Lucas de Carvalho J, Ayis S, et al. Frailty and perioperative patient-reported disability in patients undergoing cardiac surgery: a pilot study. *Br J Anaesth*, 2022, 128(6): 949-958.
- [8] Afilalo J, Mottillo S, Eisenberg MJ, et al. Addition of frailty and disability to cardiac surgery risk scores identifies elderly patients at high risk of mortality or major morbidity. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*, 2012, 5(2): 222-228.
- [9] Nashef SA, Roques F, Sharples LD, et al. EuroSCORE II. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2012, 41(4): 734-745.
- [10] Culver BH, Graham BL, Coates AL, et al. Recommendations for a standardized pulmonary function report. An official American thoracic society technical statement. *Am J Respir Crit Care Med*, 2017, 196(11): 1463-1472.
- [11] Fried LP, Tangen CM, Walston J, et al. Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2001, 56(3): M146-156.
- [12] Kroenke K, Lawrence VA, Theroux JF, et al. Operative risk in patients with severe obstructive pulmonary disease. *Arch Intern Med*, 1992, 152(5): 967-971.
- [13] Hanada M, Yamauchi K, Miyazaki S, et al. Short-physical performance battery (SPPB) score is associated with postoperative pulmonary complications in elderly patients undergoing lung resection surgery: a prospective multicenter cohort study. *Chron Respir Dis*, 2020, 17: 1479973120961846.
- [14] Li L, Yang Q, Guo Q, et al. Preoperative physical performance predicts pulmonary complications after coronary artery bypass grafting: a prospective study. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 11103.
- [15] Clegg A, Young J, Iliffe S, et al. Frailty in elderly people. *Lancet*, 2013, 381(9896): 752-762.
- [16] Khanna AK, Kelava M, Ahuja S, et al. A nomogram to predict postoperative pulmonary complications after cardiothoracic surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2023, 165(6): 2134-2146.

(收稿日期:2023-01-06)