

文章编号 1006-8147(2022)04-0418-05

论著

冠状动脉旁路移植术后胸骨哆开发生的相关危险因素分析

王萌^{1,2}, 宋衍秋³, 梁慧敏¹, 陈欣², 王联群², 王春梅¹

(1.天津医科大学护理学院,天津 300070; 2.天津市胸科医院心血管外科,天津 300222; 3.天津市胸科医院心血管病研究所,天津 300222)

摘要 目的:探讨冠状动脉旁路移植术(CABG)患者术后胸骨哆开(SD)发生的相关危险因素。方法:选取2014年1月至2020年6月于天津市胸科医院择期行CABG,术后发生SD的患者80例(SD组);选择同期手术、同年龄、同性别CABG术后未发生SD的患者160例,按照1:2匹配,作为对照组。比较两组一般临床资料、术前生化指标、既往病史、手术相关指标,对有统计学差异的指标进行多因素条件Logistic回归分析,绘制受试者工作特征(ROC)曲线。结果:SD组体重指数(BMI)($t=4.848, P<0.001$)、吸烟患者($\chi^2=5.245, P=0.022$)、术中体外循环($\chi^2=15.375, P<0.001$)、胸部切口感染发生率($\chi^2=25.920, P<0.001$)高于对照组,术前心功能NYHA分级高的患者发生SD比率($\chi^2=28.467, P<0.001$)高于对照组,SD组充血性心衰发生率($\chi^2=4.709, P=0.030$)高于对照组,SD组呼吸机辅助通气时间($t=4.631, P<0.001$)显著长于对照组,两组其余指标差异无统计学意义。条件Logistic回归分析结果显示BMI($OR=1.222, 95\%CI: 1.098\sim 1.360, P<0.001$)、吸烟($OR=2.012, 95\%CI: 1.005\sim 4.026, P=0.048$)、术前心功能差($OR=3.150, 95\%CI: 1.619\sim 6.127, P=0.001$)、术中体外循环($OR=4.429, 95\%CI: 1.542\sim 12.721, P=0.001$)、胸部切口感染($OR=53.516, 95\%CI: 5.419\sim 528.511, P=0.001$)及呼吸机辅助通气时间($OR=1.016, 95\%CI: 1.006\sim 1.027, P=0.005$)差异有统计学意义。ROC曲线分析表明,Logistic拟合呼吸机辅助通气时间、BMI、术前NYHA分级、体外循环、吸烟及胸部切口感染六个协变量的整体模型(变量pre_1)ROC曲线下面积为0.833($P<0.001, 95\%CI: 0.775\sim 0.892$)。呼吸机辅助通气时间 >17.756 h、BMI >26.5 kg/m²、术前NYHA心功能分级 \geq Ⅲ级时约登指数最大。结论:呼吸机辅助通气时间 >17.75 h、BMI >26.5 kg/m²、术前NYHA心功能分级 \geq Ⅲ级,同时伴有吸烟、使用体外循环及胸部切口感染是CABG患者发生SD的危险因素。

关键词 冠状动脉旁路移植术;胸骨哆开;危险因素

中图分类号 R619+5

文献标志码 A

The correlative risk factors of sternal dehiscence in patients undergoing coronary artery bypass grafting

WANG Meng^{1,2}, SONG Yan-qiu³, LIANG Hui-min¹, CHEN Xin², WANG Lian-qun², WANG Chun-mei¹

(1.School of Nursing, Tianjin Medical University, Tianjin 300070, China; 2.Department of Cardiovascular Surgery, Tianjin Chest Hospital, Tianjin 300222, China; 3. Cardiovascular Institute, Tianjin Chest Hospital, Tianjin 300222, China)

Abstract Objective: To investigate the risk factors of sternal dehiscence(SD) in patients undergoing coronary artery bypass grafting (CABG). **Methods:** A total of 80 patients with SD after undergoing CABG at Tianjin Chest Hospital from January 2014 to June 2020 were selected as the subjects, and 160 patients without postoperative SD (1:2 matched according to the simultaneous surgery, same age and same gender) were included in the control group. Patients in the two groups were compared for general clinical data, preoperative biochemical indexes, past medical history, and surgery-related indexes. The indexes with statistical differences were subject to multivariate conditional Logistic regression analysis, and the receiver operating characteristic(ROC) curves were plotted. **Results:** The body mass index(BMI) ($t=4.848, P<0.001$), the patients who smoke($\chi^2=5.245, P=0.022$), cardiopulmonary bypass($\chi^2=15.375, P<0.001$), and the incidence of chest incision infection($\chi^2=25.920, P<0.001$) in the SD group were significantly higher than those in the control group. The difference in the preoperative classification of the NYHA cardiac function($\chi^2=28.467, P<0.001$) between the SD group and the control group was statistically significant. The incidence of poor cardiac function($\chi^2=4.709, P=0.030$) in the SD group was higher than that in the control group. The duration of mechanical ventilation($t=4.631, P<0.001$) in the SD group was significantly longer than that in the control group. The results of multivariate conditional Logistic regression analysis showed that the differences in BMI ($OR=1.222, 95\%CI: 1.098\sim 1.360, P<0.001$), smoking($OR=2.012, 95\%CI: 1.005\sim 4.026, P=0.048$), preoperative classification of the NYHA cardiac function($OR=3.150, 95\%CI: 1.619\sim 6.127, P=0.001$), cardiopulmonary bypass($OR=4.429, 95\%CI: 1.542\sim 12.721, P=0.001$), chest incision infection($OR=53.516, 95\%CI: 5.419\sim 528.511, P=0.001$), and ventilator-assisted ventilation time($OR=1.016, 95\%CI: 1.006\sim 1.027, P=0.005$) were statistically significant. As shown in the ROC curve, the corresponding area under the curve of the byparameterization of the model(variable pre_1) with the ventilator-assisted ventilation time, BMI, preoperative classification of the NYHA cardiac function, cardiopulmonary bypass,

作者简介 王萌(1989-),女,硕士在读,研究方向:护理学;通信作者:王春梅, E-mail:cmwang8543@126.com。

smoking, and chest incision infection was 0.833 ($P=0.000$, 95% $CI: 0.775-0.892$). The Youden index reached its peak when the ventilator-assisted ventilation time was 17.75 hours, the BMI was 26.5 and the preoperative classification of the NYHA cardiac function is greater than or equal to class III. **Conclusion:** The risk of SD will be significantly increased in the patients with the ventilator-assisted ventilation time is greater than 17.75 hours, BMI is greater than 26.5 kg/m², the preoperative classification of the NYHA cardiac function is greater than or equal to class III and accompanied by smoking, cardiopulmonary bypass and chest incision infection.

Key words coronary artery bypass grafting; sternal dehiscence; risk factors

胸骨哆开(sternal dehiscence, SD)指手术后由于愈合不良或缝合不佳导致裂开,是冠状动脉旁路移植术(coronary artery bypass graft, CABG)术后最严重的并发症之一,以往文献报道其发生率为1%~5%^[1],SD导致局部渗出增多,继而引发纵膈感染。如不能及时有效地处理,直接影响患者的呼吸和循环系统功能稳定,病死率极高^[2-5]。目前关于CABG后SD发生的危险因素研究尚无定论。曾有研究表明,术中缝合方法^[6-7]、缝合钢丝的数目^[8]、肥胖、慢性阻塞性肺疾病(COPD)和NYHA心功能分级为IV级^[9]、异体输血^[10-11]等均为SD发生的危险因素。据统计,2012年全球需要胸骨正中切口的心胸外科手术量超过50万次,预计到2025年将增加30%至50%,胸骨创伤并发症将成为心脏术后患者围术期并发症甚至死亡的重要因素^[12]。由此可见,明确SD的危险因素具有重要的临床意义。本文对天津市胸科医院择期行CABG患者中的240例患者的临床资料进行回顾性分析,探讨SD发生的可能危险因素。

1 对象与方法

1.1 研究对象 选取2014年1月—2020年6月于天津市胸科医院择期行CABG术后发生SD的患者80例为SD组。选择同期手术、同年龄、同性别CABG术后未发生SD的患者160例,按照1:2匹配,作为对照组。总样本量为240例。纳入标准:(1)冠心病患者,择期单纯进行CABG手术,无其他合并手术。(2)手术方案统一。(3)年龄在18周岁以上。同时满足上述3个条件,方可纳入研究。排除标准:(1)既往胸部手术史。(2)胸廓畸形。(3)有心肺复苏史。(4)患有慢性传染病(如布鲁氏菌病和肝炎)。(5)紧急胸骨切开术或二次或多次胸骨切开术。(6)既往放疗/化疗。(7)意识障碍者。

SD的诊断标准:胸骨中部存在透光缝隙、胸骨钢丝移位(1根或1根以上钢丝移位2 cm)和胸骨缝合钢丝断裂。

术前准备、抗生素和胸骨切开固定方法:纳入研究的CABG术后SD组和对照组的围手术期治疗方案相同。患者的术前准备包括术前备皮和鼻腔消毒,过长的头发在术前使用理发器剪掉;患者的皮

肤用氯己定消毒,在皮肤切口前30 min予抗生素静脉静滴。在本项研究中,胸骨切开后闭合胸骨的标准方法是在胸骨切开切口两侧约1 cm处,6根外科钢丝缝线缝合胸骨,并已剔除胸骨异常狭窄、骨质疏松、胸骨牵开器操作不当、断裂或造成胸骨旁裂开的患者。胸骨钢丝缝合固定后,伤口分3层缝合。

1.2 研究方法 采集入选患者如下相关资料:(1)一般临床资料:性别、年龄、体重指数(BMI)、吸烟史、术前心功能状况(NYHA分级)。(2)既往病史:冠心病家族史、高血压史、糖尿病史、高脂血症史、脑血管意外病史、既往经皮冠状动脉介入治疗病史、充血性心力衰竭史、心肌梗死病史。(3)术前实验室指标:总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白-胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白-胆固醇(LDL-C)、肌酐(Cre)、B型钠尿肽(BNP)、谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)、凝血酶原时间(PT)、部分活化凝血活酶时间(APTT)。(4)手术相关指标:是否使用乳内动脉、是否使用体外循环、是否气管切开、胸部切口感染、呼吸机辅助通气时间。

1.3 统计学处理 采用SPSS 20.0软件进行统计学分析。符合正态分布的计量资料用 $\bar{x}\pm s$ 表示,组间比较应用 t 检验;非正态分布数据以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组间比较应用Mann-Whitney U 检验进行分析;计数资料以例(%)表示,应用 χ^2 检验进行分析;影响因素分析应用多因素条件Logistic回归分析;绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线;以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组一般资料比较 两组年龄、性别差异无统计学意义。SD组BMI和吸烟患者高于对照组(均 $P < 0.05$),SD组术前心功能NYHA分级高的患者比例高于对照组($P < 0.01$),SD组充血性心力衰竭发生率高于对照组($P < 0.05$)。两组冠心病家族史、高血压史、糖尿病史、高脂血症史、脑血管意外病史、既往经皮冠状动脉介入治疗病史、心肌梗死病史均差异无统计学意义(均 $P > 0.05$),见表1。

2.2 两组术前实验室指标及手术相关指标比较 两组TC、TG、HDL-C、LDL-C、Cre、BNP、ALT、AST、PT、

表1 两组术前一般资料比较[$\bar{x}\pm s, n(\%)$]Tab 1 Comparison of general data before operation between two groups[$\bar{x}\pm s, n(\%)$]

项目	SD组 (n=80)	对照组 (n=160)	t 或 χ^2	P
年龄(岁)	65.07±7.86	65.07±7.83	<0.001	1.000
男性	22(27.50)	44(27.50)	<0.001	1.000
BMI(kg/m ²)	26.86±8.13	24.65±2.86	4.848	<0.001
吸烟史	45(56.25)	65(40.62)	5.245	0.022
术前心功能分级(NYHA)			28.467	<0.001
1级	7(8.75)	30(18.75)		
2级	47(58.75)	119(74.37)		
3级	25(31.25)	11(6.87)		
4级	1(1.25)	0(0.00)		
冠心病家族史	9(11.25)	8(5.00)	3.165	0.107
高血压史	55(68.75)	99(61.87)	1.096	0.295
糖尿病史	31(38.75)	54(33.75)	0.583	0.445
高血脂症史	28(35.00)	68(42.50)	1.250	0.264
脑血管意外病史	18(22.50)	22(13.75)	2.940	0.086
既往经皮冠状动脉介入治疗病史	5(6.25)	18(11.25)	1.539	0.215
充血性心力衰竭史	5(6.25)	2(1.25)	4.709	0.030
心肌梗死病史	18(22.50)	43(26.87)	0.539	0.464

注:SD:胸骨哆开;BMI:体重指数

表2 两组术前实验室指标及手术相关指标比较[M(P₂₅, P₇₅), n(%)]Tab 2 Comparison between two groups in terms of preoperative laboratory tests[M(P₂₅, P₇₅), n(%)]

项目	SD组(n=80)	对照组(n=160)	Z/t χ^2	P
TC(mmol/L)	4.02(3.32, 5.18)	4.20(3.50, 4.99)	0.243	0.808
TG(mmol/L)	1.60(1.02, 2.05)	1.63(1.04, 2.00)	0.137	0.868
HDL-C(mmol/L)	0.98(0.83, 1.22)	1.06(0.92, 1.21)	0.976	0.329
LDL-C(mmol/L)	2.40(1.78, 3.26)	4.11(1.89, 3.42)	1.008	0.313
Cre(mmol/L)	83.25(67.00, 96.60)	78.49(68.00, 89.50)	0.874	0.382
BNP(mmol/L)	527.75(21.35, 537.08)	346.38(80.85, 408.1)	1.079	0.280
ALT(U/L)	29.39(16.10, 36.30)	31.56(14.10, 32.90)	1.139	0.255
AST(U/L)	24.31(15.30, 27.00)	24.75(15.20, 25.70)	0.671	0.502
PT(s)	13.07(12.68, 13.50)	13.03(12.90, 13.70)	1.635	0.102
APTT(s)	37.20(34.00, 39.78)	37.44(34.68, 40.63)	1.020	0.308
术中体外循环	19(23.75)	10(6.25)	15.375	<0.001
气管切开	2(2.50)	1(0.00)	1.519	0.218
胸部切口感染	14(17.50)	1(0.62)	25.920	<0.001
呼吸机辅助通气时间(h)	65.43(16.00, 61.00)	24.62(11.50, 22.38)	4.631	<0.001
乳内动脉使用	38(47.50)	59(36.90)	2.500	0.114

注:SD:胸骨哆开;TC:总胆固醇;TG:甘油三酯;HDL-C:高密度脂蛋白-胆固醇;LDL-C:低密度脂蛋白-胆固醇;Cre:肌酐;BNP:B型钠肽;ALT:谷丙转氨酶;AST:谷草转氨酶;PT:凝血酶原时间;APTT:部分活化凝血活酶时间

表3 多因素条件 Logistic 回归分析

Tab 3 Multivariate conditional Logistic regression analysis

检验变量	β	SE	Wald χ^2	P	OR	95%CI
BMI	0.201	0.055	13.555	<0.001	1.222	1.098~1.360
术前 NYHA 分级	1.147	0.340	11.417	0.001	3.150	1.619~6.127
吸烟	0.699	0.354	3.898	0.048	2.012	1.005~4.026
充血性心力衰竭	0.766	1.057	0.524	0.469	2.150	0.271~17.077
胸部切口感染	3.980	1.168	11.603	0.001	53.516	5.419~528.511
术中体外循环	1.488	0.538	7.640	0.006	4.429	1.542~12.721
呼吸机辅助通气时间	0.016	0.005	9.382	0.005	1.016	1.006~1.027

注: BMI: 体重指数

APTT 差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。SD 组体外循环比率、胸部切开感染发生率均显著高于对照组(均 $P<0.01$),SD 组呼吸机辅助通气时间显著长于对照组($P<0.01$),两组气管切开发生率、乳内动脉使用率差异无统计学意义(均 $P>0.05$),结果见表 2。

2.3 多因素条件 Logistic 回归分析 以 SD 是否发生为因变量(是=1,否=0),以 BMI、吸烟、术前 NYHA 分级(I 级=1, II 级=2, III 级=3, IV 级=4)、充血性心力衰竭史、体外循环、胸部切口感染、呼吸机辅助通气时间为自变量,进行多因素 Logistic 回归分析。结果显示,BMI、吸烟、术前心功能 NYHA 分级、体外循环、胸部切口感染及呼吸机辅助通气时间差异有统计学意义(均 $P<0.01$),见表 3。

2.4 ROC 曲线分析 呼吸机辅助通气时间、BMI、术前 NYHA 分级、体外循环、吸烟及胸部切口感染单协变量 ROC 曲线分析相应的曲线下面积分别为 0.686、0.658、0.645、0.586、0.583 及 0.581, Logistic 拟合上述 6 个协变量的整体模型(变量 pre_1)ROC 曲线下面积为 0.833(95% CI:0.775~0.892, $P<0.001$),呼吸机辅助

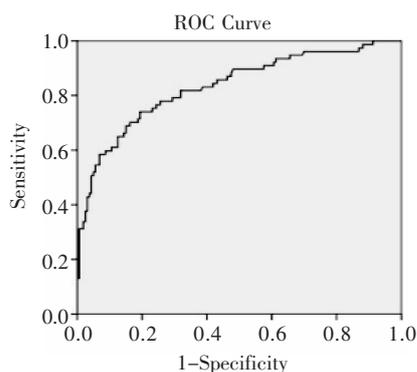
通气时间为 17.75 h、BMI 为 26.5 kg/m²、术前 NYHA 心功能分级 ≥ III 级时约登指数最大,见表 4,图 1。

表 4 ROC 曲线分析

Tab 4 ROC curve analysis

项目	Area	SE	P	95%CI
呼吸机辅助通气时间	0.686	0.038	<0.001	0.612~0.759
BMI	0.658	0.040	<0.001	0.579~0.737
术前 NYHA 分级	0.645	0.039	<0.001	0.568~0.722
体外循环	0.586	0.041	0.033	0.505~0.666
吸烟	0.583	0.040	0.040	0.505~0.660
胸部切口感染	0.581	0.041	0.043	0.500~0.663
变量 pre_1	0.833	0.030	<0.001	0.775~0.892

注: BMI: 体重指数; ROC: 受试者工作特征



注: SD: 胸骨哆开; ROC 曲线: 受试者工作特征曲线

图 1 变量 pre_1(6 个协变量)诊断 SD 的 ROC 曲线

Fig 1 ROC Curve analysis of variable pre_1(six covariates) in SD

3 讨论

SD 是胸骨正中切开心脏手术术后的一个挑战, 医院治疗服务成本高昂, 造成患者严重经济负担。根据以前的研究, 患者出现了胸部切口浅表并发症的概率为 1.1%~6.7%, 而胸骨伤口深部并发症的发生率为 0.1%~3.77%^[13-15]。近年来研究显示, 进行 CBAG 术的患者趋于年轻化, 糖尿病患病率越来越高, BMI 也越来越大。此外, 急诊手术的比例也逐步上升。虽然这些观察结果是区域性的, 但它们可以以足够的可靠性外推到目前我国的临床现状。本研究表明, 肥胖、吸烟、心功能差、体外循环、胸部切口感染及长时间呼吸机辅助通气是 SD 发生的危险因素。

早期研究证实, 吸烟可能导致 CABG 术后患者伤口愈合障碍, 尤其是胸骨哆开^[18]。Sharif-Kashab 等^[16]研究发现, 与不吸烟患者相比, CABG 术后吸烟患者伤口裂开和伤口边缘坏死的发生率较高。也有研究表明吸烟延迟了伤口愈合过程^[17-18], 已知血红蛋白与一氧化碳的结合亲和力远大于与氧气的结合亲和力, 尼古丁对真皮和皮下血管丛产生血管收缩作用, 导致组织缺氧和伤口愈合延迟^[19]。此外, 吸烟可

能导致纤溶功能受损、血小板聚集性增加、血液黏度升高和微血管病血栓形成风险增加, 吸烟也可以导致肺功能下降, 以致患者咳嗽咳痰增多, 以上均可导致伤口血供严重减弱和伤口愈合延迟。张东等^[20]的研究也同样证实吸烟是 SD 的危险因素, 与本研究结果一致。

肥胖患者由于体质肥胖, 脂肪组织较厚, 术后伤口容易发生液化且不易吸收, 造成切口感染, 进而影响伤口愈合。也有研究证实, BMI 是心脏外科手术术后 SD 发生的危险因素^[21]。Molina 等^[22]提出, BMI>30 kg/m² 心脏外科手术后 SD 发生可能性显著增加。肥胖患者术后伤口不易愈合, 从微观角度看, 脂肪组织相对是无血管的; 随着脂肪组织的增加, 血管生成不会按比例增多。肥胖导致微血管疾病, 使局部血管功能不全加剧。在结构上, 脂肪组织由小叶组成, 每个小叶由末端毛细血管供应。末端毛细血管的破坏导致整个小叶的脂肪坏死, 增加死亡组织体积, 并易于形成坏死区域。一些研究还表明, 脂肪组织可释放出异常的免疫介质和细胞外基质重塑蛋白, 这可能延长伤口愈合的炎症阶段。从宏观角度来看, BMI 增大会增加胸部向外侧的牵张力, 从而增大缝合钢丝承受的胸部闭合压力, 导致胸骨两侧受切割力增加, 咳嗽时或呼吸时两半胸骨之间的运动增加, 阻碍胸骨愈合, 破坏愈合软组织上皮化和血管生成, 增加伤口破裂的风险。

已有研究发现, 术前积极治疗营养不良、贫血、低蛋白血症等可减少伤口感染的可能性^[23], 从而减少 SD 的发生。胸部切口感染, 造成组织渗出液增多, 胸骨切口上部覆盖的对合组织坏死, 破坏已愈合的组织, 进而延迟伤口愈合, 导致 SD 发生。本研究表明胸部切口感染是 SD 发生的独立危险因素。

体外循环辅助, 术中患者心脏停跳, 术后体外循环与心脏复跳交接过程中对机体组织器官造成缺血再灌注损伤^[24-25], 机体发生炎症反应。对循环系统及相关脏器影响较大, 不利于患者围术期恢复, 导致患者术后心功能分级较差, 呼吸机辅助时间延长, 胸骨哆开发生率较高。本研究表明体外循环是 SD 发生的危险因素。

术前心功能分级是患者术前身体状态的一个重要衡量指标, 心功能不全患者更容易喘息, 咳嗽, 胸骨震动、冲击频率高, 缝合钢丝更易松动, 延长胸骨愈合时间, 导致 SD 更易发生。赵子牛等^[26]报道心功能不全导致 SD 的发生与本研究一致。

呼吸机辅助正压通气可增加胸骨闭合的机械力, 给胸壁带来的压力与正常生理性负压呼吸不

同。呼吸力的增加可能增强胸骨切开部分的微动,患者术后循环不稳,肺功能差,以致脱机失败、呼吸机辅助时间延长,进而增加胸骨愈合不良的风险,导致SD发生的危险增大。赵子牛等^[26]报道呼吸机辅助时间延长导致SD的发生与本研究一致。

综上所述,本研究显示肥胖、吸烟、心功能差、体外循环、胸部切口感染及长时间呼吸机辅助通气是SD发生的危险因素。同时ROC曲线分析提示联合上述6个指标对于SD的诊断更具有价值。当呼吸机辅助通气时间>17.75 h、BMI>26.5 kg/m²、术前NYHA心功能分级≥Ⅲ级,同时伴有吸烟、使用体外循环及胸部切口感染的患者,SD发生的可能性增加。明确SD的危险因素,为临床中CABG患者围术期提供关注点,有效预防SD的发生。早期发现并及时进行诊断、治疗,减轻患者住院痛苦。本研究病例来源一家医院,结果尚有一定的局限性,还需开展多中心研究,进一步明确SD危险因素,为临床提供理论依据。

参考文献:

- [1] 周峰,高永顺,刘吉福.等.封闭负压引流联合胸大肌肌瓣翻转手术治疗心脏术后胸骨切口深部感染51例[J].右江医学,2019,47(7):558-560.
- [2] 朱鹏,尤颢,刘菲,杨谦.心脏外科术后胸骨哆开的外科治疗[J].华西医学,2016,31(5):850-853.
- [3] SASO S, JAMES D, VECHT J A, et al. Effect of skeletonization of the internal thoracic artery for coronary revascularization on the incidence of sternal wound infection[J]. *Ann Thorac Surg*, 2010, 89(2): 661-670.
- [4] MOTOMATSU Y, IMASAKA K, TAYAMA E, et al. Midterm results of sternal band closure in open heart surgery and risk analysis of sternal band removal[J]. *Artif Organs*, 2016, 40(2): 153-158.
- [5] KALAB M, KARKOSKA J, KAMINEK M, et al. Reconstruction of massive post-sternotomy defects with allogeneic bone graft: four-year results and experience using the method[J]. *Int Card Thorac Surg*, 2016, 22(3): 305-313.
- [6] ORHAN S N, OZYAZICIOGLU M H. Evaluation of sternum closure methods by means of a nonlinear finite element analysis[J]. *Proc Inst Mech Eng H*, 2019, 233(12): 1282-1291.
- [7] GALLINA F T, MELIS E, FORCELLA D, et al. Sternal wound dehiscence after median sternotomy: an alternative closure technique[J]. *J Card Surg*, 2021, 36(7): 2603-2604.
- [8] HIROYUKI K, AL-MAISARY S S A, PAYAM A, et al. The number of wires for sternal closure has a significant influence on sternal complications in high-risk patients[J]. *Int Card Thorac Surg*, 2009, 15(4): 665-670.
- [9] SHU D, LI J, ZHAO Y, et al. Comparison of polyetheretherketone cables and stainless steel wires for sternal fixation after median sternotomy[J]. *J Int Med Res*, 2021, 49(9): 3000605211041265.
- [10] VYMAZAL T, ASTRVERKHAVA M, DURILA M. Rotational thromboelastometry helps to reduce blood product consumption in critically ill patients during small surgical procedures at the Intensive Care Unit—a retrospective clinical analysis and literature search[J]. *Transfus Med Hemother*, 2018, 45(6): 385-387.
- [11] MORIASKI A, HOSONO M, MURAKAMI T, et al. Effect of negative pressure wound therapy followed by tissue flaps for deep sternal wound infection after cardiovascular surgery: propensity score matching analysis[J]. *Int Card Thorac Surg*, 2016, 23: 397-402.
- [12] 沈长军,吴远林,杨朝坤,等.冠状动脉旁路移植术169临床应用体会[J].中国妇幼健康研究,2017,28(S4):1-6.
- [13] PIWNICA-WORMS W, AZOURY SC, KOZAK G, et al. Flap reconstruction for deep sternal wound infections: factors influencing morbidity and mortality[J]. *Ann Thorac Surg*, 2020, 109(5): 1584-1590.
- [14] GUDBJARTSSON T, JEPPSSON A. Wound infections following open heart surgery—review[J]. *Laeknabladid*, 2019, 105(4): 177-182.
- [15] VESTEINSDOTTIR E, HELGASON K O, SVERRISSON K O, et al. Infections and outcomes after cardiac surgery—The impact of outbreaks traced to transesophageal echocardiography probes[J]. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2019, 63(7): 871-878.
- [16] SHARIF-KASHABI B, SHAHABI P, MANDEGAR M H, et al. Smoking and wound complications after coronary artery bypass grafting[J]. *J Surg Res*, 2016, 200(2): 743-748.
- [17] JALEEL Z, BLASBERG E, TROIANO C, et al. Association of vaping with decreased vascular endothelial growth factor expression and decreased microvessel density in cutaneous wound healing tissue in rats[J]. *Wound Repair Regen*, 2021, 29(6): 1024-1034.
- [18] ELLIS P. The impact of smoking on wound healing: the role of the nurse[J]. *Br J Nurs*, 2018, 27(6): S10-S14.
- [19] BUKVIC MOKOS Z, MISE J, BALIC A, et al. Understanding the relationship between smoking and hidradenitis suppurativa[J]. *Acta Dermatovenerol Croat*, 2020, 28(1): 9-13.
- [20] 张东,景东帅,赵真,等.心脏直视术后中老年患者胸骨哆开的危险因素分析[J].世界最新医学信息文摘,2014,14(3):64-73.
- [21] LISTEWNIK M J, JEDRZEJCZAK T, MAJER K, et al. Complications in cardiac surgery: an analysis of factors contributing to sternal dehiscence in patients who underwent surgery between 2010 and 2014 and a comparison with the 1990-2009 cohort[J]. *Adv Clin Exp Med*, 2019, 28(7): 913-922.
- [22] MOLINA J E, LEW RSL, HYLAND K J. Postoperative sternal dehiscence in obese patients: incidence and prevention [J]. *Ann Thorac Surg*, 2004, 78(3): 912-917.
- [23] 张正刚,向道康,朱西安,等.手术后胸骨哆开的原因分析与护理体会[J].中西医结合心血管病杂志,2016,4(34):69-72.
- [24] KMIECIK S A, STAMMERS A H, PETTERSON C M, et al. The effect of volume replacement on serum protein concentration during cardiopulmonary bypass[J]. *J Extra Corpor Technol*, 2001, 33(4): 227-232.
- [25] HAMMER S, LOEFF M, REICHENSPURNER H, et al. Effect of cardiopulmonary bypass on myocardial function, damage and inflammation after cardiac surgery in newborns and children[J]. *Thorac Cardiovasc Surg*, 2001, 49(6): 349-354.
- [26] 赵子牛,程兆云,王圣,等.冠状动脉搭桥术后胸骨哆开的原因分析及诊治[J].武汉大学学报(医学版),2012,33(6):909-911.