

· 适宜技能 ·

胸骨固定系统在心脏直视手术关胸中的应用效果

王沙¹, 程功², 黄晓燕³, 李学文¹, 宋宝国¹, 石践¹, 邵展社¹, 王宗超¹

【摘要】 目的 探讨胸骨固定系统在心脏直视手术关胸中的应用效果。**方法** 选取2016年7月—2017年12月在陕西省人民医院行正中纵劈胸骨心脏直视手术的患者60例,采用随机数字表法分为对照组和观察组,每组30例。对照组患者采用钢丝环扎法关胸,观察组患者采用胸骨固定系统关胸。比较两组患者手术情况〔包括主动脉阻断时间、体外循环(CPB)时间、脱机至缝合完皮肤时间、术后24 h引流量、术后脱呼吸机时间、术后ICU停留时间〕,术后1、2、3 d及出院时、出院后1个月、出院后3个月静息状态和咳嗽状态疼痛数字评分法(NRS)评分,术后并发症发生率。**结果** (1)两组患者主动脉阻断时间、CPB时间及术后24 h引流量比较,差异无统计学意义($P>0.05$);观察组患者脱机至缝合完皮肤时间长于对照组,术后脱呼吸机时间及术后ICU停留时间短于对照组($P<0.05$)。(2)时间与方法在静息状态NRS评分、咳嗽状态NRS评分上存在交互作用($P<0.05$);时间在静息状态NRS评分、咳嗽状态NRS评分上主效应显著($P<0.05$);方法在静息状态NRS评分、咳嗽状态NRS评分上主效应不显著($P>0.05$)。观察组患者术后2 d静息状态NRS评分、咳嗽状态NRS评分均低于对照组($P<0.05$)。(3)两组患者术后胸骨哆开、胸骨创口深部感染、胸骨创口表面感染发生率及创口问题二次手术者所占比例比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 与钢丝环扎法相比,胸骨固定系统能有效缩短心脏直视手术患者术后脱呼吸机时间及ICU停留时间,缓解患者术后短期内疼痛程度,安全性较高,但其可能延长脱机至缝合完皮肤时间。

【关键词】 心脏外科手术;胸骨固定系统;关胸

【中图分类号】 R 541 **【文献标识码】** A DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2019.01.020

王沙,程功,黄晓燕,等.胸骨固定系统在心脏直视手术关胸中的应用效果[J].实用心脑血管病杂志,2019,27(1):92-95. [www.syxnf.net]

WANG S, CHENG G, HUANG X Y, et al. Application effect of sternum fixation system in closing thoracic cavity of open heart surgery [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2019, 27(1): 92-95.

Application Effect of Sternum Fixation System in Closing Thoracic Cavity of Open Heart Surgery WANG Sha¹, CHENG Gong², HUANG Xiaoyan³, LI Xuwen¹, SONG Baoguo¹, SHI Jian¹, SHAO Zhanshe¹, WANG Zongchao¹

1.Department of Cardiovascular Surgery, Shaanxi Provincial People's Hospital, Xi'an 710068, China

2.Department of Cardiovascular Medicine, Shaanxi Provincial People's Hospital, Xi'an 710068, China

3.Department of Central Laboratory, Shaanxi Provincial People's Hospital, Xi'an 710068, China

Corresponding author: WANG Zongchao, E-mail: 119275360@qq.com

【Abstract】 Objective To explore the application effect of sternum fixation system in closing thoracic cavity of open heart surgery. **Methods** A total of 60 patients underwent median longitudinal thoracic open heart surgery in Shaanxi Provincial People's Hospital from July 2016 to December 2017 were divided into control group and observation group according to random number table method, each with 30 cases. Patients in control group used wire cerclage for closing the thoracic cavity, while patients in observation group used sternum fixation system for closing the thoracic cavity. Operation related indicators (including aortic occlusion time, CPB time, time from weaning to skin suturing, 24-hour drainage after operation, off-ventilator time after operation, ICU stays after operation), resting NRS score and cough NRS score 1 day, 2 days and 3 days after operation, 1 month and 3 months after discharge, and incidence of postoperative complications were compared between the two groups. **Results** (1) There was no statistically significant difference in aortic occlusion time, CPB time or 24-hour drainage after operation between the two groups ($P>0.05$); time from weaning to skin suturing in observation group was statistically significantly longer than that in control group, while off-ventilator time after operation and ICU stays after operation in observation group were statistically significantly shorter than those in control group ($P<0.05$). (2) There was statistically

基金项目: 陕西省科学技术研究发展计划项目(2012F2-01); 陕西省重点研发计划项目(2017SF-127); 陕西省人民医院科技孵化基金资助项目(2015YX-3); 心馨-默克心血管科研基金项目

1.710068 陕西省西安市, 陕西省人民医院心血管外科 2.710068 陕西省西安市, 陕西省人民医院心血管内科 3.710068 陕西省西安市, 陕西省人民医院中心实验室

通信作者: 王宗超, E-mail: 119275360@qq.com

significant interaction in resting NRS score and cough NRS score between time and method ($P<0.05$) ; main effect of time was statistically significant in resting NRS score and coughing NRS score ($P<0.05$) ; main effect of method was not statistically significant in resting NRS score or cough NRS score ($P>0.05$) . Resting NRS score and coughing NRS score in observation group were statistically significantly lower than those in control group 2 days after operation ($P<0.05$) . (3) There was no significant difference in incidence of sternal dehiscence, deep infection of sternal wound or surface infection, or proportion of patients underwent secondary surgery due to wound problems between the two groups ($P>0.05$) . **Conclusion** Compared with wire cerclage, sternum fixation system can effectively shorten off-ventilator time and ICU stays after open heart surgery, alleviate the short-time pain after operation, with relatively high safety, but it may prolong the time from weaning to skin suturing.

【Key words】 Cardiac surgical procedures; Sternum fixation system; Closing thoracic cavity

胸骨正中切口是标准的体外循环心脏直视手术切口^[1]。传统关胸方法为钢丝环扎法,但钢丝环扎由于其切割作用会导致胸骨哆开^[2],且不能提供良好的胸骨稳定性^[3-4],进而延长胸骨愈合时间,导致疼痛甚至骨髓炎等严重并发症^[5]。因此,为胸骨正中切开患者提供良好的胸骨稳定性和强度对促进胸骨愈合、减少胸骨裂开和纵隔炎等并发症具有重要作用^[6-8]。本研究旨在探讨胸骨固定系统在心脏直视手术关胸中的应用效果,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准 纳入标准:(1)年龄18~70岁;(2)包含两个以上胸骨愈合不良风险因素〔如糖尿病、慢性阻塞性肺疾病(COPD)、体质指数(BMI) $\geq 30\text{ kg/m}^2$ 、肾衰竭、长期应用激素及免疫抑制剂、二次手术、胸骨劈偏、骨质疏松、胸骨横断、体外循环(CPB)时间 $>2\text{ h}$ 等〕。排除标准:(1)非常规纵劈胸骨者;(2)胸肋缘残存胸骨 $<2\text{ mm}$ 者;(3)行急诊或抢救手术者;(4)纽约心脏病协会(NYHA)分级IV级者;(5)延迟关胸者。

1.2 一般资料 选取2016年7月—2017年12月在陕西省人民医院行正中纵劈胸骨心脏直视手术的患者60例,采用随机数字表法分为对照组和观察组,每组30例。两组患者年龄、性别、体质指数(BMI)、合并症、CPB $>2\text{ h}$ 者所占比例、吸烟率、胸骨劈偏者所占比例、左心室射血分数(LVEF)及心脏手术类型比较,差异无统计学意义($P>0.05$,见表1),具有可比性。本研究经陕西省人民医院医学伦理委员会审核批准,所有患者知情并签署知情同意书。

1.3 手术方法 两组患者均在全身麻醉低温CPB下由同一组手术医生完成心内直视手术操作。对照组患者采用钢丝环扎法关胸,具体如下:选择1 mm医用钢丝5~7根,经胸骨穿孔或绕胸骨左右缘穿肋间隙,单股绞合固定胸骨,胸骨固定牢靠后常规缝合肌层、皮下组织及皮肤。观察组患者采用胸骨固定系统关胸,具体如下:清除胸骨固定系统放置部位的胸骨表面软组织(保留骨膜),游离胸肋缘2、4、6肋间肌肌肉,测量胸骨柄、胸骨体中部和下部近剑突处厚度,以便选择合适的胸骨固定系统(由西安康拓医疗技术有限公司提供,由固定底板、上滑板、定位器三部分组成,纯钛材质);胸骨达到解剖复位,胸骨固定牢靠后常规缝合肌层、皮下组织及皮肤。

1.4 观察指标 (1)比较两组患者手术情况,包括主动脉阻断时间、CPB时间、脱机至缝合完皮肤时间、术后24 h引流量、

术后脱呼吸机时间、术后ICU停留时间。(2)比较两组患者术后1、2、3 d及出院时、出院后1个月、出院后3个月静息状态咳嗽状态疼痛数字评分法(NRS)评分^[9],0分为无痛;1~2分为轻度疼痛,能正常生活和睡眠;3~4分为中度疼痛,适当影响睡眠;5~6分为重度疼痛,需麻醉止痛药;7~8分为剧烈疼痛,影响睡眠并伴有其他症状;9~10分为疼痛无法忍受,严重影响睡眠并伴有其他症状或被动体位。(3)比较两组患者术后并发症发生情况,包括胸骨哆开、胸骨创口深部感染、胸骨创口表面感染、创口问题二次手术。胸骨创口深部感染诊断标准^[10]:①纵隔组织或分泌物培养有微生物生长;②术中或组织病理检查有纵隔炎证据;③术后持续胸痛、胸骨不稳定或发热(体温 $>38\text{ }^{\circ}\text{C}$),伴纵隔引流物为脓性、出血或纵隔区分分泌物培养分离出致病微生物;符合上述其中一项即可确诊为胸骨创口深部感染。

1.5 统计学方法 采用SPSS 21.0统计学软件进行数据处理,计量资料以($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用两独立样本 t 检验,重复测量数据采用重复测量方差分析;计数资料分析采用 χ^2 检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 手术情况 两组患者主动脉阻断时间、CPB时间及术后24 h引流量比较,差异无统计学意义($P>0.05$);观察组患者脱机至缝合完皮肤时间长于对照组,术后脱呼吸机时间及术后ICU停留时间短于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$,见表2)。

2.2 NRS评分 时间与方法在静息状态NRS评分、咳嗽状态NRS评分上存在交互作用($P<0.05$);时间在静息状态NRS评分、咳嗽状态NRS评分上主效应显著($P<0.05$);方法在静息状态NRS评分、咳嗽状态NRS评分上主效应不显著($P>0.05$)。观察组患者术后2 d静息状态NRS评分、咳嗽状态NRS评分均低于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$,见表3)。

2.3 并发症 两组患者术后胸骨哆开、胸骨创口深部感染、胸骨创口表面感染发生率及创口问题二次手术者所占比例比较,差异无统计学意义($P>0.05$,见表4)。

3 讨论

目前,心脏手术常规关胸方法为钢丝环扎法,但其不能提供良好的胸骨稳定性,进而影响创口愈合^[4,11]。有研究表明,钢丝关胸是术后胸骨感染的独立危险因素之一^[12];心脏手术后胸骨创口深部感染发生率为0.5%~3.0%^[13],但病死率高达

表 1 两组患者一般资料比较

Table 1 Comparison of general information between the two groups

组别	例数	年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	性别 (男/女)	BMI ($\bar{x} \pm s$, kg/m ²)	合并症 [n (%)]				CPB>2 h [n (%)]
					糖尿病	COPD	肾衰竭	骨质疏松	
对照组	30	48.4 ± 16.2	16/14	23.8 ± 3.0	8 (26.7)	3 (10.0)	2 (6.7)	2 (6.7)	8 (26.7)
观察组	30	48.3 ± 15.8	17/13	24.7 ± 3.0	9 (30.0)	2 (6.7)	1 (3.3)	2 (6.7)	6 (20.0)
$\chi^2(t)$ 值		0.043 ^a	0.067	-1.692 ^a	0.082	0.218	0.351	<0.001	0.373
<i>P</i> 值		0.966	0.795	0.101	0.774	0.640	0.554	1.000	0.542

组别	吸烟 [n (%)]	胸骨劈开 [n (%)]	LVEF ($\bar{x} \pm s$, %)	心脏手术类型 [n (%)]			
				先天性心脏病手术	瓣膜置换术	冠状动脉旁路移植术	瓣膜置换术 + 冠状动脉旁路移植术
对照组	11 (36.7)	3 (10.0)	53.90 ± 4.45	8 (26.7)	11 (36.6)	9 (30.0)	2 (6.7)
观察组	11 (36.7)	2 (6.7)	55.27 ± 5.01	7 (23.3)	12 (40.0)	9 (30.0)	2 (6.7)
$\chi^2(t)$ 值	0.000	0.218	-1.749 ^a			0.110	
<i>P</i> 值	1.000	0.640	0.091			0.991	

注: COPD= 慢性阻塞性肺疾病, CPB= 体外循环, LVEF= 左心室射血分数; ^a 为 *t* 值表 2 两组患者手术情况比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of operation related indicators between the two groups

组别	例数	主动脉阻断 时间 (min)	CPB 时间 (min)	脱机至缝合完 皮肤时间 (min)	术后 24 h 引流量 (ml)	术后脱呼吸 机时间 (min)	术后 ICU 停 留时间 (min)
对照组	30	52.2 ± 24.8	83.5 ± 36.9	54.4 ± 10.2	416.9 ± 289.4	12.3 ± 7.4	4.3 ± 1.9
观察组	30	52.4 ± 22.2	85.8 ± 34.1	63.0 ± 11.2	370.8 ± 152.4	9.0 ± 3.6	3.3 ± 1.8
<i>t</i> 值		-0.068	-0.674	-5.571	1.089	3.322	2.120
<i>P</i> 值		0.947	0.506	<0.001	0.285	0.002	0.043

表 3 两组患者术后不同时间点静息状态 NRS 评分及咳嗽状态 NRS 评分比较 ($\bar{x} \pm s$, 分)

Table 3 Comparison of resting NRS score and coughing NRS score between the two groups at different time points after operation

组别	例数	静息状态 NRS 评分						咳嗽状态 NRS 评分					
		术后 1d	术后 2d	术后 3d	出院时	出院后 1 个月	出院后 3 个月	术后 1d	术后 2d	术后 3d	出院时	出院后 1 个月	出院后 3 个月
对照组	30	3.7 ± 1.2	2.9 ± 1.0	1.9 ± 0.6	1.9 ± 0.5	2.0 ± 0.6	1.9 ± 0.6	4.4 ± 1.0	3.5 ± 1.0	2.5 ± 0.7	2.5 ± 0.7	2.3 ± 0.4	2.2 ± 0.5
观察组	30	3.5 ± 1.2	2.1 ± 0.7 ^a	2.0 ± 0.6	1.8 ± 0.6	1.8 ± 0.6	1.5 ± 0.6	4.2 ± 1.1	2.7 ± 0.7 ^a	2.5 ± 0.7	2.4 ± 0.6	2.3 ± 0.5	1.8 ± 0.6
<i>F</i> 值		<i>F</i> _{时间} =100.928, <i>F</i> _{组间} =1.213, <i>F</i> _{交互} =7.350						<i>F</i> _{时间} =182.324, <i>F</i> _{组间} =2.764, <i>F</i> _{交互} =4.932					
<i>P</i> 值		<i>P</i> _{时间} <0.001, <i>P</i> _{组间} =0.275, <i>P</i> _{交互} <0.001						<i>P</i> _{时间} <0.001, <i>P</i> _{组间} =0.102, <i>P</i> _{交互} <0.001					

注: NRS= 疼痛数字评分法; 与对照组比较, ^a*P*<0.05

表 4 两组患者术后并发症发生率比较 [n (%)]

Table 4 Comparison of incidence of postoperative complications between the two groups

组别	例数	胸骨哆开	胸骨创口 深部感染	胸骨创口 表面感染	创口问题 二次手术
对照组	30	2 (6.7)	2 (6.7)	3 (10.0)	3 (10.0)
观察组	30	0	0	1 (3.3)	1 (3.3)
χ^2 值		2.069	2.069	1.071	1.071
<i>P</i> 值		0.150	0.150	0.301	0.301

7%~35%^[14-16]。因此, 寻找新的关胸方法对改善心脏手术患者预后具有重要意义。胸骨固定系统为新型关胸设备, 系生物惰性材料纯钛制成, 在人体血液中具有耐腐蚀性能; 此外,

其还具有良好的生物相容性, 极少发生过敏反应, 无需二次手术取出, 且不影响磁共振成像检查等^[17]。

HIROSE 等^[18]研究结果显示, 与传统固定胸骨患者相比, 钢板固定胸骨患者术后脱呼吸机时间缩短 26 h、ICU 停留时间缩短 41 h。本研究将胸骨固定系统用于心脏直视手术关胸中, 结果显示, 两组患者主动脉阻断时间、CPB 时间及术后 24 h 引流量间无统计学差异; 但观察组患者脱机至缝合完皮肤时间长于对照组, 术后脱呼吸机时间及术后 ICU 停留时间短于对照组, 提示与钢丝环扎法相比, 胸骨固定系统能有效缩短心脏直视手术患者术后脱呼吸机时间及 ICU 停留时间, 但其可能延长脱机至缝合完皮肤时间, 分析其原因可能与外科医生对新器械操作不熟练有关。

既往研究表明, 钢板固定胸骨能有效减轻行心脏手术患

者术后疼痛感,降低创口并发症发生风险^[13, 19];而术后疼痛减轻有利于患者早期活动,进而预防深静脉血栓、肺栓塞、肺炎等并发症的发生^[20]。本研究结果显示,观察组患者术后2 d 静息状态 NRS 评分、咳嗽状态 NRS 评分均低于对照组,提示与钢丝环扎法相比,胸骨固定系统能有效缓解心脏直视手术患者术后短期内疼痛程度,而患者短期内疼痛减轻又可以减少镇静、止痛药物使用量,有利于患者肺复张及早期活动,进而促进患者康复。

创口问题是心脏外科术后非常棘手的并发症,影响因素较多,治疗困难,可导致患者住院时间延长、住院费用增加,已引起心脏外科医生密切关注。KRISTENSEN 等^[21]研究表明,创口问题再次手术患者胸骨创口深部感染及纵隔炎发生率约为 11.1%。生物力学研究表明,钢板较钢丝能提供更好的力学稳定性,胸骨稳定则可促进组织再血管化及骨骼愈合,进而避免创口并发症的发生^[22]。本研究结果显示,两组患者术后胸骨哆开、胸骨创口深部感染、胸骨创口表面感染发生率及创口问题二次手术者所占比例间无统计学差异,分析其原因可能与本研究样本量较小有关。

综上所述,与钢丝环扎法相比,胸骨固定系统能有效缩短心脏直视手术患者术后脱呼吸机时间及 ICU 停留时间,缓解患者术后短期内疼痛程度,安全性较高,但其可能延长脱机至缝合完皮肤时间。本研究样本量较小,所得结论仍有待扩大样本量进一步证实。

参考文献

- [1] RAMAN J, STRAUS D, SONG D H. Rigid plate fixation of the sternum [J]. *Ann Thorac Surg*, 2007, 84 (3): 1056-1058.
- [2] BOUSTANY A N, GHAREEB P, LEE K. Prospective, randomized, single blinded pilot study of a new FlatWire based sternal closure system [J]. *J Cardiothorac Surg*, 2014, 9: 97. DOI: 10.1186/1749-8090-9-97.
- [3] MATSUYAMA K, KUINOSE M, KOIZUMI N, et al. Sternal closure by rigid plate fixation in off-pump coronary artery bypass grafting: a comparative study [J]. *J Artif Organs*, 2016, 19 (2): 175-178. DOI: 10.1007/s10047-015-0870-9.
- [4] NISHIMURA T, KURIHARA C, SAKANO Y, et al. Sternal lock plating system for elderly post-sternotomy patients [J]. *J Artif Organs*, 2014, 17 (3): 288-290. DOI: 10.1007/s10047-014-0771-3.
- [5] KILIAN E, MAIR H, REICHART B, et al. Sternal closure after median sternotomy: a new technique using titanium hooks and wires applied parasternally [J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2013, 16 (6): 721-723. DOI: 10.1093/icvts/ivt011.
- [6] STELLY M M, RODNING C B, STELLY T C. Reduction in deep sternal wound infection with use of a peristernal cable-tie closure system: a retrospective case series [J]. *J Cardiothorac Surg*, 2015, 10: 166. DOI: 10.1186/s13019-015-0378-7.
- [7] BENEDETTO U, ALTMAN D G, GERRY S, et al. Pedicled and skeletonized single and bilateral internal thoracic artery grafts and the incidence of sternal wound complications: Insights from the Arterial Revascularization Trial [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2016, 152 (1): 270-276. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2016.03.056.
- [8] LAZAR H L, SALM T V, ENGELMAN R, et al. Prevention and management of sternal wound infections [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2016, 152 (4): 962-972. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2016.01.060.
- [9] LAHTINEN P, KOKKI H, HYNINEN M. Pain after cardiac surgery: a prospective cohort study of 1-year incidence and intensity [J]. *Anesthesiology*, 2006, 105 (4): 794-800.
- [10] ALDEA G S, BAKAEEN F G, PAL J, et al. The Society of Thoracic Surgeons Clinical Practice Guidelines on Arterial Conduits for Coronary Artery Bypass Grafting [J]. *Ann Thorac Surg*, 2016, 101 (2): 801-809. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2015.09.100.
- [11] MATSUYAMA K, KUINOSE M, KOIZUMI N, et al. Sternal closure by rigid plate fixation in off-pump coronary artery bypass grafting: a comparative study [J]. *J Artif Organs*, 2016, 19 (2): 175-178. DOI: 10.1007/s10047-015-0870-9.
- [12] ALLEN K B, THOURANI V H, NAKA Y, et al. Randomized, multicenter trial comparing sternotomy closure with rigid plate fixation to wire cerclage [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2017, 153 (4): 888-896. e1. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2016.10.093.
- [13] GELIJNS A C, MOSKOWITZ A J, ACKER M A, et al. Management Practices and Major Infections After Cardiac Surgery [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 64 (4): 372-381. DOI: 10.1016/j.jacc.2014.04.052.
- [14] BRATZLER D W, HUNT D R. The surgical infection prevention and surgical care improvement projects: national initiatives to improve outcomes for patients having surgery [J]. *Clin Infect Dis*, 2006, 43 (3): 322-330.
- [15] KARRA R, MCDERMOTT L, CONNELLY S, et al. Risk factors for 1-year mortality after postoperative mediastinitis [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2006, 132 (3): 537-543.
- [16] GRAF K, OTT E, VONBERG R P, et al. Economic aspects of deep sternal wound infections [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2010, 37 (4): 893-896. DOI: 10.1016/j.ejcts.2009.10.005.
- [17] 刘胜申, 曾富春, 丛伟. 钛板联合钢丝双重固定胸骨切口在心脏直视手术中的应用研究 [J]. *四川医学*, 2012, 33 (7): 1138-1140. DOI: 10.3969/j.issn.1004-0501.2012.07.011.
- [18] HIROSE H, YAMANE K, YODELMAN B A, et al. Rigid Sternal Fixation Improves Postoperative Recovery [J]. *Open Cardiovasc Med J*, 2011, 5: 148-152. DOI: 10.2174/1874192401105010148.
- [19] RAMAN J, LEHMANN S, ZEHR K, et al. Sternal closure with rigid plate fixation versus wire closure: a randomized controlled multicenter trial [J]. *Ann Thorac Surg*, 2012, 94 (6): 1854-1861. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2012.07.085.
- [20] BAYRAMOGLU Z, DURAK Y, BAYRAM M, et al. Bone cement-enhanced sternal closure technique in cardiac surgery: effects on sternal union, pain and life quality [J]. *J Cardiothorac Surg*, 2013, 8: 182. DOI: 10.1186/1749-8090-8-182.
- [21] KRISTENSEN K L, RAUER L J, MORTENSEN P E, et al. Reoperation for bleeding in cardiac surgery [J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2012, 14 (6): 709-713. DOI: 10.1093/icvts/ivs050.
- [22] PAI S, GUNJA N J, DUPAK E L, et al. In vitro comparison of wire and plate fixation for midline sternotomies [J]. *Ann Thorac Surg*, 2005, 80 (3): 962-958. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2005.03.089.

(收稿日期: 2018-11-20; 修回日期: 2018-01-16)

(本文编辑: 谢武英)