

## · 专家论坛 ·

## 本文亮点:

- (1) 从胸骨深部伤口感染发生发展中的常见危险因素出发,强调了早期预防、诊断和临床介入的重要性,并基于临床实际分享了胸骨深部伤口感染的若干处理经验。
- (2) 紧紧围绕精准控制感染和稳定胸骨的双重原则,对不同严重程度的胸骨深部伤口感染的重建修复策略进行了归纳和讨论,同时强调了围手术期管理的重要性。

## Highlights:

- (1) Starting from the common risk factors in the development of deep sternal wound infection, the importance of early prevention, diagnosis, and clinical intervention was emphasized. Furthermore, several experiences in handling deep sternal wound infection were shared based on clinical practice.
- (2) Focused on the dual principles of precise infection control and sternal stabilization, the reconstruction and repair strategies for deep sternal wound infection of different severity were summarized and discussed, emphasizing the importance of perioperative management.



## 重视胸骨切开术后胸骨深部伤口感染的预防和处理

官浩 陈阳

空军军医大学第一附属医院全军烧伤中心,烧伤与皮肤外科,西安 710032

通信作者:官浩,Email:guan hao2020@yeah.net

**【摘要】** 胸骨深部伤口感染(DSWI)是心脏手术后潜在且灾难性的并发症之一。尽管临床上采用了更小的切口、常规预防性使用抗生素和优化血糖管理等措施,但DSWI的发病率依然在1%~5%波动。DSWI在发生初期的症状和体征均不明显,致使临床医师的干预介入偏晚。DSWI一旦未被及时处理,患者病死率极高。因此,及早预防、诊断和适当处理对于防止DSWI进一步发展至致命的结局非常重要。鉴于DSWI的临床危害性和治疗的复杂性,故本文重点探讨和分享在各个环节中预防DSWI发生的经验、发生后的重建修复策略,以引起广大同行对DSWI的重视。

**【关键词】** 胸骨切开术; 外科伤口感染; 纵膈炎; 手术后并发症; 胸骨深部伤口感染; 预防和治理; 创面修复

**基金项目:**教育部中国高校产学研创新基金(2021JH030)

### Pay attention to the prevention and treatment of deep sternal wound infection after sternotomy

Guan Hao, Chen Yang

Department of Burns and Cutaneous Surgery, Burn Center of PLA, the First Affiliated Hospital of Air Force Medical University, Xi'an 710032, China

Corresponding author: Guan Hao, Email: guan hao2020@yeah.net

**【Abstract】** Deep sternal wound infection (DSWI) is one of the potential and catastrophic complications after cardiac surgery. Despite the use of smaller incisions, routine application of prophylactic antibiotic and optimized blood glucose management, the incidence rate of DSWI still fluctuates between 1% and 5%. The early symptoms and signs of DSWI are not often obvious, making it too late for the clinicians to intervene in the process. Once left untreated, DSWI carries a very high mortality rate. Therefore, early prevention, diagnosis, and

DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20231212-00235

本文引用格式:官浩,陈阳.重视胸骨切开术后胸骨深部伤口感染的预防和处理[J].中华烧伤与创面修复杂志,2024,40(2):125-130. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20231212-00235.

Guan H, Chen Y. Pay attention to the prevention and treatment of deep sternal wound infection after sternotomy[J]. Chin J Burns Wounds, 2024, 40(2): 125-130. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20231212-00235.



appropriate management of DSWI are crucial in preventing its progression to life-threatening outcomes. Considering the clinical severity and treatment complexity of DSWI, this article focuses on preventive experiences in each stage of DSWI, and reconstructive strategies after DSWI happens, raising attention among the medical community regarding DSWI.

**【Key words】** Sternotomy; Surgical wound infection; Mediastinitis; Postoperative complications; Deep sternal wound infection; Prevention and treatment; Wound repair

**Fund program:** Industry-University-Research Innovation Fund of Ministry of Education of China (2021JH030)

胸骨切开术发明之前,纵隔感染常由食道破裂、下行的咽后壁感染或牙源性感染、气管支气管疾病引起<sup>[1-3]</sup>。但如今,绝大多数的纵隔感染起源于心脏外科手术的切口并发症,临床上又称胸骨深部伤口感染(deep sternal wound infection, DSWI)。尽管临床上已经采取了多种措施来预防 DSWI,但是据文献报道,在不同人群中 DSWI 的发病率仍在 1%~5% 波动,若不及时干预治疗,其致死率可达 45%<sup>[4]</sup>。涉及心脏和大血管缝线的 DSWI 可导致感染性休克和/或灾难性出血,致死率极高<sup>[5]</sup>。因此,早期的预防和诊断依然是首位的。一旦发生 DSWI,反复的感染和胸廓重建术会延长住院时间,增加医疗资源消耗,降低患者的生活质量。纵隔的解剖结构复杂,涉及心、肺、大血管、气管、食道等重要器官,一旦发生 DSWI 可累及诸多相邻的组织,若伴有粘连,会使得清创重建过程更加困难,这使得很多外科医师面对此类疾病望而却步。对于从事创面修复的医师而言,开展这类手术需具备相关经验和跨学科专业知识及做好更加精细的围手术期准备。文献报道,首次修复手术一旦失误,再次发生严重纵隔感染的概率可增加 9 倍<sup>[5]</sup>。因此,及时的诊断、适当的感染控制和有效的治疗方法选择对 DSWI 的预后至关重要。鉴于 DSWI 的严重后果和治疗的复杂性,对于广大医务工作者而言,如何在胸骨切开术前就预判 DSWI 的危险因素并采取相应的预防措施,如何在术后评估 DSWI 的发生概率并及时地诊断,如何选择有效规范的治疗方法处理 DSWI 从而最大限度地避免不良医疗结局,是目前亟待解决的临床问题。故本文希望通过重点介绍 DSWI 的诊断、危险因素、手术护理治疗要点,以引起广大同行对胸骨切开术后 DSWI 防治的重视。

## 1 重视 DSWI 的诊断和分型

尽早对 DSWI 确诊,有利于尽快开展后续治疗,其中,疾病分型对于术前决定采用何种治疗方案具有重要的决定意义。DSWI 是根据临床、实验室和放射学检查结果组合进行综合诊断的。目前 DSWI 的诊断必须至少满足美国疾病控制和预防中心表述的以下标准之一:(1)从纵隔组织液或渗出液标本中培养出阳性微生物;(2)从术中探查或送检样本的组织病理学检查中能找到纵隔炎的证据;(3)至少具有以下临床特征之一,体温超过 38 °C、胸痛、胸骨不稳定。同时至少符合以下 1 项,脓性纵隔分泌物、血液或纵隔分泌物标本的微生物培养阳性或纵隔增宽的影像学证据<sup>[4]</sup>。

除发热外,DSWI 的其他常见体征包括伤口裂开、化脓性伤口分泌物和胸骨不稳定<sup>[6]</sup>。慢性 DSWI 病例可能出现伤口愈合延迟(常伴有迟发的锁骨上窝窦道),影像学检查可以协助明确诊断。胸部 X 线片可检测到纵隔气肿、纵隔增宽和积液平面。胸部 CT 是诊断 DSWI 的首选检查,不仅有助于确诊,还有助于评估疾病发展和指导手术方案的制订。根据笔者团队的经验,DSWI 术前的 CT 检查除了有助于诊断外,还有助于评估包括胸骨移位情况、固定物移位情况、气穴、积液和脓肿位置、术前设计需要清创的范围和盥洗管道放置位置。

胸骨伤口感染根据其感染累及的范围和严重程度,在解剖学上可分为浅表感染和深部感染。胸骨浅表伤口感染仅涉及深筋膜平面以上的皮肤和皮下组织,这类伤口的修复相对简单,一般不需要胸骨清创和组织瓣覆盖<sup>[4]</sup>;而深筋膜平面以下的感染被归类为 DSWI,这类伤口的处理最为棘手,也是本文重点讨论的内容。理想的 DSWI 分型应该是既能描述感染的部位和程度,又能指导手术方式的选择。国内已有对 DSWI 分型的探索,但 1996 年发布的 El Oakley 分型对于术前评估手术难度以及选择手术方式依旧具有重要的指导意义<sup>[4]</sup>。

## 2 重视多环节的 DSWI 危险因素识别和采取相应的预防措施

考虑到 DSWI 原发病情的复杂性和治疗的长期性,危险因素分布在病程的多个环节,识别危险因素和危险因素导致的不良后果,通常需要多个学科团队协作配合。由于各种研究中使用的 DSWI 的定义不同及研究人群的异质性,目前为止,学术

界还没有就某个危险因素对 DSWI 的影响达成共识。然而,了解常见的已经有相当程度共识的危险因素可及早识别高危患者,有针对性地实施预防措施,一旦发病及时进行治疗。此处讨论仅涉及部分常见的患者相关危险因素和医疗相关危险因素。

## 2.1 重视判断和减少患者相关危险因素

一项荟萃分析表明,与男性相比,女性发生 DSWI 的概率明显更高,尤其是乳房的大小与 DSWI 风险呈正相关<sup>[7]</sup>。这可能是由于无支撑大乳房的重量增加了胸骨伤口的下外侧张力,导致伤口更易裂开,更易发生细菌定植、侵入<sup>[8]</sup>。这一结果和笔者临床实践中观察到的情况一致。当然,本研究团队也体会到,大乳房患者的胸大肌也比较发达,充足的肌肉组织量有利于填塞和修复。对于大乳房患者,本研究团队建议采取对抗和降低乳房侧向拉力的相应措施,譬如,术中充分游离组织瓣;对伤口采用逐层减张缝合;包扎时采用向内挤压乳房后用强力胸带固定乳房位置限制胸廓活动度,以及术后限制上臂外展等。

相关研究还表明 DSWI 与肥胖之间存在强关联,因为大胸围也可增加胸骨手术切口的张力,加重胸骨的不稳定<sup>[9-10]</sup>。肥胖患者的脂肪组织血管数量少,使得抗生素的渗透性和必需营养物质输送效果较差,这也会导致伤口愈合不良<sup>[11]</sup>。此外,笔者在临床观察和实践中体会到,针对肥胖患者的手术操作更困难,手术时间因此而延长,增加了手术切口感染的风险。面对高张力的胸骨切口,笔者认为胸骨旁纵向串行环绕肋骨技术加钢丝固定的方法可加强胸骨的稳定性,针对桶状胸患者也可尝试采用胸骨钢板固定系统。本研究团队建议,肥胖患者在择期治疗原发病手术前应积极控制体重;术中在不影响病灶暴露的情况下选择较小的切口,不断改良器械;应尽量避免长时间过度牵拉组织和缝合时张力过大,以降低切口裂开的风险;另此类患者手术后应控制热量摄入。

## 2.2 重视判断和减少医疗相关的危险因素

研究显示,与使用单侧胸廓内动脉作为移植物相比,选用双侧胸廓内动脉(bilateral internal thoracic artery, BITA)行冠状动脉搭桥术(coronary artery bypass graft, CABG),患者术后生存率更高,心脏相关事件发病率更低,这是由于 BITA 能够增加血供来源,分散血供负荷,提高冠脉移植的成功率<sup>[12]</sup>。然而,移植 BITA 的 CABG 却会导致 DSWI 的

发生风险增加。解剖学相关研究已证实利用 BITA 作为移植物会使胸骨血流灌注量减少,导致胸骨伤口愈合不良<sup>[7,13-14]</sup>。BITA 是已被证实的 DSWI 的医疗相关危险因素,由于血运问题,对于已行移植 BITA 的 CABG 的患者也应慎用胸大肌翻转术治疗 DSWI。

有关研究表明,多次纵隔暴露(二次开胸)可能会增加伤口污染和纵隔感染的风险;此外,大量出血、术中低血压和过度解剖分离引起的切口部位缺血和损伤也会影响胸骨伤口愈合<sup>[7]</sup>。因此,在术中应该密切排查活动性出血点,采取必要的止血措施,同时应注意细致和准确操作,尽量减少组织创伤和切口张力,避免过度牵拉。术后应密切监测患者的切口情况和体征变化。如观察到切口周围出现红肿、渗液、发热等感染征象,应及时进行评估和处理。已有研究证实,心脏围手术期高血糖是患者不良结局的标志,无糖尿病患者出现应激性高血糖会增加术后并发症发病率及病死率<sup>[15]</sup>。为了对抗术中高血糖,笔者团队基于标准化的列线图将所有患者的术中血糖水平定为 $<10$  mmol/L。另外,过去人们认为骨蜡可以减少胸骨伤口出血和降低 DSWI 的发病率,但最近的数据表明情况可能恰好相反,骨蜡也会抑制骨愈合,增加胸骨裂开的风险<sup>[16]</sup>。因此,在目前笔者团队接诊的 DSWI 案例中,已经在逐步减少骨蜡的使用。

## 3 重视 DSWI 的治疗

目前,DSWI 的治疗尚无标准方案,但笔者认为必须遵循 2 个基本原则,即精准控制感染和治疗胸骨不稳定或缺损。治疗任何类型和深度的 DSWI 时,都需要行积极手术清创术去除坏死和失活的组织,最大限度地清除感染灶、死骨、异物,充分引流存在的纵隔脓肿并采用盥洗术控制感染源。对有明显胸骨骨质侵蚀、胸骨缺损或明确胸骨后纵隔感染的患者,应咬除未愈合胸骨的全部松质骨直至肋骨软骨连接处,充分暴露胸骨后纵隔,并对可疑感染间隙进行逐一排查和清除;对于无胸骨后感染但胸骨未完全愈合的患者(感染局限于皮下组织及胸骨浅层,胸骨裂开但骨质完整),应尽可能清除可见坏死组织及少量坏死胸骨(尤其是钢丝穿孔部位),保留胸骨完整性;即使胸骨足够稳定,对于任何怀疑可能被感染的胸骨钢丝、钢丝穿孔均应予以拔除或刮除炎性肉芽组织,以消除细菌生物膜生成的条

件。否则,即使强行闭合伤口,也难以愈合或形成隐蔽的窦道,可能会为严重纵隔感染埋下隐患。

清创术后,医师根据软组织和骨的缺损量、伤口的深度、胸骨缺损的位置、患者的合并症等因素决定是否 I 期封闭创面以及如何选择重建方案<sup>[17]</sup>。有研究建议,只要没有进一步的侵袭性感染迹象,剩余的胸骨在闭合后能趋近于原本的形态和保持一定的稳定性,就可以尝试在 I 期封闭创面时保留胸骨<sup>[18]</sup>。对于因清创致使部分胸骨缺损而无法直接关闭伤口的患者,通常需要使用网膜瓣、胸大肌瓣、背阔肌瓣或腹直肌瓣等组织瓣进行填塞重建。对于长度 $<5\text{ cm}$ 的胸骨缺损,以胸肩峰动脉、胸廓内动脉、腋动脉胸肌支等为基础的单侧或双侧胸大肌肌瓣依然是胸骨伤口修复重建中最常用的组织瓣,可以行单侧/双侧反转填塞或推进对接。由于胸大肌肌纤维量大且血供丰富,因此它能够有效稳定胸廓、对抗感染。胸大肌肌瓣的优势在于它不会增加新的切口,不会损伤胸部皮肤的外观,也不会严重影响上肢的运动。对于较大的胸骨缺损(缺损长度 $>10\text{ cm}$ ),可采用单侧胸大肌联合腹直肌反转填塞修复。腹直肌肌瓣以腹壁上动脉为蒂,由于其易于剥离和旋转,使其能够在翻转后用于覆盖胸骨伤口的下 $1/3$ <sup>[19]</sup>。根据笔者团队的经验,腹直肌肌瓣相比胸大肌肌瓣,能够更有效地覆盖和填塞胸骨伤口的下 $1/3$ 。但当确认 BITA 都被使用后,则不可切取腹直肌肌瓣。当上述肌瓣均不可用时,网膜瓣成为了 DSWI 创面修复重建的新选择。个别研究认为使用大网膜能够有效对抗耐甲氧西林金黄色葡萄球菌引起的纵隔炎,比肌瓣更有优势<sup>[20]</sup>。笔者团队认为,网膜瓣的主要适应证是 DSWI 伴有巨大的胸骨缺损导致的局部组织量严重不足或传统肌瓣不能修复的严重纵隔感染创面。但使用网膜可能造成新的侵入性损伤,且要求临床医师具有熟练的腹腔镜技术或专业团队的配合,并可能引起包裹性积液、上腹壁切口疝、出血、坏死、渗出、腹腔污染等并发症。对于更大的胸骨缺损(缺损长度 $>15\text{ cm}$ ),个别文献建议采用带蒂背阔肌肌皮瓣修复<sup>[21]</sup>。对于有严重胸骨和皮肤软组织缺损的患者,可以考虑使用游离组织瓣重建胸壁。

有部分研究者强调了 I 期组织瓣覆盖在 DSWI 修复重建中的重要性,与延迟组织瓣重建的患者相比,接受根治性胸骨清创术后立即覆盖组织瓣的患者的病死率和 DSWI 的复发率都显著降低,住院时

间缩短<sup>[22-23]</sup>。然而,目前关于 DSWI 发生后行组织瓣覆盖重建手术的具体时机尚未达成共识,需要在这方面进行更多研究。如果由于持续性的胸骨深部感染,经反复手术治疗仍无法有效闭合胸骨创面时,文献建议将进行 NPWT 作为最终胸骨闭合或过渡期的选择,直至创面清洁和新生肉芽组织可见后,再用肌瓣和网膜瓣填塞<sup>[24]</sup>。NPWT 不仅可以减轻患者疼痛,维持纵隔的持续“清创”状态,还能维持组织血液供应,减少水肿,并暂时稳定胸廓<sup>[24]</sup>。目前,针对 DSWI 合并广泛纵隔感染、胸骨骨髓炎、多发窦道的患者,NPWT 联合滴注灌洗已是临床治疗的常规选项。

van Wingerden 等<sup>[25]</sup>于 2014 年提出了针对 DSWI 的 AMSTERDAM 分类,至今该分类仍具有一定的参考意义。该分类基于 2 个变量对胸骨切术后的 DSWI 进行手术管理:胸骨稳定性以及胸骨活力和残存量。1 型和 2 型 DSWI 中的胸骨依然保持着稳定性,而 3 型和 4 型 DSWI 的特征是胸骨不稳定。虽然胸骨不够稳定,但在 3 型 DSWI 中胸骨仍然具有活力,而 4 型 DSWI 中胸骨就已出现坏死且残存量不足。该分类中的手术建议和时机因感染的严重程度而异。临床医师可参考 AMSTERDAM 分类,结合患者的病情制订重建方案。

## 4 重视 DSWI 高危患者的围手术期管理

### 4.1 DSWI 高危患者围手术期的抗生素治疗

对 DSWI 高危患者可预防性使用抗生素。部分 DSWI 患者不具有典型临床表现(发热、胸骨伤口脓液渗出、胸痛、胸骨摩擦感等),实验室检查未见明显异常。因此,笔者认为 DSWI 患者一旦确诊入院后,无论是否有明显的感染症状,均须接受多种类型标本(伤口渗液、血液、鼻腔分泌物、痰液等)的病原微生物检查,然后针对最可能的致病微生物静脉给予经验性广谱抗生素,同时应警惕微生物培养的假阴性结果。即使微生物培养结果暂时阴性或药物敏感试验结果延迟,也应根据本单位细菌谱的流行病学特点和抗生素政策,经验性使用抗生素预防感染,后续再根据药物敏感试验结果进行相应调整。

### 4.2 重视 DSWI 高危患者围手术期护理

通过围手术期实施一系列的护理干预措施来减少胸骨伤口细菌定植和感染、优化伤口愈合条件

是降低 DSWI 发病率的关键。在术前阶段,笔者建议外科医师针对患者病情和合并症对患者进行整体评估,制订个性化的预防措施,并确保术前清洁皮肤,更换抗凝药物,合理使用抗生素。术中要求严格遵守无菌操作规程,做好仪器设备的消毒灭菌,在保证手术质量的情况下尽量缩短手术时间,精细操作同时减少创伤和出血。术后密切监测患者全身状况及创面愈合情况,注意是否有感染征象,如红肿、渗液、疼痛等。DSWI 患者因手术范围广,纵隔腔隙多,术后易复发感染,建议对该类患者在术后持续滴注灌洗并密切监测胸部引流液量、引流物变化,直至引流液清亮方可拔除引流管。另外,应该严格要求患者在术后佩戴盔甲式胸带 3~6 个月以稳定胸廓,严格限制肩关节外展活动(尤其针对行双侧胸大肌对接的患者)。另外,对于术前评估为 DSWI 高危的患者,笔者建议对其建立单独的随访数据库,定期进行微生物培养和影像学复查,便于尽早发现感染迹象或胸骨愈合不良。根据笔者团队既往的实践案例,术后利用盔甲式胸带限制胸式呼吸,变胸式呼吸为腹式呼吸可提高 DSWI 的修复成功率<sup>[26]</sup>。

## 5 小结与展望

综上所述,DSWI 是可以预防的,但是不能杜绝,由于患者胸骨切开术前的基础疾病和术中术后的各种因素盘根交错,难以抽丝剥茧找出某个具体的致病原因,所以当前该术后并发症的发病率仍维持在比较恒定的水平。同时文献显示,各种新的固定方法并未显著减少 DSWI 的发生,也佐证了这一论断。既然不能避免,如何辨别高危患者,采取何种预防措施,进而规范化地处理就是临床医护人员必须思考和面对的现实。根据笔者的实践经验,DSWI 的治疗有几个关键点需要强调:充分清创、引流脓腔和置入灌洗管道是治疗的基础;充分地游离和减张是防止伤口再次裂开的有效措施,术后灌洗和变胸式呼吸为腹式呼吸是防复发和促愈合的关键因素。笔者认为,组织瓣的选择取决于清创后形成缺损的大小、深部组织的受累情况、解剖学基础(是否存在胸廓内动脉)和显微外科技术。如果缺损相对较小或者 BITA 缺失,应首选双侧或单侧胸大肌推进对接。对于较大的缺损,至少存在一侧胸廓内动脉的情况下,应根据肌肉填塞的必要性和患者的一般情况,在单侧或双侧胸大肌肌瓣翻转和/

或腹直肌肌瓣翻转之间进行选择,也可以选择游离组织瓣。对于广泛缺损且局部组织量严重不足、胸骨不稳定、感染风险高的患者,可考虑使用大网膜瓣。目前国内已有保留胸骨的探索和报道,但主要针对病程短、切口渗液管理好的患者,如何确定适应证,还是目前的难题。DSWI 是创面修复外科中的难点和挑战,需要具有一定的医疗条件和知识储备,例如应对服用抗凝剂导致的弥漫性渗血的处理方法,应对术中心脏或大血管破裂导致的大出血的自体血液回输系统,体外循环系统等跨学科知识和设备,及在复杂创面修复上具备丰富经验的医护人员方可实施修复重建工作。总之,规范化的围手术期预防措施、精细化的手术操作、协同高效的多学科诊疗,一定能提高 DSWI 患者的治疗水平和康复质量。当然,上医治未病。对于 DSWI 未来的治疗,笔者认为有几个关键方面可以期待并加以探索研究。首先,通过危险因素预测模型,早期预测 DSWI 的高危患者,帮助临床医护人员采取针对性的预防措施,从而减少 DSWI 的发生。其次,发明针对感染病灶的新型靶向示踪材料,可以在早期发现潜在的脓腔,并进行相应的抗感染治疗。再者,研发具有抗菌能力的镀膜材料,个性化地重建缺损的胸骨,可有效降低感染风险。此外,能够保持张力并抑制细菌定植的新型缝合线材,也是未来的研究方向。最后,笔者团队更希望国内不同区域的医疗机构共同合作,共享经验与资源,推动 DSWI 治疗的研究,提高整体救治水平。通过这些努力,有望进一步改善 DSWI 的治疗效果,减少各类心脏术后切口并发症的发生,为患者提供更安全、高效的护理和治疗。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

## 参考文献

- [1] Burnett CM, Rosemurgy AS, Pfeiffer EA. Life-threatening acute posterior mediastinitis due to esophageal perforation [J]. *Ann Thorac Surg*, 1990,49(6):979-983. DOI: 10.1016/0003-4975(90)90882-7.
- [2] Jaworsky D, Reynolds S, Chow AW. Extracranial head and neck infections[J]. *Crit Care Clin*, 2013,29(3):443-463. DOI: 10.1016/j.ccc.2013.03.003.
- [3] Chervenikov A, Chervenikov P. Surgical treatment of acute purulent mediastinitis[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 1992,6(8):407-410; discussion 411. DOI: 10.1016/1010-7940(92)90064-5.
- [4] Song YY, Chu WL, Sun JC, et al. Review on risk factors, classification, and treatment of sternal wound infection[J]. *J Cardiothorac Surg*, 2023,18(1):184. DOI: 10.1186/s1319-023-02228-y.

- [5] Phoon PHY, Hwang NC. Deep sternal wound infection: diagnosis, treatment and prevention[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2020,34(6):1602-1613. DOI: 10.1053/j.jvca.2019.09.019.
- [6] Chan M, Yusuf E, Giulieri S, et al. A retrospective study of deep sternal wound infections: clinical and microbiological characteristics, treatment, and risk factors for complications[J]. *Diagn Microbiol Infect Dis*, 2016, 84(3): 261-265. DOI: 10.1016/j.diagmicrobio.2015.11.011.
- [7] Balachandran S, Lee A, Denehy L, et al. Risk factors for sternal complications after cardiac operations: a systematic review[J]. *Ann Thorac Surg*, 2016, 102(6): 2109-2117. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2016.05.047.
- [8] Krasivskiy I, Ivanov B, Eghbalzadeh K, et al. Sex-associated differences in short-term outcomes in patients with deep sternal wound infection after open-heart surgery[J]. *J Clin Med*, 2022,11(24):7510. DOI: 10.3390/jcm11247510.
- [9] Pan L, Mo R, Zhou Q, et al. Deep sternal wound infection after cardiac surgery in the Chinese population: a single-centre 15-year retrospective study[J]. *J Thorac Dis*, 2017,9(9):3031-3037. DOI: 10.21037/jtd.2017.08.41.
- [10] McGregor WE, Trumble DR, Magovern JA. Mechanical analysis of midline sternotomy wound closure[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1999, 117(6): 1144-1150. DOI: 10.1016/s0022-5223(99)70251-5.
- [11] Teppa R, Sude NS, Karanam VPK, et al. Relevance of subcutaneous fat thickness as a risk factor for surgical site infections in abdominal surgeries[J]. *Cureus*, 2022, 14(1): e20946. DOI: 10.7759/cureus.20946.
- [12] Magalhães DMS, Deininger MO, Oliveira OG, et al. Deep sternal wound infection after beating heart coronary artery bypass surgery with routine use of skeletonized bilateral internal thoracic artery[J]. *Braz J Cardiovasc Surg*, 2023,38(4):e20210607. DOI: 10.21470/1678-9741-2021-0607.
- [13] Sofer D, Gurevitch J, Shapira I, et al. Sternal wound infections in patients after coronary artery bypass grafting using bilateral skeletonized internal mammary arteries[J]. *Ann Surg*, 1999,229(4):585-590. DOI: 10.1097/0000658-199904000-00020.
- [14] Gatti G, Pappalardo A, Chocron S, et al. Validation and performance comparison of two scoring systems created specifically to predict the risk of deep sternal wound infection after bilateral internal thoracic artery grafting[J]. *Surg Infect (Larchmt)*, 2020,21(5):433-439. DOI: 10.1089/sur.2019.252.
- [15] Jaiswal A, Truby LK, Chichra A, et al. Impact of obesity on ventricular assist device outcomes[J]. *J Card Fail*, 2020, 26(4):287-297. DOI: 10.1016/j.cardfail.2019.10.001.
- [16] Vos RJ, Van Putte BP, Kloppenburg GTL. Prevention of deep sternal wound infection in cardiac surgery: a literature review[J]. *J Hosp Infect*, 2018, 100(4): 411-420. DOI: 10.1016/j.jhin.2018.05.026.
- [17] Kaul P. Sternal reconstruction after post-sternotomy mediastinitis[J]. *J Cardiothorac Surg*, 2017,12(1):94. DOI: 10.1186/s13019-017-0656-7.
- [18] Lazar HL, Salm TV, 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.
- [19] Lee DY, Eo S, Lim S, et al. Successful pedicled vertical rectus abdominis myocutaneous flap reconstruction with negative-pressure wound therapy for deep sternal wound infection: a case report and comprehensive review[J]. *Front Surg*, 2023,10:1268555. DOI: 10.3389/fsurg.2023.1268555.
- [20] Botianu PVH. Current indications for the intrathoracic transposition of the omentum[J]. *J Cardiothorac Surg*, 2019, 14(1):103. DOI: 10.1186/s13019-019-0924-9.
- [21] Ernert C, Kielstein H, Azatyan A, et al. Extended arc of rotation of Latissimus Dorsi Musculocutaneous Flap providing well-vascularized tissue for reconstruction of complete defects of the sternum: an anatomical study of flap pedicle modification[J/OL]. *Clin Hemorheol Microcirc*, 2023(2023-09-16) [2023-12-12]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37742631/>. DOI: 10.3233/CH-238115. [published online ahead of print].
- [22] Lo S, Hutson K, Hallam MJ, et al. The importance of early flap coverage in deep sternal wounds[J]. *Ann Plast Surg*, 2014, 73(5): 588-590. DOI: 10.1097/SAP.0b013e318284084b.
- [23] Cabbabe EB, Cabbabe SW. Immediate versus delayed one-stage sternal débridement and pectoralis muscle flap reconstruction of deep sternal wound infections[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2009, 123(5): 1490-1494. DOI: 10.1097/PRS.0b013e3181a205f9.
- [24] Banjanovic B, Haxibeqiri Karabic I, Straus S, et al. Our experiences in the treatment of anterior chest wall infections (2015-2021) [J]. *Mater Sociomed*, 2022, 34(2): 142-148. DOI: 10.5455/msm.2022.34.142-148.
- [25] van Wingerden JJ, Ubbink DT, van der Horst CM, et al. Poststernotomy mediastinitis: a classification to initiate and evaluate reconstructive management based on evidence from a structured review[J]. *J Cardiothorac Surg*, 2014,9:179. DOI: 10.1186/s13019-014-0179-4.
- [26] 张万福, 徐婧, 张敬群, 等. 胸骨切开后继发伴胸骨骨髓炎和/或纵隔炎创面的围手术期处理及其临床效果[J]. *中华烧伤与创面修复杂志*, 2024,40(2):151-158. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20231028-00141.

(收稿日期: 2023-12-12)