

综述

DOI: 10.3969/j.issn.0253-9802.2024.03.008

深部胸骨切口感染预防及治疗的研究进展

林楠 张瑞 肖虎

【摘要】 深部胸骨切口感染（DSWI）是正中胸骨切开后罕见但严重的一种并发症。DSWI 的治疗周期长，预后不理想，对患者的生活质量和心理健康造成了一定影响。该现状的改善需要临床医师的多学科合作，医师术前及时识别危险因素，并采取有效的预防措施，术后一旦发现切口感染及时处理，可避免感染进展到胸骨及纵膈。在明确 DSWI 的情况下，整形外科医师选择适合患者的治疗方案，及时控制感染实现胸骨重建。目前，DSWI 的预防尚未引起足够的重视，治疗多依赖于医师自身的经历与理解，缺乏共识。该文对 DSWI 的预防和治疗的相关进展作一综述。

【关键词】 深部胸骨切口感染；正中胸骨切开后；心脏手术；预防；治疗

Recent advances on prevention and management of deep sternal wound infection Lin Nan, Zhang Rui, Xiao Hu. Department of Burns and Plastic Surgery, Shandong Provincial Hospital Affiliated to Shandong First Medical University, Ji'nan 250021, China
Corresponding author, Xiao Hu, E-mail: 847247374@qq.com

【Abstract】 Deep sternal wound infection (DSWI) is a rare but seriously damaging complication after median sternotomy. The quality of life and psychological health of patients may be affected due to long management period and unsatisfactory prognosis of DSWI. The improvement of this situation requires multidisciplinary cooperation. Cardiac surgeons should identify risk factors in a timely manner before surgery, take effective preventive measures, and treat incisional infections when detected after surgery to avoid the progression of infection to the sternum and mediastinum. With a definite diagnosis of DSWI, plastic surgeons are required to choose appropriate management protocols to control the infection and achieve sternal reconstruction in a timely manner. At present, prevention of DSWI has not received sufficient attention. DSWI treatment is mostly dependent on doctors' own experience and understanding, and consensus is lacking. This article provide a review of the progress in the prevention and treatment of DSWI.

【Key words】 Deep sternal wound infection; Median sternotomy; Cardiac surgery; Prevention; Treatment

胸骨正中切口的心脏手术常并发胸骨切口的感染，可根据是否累及筋膜平面分为浅表胸骨切口感染（SSWI）和深部胸骨切口感染（DSWI）^[1]。DSWI 的发病率低但致死率高，且治疗费用高，患者负担重，正中胸骨切开后 DSWI 的发生率约为 1.3%，病死率高达 7.9%~12.8%^[2]。

一、DSWI 定义及诊断标准

DSWI 是指正中胸骨切开后并发的深部感染。DSWI 不仅累及皮肤和皮下组织，还可以深达胸骨及前纵膈，尤其是晚期的 DSWI 可导致骨髓炎、皮下脓肿及纵膈炎^[3]。

根据美国疾病控制和预防中心对于深部手术切口感染制定的诊断标准，DSWI 为发生在手术后

30 天内，且至少满足以下 1 项：①胸部切口有明显脓性分泌物引出；②组织培养可以提供明确的感染证据；③明确的影像学检查证据；④在未行组织培养和影像学检查的情况下，有以下症状之一：发热（>38℃）、胸骨疼痛/压痛、胸骨不稳定^[4]。

二、胸骨切口感染的分型

胸骨切口感染的两大特征为切口感染和胸骨不稳定，两者是独立存在但互相联系的两个因素。高永顺等^[5]建议将胸骨切口感染分为三型（见表 1），其中ⅡB 及Ⅲ型被认为是 DSWI 或纵膈炎。由于胸骨是否稳定对治疗指导意义不大，该分型未考虑胸骨稳定性问题。该分型基于临床经验，

基金项目：山东省自然科学基金面上项目（ZR2021MH370）

作者单位：250021 济南，山东第一医科大学附属省立医院烧伤整形外科

通信作者：肖虎，E-mail: 847247374@qq.com

并推荐了相关治疗方法，对临床医师具有指导意义，这些治疗方案将在后文中讨论。

三、预防措施

1. 针对危险因素的预防措施

确定 DSWI 的危险因素对预防术后感染具有重要意义，其危险因素包括患者自身的危险因素和手术相关危险因素两方面：患者自身相关危险因素包括肥胖、COPD、糖尿病、肾功能衰竭、外周血管疾病、吸烟、性别、乳房大小等；手术相关危险因素包括手术时长、搭桥术中双侧乳内动脉移植（BIMA）、植入物数量过多、术后低心输出量、术后重新探查出血、血液制品的使用、机械辅助通气时间过长等^[67]。见表 2。

Fowler 等（2005 年）分析了美国胸外科医师协会国家心脏数据库的 331 429 例冠状动脉旁路移植患者，确定了胸部切口感染的主要危险因素并构建了风险评估系统，通过该模型识别高风险患者，评估其感染风险，及时采取相应的预防措施。对于目前可识别的危险因素，部分危险因素可以术前预防。

2. 预防性使用抗菌素

2.1 静脉注射抗菌素

Chan 等（2016 年）认为革兰阳性菌和革兰阴性菌均参与了 DSWI 发病，其中 75.8% 的患者通常由金黄色葡萄球菌引起。美国胸外科医师协会发布的胸部外科抗菌素预防指南（第 I 部分 2006 年、第 II 部分 2007 年）评估了正中胸骨切开术中抗菌素预防的选择和持续时间，指南建议使用第一代头孢菌素，万古霉素可作为第一代头孢菌素的佐

剂，用于接受瓣膜或血管植入手术的患者、可能耐甲氧西林金黄色葡萄球菌（MRSA）感染的患者和 MRSA 感染率高的地区，术后用药的持续时间建议为 48 h。

2.2 局部涂抹万古霉素

不少临床医师在胸骨切开术后直接在胸骨边缘局部应用万古霉素作为辅助手段，以进一步预防 DSWI 的发生。最近有研究证明，预防性局部使用万古霉素，可以减少 DSWI 的发生率，有效地起到预防 DSWI 的作用^[12]。

2.3 鼻腔局部涂抹莫匹罗星软膏

研究表明，总人口的 20% 到 30% 是金黄色葡萄球菌的携带者，鼻孔是金黄色葡萄球菌最常见的定植区域，局部涂抹莫匹罗星软膏可显著降低携带者金黄色葡萄球菌感染^[13-14]。根据欧洲心胸外科协会 2017 年发布的专家共识和美国胸外科医师协会 2016 年发布的指南，在金黄色葡萄球菌定植检测阳性和没有进行葡萄球菌定植检测的情况下，建议进行 5 天的常规预防性局部涂抹莫匹罗星软膏，但由于其使用易导致耐药性的产生，在明确没有金黄色葡萄球菌定植的情况下，不建议常规使用^[3,15]。

2.4 庆大霉素 - 胶原海绵（GCS）

胶原蛋白海绵作为一种优良载体在创面内递送高浓度的庆大霉素。Mavros 等（2012 年）在一篇荟萃分析中表明，GCS 似乎可以降低心脏手术后感染率，但需要更高质量的随机对照试验。Kowalewski 等（2015 年）在另一篇荟萃分析中证实了这一发现，同时显示对于双侧胸廓内动脉移植的患者该作用会减弱。

表 1 胸骨切口感染的分型

分 型	特点	推荐治疗方法
I	术后切口裂开，无感染证据	直接固定缝合
II A	切口浅层感染裂开，限于骨膜以外	软组织清创缝合
II B	胸骨切口感染伴有纵膈感染或胸骨骨髓炎（DSWI 或纵膈炎）	清创后组织瓣转移的根治性手术治疗
III	胸骨感染部位呈窦道状，有胸骨局限性骨髓炎或纵膈内有异物	清创后组织瓣转移的根治性手术治疗

表 2 针对危险因素可采取的预防措施

危险因素	不良影响	预防措施
肥胖	增加感染风险	术前控制 BMI<30 kg/m ² ^[6]
COPD	长期咳嗽导致胸骨不稳定	优化肺功能 FEV ₁ /FVC<0.70 ^[78]
糖尿病	促进病原体繁殖，损害白细胞功能，增加感染风险	采用持续静脉输注胰岛素控制血糖，术中及术后 24 h 血糖水平应控制在 <10 mmol/L ^[9]
吸烟	尼古丁延迟伤口愈合，增加感染风险	术前戒烟 4 周 ^[10]
BIMA	胸骨血供减少	骨架化 BIMA ^[11]

3. 富血小板血浆 (PRP)

PRP 是从患者自体血液中收集的血小板浓缩物, 包含生长因子等活性物质, 近年来在组织再生和创面修复方面被广泛应用, 由于其具有骨诱导特性, 可促进胸骨愈合^[16]。Kirmani 等 (2017 年) 在一篇荟萃分析中表明, 在经胸骨切开术中使用 PRP 凝胶预防胸骨切口感染方面作用显著。多项研究表明, PRP 凝胶制剂的局部应用可以明显促进胸骨愈合^[17-18]。

4. 胸骨外固定紧身胸衣

正中胸骨切开术后, 正常呼吸和咳嗽通过横向剪切力作用于胸骨, 骨骼运动对胸骨施加纵向剪切力^[19]。胸骨外固定紧身胸衣可以防止这些剪切力, 同时使患者的身体活动不受限制、保留肺功能和辅助呼吸肌运动、减轻术后疼痛。有研究表明, 在高危胸骨切开术后患者中, 使用外部支撑性胸骨紧身胸衣可以更有效地预防胸骨裂开和 DSWI^[19-20]。

四、治疗进展

根据控制感染和胸骨重建两大治疗目标整理 DSWI 的治疗进展如下。

1. 清创换药

胸骨表浅感染可选择局部换药治疗, 通过清除伤口感染、坏死组织及异物后反复冲洗, 尽可能减少和消除细菌。早期清创对于 DSWI 患者来说可以有效防止感染扩散。Wu 等 (2016 年) 研究发现, 与接受延迟清创治疗的患者相比, 接受早期清创干预的患者住院人数和住院天数更少。

2. 创面负压治疗 (NPWT)

NPWT 被广泛用于处理各种急慢性创面, 能够彻底去除腔隙、分泌物和坏死组织。NPWT 能够加速创面肉芽组织生长和细胞增殖, 促进毛细血管再生, 消灭空腔以在抑制需氧细菌的繁殖同时避免交叉感染, 也可以做到创面在负压状态下边冲洗边引流^[21]。有研究表明, 手术部位感染的 NPWT 较传统清创治疗显著提高了伤口愈合率, 缩短了伤口愈合时间, 增加了每日伤口愈合面积, 减少了住院时间, 降低 DSWI 的复发率和病死率等^[22]。NPWT 可用于胸骨重建前的辅助治疗, 促进创面肉芽增殖, 显著减少了所需的手术干预和住院时间^[23]。Gustafsson 等 (2003 年) 回顾了 40 例 DSWI 治疗记录, NPWT 可将 DSWI 伤口桥接至完全愈合, 所有患者均在不使用肌皮瓣或网膜瓣的情况下实现

了胸骨重建。闭合切口负压疗法 (ciNPT) 是一种新型的 NPWT, 与传统 NPWT 的不同点是通常用于闭合的伤口, 起到减少创缘张力, 防止伤口裂开, 促进伤口愈合的作用^[24-25]。胸部正中切口由于其位置原因, 呼吸、咳嗽及骨骼运动可对伤口产生剪切力, 在女性群体中乳房尤其是过大的乳房对切口边缘产生的张力也严重影响切口愈合。可以在胸骨重建后选择 ciNPT, 促进伤口愈合。

3. 组织瓣转移

3.1 肌皮瓣

胸大肌皮瓣、腹直肌皮瓣、背阔肌皮瓣是治疗 DSWI 常见的术式。

Piwnicka-Worms 等^[26]认为胸大肌皮瓣为首选术式。根据皮瓣供区位置可分为单侧和双侧胸大肌皮瓣, 根据手术方法可分为推进法和翻转法两种术式。Torto 等^[27]的研究表明, 单侧胸大肌皮瓣并发症较少, 并且在具有和双侧胸大肌皮瓣相同覆盖效果的同时能够保留一侧肌肉, 以备在失败时使用。研究表明, 翻转皮瓣较推进皮瓣在填补损伤空缺方面更具优势, 皮瓣下空腔面积更少, 降低了细菌感染和纵膈炎的风险, 患者术后并发症发生率低, 而且推进皮瓣具有手术用时少的优点, 在患者生命体征不稳定的情况下, 可优先选择推进皮瓣^[28]。

由于胸骨下 1/3 的区域很难被胸大肌皮瓣覆盖, 常采用腹直肌皮瓣或背阔肌皮瓣覆盖胸骨下 1/3 的区域。Spindler 等^[29]的研究认为, 带蒂背阔肌皮瓣重建胸骨缺损术后功能损伤不是由于胸骨重建, 而是由患者的潜在疾病造成, 故背阔肌皮瓣是治疗 DSWI 的一种安全可靠的术式。

3.2 大网膜移植

大网膜具有丰富的血运并且含有大量的免疫因子, 大网膜移植对比肌皮瓣移植, 具有抗感染能力强, 出血风险低, 可以避免肌肉的缺失等优点^[30]。有研究表明, 对有严重合并症的患者大网膜移植是一种安全的选择, 可以降低病死率, 减少并发症^[31]。但传统的大网膜移植需要额外的开腹手术, 具有腹腔并发症的潜在风险, 通常与肌皮瓣移植结合使用或作为肌皮瓣修复失败时的补充治疗方案。Vyas 等 (2013 年) 改良了经横膈肌的大网膜切除术, 在前膈肌中线切开, 通过现有的胸骨伤口收集大网膜, 避免了开腹手术带来的创伤。他们进行了一项回顾性分析显示, 经膈肌的大网膜摘除术和传统的开腹手术都能够安全有效地闭

合胸骨伤口,但横膈膜入路更快,出血量更少。

4. 抗生素骨水泥 (ALBC)

骨水泥的主要成分是聚甲基丙烯酸甲酯,是具有高机械强度的高分子材料,被广泛应用于骨骼缺损的填充,可以作为抗菌素的良好载体,近年来 ALBC 开始引入 DSWI 胸骨缺损的治疗^[32]。Jiang 等 (2022 年) 的临床研究表明,ALBC 是治疗 DSWI 的有效方法,可在短时间内改善患者的肺功能。但目前对 ALBC 治疗 DSWI 的研究数量有限,不建议作为首选的胸骨重建方法。目前,局部应用抗菌素仍存在一定争议,在局部应用抗菌素时要谨慎选择,注意剂量是否安全的问题。

五、小 结

DSWI 是正中胸骨切开术后的严重并发症,虽然发病率低但致死率高,及时有效的治疗非常关键。术前及术中采取必要的预防措施,发现 DSWI 后及时彻底清创防止感染扩散,可行 NPWT 促进肉芽增殖,必要时进行组织瓣转移,ALBC 可以作为备选方案。DSWI 的治疗,过去多依靠医师自身的经历与理解,形成一套规范的诊疗体系,对于该疾病的临床治疗具有重要意义。

参 考 文 献

- [1] Pradeep A, Rangasamy J, Varma P K. Recent developments in controlling sternal wound infection after cardiac surgery and measures to enhance sternal healing[J]. Med Res Rev, 2021, 41 (2): 709-724.
- [2] Kaspersen A E, Nielsen S J, Orrason A W, et al. Short- and long-term mortality after deep sternal wound infection following cardiac surgery: experiences from SWEDEHEART[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2021, 60 (2): 233-241.
- [3] Abu-Omar Y, Kocher G J, Bosco P, et al. European Association for Cardio-Thoracic Surgery expert consensus statement on the prevention and management of mediastinitis[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2017, 51 (1): 10-29.
- [4] Horan T C, Andrus M, Dudeck M A. CDC/NHSN surveillance definition of health care-associated infection and criteria for specific types of infections in the acute care setting[J]. Am J Infect Control, 2008, 36 (5): 309-332.
- [5] 高永顺, 刘吉福. 心脏外科手术后胸骨切口深部感染的治疗经验[J]. 临床外科杂志, 2017, 25 (5): 337-339.
Gao Y S, Liu J F. Treatment experience of deep infection of sternal incision after cardiac surgery[J]. J Clin Surg, 2017, 25 (5): 337-339.
- [6] Lu J C Y, Grayson A D, Jha P, et al. Risk factors for sternal wound infection and mid-term survival following coronary artery bypass surgery[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2003, 23 (6): 943-949.
- [7] Sajja L R. Strategies to reduce deep sternal wound infection after bilateral internal mammary artery grafting[J]. Int J Surg, 2015, 16: 171-178.
- [8] Diez C, Koch D, Kuss O, et al. Risk factors for mediastinitis after cardiac surgery - a retrospective analysis of 1700 patients[J]. J Cardiothorac Surg, 2007, 2: 23.
- [9] Lazar H L, McDonnell M, Chipkin S R, et al. The Society of Thoracic Surgeons practice guideline series: blood glucose management during adult cardiac surgery[J]. Ann Thorac Surg, 2009, 87 (2): 663-669.
- [10] Mills E, Eyawo O, Lockhart I, et al. Smoking cessation reduces postoperative complications: a systematic review and meta-analysis[J]. Am J Med, 2011, 124 (2): 144-154.e8.
- [11] Schwann T A, Gaudino M F L, Engelman D T, et al. Effect of skeletonization of bilateral internal thoracic arteries on deep sternal wound infections[J]. Ann Thorac Surg, 2021, 111 (2): 600-606.
- [12] Zhang Y, Zhang P, Li H, et al. A meta-analysis examined the effect of topical vancomycin application in decreasing sternal wound infections post cardiac surgery[J]. Int Wound J, 2023, 20 (6): 2068-2074.
- [13] Wertheim H F L, Melles D C, Vos M C, et al. The role of nasal carriage in Staphylococcus aureus infections[J]. Lancet Infect Dis, 2005, 5 (12): 751-762.
- [14] van Rijen M, Bonten M, Wenzel R, et al. Mupirocin ointment for preventing Staphylococcus aureus infections in nasal carriers[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2008, 2008 (4): CD006216.
- [15] 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.
- [16] Everts P, Onishi K, Jayaram P, et al. Platelet-rich plasma: new performance understandings and therapeutic considerations in 2020[J]. Int J Mol Sci, 2020, 21 (20): 7794.
- [17] Shibata M, Takagi G, Kudo M, et al. Enhanced sternal healing through platelet-rich plasma and biodegradable gelatin hydrogel[J]. Tissue Eng Part A, 2018, 24 (17/18): 1406-1412.
- [18] Serraino G F, Dominijanni A, Jiritano F, et al. Platelet-rich plasma inside the sternotomy wound reduces the incidence of sternal wound infections[J]. Int Wound J, 2015, 12 (3): 260-264.
- [19] Tewarie L S, Menon A K, Hatam N, et al. Prevention of sternal dehiscence with the sternum external fixation (Stern-E-Fix) corset-randomized trial in 750 patients[J]. J Cardiothorac Surg, 2012, 7: 85.
- [20] Selten K, Schnoering H, Zayat R, et al. Prevention of sternal wound infections in women using an external sternum fixation corset[J]. Ann Thorac Cardiovasc Surg, 2021, 27 (1): 25-31.
- [21] Singh D, Chopra K, Sabino J, et al. Practical things you

- should know about wound healing and vacuum-assisted closure management [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2020, 145 (4): 839e-854e.
- [22] Wang Z, Feng C, Wang X J. Negative pressure wound therapy for patients with mediastinitis: a meta-analysis [J]. *Int Wound J*, 2020, 17 (6): 2019-2025.
- [23] Cowan K N, Teague L, Sue S C, et al. Vacuum-assisted wound closure of deep sternal infections in high-risk patients after cardiac surgery [J]. *Ann Thorac Surg*, 2005, 80 (6): 2205-2212.
- [24] Willy C, Agarwal A, Andersen C A, et al. Closed incision negative pressure therapy: international multidisciplinary consensus recommendations [J]. *Int Wound J*, 2017, 14 (2): 385-398.
- [25] Jennings S, Vahaviolos J, Chan J, et al. Prevention of sternal wound infections by use of a surgical incision management system: first reported Australian case series [J]. *Heart Lung Circ*, 2016, 25 (1): 89-93.
- [26] Piwnica-Worms W, Azoury S C, 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.
- [27] Torto F L, Turriziani G, Donato C, et al. Deep sternal wound infection following cardiac surgery: a comparison of the monolateral with the bilateral pectoralis major flaps [J]. *Int Wound J*, 2020, 17 (3): 683-691.
- [28] Kamel G N, Jacobson J, Rizzo A M, et al. Analysis of immediate versus delayed sternal reconstruction with pectoralis major advancement versus turnover muscle flaps [J]. *J Reconstr Microsurg*, 2019, 35 (8): 602-608.
- [29] Spindler N, Kade S, Spiegl U, et al. Deep sternal wound infection-latissimus dorsi flap is a reliable option for reconstruction of the thoracic wall [J]. *BMC Surg*, 2019, 19 (1): 173.
- [30] Mazzaferro D, Song P, Massand S, et al. The omental free flap-a review of usage and physiology [J]. *J Reconstr Microsurg*, 2018, 34 (3): 151-169.
- [31] Marzouk M, Baillot R, Kalavrouziotis D, et al. Early to midterm survival of patients with deep sternal wound infection managed with laparoscopically harvested omentum [J]. *J Card Surg*, 2021, 36 (11): 4083-4089.
- [32] Wall V, Nguyen T H, Nguyen N, et al. Controlling antibiotic release from polymethylmethacrylate bone cement [J]. *Biomedicines*, 2021, 9 (1): 26.
- (收稿日期: 2023-10-25)
(本文编辑: 杨江瑜)

