

# 胸壁缺损的修复重建现状及进展



唐善卫<sup>1</sup>, 叶敬霆<sup>1</sup>, 束余声<sup>2</sup>

1. 扬州大学临床医学院 (扬州 225001)

2. 苏北人民医院 胸心外科 (扬州 225001)

**【摘要】** 无论何种原因引起的胸壁缺损, 特别是广泛胸壁缺损, 若不进行有效的修复重建可引起胸壁软化、反常呼吸及纵隔摆动等生理病理变化。重建手术方法技术和材料的选择是影响胸壁修复重建效果的主要因素。随着对胸壁缺损认识的深入, 以及重建手术技术的进步和重建材料的发展, 许多以往无法完成的巨大胸壁缺损重建正变为可能。本文主要就胸壁缺损特点, 修补方法及重建材料现状及进展等作一综述。

**【关键词】** 胸壁; 缺损; 切除; 重建; 材料

## The status and progress of repair and reconstruction of chest wall defect

TANG Shanwei<sup>1</sup>, YE Jingting<sup>1</sup>, SHU Yusheng<sup>2</sup>

1. Clinical Medicine College of Yangzhou University, Yangzhou, 225001, P.R.China

2. Northern Jiangsu People's Hospital, Yangzhou, 225001, P.R.China

Corresponding author: SHU Yusheng, Email: shuyusheng65@126.com

**【Abstract】** Regardless of the cause of the chest wall defect, especially the extensive chest wall defect, if it cannot be effectively repaired and reconstructed, it may cause physiological and pathological changes such as chest wall softening, respiratory abnormalities and mediastinal oscillations. The main factors affecting the repair and reconstruction of the chest wall are the choice of reconstruction methods and materials. With the increasing understanding of chest wall defects, advances in reconstructive surgery techniques and the development of reconstructed materials, it has become possible to reconstruct many extensive chest wall defects that were previously impossible to complete. This article reviews the characteristics of chest wall defects, methods of repair, and current status and progress of reconstructed materials.

**【Key words】** Chest wall; defect; resection; reconstruction; material

1906 年 Tansini 首次报道了采用带蒂背阔肌瓣行前胸壁缺损重建, 胸壁重建经过一个多世纪的发展, 已被证明可以很好的恢复患者胸部生理功能并维持其日常生活。早期胸壁重建多选用自体组织材料, 存在取材有限、修补范围局限及二次损伤大等缺点。随着一些巨大胸壁缺损重建需求的增加及患者对术后胸壁美观性的不断重视, 早期修补方案越来越难以满足临床工作需求, 引发了对胸壁重建的不断探索。从 Beardsley<sup>[1]</sup>开始使用钽板修补骨性胸壁缺损, 改善了自体组织材料修补后硬度不足及美观性差等不足, 到各种人工、生物材料成功应用于胸壁缺损修复<sup>[2-4]</sup>。这些材料不断地优化了既往胸壁修复后硬度不足、术后易感染、材料易松动、影响后续医学诊疗等不足。与此同时显微外科

等技术不断地发展, 也促进了胸壁修复重建的发展。

## 1 胸壁缺损重建特点及方法

### 1.1 胸壁解剖及缺损特点

由胸骨、双侧锁骨、12 对肋骨及胸椎围成的胸腔, 上部与颈相连, 下部有膈肌和腹腔隔开, 其内包含心、肺等脏器组织。胸壁解剖分为骨骼框架、肌肉及其伴随的神经血管束以及覆盖的软组织器官。胸壁的完整性对维持呼吸、循环功能和保护胸腔内器官极为重要。胸壁的肌肉等组织不仅维系着其骨骼框架功能完整性, 在呼吸生理活动及关节活动中也发挥着重要作用<sup>[5-6]</sup>。吸气活动主要由膈肌和肋间肌肉主动完成, 但也离不开胸大肌、胸锁乳突肌和斜角肌等辅助; 呼气虽是被动的回缩的结果, 也需腹直肌等协助。胸大肌、背阔肌和前锯肌

等大型肌肉组织还参与肩关节和上肢运动功能完整性。了解这些肌肉及神经血管解剖结构特点既利于手术顺利完成,也有利于减少术后并发症。

胸壁缺损常见于肿瘤、感染、放射损伤等治疗干预后,以及创伤因素直接损害等<sup>[7-10]</sup>。胸壁缺损最常见于原发性肿瘤、局部侵袭性恶性肿瘤或转移性病变的切除<sup>[11]</sup>。胸壁肿瘤手术一般遵循:①良性肿瘤可局部切除;②易复发和有恶性倾向肿瘤如纤维瘤、骨软骨瘤、骨巨细胞瘤等应扩大手术切除范围,除切除病变肋骨外,需再切除上下各1根正常肋骨;③恶性肿瘤应行广泛的胸壁大块组织切除,包括病变肋骨及其上下各1根正常肋骨及壁层胸膜、肋间肌等,切除范围应超过肿瘤边缘5 cm,并行局部淋巴结清扫,如果肿瘤已侵及肺组织,应同时行受累肺组织切除<sup>[7,12-14]</sup>。对于恶性肿瘤的根治有时会受某些因素限制。如肿瘤邻近肋弓及胸骨等特殊位置,修补材料受限及技术不足等导致切除范围不能达到距肿瘤边缘5 cm,至少保证距边缘3 cm处完整切除<sup>[7,14]</sup>。King等<sup>[15]</sup>研究显示切除范围4 cm者,术后肿瘤复发率较切除2 cm者差异有统计学意义。胸壁感染后感染部位清创也是常见胸壁缺损原因之一,如胸骨正中切口手术后,顽固细菌感染造成的慢性感染性骨髓炎,需部分或全部去除感染胸骨,以达到根除感染、促进伤口愈合的目的<sup>[8]</sup>。继发于淋巴瘤、胸壁原发肿瘤及其他恶性肿瘤放疗性损伤,这些放射损伤可导致长期的局部疼痛、感染,甚至造成胸骨、肋骨的骨性坏死和软组织坏死,经手术切除可显著改善患者生活质量<sup>[16]</sup>。以及一些外伤因素直接导致胸壁缺损使心、肺等重要脏器失去保护,影响呼吸、循环等生理功能,这些胸壁缺损均需进行清创及重建处理。

## 1.2 胸壁缺损修补方法

胸壁重建主要为:骨性重建和软组织重建。骨性重建一般指利用硬性材料重建骨性缺损,恢复胸廓完整性。虽然胸壁重建有百余年历史,但对骨性胸壁重建尚未有统一标准。一些国外学者认为当①前外侧胸壁缺损面积大于5 cm×5 cm,肋骨缺损3根及以上;②后胸壁缺损位于肩胛骨后方,缺损面积大于10 cm×10 cm;③肩胛骨下方的缺损为防止肩胛下角活动影响;④3根及以上肋骨缺损和胸骨的大块缺损影响到胸壁连续性;这些情况可造成胸部器官缺少保护和反常呼吸等异常,需行骨性胸壁重建<sup>[11,13,17]</sup>。而那些单纯4~6根肋软骨缺损可以不修复。国内学者孙衍庆等提出满足以下三种情况需行骨性胸壁重建:①手术或外伤须

切除3根以上肋骨及其肋间组织;②胸骨大部分切除后的胸壁缺损;③肋骨切除虽在2根以内,但系全层胸壁缺损,无法严密闭合胸膜腔,并可产生反常呼吸或肺疝者。骨性胸壁重建材料主要包括自体组织材料、生物材料和人工材料。自体组织虽然组织相容性好无排异反应,但存在取材有限,手术难度大,机体损伤大,额外增加的瘢痕影响美观等缺点<sup>[18]</sup>。硬质的金属、有机玻璃等人工材料在体内固定后容易松动及发生碎裂;高分子补片材料在较大缺损重建时不易提供稳定的骨性支撑。修复时需结合具体情况选择相应材料,重建中常结合上述材料优点,如制成补片加骨水泥(或金属合金网等硬质材料)加补片这种类似“三明治”式复合结构的人工胸壁<sup>[19]</sup>。

软组织修复重建指利用自身肌肉瓣膜等软组织和(或)其它材料覆盖人工胸壁,恢复胸壁完整性、气密性及美观性。软组织修复主要借助软组织瓣移位完成胸壁密闭性和美观性,常见有背阔肌瓣、胸大肌瓣、腹直肌瓣以及大网膜瓣等<sup>[20]</sup>。自体材料因取材方便,无排异反应,重建效果稳定可靠成为胸壁软组织重建首选。因大多重建术中不涉及胸膜腔内器官,仅切除部分壁层胸膜,其可依靠黏膜爬行或假膜形成而不需行壁层胸膜修复。必要时也可用肌瓣、筋膜、大网膜瓣及生物材料等覆盖重要器官或其残端完成修复。总之胸壁修复重建不但需考虑导致缺损的病因,缺损的大小、位置和患者身体耐受情况。还需结合修补材料性质,术者经验及患者经济状况等多种因素。胸壁缺损的重建目标包括恢复骨骼稳定性,覆盖软组织保证气密性,保护胸内组织结构并最大程度保持美学外观。胸壁重建首先评估患者的一般医疗状况,特别注意心、肺功能和营养状况。术前矫正营养和心、肺功能状况,可加强术后恢复和减少手术并发症。

## 2 胸壁重建材料

### 2.1 自身组织材料

**2.1.1 肌肉瓣膜组织** 胸大肌瓣是最常用的带蒂肌瓣之一,其位置表浅且具有双重血供,作为带蒂肌瓣可供取材面积大且厚,可覆盖整个前胸壁空间。多用于胸骨区、前胸壁、上位胸壁(锁骨下)的缺损重建<sup>[20-21]</sup>。修补胸骨肿瘤、感染等胸骨缺损时可以直接用其填充死腔,完成胸骨缺损修补。但当缺损位置偏低,采用胸大肌整体过度下移来填补缺损,可导致肩关节的功能不同程度的限制或丧失。

背阔肌瓣因血供丰富、解剖变异少、组织量

大、活动度大及安全性高等优点,在侧胸壁、后胸壁近颈项部的缺损重建中发挥重要作用。带蒂背阔肌瓣通过皮下隧道可转移至整个同侧胸部以及中线和对侧腋窝褶皱处,甚至可伸达腹部,头颈部及上臂等处<sup>[22-24]</sup>。其神经血管蒂即使在放疗照射或同侧腋窝淋巴结清扫后仍可保持完整,粗大的血管蒂可满足其作为游离肌皮瓣使用<sup>[23]</sup>。基于这些优点其不仅能用于胸壁缺损重建,甚至可满足胸外的整形美观需求。但术后易发生持续的积液影响恢复,一项报道显示 70% 以上的病例可出现不同程度的积液水肿,需注意做好术后引流<sup>[25]</sup>。部分患者术后可能出现暂时性手臂外展不良,手臂力量减弱等功能障碍,常可经一年左右康复锻炼逐渐恢复<sup>[26]</sup>。

腹直肌瓣具有血运佳、切取面积大、转移半径大和易于上提移植等优点多用于前侧胸壁、下位胸壁(肋缘)缺损的重建,尤其适合覆盖大面积的纵向胸壁缺损<sup>[27-28]</sup>。作为一个庞大的皮瓣,它也可以用作巨大缺损的填充物。如对部分有条件、有要求的女性患者,可以在修复创面的同时做一期乳房再造,减轻患者的心理负担。由于组织缺损较多,可选用组织量丰富的横行腹直肌瓣,可满足收获更大的组织,同时更容易隐藏术后疤痕<sup>[28]</sup>。但腹直肌瓣术后较易发生腹壁疝。

常用于胸壁重建的还有腹外斜肌、斜方肌及游离肌皮瓣等。自体肌肉瓣膜组织是最早用于胸壁缺损修复的材料,因其取材方便、组织相容性好、无排异反应等优点成为胸部软组织修复首选材料之一。某些创伤、烧伤创面及放射坏死等感染严重的胸壁缺损,人工材料可引起术后感染导致重建失败,而多采用自体组织进行早期重建<sup>[11]</sup>。肌瓣的选择需根据术中相应缺损情况,设计选取满足条件瓣膜组织。胸壁重建中对肌肉瓣膜组织解剖和设计的理解也一直在不断进步。如近些年开始选用背阔肌穿支皮瓣,可减少供区剥离范围和供区缺损,术后积液发生率大大降低<sup>[29]</sup>。以及血管显微外科、整形外科等学科的发展,肌皮瓣的血供得到足够保证。面对巨大缺损修复时,复合肌皮瓣转移以及巨大肌皮瓣转移得以实现。肌肉瓣膜组织也存在对患者自身条件要求高,大量使用对患者造成二次伤害,影响美观等缺点。

**2.1.2 大网膜瓣** 早在 1976 年 Lee 等<sup>[30]</sup>将大网膜转移到纵隔作为血管化的皮瓣,治疗胸骨切开术后严重纵隔感染。之后 Jurkiewicz 等<sup>[9]</sup>设计了肌瓣和网膜联合修复纵隔感染后胸壁缺损取更理想预后。这些创新举措在治疗胸骨感染、创伤导致胸壁缺损

方面取得良好效果。大网膜几乎可以到达前胸壁的任意位置且血供好、体积大、可塑性强,甚至可携带血管内皮生长因子,抗感染加速邻近组织生长;愈后外观较为美观,同时起到整形美容效果<sup>[9, 31-32]</sup>。常被用于放射损伤、感染胸壁修补和覆盖假体、充填残腔。但大网膜切取复杂,手术时间长,术后有出血、腹壁疝、胃肠道并发症的风险;其大小和体积与患者体质无关,难于术前规划;且切取受腹部炎症史,剖腹史、肥胖者和儿童等诸多情况限制。

**2.1.3 自体骨** 常用于胸壁骨性重建的有肋骨、髂骨、腓骨等。因其来源于自身,组织相容性好,术后无排异反应且成骨能力强,容易愈合等优点被认为是较理想的骨性胸壁重建材料<sup>[18, 33]</sup>。但也存在受制于取材和数量有限,易造成二次伤害,增加感染风险;易降低供体部位的骨强度,肋骨移植更是会让供受两处的部位都不稳定;额外的瘢痕影响了病人的美观等缺点。

## 2.2 人工材料

**2.2.1 金属材料** 不锈钢制品因取材方便,价格低廉等优点在早期胸壁重建中发挥了重要作用,至今仍有临床使用报道<sup>[34]</sup>。既可制成与肋骨轮廓相似的条板与肋、胸骨直接固定;也可使用不锈钢金属丝编成网覆盖缺损处。早期金属条板肋骨表面光滑,不利于细胞的攀附及生长,术后常因松动造成组织破坏、出血等不良反应。金属网因四周均固定于肋骨或胸骨上,不易发生松动脱落;且皮下及肌层渗液可通过网孔流入胸腔,从胸引管中流出,不需在各层材料间安置引流管,可以减低积液以及安置引流管而发生继发感染,但在处理胸壁巨大缺损时强度不足,易发生胸壁变形及软化<sup>[34]</sup>。不锈钢等金属制品因术后易移位,组织相容性差及影响后续 MRI 等检查使用频率逐渐降低<sup>[10]</sup>。

钛合金制品具有硬度大、密度小、易塑形、理化性能稳定及组织兼容性好,且不影响术后 MRI 检查,逐渐成为最常见的修补材料之一。其既可制成条板状肋骨、胸骨与胸壁缺损残端加固相连,也可制成网状结构覆盖缺损<sup>[35-37]</sup>。钛合金网具有可塑性好,更易贴合胸壁;手术易固定,不易移位变形;结缔组织可透过网孔相互融合生长,形成密闭的胸腔;钛网孔道的存在可不放置皮下引流等优点,而更多的应用于临床<sup>[36, 38]</sup>。钛合金金属也存在诸如能导电传热;术后可能移位;一定的感染率,可造成重建失败;需充分的软组织覆盖防止气胸;术后胸壁僵硬及疼痛及价格较为昂贵等缺点

[39]。尽管如此,钛金属制品经过多年临床应用已被证实是一种相对安全可靠的重建材料[37,40]。

**2.2.2 高分子补片 聚酯补片:**又称涤纶补片,是最早被广泛使用的合成材料补片,常用有单丝股网片(Dacron)、多丝股网片(Mersilene)。因价格低廉,柔韧性好,取材便捷及较为稳定的效果等诸多优点[41-42],至今仍有使用报道。但相对其它高分子补片易发生感染、排异反应及术后可与内脏器官粘连[42],临床上逐渐被聚丙烯等材料取代。

**聚丙烯补片:**常见有单丝聚丙烯(Marlex)、双丝聚丙烯(Prolene)、多丝聚丙烯(Surgical)等。这些补片具有编织丝越少越硬,但较多丝越不易发生感染。聚丙烯补片与同期其他类型的修复材料相比具有:柔韧性好,耐受弯曲和折叠;剪裁方便,可随需要大小剪裁;刺激纤维组织增生,能够早期与组织嵌合;排异反应轻;耐受感染能力强,轻度感染时肉芽组织仍可于补片网孔内增殖,网片腐蚀或窦道形成少见;有更高的抗张强度;理化性能好,耐热、耐腐蚀等;且不影响之后胸部X线等检查[43-44]。但在临床应用中也存一些不足,如在胸壁全层缺损修补时,补片要与内脏组织隔离,要求一定的手术技巧;进行大面积的胸壁缺损修补,如处理不当,后期的疤痕收缩会造成网片扭曲,可刺激并损伤周围组织,引起感染皮肤窦道形成等并发症[45]。

**聚四氟乙烯补片(Polytetrafluoroethylene, PTFE):**PTFE补片相较于聚酯、聚丙烯补片更为柔软,与胸腔腔脏器接触时不易形成粘连,引起的炎症反应最轻[46]。PTFE补片允许细菌通过,而巨噬细胞等不能通过、组织不能长入,故其不能用于污染的伤口,一旦感染伤口很难愈合[7,46]。以上这些合成高分子补片材料对于较大缺损单一使用时刚性不足,易出现胸壁反常呼吸运动,使用过程中常结合各补片优点制成复合补片或与金属材料、骨水泥等联合应用行胸壁修补术。

**2.2.3 骨水泥** 以甲基丙烯酸甲酯为主要成分制成的医用骨水泥,具有密度小、可即时塑形,术操作简单,对胸壁的骨性支持好,不影响术后胸部X线、MRI检查等优点。既可经高分子补片包裹制成肋骨状人工骨,也可与高分子补片制成类“三明治”复合材料来满足重建需求。自20世纪80年代以来,这种类“三明治”复合修补材料逐渐成为较大胸壁缺损重建的最佳选择之一[19,47]。其可在术中据缺损情况临时制作,第一层高分子补片直接固定在肋骨缺损的基部,然后甲基丙烯酸甲酯被添加到缺陷形状上并覆盖第二层假体,经塑形后逐渐变硬并

形成符合缺陷的铸件;为减少热损伤也可以术中据缺损,在操作台上制作后再缝合固定于缺损处。特别对于广泛前壁和外侧胸壁缺损修复效果良好[47-48]。然而整块复合材料硬度较大易导致术后胸壁僵硬,且有材料断裂的风险;与此同时其不易透过液体,因此被认为会增加术后疼痛并且可增加了感染的风险。然而,一系列病案报道显示相较于其它人工修补材料,其感染率未见明显增加;且被证明经软组织完全覆盖后可减少局部并发症风险[45]。由于工艺相对简单,易于掌握,“三明治”手术已成为胸壁重建(尤其是大面积前壁或外侧壁缺损)最常见的选择之一。

**2.2.4 有机玻璃** 有机玻璃材料因具有易塑形,硬度和坚固性好,不影响术后X线、MRI检查,价格低廉等优点,在我国早期胸壁重建中发挥过重要作用[49-50]。其中多孔有机玻璃板避免了普通玻璃板术后常导致胸壁僵硬,易发生材料松动移位等不足。多孔的肋条、板利于细胞的攀附及生长,且胸壁的顺应性较玻璃板好,更利于胸壁间液体的引流和吸收[49]。但有机玻璃材料其存在冲击韧性差,当受外力作用时容易发生碎裂、折断,有刺破胸腔重要器官的风险,且存在一定的致癌风险。

## 2.3 生物材料

**2.3.1 同种异体及异种骨组织** 经深低温冷冻等特殊理化程序处理的同种异体及异种骨组织,可消除其免疫原性。移植骨组织具有良好的骨传导和骨诱导作用,不影响后续X线等检查及后续放疗,且取材来源较广泛。相较于异种骨组织,同种异体骨材料具有和受者相似的骨结构,术中可保证足够的切除范围,降低缺损修复的难度;不影响血运重建和细胞再生,对感染更有抵抗力;排异反应轻及美观性好等优点[8,51]。但是,这些材料处理复杂、难以塑形、价格较昂贵等缺点,限制在临床中的使用。

**2.3.2 脱细胞真皮基质补片** 据制备材料的来源可分为异种真皮基质与同种异体真皮基质两种。经组织工程学技术处理,去除引起组织间排斥反应的细胞成分,保留胶原蛋白和弹性纤维等细胞外基质成分,可为细胞提供生长的场所和空间,诱导和调节细胞的生长、分化和代谢。脱细胞真皮基质补片具有质地柔软,有良好的弹性、韧性和延展性;生物相容性好,降解产物可被机体吸收;其胶原的三维空间结构具有多孔性及较大的内表面积,利于细胞、血管的长入,对营养成分的渗入和代谢产物的排出也有重要作用,甚至可在潜在或明显污染的条件下使用[52-53]。若能解决昂贵的费用问题,有望取

代合成网片在重建胸壁和膈肌缺陷等场景中发挥重要作用。

### 3 总结与展望

胸壁重建是一个复杂的过程,手术技术和材料的选择是重建成败的关键。内窥镜及机器人辅助下对肌肉瓣膜组织的获取行胸壁重建术,可以明显减小术后瘢痕,获得满意的美学效果<sup>[54-55]</sup>。显微外科的发展不但扩大了肌瓣等软组织获取范围,而且提高了重建成功率,如 Chow 等<sup>[56]</sup>报道了使用 5 个独立的游离皮瓣并吻合多个受体血管完成前胸壁重建。这些内窥镜和显微外科等技术的发展,促进了重建外科发展。与此同时修复材料也从最初的自体材料发展出各种人工、生物材料。Miller 等报道利用可吸收生物材料成功完成较大胸壁重建,这些生物材料的应用降低了术后并发症。一项回顾研究显示人工合成材料组,人工、生物联合组和生物材料组行胸壁重建,术后并发症发生率分别为 31.8%, 22.2% 和 10%<sup>[2]</sup>。近年三维打印技术的发展使个体化修补材料成为可能,如 Moradiellos 等<sup>[57]</sup>利用三维打印材料完成一例胸壁重建,术后动态计算机断层扫描显示,植入物可随呼吸周期产生类似生理弯曲运动。随着三维打印、组织工程等技术的发展,与人体组织相容性更好的个体化生物材料获取会越来越容易且高效。近年来随着锥形束计算机断层扫描和高分辨率 CT 三维重建技术开始用于指导外科精准手术治疗<sup>[58-59]</sup>,将来可在术中将需重建的图像数据实时传输至三维打印设备,制备出更加个体化的生物重建材料。这些新型人工、生物材料显示出更好的预后,但考虑尚未大规模用于临床实践,长期有效性尚需进一步研究。有理由相信随着各种新型生物材料的发展,以及手术技术的进步,胸壁重建的结果必定会越来越理想。

#### 参考文献

- 1 Beardsley JM. The use of tantalum plate when resecting large areas of the chest wall. *J Thorac Surg*, 1950, 19(3): 444-455.
- 2 Azoury SC, Grimm JC, Tuffaha SH, *et al*. Chest Wall Reconstruction: Evolution Over a Decade and Experience With a Novel Technique for Complex Defects. *Ann Plast Surg*, 2016, 76(2): 231-237.
- 3 Miller DL, Force SD, Pickens A, *et al*. Chest wall reconstruction using biomaterials. *Ann Thorac Surg*, 2013, 95(3): 1050-1056.
- 4 Sanna S, Brandolini J, Pardolesi A, *et al*. Materials and techniques in chest wall reconstruction: a review. *J Vis Surg*, 2017, 3: 95.
- 5 Clemens MW, Evans KK, Mardini S, *et al*. Introduction to chest wall reconstruction: anatomy and physiology of the chest and indications for chest wall reconstruction. *Semin Plast Surg*, 2011, 25(1): 5-15.
- 6 Momeni A, Kovach SJ. Important considerations in chest wall reconstruction. *J Surg Oncol*, 2016, 113(8): 913-922.
- 7 Gonfiotti A, Santini PF, Campanacci D, *et al*. Malignant primary chest-wall tumours: techniques of reconstruction and survival. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2010, 38(1): 39-45.
- 8 Kaláb M, Karkoška J, Kamínek M, *et al*. Transplantation of allogeneic bone graft in the therapy of massive post-sternotomy defects - 6 years of experience with the method. *Rozhl Chir*, Fall, \$ref.ref\_year, 95(11): 399-406.
- 9 Jurkiewicz MJ, Bostwick J 3rd, Hester TR, *et al*. Infected median sternotomy wound. Successful treatment by muscle flaps. *Ann Surg*, 1980, 191(6): 738-744.
- 10 Granetzny A, Abd El-Aal M, Emam E, *et al*. Surgical versus conservative treatment of flail chest. Evaluation of the pulmonary status. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2005, 4(6): 583-587.
- 11 Arnold PG, Pairolero PC. Chest-wall reconstruction: an account of 500 consecutive patients. *Plast Reconstr Surg*, 1996, 98(5): 804-810.
- 12 Scarnecchia E, Liparulo V, Pica A, *et al*. Multidisciplinary approach to chest wall resection and reconstruction for chest wall tumors, a single center experience. *J Thorac Dis*, 2017, 9(12): 5093-5100.
- 13 Bongiolatti S, Voltolini L, Borgianni S, *et al*. Short and long-term results of sternectomy for sternal tumours. *J Thorac Dis*, 2017, 9(11): 4336-4346.
- 14 McAfee MK, Pairolero PC, Bergstralh EJ, *et al*. Chondrosarcoma of the chest wall: factors affecting survival. *Ann Thorac Surg*, 1985, 40(6): 535-541.
- 15 King RM, Pairolero PC, Trastek VF, *et al*. Primary chest wall tumors: factors affecting survival. *Ann Thorac Surg*, 1986, 41(6): 597-601.
- 16 Raz DJ, Clancy SL, Erhunmwunsee LJ. Surgical Management of the Radiated Chest Wall and Its Complications. *Thorac Surg Clin*, 2017, 27(2): 171-179.
- 17 Losken A, Thourani VH, Carlson GW, *et al*. A reconstructive algorithm for plastic surgery following extensive chest wall resection. *Br J Plast Surg*, 2004, 57(4): 295-302.
- 18 Kawamura M, Seki M, Yoshizu A, *et al*. Reconstruction of chest wall defects with autogenous ribs grafts. *Kyobu Geka*, 1996, 49(1): 53-56.
- 19 McCormack P, Bains MS, Beattie EJ Jr, *et al*. New trends in skeletal reconstruction after resection of chest wall tumors. *Ann Thorac Surg*, 1981, 31(1): 45-52.
- 20 Russell RC, Feller AM, Elliott LF, *et al*. The extended pectoralis major myocutaneous flap: uses and indications. *Plast Reconstr Surg*, 1991, 88(5): 814-823.
- 21 Iblher N, Penna V, Momeni A, *et al*. The extended pectoralis major flap for reconstruction of the upper posterior chest wall and axilla. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2008, 136(3): 790-791.
- 22 Wong C, Saint-Cyr M. The pedicled descending branch muscle-sparing latissimus dorsi flap for trunk and upper extremity reconstruction. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2010, 63(4): 623-632.
- 23 Christen T, Koch N, Philandrianos C, *et al*. The V-Y latissimus dorsi musculocutaneous flap in the reconstruction of large posterior chest wall defects. *Aesthetic Plast Surg*, 2012, 36(3): 618-622.
- 24 Seki M. Chest wall reconstruction with a latissimus dorsi musculocutaneous flap via the pleural cavity. *Interact Cardiovasc*

- Thorac Surg, 2012, 14(1): 96-98.
- 25 Menke H, Erkens M, Olbrisch RR. Evolving concepts in breast reconstruction with latissimus dorsi flaps: results and follow-up of 121 consecutive patients. *Ann Plast Surg*, 2001, 47(2): 107-114.
  - 26 Glassey N, Perks GB, McCulley SJ. A prospective assessment of shoulder morbidity and recovery time scales following latissimus dorsi breast reconstruction. *Plast Reconstr Surg*, 2008, 122(5): 1334-1340.
  - 27 Bakri K, Mardini S, Evans KK, *et al.* Workhorse flaps in chest wall reconstruction: the pectoralis major, latissimus dorsi, and rectus abdominis flaps. *Semin Plast Surg*, 2011, 25(1): 43-54.
  - 28 Shoham Y, Koretz M, Kachko L, *et al.* Immediate reconstruction of the chest wall by latissimus dorsi and vertical rectus abdominis musculocutaneous flaps after radical mastectomy for a huge pleomorphic liposarcoma. *J Plast Surg Hand Surg*, 2013, 47(2): 152-154.
  - 29 Yang LC, Wang XC, Bentz ML, *et al.* Clinical application of the thoracodorsal artery perforator flaps. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2013, 66(2): 193-200.
  - 30 Lee AB Jr, Schimert G, Shaktin S, *et al.* Total excision of the sternum and thoracic pedicle transposition of the greater omentum; useful strategies in managing severe mediastinal infection following open heart surgery. *Surgery*, 1976, 80(4): 433-436.
  - 31 Luan A, Galvez MG, Lee GK. Flow-through omental flap to free anterolateral thigh flap for complex chest wall reconstruction: Case report and review of the literature. *Microsurgery*, 2016, 36(1): 70-76.
  - 32 Rocco G, Fazioli F, La Manna C, *et al.* Omental flap and titanium plates provide structural stability and protection of the mediastinum after extensive sternocostal resection. *Ann Thorac Surg*, 2010, 90(1): e14-e16.
  - 33 Tunçözgür B, Elbeyli L, Güngör A, *et al.* Chest wall reconstruction with autologous rib grafts in dogs and report of a clinic case. *Eur J Cardiothorac Surg*, 1999, 16(3): 292-295.
  - 34 曾河, 操明志. 不锈钢丝重建肿瘤所致胸壁大块缺损 5 例. *海军医学杂志*, 2009, 30(4): 328.
  - 35 Iarussi T, Pardolesi A, Campese P, *et al.* Composite chest wall reconstruction using titanium plates and mesh preserves chest wall function. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2010, 140(2): 476-477.
  - 36 Adli Azam MR, Raja Amin RM. Huge Chest Wall Tumour Resection and Reconstruction using Titanium Mesh. *Malays J Med Sci*, 2015, 22(1): 70-73.
  - 37 Berthet JP, Canaud L, D'Annoville T, *et al.* Titanium plates and Dualmesh: a modern combination for reconstructing very large chest wall defects. *Ann Thorac Surg*, 2011, 91(6): 1709-1716.
  - 38 Ersöz E, Evman S, Alpay L, *et al.* Chondrosarcoma of the anterior chest wall: surgical resection and reconstruction with titanium mesh. *J Thorac Dis*, 2014, 6(10): E230-E233.
  - 39 Berthet JP, Gomez Caro A, Solovei L, *et al.* Titanium implant failure after chest wall osteosynthesis. *Ann Thorac Surg*, 2015, 99(6): 1945-1952.
  - 40 Billè A, Okiror L, Karenovics W, *et al.* Experience with titanium devices for rib fixation and coverage of chest wall defects. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2012, 15(4): 588-595.
  - 41 Kilic D, Gungor A, Kavukcu S, *et al.* Comparison of mersilene mesh-methyl methacrylate sandwich and polytetrafluoroethylene grafts for chest wall reconstruction. *J Invest Surg*, 2006, 19(6): 353-360.
  - 42 Abbes M, Mateu J, Giordano P, *et al.* Chest wall reconstruction after full thickness resection: an experience with 22 patients. *Eur J Surg Oncol*, 1991, 17(4): 342-349.
  - 43 Hurwitz DJ, Ravitch MM, Wolmark N. Laminated Marlex-methyl methacrylate prosthesis for massive chest wall resection. *Ann Plast Surg*, 1980, 5(6): 486-490.
  - 44 Hameed A, Akhtar S, Naqvi A, *et al.* Reconstruction of complex chest wall defects by using polypropylene mesh and a pedicled latissimus dorsi flap: a 6-year experience. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2008, 61(6): 628-635.
  - 45 Khullar OV, Fernandez FG. Prosthetic Reconstruction of the Chest Wall. *Thorac Surg Clin*, 2017, 27(2): 201-208.
  - 46 Huang H, Kitano K, Nagayama K, *et al.* Results of bony chest wall reconstruction with expanded polytetrafluoroethylene soft tissue patch. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 21(2): 119-124.
  - 47 Suzuki K, Park BJ, Adusumilli PS, *et al.* Chest Wall Reconstruction Using a Methyl Methacrylate Neo-Rib and Mesh. *Ann Thorac Surg*, 2015, 100(2): 744-747.
  - 48 Lardinois D, Müller M, Furrer M, *et al.* Functional assessment of chest wall integrity after methylmethacrylate reconstruction. *Ann Thorac Surg*, 2000, 69(3): 919-923.
  - 49 阙兴宜, 陈文辉, 倪百川, 等. 胸壁肿瘤的外科治疗(附 57 例报告). *中国胸心血管外科临床杂志*, 1994, 1(2): 75-77.
  - 50 陈宽冰, 石文君, 杨伟. 胸骨肿瘤扩大切除及有机玻璃修补术的临床应用. *中华肿瘤防治杂志*, 2009, 16(2): 150-151.
  - 51 Kaláb M, Karkoška J, Kamínek M, *et al.* Reconstruction of massive post-sternotomy defects with allogeneic bone graft: four-year results and experience using the method. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2016, 22(3): 305-313.
  - 52 Sodha NR, Azoury SC, Sciortino C, *et al.* The use of acellular dermal matrices in chest wall reconstruction. *Plast Reconstr Surg*, 2012, 130(5 Suppl 2): 175S-182S.
  - 53 Ge PS, Imai TA, Aboulian A, *et al.* The use of human acellular dermal matrix for chest wall reconstruction. *Ann Thorac Surg*, 2010, 90(6): 1799-1804.
  - 54 Chung JH, You HJ, Kim HS, *et al.* A novel technique for robot assisted latissimus dorsi flap harvest. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2015, 68(7): 966-972.
  - 55 Salibi A, Hart AM. Articulated endoscopic linear cutter stapler facilitates minimal access harvest of the latissimus dorsi muscle flap for chest wall reconstruction in Poland syndrome. *Plast Reconstr Surg*, 2014, 134(5): 856e-858e.
  - 56 Chow WT, Rozen WM, Patel NG, *et al.* Five recipient vessels for metachronous chest wall reconstruction: Case report and literature review. *Microsurgery*, 2017, 37(1): 66-70.
  - 57 Moradiellos J, Amor S, Córdoba M, *et al.* Functional Chest Wall Reconstruction With a Biomechanical Three-Dimensionally Printed Implant. *Ann Thorac Surg*, 2017, 103(4): e389-e391.
  - 58 Kapila SD, Nervina JM. CBCT in orthodontics: assessment of treatment outcomes and indications for its use. *Dentomaxillofac Radiol*, 2015, 44(1): 20140282.
  - 59 Le Moal J, Peillon C, Dacher JN, *et al.* Three-dimensional computed tomography reconstruction for operative planning in robotic segmentectomy: a pilot study. *J Thorac Dis*, 2018, 10(1): 196-201.

收稿日期: 2018-04-16 修回日期: 2018-07-18

本文编辑: 刘雪梅