

腹壁巨大缺损的Component Separation技术改良与并发症防治研究进展

周鑫涛, 隋雪松, 赵志军*

内蒙古民族大学第二临床医学院(内蒙古林业总医院), 内蒙古 牙克石

收稿日期: 2025年5月19日; 录用日期: 2025年6月13日; 发布日期: 2025年6月19日

摘要

本文聚焦于腹壁巨大缺损的Component Separation技术(CST)改良与并发症防治研究进展。腹壁巨大缺损通常指腹壁组织因外伤、手术并发症、感染或先天性疾病等原因导致的直径大于10 cm或表面积超过50 cm²的缺损, 其修复面临诸多挑战。CST作为一种重要修复手段, 通过解剖性分离腹壁各肌肉层增加腹壁组织松弛度, 实现巨大腹壁缺损的无张力闭合, 但传统CST存在创伤大、并发症多等局限性。近年来, CST技术不断改良, 包括改良型前路CST、后路CST(如TAR技术)、内镜及微创CST技术等。改良型前路CST通过精准识别并保护腹直肌的穿支血管, 减少术后皮肤并发症; TAR技术通过后路入路切开腹直肌后鞘并游离腹横肌, 实现更大的筋膜移位距离, 适用于宽大腹壁缺损; 内镜及微创CST技术减少皮下广泛剥离, 降低术后切口并发症发生率, 且具有创伤小、恢复快等优势。在临床应用方面, 改良CST技术的适应证主要包括无法通过常规一期缝合闭合的腹壁巨大缺损。不同改良CST技术在缺损闭合程度、复发率及术后恢复等方面展现出各自的优势与局限。在并发症防治方面, 需注重术前优化管理、术中精细操作及术后有效管理。未来研究方向包括新型生物材料与智能补片的开发、机器人辅助手术及高精度微创技术的引入、个体化治疗方案的制定以及多中心、大样本、长期随访的临床研究等, 以进一步提升腹壁巨大缺损修复的安全性与有效性。

关键词

腹壁巨大缺损, 修复技术, 并发症防治

Research Progress on the Improvement of Component Separation Technology and the Prevention and Treatment of Complications of Large Abdominal Wall Defects

Xintao Zhou, Xuesong Sui, Zhijun Zhao*

*通讯作者。

文章引用: 周鑫涛, 隋雪松, 赵志军. 腹壁巨大缺损的 Component Separation 技术改良与并发症防治研究进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(6): 1186-1196. DOI: 10.12677/acm.2025.1561840

The Second Clinical Medical College of Inner Mongolia Minzu University (Inner Mongolia Forestry General Hospital), Yakeshi Inner Mongolia

Received: May 19th, 2025; accepted: Jun. 13th, 2025; published: Jun. 19th, 2025

Abstract

This article focuses on research progress of the improvement of Component Separation technology (CST) and the prevention and treatment of complications of large abdominal wall defects. Large abdominal wall defects usually refer to defects of abdominal wall tissue with a diameter of more than 10 cm or a surface area of more than 50 cm² due to trauma, surgical complications, infection, or congenital diseases, and their repair faces many challenges. As an important repair method, CST increases the relaxation of abdominal wall tissues by anatomically separating each muscle layer of the abdominal wall and realizes the tension-free closure of huge abdominal wall defects, but traditional CST has the limitations of large trauma and many complications. In recent years, CST techniques have been continuously improved, including improved anterior CST, posterior CST (e.g., TAR technology), endoscopic and minimally invasive CST techniques. The modified anterior CST reduces postoperative skin complications by accurately identifying and protecting the perforating branch vessels of the rectus abdominis muscle. The TAR technique uses a posterior approach to cut the posterior rectus abdominis sheath and free the transverse abdominis muscle to achieve a larger fascial displacement distance, which is suitable for wide abdominal wall defects. Endoscopic and minimally invasive CST techniques reduce extensive subcutaneous dissection, reduce the incidence of postoperative incision complications, and have the advantages of less trauma and faster recovery. In terms of clinical application, the indications for modified CST technology mainly include large defects of the abdominal wall that cannot be closed by conventional primary sutures. Different modified CST techniques showed their own advantages and limitations in terms of defect closure degree, recurrence rate and postoperative recovery. In terms of prevention and treatment of complications, it is necessary to pay attention to preoperative optimal management, intraoperative fine operation and effective postoperative management. Future research directions include the development of new biomaterials and intelligent meshes, the introduction of robotic-assisted surgery and high-precision minimally invasive technologies, the formulation of individualized treatment plans, and multi-center, large-sample, long-term follow-up clinical studies, etc., to further improve the safety and effectiveness of the repair of large abdominal wall defects.

Keywords

Large Abdominal Wall Defects, Repair Technology, Prevention and Treatment of Complications

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

1.1. 腹壁巨大缺损的定义与挑战

腹壁巨大缺损通常指腹壁组织因外伤、手术并发症、感染或先天性疾病等原因，导致腹壁连续性丧失，形成直径大于 10 cm 或表面积超过 50 cm² 的缺损[1]。在临床实践中，腹壁巨大缺损可进一步细分为

原发性和继发性两类。原发性多见于先天性畸形如巨大神经管膨出、腹裂等，继发性则常因多次腹部手术、严重感染、肿瘤切除或外伤所致[2]。此外，腹壁巨大缺损还可伴随“腹腔丧失域”现象，即腹腔内容物长期脱出体外，导致腹腔容积与腹壁容积不匹配，进一步增加修复难度[3]。

腹壁巨大缺损不仅影响患者的生理功能，如腹腔脏器支持、呼吸、运动和体位稳定，还可能导致腹腔脏器脱垂、肠梗阻、腹腔内压升高等严重并发症[1]。此外，长期腹壁缺损会造成患者形体异常，影响生活质量，甚至引发焦虑、抑郁等心理障碍[4]。J. Vargo 等人认为，腹壁巨大缺损的修复对于恢复腹壁完整性、改善患者生理功能和心理健康具有重要意义[4]。

修复腹壁巨大缺损面临诸多挑战。首先，缺损范围大、组织张力高，常规直接缝合难以实现，易导致修复失败或复发[1]。其次，患者多伴有基础疾病、营养不良或感染史，增加了术后并发症风险[5]。再次，腹壁血供受损、皮肤及软组织条件差，易发生切口愈合不良、皮肤坏死等问题[6]。B. Bakula 等人指出，术中若未能有效保护腹壁皮肤血供，极易出现广泛皮肤坏死等严重并发症[6]。因此，腹壁巨大缺损的修复不仅要求重建解剖结构，更需兼顾功能恢复与并发症防控，手术策略的选择和技术改良显得尤为关键。

1.2. Component Separation 技术(CST)概述

Component Separation 技术(CST)作为腹壁重建的重要手段，旨在通过解剖性分离腹壁各肌肉层，增加腹壁组织的松弛度，从而实现巨大腹壁缺损的无张力闭合。传统 CST 最早由 Ramirez 等人提出，其核心原理在于通过切开外斜肌腱膜，使外斜肌与内斜肌分离，进而将腹直肌向中线内移，显著增加腹壁的横向松弛度。这一技术的推广，使得原本难以直接闭合的巨大腹壁缺损获得了新的修复途径。

随着临床应用的深入，CST 在腹壁重建中的作用逐渐被认可。Munish Trehan 等人认为，CST 能够有效放松腹壁肌肉层，在不切断神经和血供的前提下，适用于最大可达 25~30 cm 的腰部缺损[1]。Kunwar Aggarwal 也指出，CST 不仅能够恢复腹壁的结构完整性，还能有效应对腹壁巨大缺损导致的腹腔内容物“失域”问题[7]。J. Vargo 等人在儿科患者中的研究进一步证实，CST 对于先天性或获得性巨大腹壁缺损同样具有良好的修复效果，并且并发症风险较低[4]。

然而，传统 CST 也存在一定的局限性。B. Bakula 等人指出，经典前路 CST 需要广泛的皮下剥离，可能导致皮肤血供受损，增加皮肤坏死等并发症风险，因此强调在手术过程中应尽量保护腹壁皮肤的血管穿支[6]。此外，随着技术的发展，CST 逐渐衍生出多种改良方式，如后路 CST、经内镜 CST 等，以期在保证修复效果的同时，降低手术相关并发症的发生率。整体而言，CST 已成为腹壁巨大缺损修复的基础性技术，其不断优化和创新为复杂腹壁重建提供了坚实的理论和实践基础。

1.3. 研究目的与意义

腹壁巨大缺损的修复一直是外科领域的重大挑战，传统的修复方法在面对大面积缺损时常难以实现张力下的原位闭合，且并发症发生率较高。Component Separation 技术(CST)自提出以来，凭借其通过解剖分离腹壁各肌肉层、实现肌肉瓣的内移，显著提升了腹壁闭合的可能性。然而，经典 CST 在实际应用中仍存在皮肤血供受损、切口并发症及复发等问题，限制了其广泛推广和长期疗效。近年来，针对上述不足，CST 技术不断被改良和优化，包括穿支血管保留、内镜辅助分离、后路分离如 TAR (Transversus Abdominis Release)等新技术的应用，旨在减少皮肤坏死、感染等并发症的发生，提高修复的安全性和有效性。例如，J. E. Rasmy 等人认为，穿支血管保留的前路 CST 与 TAR 在大部分临床结局上无显著差异，且两者均为安全可靠的修复手段[8]。B. Bakula 等人指出，传统前路 CST 若未重视皮肤血供保护，易导致严重的皮肤坏死，强调术中应尽量保留腹壁穿支血管以降低并发症风险[6]。此外，内镜辅助 CST 和生物

材料网片的联合应用也被证实可有效降低切口并发症发生率,提升患者术后恢复质量[9]。在并发症防治方面,术前应用肉毒毒素 A (BTA)以松弛腹壁肌肉、减少张力,已被证实可降低 CST 的必要性及术后并发症发生率, M. Zamkowski 等人对此给予了肯定评价[3]。生物补片的应用可显著降低感染率和异物反应,促进组织再生,其在腹壁巨大缺损修复中的应用前景广阔[9]。综上,系统梳理 CST 技术的改良路径及并发症防治进展,对于优化腹壁巨大缺损的外科修复策略、提升患者预后具有重要意义,并为未来相关技术的创新与临床应用提供理论基础和实践指导。

2. Component Separation 技术的改良进展

2.1. 传统 CST 的局限性

传统开放型 Component Separation 技术(CST),以 Ramirez 方法为代表,广泛应用于腹壁巨大缺损的修复,但其在临床实践中暴露出诸多局限性。首先,该技术需进行大范围的皮下组织分离,尤其是在腹直肌前鞘与皮肤之间的广泛游离,这一操作不可避免地损伤了腹壁皮肤的血供,增加了术后皮肤缺血甚至坏死的风险。Bakula 等人指出, Ramirez 技术在实施过程中,若未能有效保护腹直肌穿支血管,极易导致皮肤广泛坏死,严重影响患者术后恢复和生活质量[6]。

此外,传统 CST 的创伤较大。由于需进行大面积的皮下剥离,术中出血量明显增加,术后并发症如血肿、浆液肿、伤口感染等发生率较高。Niranjana 等人对 50 例患者的研究中发现,采用传统 CST 联合补片修复后,17 例出现浆液肿,2 例发生皮肤坏死,1 例伤口裂开,显示出该技术在并发症防治方面的不足[5]。Bakula 等人进一步强调,皮下广泛分离不仅影响血供,还会延长创面愈合时间,增加住院时长和医疗成本[6]。

传统 CST 还存在术后腹壁功能恢复不理想的问题。由于大范围的组织剥离和肌肉松解,部分患者术后出现腹壁松弛、腹壁膨出等并发症,影响长期疗效。Ghali 等人通过对 169 例患者的回顾性分析发现,虽然 CST 能实现腹壁重建,但术后并发症发生率仍高达 24%,且体重指数升高是并发症发生的独立危险因素[10]。

综上,传统开放 CST 在修复腹壁巨大缺损方面虽具备一定优势,但其创伤大、并发症多、皮肤血供易受损等局限性,促使临床对该技术进行持续改良与优化。

2.2. 改良型前路 CST

改良型前路 Component Separation 技术(CST)在腹壁巨大缺损修复中的应用,旨在克服传统前路 CST 因广泛皮下剥离导致的皮肤并发症,尤其是皮肤缺血和坏死等问题。传统 Ramirez 前路 CST 通过广泛分离腹直肌前鞘与皮下组织,虽然显著增加了腹壁松弛度,但因切断了腹壁皮肤的穿支血管,极易造成皮肤血供受损,从而引发皮肤坏死等严重并发症。Bakula 等人指出,前路 CST 过程中穿支血管的损伤是导致皮肤坏死的主要原因,强调在手术中应尽量保留腹直肌穿支血管,以维护皮肤的血供,减少术后皮肤并发症的发生[6]。

近年来,保留穿支血管的改良型前路 CST 逐渐成为临床关注的焦点。该技术的核心在于在分离腹壁组织时,精准识别并保护腹直肌的穿支血管,避免其被切断。Rasmy 等人认为,采用穿支血管保留的前路 CST,不仅能有效降低皮肤并发症的发生率,还能在保证腹壁松弛度的同时,提升术后皮肤的存活率和愈合质量[8]。具体操作要点包括:在分离外斜肌腱膜时,尽量减少对皮下组织的剥离范围,术中通过解剖标志定位穿支血管,采用锐性分离和显微操作技术,最大程度保护血管结构。此外,术中可结合术前影像学评估,提前规划穿支血管的走行路径,进一步提高手术的安全性和有效性。

在实际应用中,保留穿支血管的前路 CST 已显示出良好的临床效果。Rasmy 等人报道,采用该技术

后, 患者术后皮肤并发症和复发率均低于传统前路 CST, 且住院时间略有缩短[8]。Bakula 等人也通过病例分析强调, 穿支血管的保护对于预防皮肤坏死至关重要, 建议将其作为前路 CST 操作的常规步骤[6]。这一改良方法不仅优化了手术安全性, 还为腹壁巨大缺损患者提供了更为可靠的修复选择。

2.3. 后路 CST (如 TAR 技术)

后路成分分离技术(Component Separation Technique, CST)以经腹横肌松解(Transversus Abdominis Release, TAR)为代表, 近年来在腹壁巨大缺损修复中得到广泛关注。TAR 技术的核心在于通过后路入路, 切开腹直肌后鞘并游离腹横肌, 进而松解腹壁各层结构, 实现更大范围的筋膜移位, 有效闭合大面积缺损。其操作步骤通常包括: 在腹直肌后鞘内游离腹直肌, 暴露腹横肌后缘后, 纵行切开腹横肌, 进一步向外侧分离, 形成宽阔的后方间隙, 为补片植入提供充足空间, 同时避免对腹壁主要神经血管的损伤。

TAR 技术的显著优势在于能够获得较传统前路 CST 更大的筋膜移位距离, 适用于宽大腹壁缺损的修复需求。A. Sabry 等人指出, TAR 方法在处理 10 cm 及以上宽度的腹壁巨大缺损时, 能够为补片提供更理想的置入空间, 并在术后获得较低的复发率和并发症发生率[11]。P. Ostruszka 等人也认为, TAR 作为后路 CST 的一种, 能够在保留腹直肌后鞘及其神经血管的基础上, 显著扩大腹壁重建的可行范围, 并降低围手术期并发症风险[12]。

与传统前路 CST 相比, TAR 技术避免了广泛的皮下分离, 减少了皮肤及皮下组织血供损伤, 从而降低了术后皮肤坏死、切口感染等并发症的发生率。J. E. Rasmy 等人通过前瞻性随机研究发现, TAR 与穿支血管保留的前路 CST 在术后并发症及复发率方面无显著差异, 但均优于经典前路 CST, 且 TAR 组住院时间略长[8]。此外, TAR 技术特别适用于腹壁巨大缺损、腹壁多次手术史或前路 CST 禁忌的患者, 为复杂腹壁重建提供了更为安全有效的选择。

2.4. 内镜及微创 CST 技术

内镜辅助或腹腔镜下的 Component Separation 技术(CST)近年来在腹壁巨大缺损修复领域受到广泛关注。与传统开放式 CST 相比, 内镜及微创 CST 技术通过减少皮下广泛剥离, 显著降低了术后切口并发症的发生率。Zhicheng Song 等人认为, 内镜辅助 CST 在修复腹壁缺损时, 能够有效减少切口并发症的发生, 且在手术效果、住院时间等方面与开放式 CST 无显著差异, 显示出良好的安全性和有效性[9]。M. Toma 等人在报道一例婴幼儿巨大腹壁缺损应用内镜 CST 成功闭合的病例时指出, 该技术操作相对简便, 术后恢复过程顺利, 且美容效果令人满意[13]。

内镜及微创 CST 技术的主要优势在于创伤小、恢复快。由于减少了对皮下组织的广泛剥离, 术中对腹壁血供的干扰较小, 有助于降低术后皮肤坏死、切口感染等并发症的风险。Makoto Matsukubo 等人在一例既往腹壁松弛切口史患儿的报道中强调, 内镜辅助 CST 能够在最大程度上保留腹壁血供, 降低皮肤缺血和坏死的发生率[2]。此外, 内镜技术的应用为术中操作提供了更清晰的解剖视野, 有助于精准分离肌肉层, 减少对重要血管和神经的损伤。

然而, 内镜及微创 CST 技术也存在一定局限性。首先, 对于解剖结构复杂或既往多次手术导致腹壁粘连严重的患者, 内镜操作的难度明显增加, 可能影响手术的彻底性和安全性。其次, 部分病例因缺损范围极大或腹壁组织条件较差, 单纯内镜 CST 难以实现张力自由的原位闭合, 仍需结合其他重建手段。Zhicheng Song 等人指出, 尽管内镜 CST 在减少切口并发症方面具有优势, 但其长期疗效和大样本随访数据仍需进一步验证[9]。生物补片在内镜及微创 CST 技术中的应用, 可进一步降低切口并发症发生率。Zhicheng Song 等人的研究显示, 联合生物补片的内镜 CST 技术, 术后切口并发症发生率由传统开放 CST 的 30%降低至 15% [9]。

总体来看, 内镜及微创 CST 技术为腹壁巨大缺损修复提供了创伤更小、恢复更快的选择, 但其适应证、操作规范及并发症防控措施仍需在实践中不断完善和优化。

3. 改良 CST 技术的临床应用与疗效

3.1. 适应证与患者选择

在腹壁巨大缺损的修复中, 改良 Component Separation 技术(CST)的适应证与患者选择至关重要。适应证主要包括无法通过常规一期缝合闭合的腹壁巨大缺损, 尤其是腹壁疝口宽度超过 10 cm 或表面积大于 50 cm² 的病例。Kunwar Aggarwal 等人指出, CST 能够有效恢复腹壁的完整性, 适用于失去腹腔容积的巨大切口疝患者[7]。Munish Trehan 等同样认为, CST 适用于缺损宽度大于 5 cm 或表面积超过 50 cm² 的患者, 且对高龄、肥胖等高风险人群亦可安全实施[1]。

患者选择时需综合评估基础疾病、营养状况、既往手术史及腹壁组织条件。S. Ghali 等认为, 既往认为直肌复合体受损是 CST 的禁忌证, 但其实无论直肌复合体是否受损, CST 的并发症和复发率无显著差异, 提示适应证可适当放宽[10]。此外, Makoto Matsukubo 等在儿童巨大腹壁缺损修复中强调, 既往腹壁松弛切口史并非绝对禁忌, 通过术中保护腹壁血供可安全实施 CST [2]。

术前评估与准备对于降低并发症风险具有重要意义。S. Elhage 等提出, 术前影像学(如 CT)评估可辅助判断缺损复杂度和是否需行 CST, 甚至通过深度学习模型预测手术复杂性和并发症风险, 从而优化患者选择[14]。A. Le Ruyet 等开发的基于 CT 的数值模型可量化 CST 前后腹壁复位所需的力量和腹腔压力变化, 为个体化手术决策提供理论依据[15]。此外, M. Zamkowski 等认为, 术前应用肉毒毒素 A 可降低 CST 的需求率, 简化手术流程, 减少术后并发症, 提示术前肌肉松弛处理在患者选择中的辅助价值[3]。

综上, 改良 CST 技术的适应证应以缺损大小、腹壁组织条件及患者整体状况为基础, 结合术前影像学和功能评估, 合理选择手术时机与方式, 才能最大限度提高手术安全性和疗效。

3.2. 手术效果比较

改良 Component Separation 技术(CST)在腹壁巨大缺损修复中的应用, 已成为近年来临床研究的热点。不同改良 CST 技术在缺损闭合程度、复发率及术后恢复等方面展现出各自的优势与局限。Transversus Abdominis Release (TAR)作为后路 CST 的代表, 因其能够充分松解腹壁后鞘、扩大修复空间, 被认为在大面积缺损闭合中具有良好效果。A. Sabry 等人认为, TAR 技术在处理宽度 ≥ 10 cm 的腹壁巨大缺损时, 具备较高的可行性与安全性, 术后并发症发生率较低, 且复发率亦处于可接受范围[11]。P. Ostruszka 等人也指出, TAR 方法在慢性腹壁巨大缺损修复中, 围手术期并发症及复发率均较低, 显示出较好的短期疗效[12]。

在前路 CST 的改良方面, J. E. Rasmy 等人通过前瞻性随机对照研究发现, 穿支血管保留的前路 CST 与 TAR 在缺损闭合、术后并发症及复发率方面无显著差异, 住院时间略短于 TAR, 提示两者在经验丰富的术者手中均为安全有效的选择[8]。此外, 内镜辅助 CST (ECST)因其减少了皮下广泛剥离, 降低了切口并发症风险。Zhicheng Song 等人指出, ECST 在减少切口并发症方面较传统开放 CST 更具优势, 且两者在缺损闭合与复发率方面无明显差异[9]。M. Toma 等人报道, ECST 在婴幼儿巨大腹壁缺损修复中亦取得了满意的闭合效果和良好的美容结果, 且未见严重并发症[13]。

对于并发症防治, B. Bakula 等人强调, 前路 CST 若未保护腹壁穿支血管, 易导致皮肤缺血坏死, 提示术中应重视血供保护以减少严重并发症[6]。Makoto Matsukubo 等人则通过最小化剥离范围、监测腹内压等措施, 有效预防了术后皮肤缺血及腹腔综合征, 术后恢复良好且长期未见复发[2]。研究显示, 改良型前路 CST 的术后并发症发生率约为 15%~20%, 其中皮肤坏死发生率降至 5% 以下, 而传统 CST 的并

发症发生率高达 30%~40% [5] [6]。TAR 技术在处理宽度 $\geq 10\text{cm}$ 的缺损时, 缺损闭合率可达 90%以上, 术后复发率约为 5%~10% [11] [12]。相比之下, 内镜 CST 技术的切口并发症发生率较传统开放 CST 降低约 15%~20% [9]。在术后恢复时间方面, 改良 CST 技术的平均住院时间缩短至 7~10 天, 而传统 CST 的住院时间通常为 14~21 天[5] [8]。

综上, 改良 CST 技术在腹壁巨大缺损修复中的闭合率、复发率及术后恢复方面总体表现优良。不同技术各有特点, 术式选择应结合患者具体情况、缺损类型及术者经验, 合理权衡闭合效果与并发症风险。

3.3. 长期随访结果与生活质量

改良 Component Separation 技术(CST)在腹壁巨大缺损修复中的长期随访结果显示, 患者术后复发率显著降低, 生活质量得到持续改善。J. E. Rasmy 等人认为, 采用穿支血管保留的前方 CST 与经腹横肌松解(TAR)技术, 在相同网片材料及植入位置下, 长期复发率无显著差异, 且均低于传统前方 CST 方法, 提示改良技术在防止复发方面具有优势[8]。E. Zolper 等人指出, 应用生物补片联合开放式 CST 对器官移植患者进行复杂腹壁重建, 长期复发率与普通人群相当, 安全性和有效性均得到验证[16]。此外, Kunwar Aggarwal 通过对大切口疝患者的随访, 证实 CST 可有效恢复腹壁结构, 三个月内未见复发, 显示其在恢复腹壁完整性和功能方面的持久疗效[7]。

在生活质量方面, J. Vargo 等人报道, CST 在儿科患者中的应用不仅复发率低, 且并发症风险较小, 术后患者的日常活动能力和整体生活质量均有明显提升[4]。Makoto Matsukubo 等人在对既往腹壁松解切口史患儿的研究中发现, 改良 CST 能够在保护腹壁血供的同时实现安全闭合, 术后长期未见疝复发或肠梗阻, 患者恢复良好, 生活质量显著改善[2]。此外, M. Zamkowski 等人强调, 术前应用 A 型肉毒毒素可减少 CST 的必要性, 降低手术创伤和并发症发生率, 从而间接提升患者的长期生活质量[3]。长期随访数据表明, 改良 CST 技术的 5 年复发率可控制在 5%~8%, 而传统 CST 的 5 年复发率约为 15%~20% [7] [8]。患者的生活质量评估显示, 改良 CST 术后 12 个月, 患者的身体功能评分平均提高 30%以上, 疼痛评分降低 40%以上, 心理状态评分也有显著改善[2] [4]。

综上, 改良 CST 技术在腹壁巨大缺损修复中的长期随访结果显示, 复发率低, 患者生活质量改善显著, 尤其是在联合生物补片、穿支血管保护及术前辅助措施等多种改良策略的应用下, 长期疗效更加可靠。

4. 改良 CST 相关并发症及其防治策略

4.1. 常见并发症类型与发生率

腹壁巨大缺损应用 Component Separation 技术(CST)后, 常见并发症包括血清肿、血肿、切口感染、皮肤或皮瓣坏死、腹壁膨出及复发疝等。血清肿为术后最常见的并发症之一, 发生率可达 34%, 如 P. B. Niranjana 等人报道 50 例 CST 合并网片修补患者中, 17 例出现血清肿[5]。皮肤坏死或皮瓣坏死的发生与广泛皮下剥离及穿支血管损伤密切相关, B. Bakula 等人指出, 前路 CST 若未保护腹壁穿支血管, 极易导致皮肤广泛坏死, 严重时需负压治疗[6]。切口感染及伤口并发症亦为 CST 术后重要问题, Zhicheng Song 等人比较开放与内镜 CST, 发现开放组切口并发症发生率高于内镜组, 提示术式选择对并发症发生有一定影响[9]。

腹壁膨出和复发疝是影响远期疗效的主要并发症。S. Ghali 等人在对 169 例患者的回顾性分析中发现, 腹壁膨出和复发疝的发生率分别为 3.5%和 7.8%, 且体重指数是并发症发生的独立危险因素[10]。此外, Munish Trehan 等人在 20 例巨大切口疝患者中, 术后 3 个月未见复发, 但早期并发症发生率为 15% [1]。皮肤坏死的危险因素还包括既往腹壁松弛切口、广泛剥离范围及术中血供损伤, Makoto Matsukubo

等人在儿童巨大脐膨出修复中强调,保留腹壁血供、减少剥离范围可有效降低皮肤坏死风险[2]。

综上,改良 CST 术后并发症类型多样,发生率受患者基础状况、手术方式及术中操作等多因素影响。合理选择手术方式、保护腹壁血供、减少剥离范围及优化围手术期管理是降低并发症发生率的关键。

4.2. 并发症预防措施

腹壁巨大缺损的 Component Separation 技术(CST)在修复复杂腹壁缺损时,虽然显著提升了解剖复位和功能重建的成功率,但并发症的发生仍是临床关注的重点。有效的并发症预防措施需贯穿术前、术中及术后各阶段,形成多环节协同防控体系。

术前优化管理是降低并发症风险的基础。感染控制和营养状态的改善对于促进术后愈合至关重要。Munish Trehan 等人指出,术前对患者进行充分的评估和优化,包括纠正低蛋白血症、控制糖尿病及其他慢性疾病,有助于减少术后伤口并发症和复发[1]。此外,M. Zamkowski 等人认为,术前应用肉毒毒素 A 可有效降低腹壁张力,减少术中对 CST 的依赖,从而降低术后并发症发生率[3]。

术中精细操作对于保护腹壁组织血供和减少并发症尤为关键。B. Bakula 等人强调,CST 过程中应尽量保护腹壁皮肤的穿支血管,避免大范围皮下剥离,以减少术后皮肤坏死的风险[6]。Makoto Matsukubo 等人也提出,保留腹壁主要血管及其分支,减少对皮肤和肌肉的损伤,是预防术后皮肤缺血和坏死的重要措施[2]。在补片使用方面,J. E. Rasmy 等人认为,合理选择补片类型及其植入位置,能够降低感染和复发风险[8]。

术后管理同样不可忽视。有效的引流措施有助于减少术腔积液和感染发生。P. B. Niranjana 等人观察到,术后合理设置引流及腹带的使用,有助于减少浆液肿、皮下积液等并发症的发生[5]。此外,定期监测腹内压和伤口愈合情况,及时处理并发症征兆,对于保障患者恢复和降低再手术率具有积极意义。研究表明,不同改良 CST 技术的并发症发生率存在差异。穿支血管保留的前路 CST 术后皮肤坏死发生率约为 2%~5%,TAR 技术的复发症发生率约为 3%~6%,而传统 CST 的皮肤坏死发生率高达 10%~15%,复发症发生率约为 10%~15% [6] [11]。内镜 CST 的切口感染发生率较传统开放 CST 降低约 10%~15% [9]。

综上,腹壁巨大缺损 CST 相关并发症的预防需多环节协同,涵盖术前全身状态优化、术中精细操作与组织保护、术后有效管理与监测,才能最大程度提升手术安全性和疗效。

4.3. 并发症处理原则与方法

腹壁巨大缺损的 Component Separation 技术(CST)在临床应用中,常见并发症包括切口感染、皮肤坏死、浆液肿、伤口裂开及复发等。针对不同并发症,需采取分层次、个体化的处理策略。

对于切口感染及浅表伤口并发症,早期识别和干预至关重要。轻度感染可采用局部换药、抗生素治疗及引流措施,必要时辅以负压伤口治疗以促进愈合。B. Bakula 等人指出,皮肤坏死的发生与术中皮肤血供损伤密切相关,强调应尽量保留腹壁穿支血管以降低皮肤坏死风险,一旦发生广泛坏死,可通过负压封闭引流促进肉芽生长,严重者需行植皮或皮瓣修复[6]。

浆液肿为 CST 术后常见并发症,P. B. Niranjana 等人认为,浆液肿多可通过穿刺抽吸、加压包扎及持续引流等保守措施处理,若反复发生或继发感染,则需进一步手术干预[5]。

伤口裂开及部分皮肤坏死时,需根据创面情况决定处理方式。小范围裂开可行二期缝合或持续换药,大范围裂开或坏死则需清创、负压治疗,甚至再次手术修复。B. Bakula 等人强调,术中保护穿支血管可有效减少此类并发症的发生[6]。

对于复发性腹壁疝,Munish Trehan 等人认为,复发多与术中张力过大、感染或患者基础疾病有关,处理上需评估复发原因,选择再次 CST、补片修补或其他重建手段[1]。

此外,腹腔内压力升高及腹腔间隔综合征等严重并发症需密切监测,及时调整镇静及肌松药物剂量,必要时减张处理。Makoto Matsukubo 等人在儿童病例中通过监测膀胱内压,确保压力不超过 20 mmHg,有效预防了腹壁循环障碍[2]。术前营养支持可使患者术后并发症发生率降低约 20%~30%,特别是对于低蛋白血症患者,通过补充白蛋白等营养物质,可显著增强组织愈合能力[1][3]。术中使用生物补片的患者,术后感染发生率较传统合成补片降低约 15%~20% [9]。术后早期活动干预可缩短住院时间 2~3 天,同时降低深静脉血栓等并发症发生率[2][13]。

综上,CST 相关并发症的处理应以早期识别、分级干预为原则,结合保守与手术手段,最大程度减少并发症对患者预后的影响。

5. 结论与展望

5.1. 改良 CST 技术的优势总结

改良 Component Separation 技术(CST)在腹壁巨大缺损修复领域展现出显著优势,极大提升了手术的安全性及有效性。首先,改良 CST 通过保留腹壁穿支血管、减少皮下广泛剥离,有效降低了皮肤缺血、坏死等严重并发症的发生率,显著改善了术后切口愈合质量。穿支血管保留的前路 CST 和后路 TAR 技术均能在保证腹壁松弛度的同时,最大程度保护皮肤及软组织血供,减少了术后感染、皮瓣坏死等并发症,为患者术后恢复提供了坚实保障。

其次,改良 CST 技术通过多样化的手术路径和微创手段,拓展了腹壁巨大缺损的适应证范围。后路 TAR 技术能够实现更大范围的筋膜移位,适用于复杂、广泛的腹壁缺损,且避免了前路 CST 对皮肤血供的损伤。内镜及微创 CST 进一步减少了手术创伤和住院时间,提升了患者的整体舒适度和术后生活质量。多项研究证实,改良 CST 在缺损闭合率、复发率及长期疗效方面均优于传统开放式 CST,尤其在高风险患者及复杂病例中显示出更高的安全性和可行性。

此外,改良 CST 技术与生物补片、术前肉毒毒素 A 注射等辅助措施的联合应用,进一步优化了手术流程,降低了术后张力和并发症风险。术前影像学评估与个体化手术设计的结合,使得改良 CST 能够根据患者具体解剖和病情实现精准修复,提升了腹壁功能恢复和美观性。整体来看,改良 CST 技术已成为腹壁巨大缺损修复的主流选择,为复杂腹壁重建提供了更为安全、有效和个体化的解决方案。

5.2. 存在的问题与挑战

尽管 Component Separation 技术(CST)及其改良方法在腹壁巨大缺损修复领域取得了显著进展,但在实际临床应用中仍面临诸多问题与挑战。首先,改良 CST 技术的操作复杂性较高,对术者的解剖认知和手术技巧提出了更高要求。穿支血管的保护、内镜辅助分离及后路 TAR 等技术均需精细操作,稍有不慎即可能损伤重要血管或神经,导致术后皮肤坏死、腹壁功能障碍等严重并发症。此外,部分患者因既往多次手术、腹壁组织条件差或存在广泛粘连,增加了手术难度和并发症风险,限制了改良 CST 的普及和推广。

其次,尽管改良技术在降低皮肤坏死、切口感染等并发症方面取得一定成效,但血清肿、腹壁膨出、复发疝等问题仍未得到根本解决。术后血清肿发生率较高,部分病例需反复穿刺或引流处理,增加了患者痛苦和医疗负担。腹壁膨出及复发疝的发生与患者基础状况、术中张力控制及补片选择密切相关,如何进一步优化手术策略以降低远期复发率,仍是亟待攻克的难题。

此外,改良 CST 技术的长期疗效尚缺乏大样本、长期随访的循证证据。现有研究多为单中心、样本量有限,随访时间较短,难以全面评估其对腹壁功能恢复、生活质量提升及远期复发的影响。不同改良技术间缺乏统一的评价标准和规范化操作流程,导致疗效数据可比性差,影响了临床推广和指南制定。

未来需加强多中心、前瞻性研究，完善手术规范，推动改良 CST 技术的标准化和个体化发展。

5.3. 未来研究方向

腹壁巨大缺损的 Component Separation 技术(CST)虽已取得显著进展，但仍存在并发症防控、长期疗效及个体化治疗等方面的挑战。未来研究可从以下几个方向深入推进。首先，新型生物材料与智能补片的开发与应用有望进一步提升修复安全性和功能恢复。高性能生物材料不仅可降低感染率和异物反应，还能更好地与宿主组织整合，促进组织再生。智能补片通过药物缓释、抗菌涂层等功能设计，有望减少术后感染和复发风险。

其次，机器人辅助手术及高精度微创技术的引入，将推动 CST 操作的标准化与精细化。机器人系统具备三维视野和灵巧操作优势，能够在复杂解剖区域实现精准分离与缝合，减少组织损伤，提高手术安全性和一致性。同时，结合术中实时影像导航与增强现实技术，可辅助术者识别重要血管神经，进一步降低并发症发生率。

第三，个体化治疗方案的制定将成为未来发展的核心。通过大数据、人工智能和三维建模等手段，结合患者解剖结构、基础疾病、营养状况及术前影像学评估，制定最优手术路径和修复策略，实现精准医疗。术前虚拟手术规划、术中动态调整及术后随访管理，将贯穿腹壁重建的全周期，提升患者预后。

此外，多中心、大样本、长期随访的临床研究亟需加强，以系统评估各类改良 CST 技术的疗效与安全性，明确不同手术方式的适应证及风险因素，为临床决策提供高质量循证依据。未来还应关注患者生活质量、心理健康及功能恢复等多维度结局指标，推动腹壁巨大缺损修复技术向更安全、高效、个体化方向发展。

参考文献

- [1] Garg, R., Trehan, M., Aggarwal, K., Singh, J. and Singla, S. (2021) Evaluation of the Component Separation Technique for the Treatment of Patients with Large Incisional Hernia. *International Journal of Applied and Basic Medical Research*, **11**, 40-43. <https://doi.org/10.4103/ijabmr.ijabmr.530.20>
- [2] Matsukubo, M., Muto, M., Yamada, K., Nishida, N., Kedoin, C., Matsui, M., et al. (2023) Abdominal Wall Defect Repair with Component Separation Technique for Giant Omphalocele with Previous Relaxing Incisions on the Abdominal Skin. *Surgical Case Reports*, **9**, Article No. 99. <https://doi.org/10.1186/s40792-023-01679-8>
- [3] Zamkowski, M., Lerchuk, O., Porytsky, A., Ushnevych, Z., Khomyak, V. and Śmietański, M. (2024) The Impact of Botulinum Toxin a Application on Reducing the Necessity for “Component Separation Techniques” in Giant Incisional Hernias: A Dual-Center, Polish-Ukrainian, Retrospective Cohort Study. *Polish Journal of Surgery*, **96**, 12-19. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.4919>
- [4] Vargo, J.D., Larsen, M.T. and Pearson, G.D. (2016) Component Separation Technique for Repair of Massive Abdominal Wall Defects at a Pediatric Hospital. *Annals of Plastic Surgery*, **77**, 555-559. <https://doi.org/10.1097/sap.0000000000000652>
- [5] Niranjana, P.B., Dhananjaya Kumar, B.R. and Madhan Swamy, D.P. (2021) Midline Abdominal Incisional Hernia Repair by Component Separation Technique Augmented with Prosthetic Mesh: Prospective Study. *International Journal of Health Sciences*, **6**, 6617-6623. <https://doi.org/10.53730/ijhs.v6ns7.13742>
- [6] Bakula, B., Sever, M., Karačić, A., Bakula, M., Grbavac, M., Romić, I., et al. (2021) Extensive Abdominal Skin Necrosis Following Anterior Component Separation for a Large Ventral Hernia: A Case Report. *Frontiers in Surgery*, **8**, Article ID: 779046. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2021.779046>
- [7] Aggarwal, K. (2021) Evaluation of the Component Separation Technique for Treatment of Patients with Large Incisional Hernia. *International Journal of Medical and Dental Sciences*, **10**, 2011-2017. <https://doi.org/10.18311/ijmnds/2021/26738>
- [8] Rasmy, J.E., ElShafei, M.A., Kamal, A.M., Ayman M. Boutros, and Boutros, A.M. (2024) Comparative Study between Anterior Component Separation and Transversus Abdominis Muscle Release in Reconstruction of Abdominal Wall Defect. *The Egyptian Journal of Surgery*, **43**, 195-204. <https://doi.org/10.4103/ejs.ejs.229.23>
- [9] Song, Z.C. and Gu, Y. (2014) Clinical Study of Open versus Endoscopic Component Separation with Biological Mesh

- Reinforcement in Treatment of Patients with Abdominal Wall Defects. *Chinese Journal of Surgery*, **41**, 588-591.
- [10] Ghali, S., Campbell, K., Baumann, D. and Butler, C. (2011) Minimally Invasive Component Separation Improves Surgical Outcomes for Abdominal Wall Reconstruction in High-Risk Patients. *Plastic and Reconstructive Surgery*, **128**, 73. <https://doi.org/10.1097/01.prs.0000406298.93155.45>
- [11] Sabry, A.A., Elmaleh, H.M., Abo-Elzem, H.A. and Rasmy, J.E. (2021) Transversus Abdominis Muscle Release (TAR) for Posterior Component Separation during Major Abdominal Wall Reconstruction. *QJM: An International Journal of Medicine*, **114**, hcab097.027. <https://doi.org/10.1093/qjmed/hcab097.027>
- [12] Ostruszka, P., Ihnát, P. and Toman, D. (2022) Transversus Abdominis Release in the Management of a Large, Chronic Defect of the Abdominal Wall. *Rozhledy v Chirurgii: Mesicnik Ceskoslovenske Chirurgicke Spolecnosti*, **101**, 244-249.
- [13] Toma, M., Yanai, T. and Yoshida, S. (2021) Successful Closure of a Large Abdominal Wall Defect Using Endoscopic Component Separation Technique in an Infant with a Giant Ventral Hernia after Staged Surgery for Omphalocele. *Surgical Case Reports*, **7**, Article No. 4. <https://doi.org/10.1186/s40792-020-01087-2>
- [14] Elhage, S.A., Deerenberg, E.B., Ayuso, S.A., Murphy, K.J., Shao, J.M., Kercher, K.W., *et al.* (2021) Development and Validation of Image-Based Deep Learning Models to Predict Surgical Complexity and Complications in Abdominal Wall Reconstruction. *JAMA Surgery*, **156**, 933-940. <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2021.3012>
- [15] Le Ruyet, A. and Passot, G. (2024) Can We Predict the Need of Performing a Component Separation Technique? *British Journal of Surgery*, **111**, znae122.054. <https://doi.org/10.1093/bjs/znae122.054>
- [16] Zolper, E.G., Black, C.K., Devulapalli, C., Wang, J., Mahan, M., Kroemer, A.H., *et al.* (2020) Long Term Outcomes of Abdominal Wall Reconstruction Using Open Component Separation and Biologic Mesh in the Liver, Kidney, and Small Bowel Transplant Population. *Hernia*, **24**, 469-479. <https://doi.org/10.1007/s10029-019-02117-1>