

VSD联合植皮术在深度烧伤中的研究进展

王超超¹, 席云峰^{2*}, 李耀文¹

¹延安大学医学院, 陕西 延安

²延安大学第二附属医院(榆林市第一医院)烧伤整形皮肤外科, 陕西 榆林

收稿日期: 2025年7月5日; 录用日期: 2025年7月28日; 发布日期: 2025年8月7日

摘要

深度烧伤作为严重创伤, 会对患者皮肤、组织及全身健康产生极大影响, 治疗难度高且面临诸多挑战。VSD联合植皮技术为深度烧伤治疗带来新的突破, 成为临床与科研重点关注领域。VSD技术借助负压封闭引流, 可有效清除创面渗出物、坏死组织和细菌, 改善局部微循环, 营造适宜植皮的创面环境, 还能促进肉芽组织生长。大量临床研究和实践表明, 相较于传统治疗手段, VSD联合植皮技术优势显著, 能显著缩短创面愈合时间, 降低感染发生率, 提升植皮成活率, 减少患者换药痛苦与住院时长, 在促进患者康复、减轻经济负担方面成效突出。本文全面梳理VSD联合植皮技术在深度烧伤治疗中的原理、操作要点、临床应用效果、优势及面临的挑战, 旨在为临床医生提供系统、全面的技术参考, 推动该技术在深度烧伤治疗中的规范化、精准化应用, 进一步提升深度烧伤的治疗水平, 改善患者预后。

关键词

VSD, 深度烧伤, 植皮术

Research Progress on VSD Combined with Skin Grafting in the Treatment of Deep Burns

Chaochao Wang¹, Yunfeng Xi^{2*}, Yaowen Li¹

¹Medical College of Yan'an University, Yan'an Shaanxi

²Department of Burn, Plastic and Dermatological Surgery, The Second Affiliated Hospital of Yan'an University (Yulin First Hospital), Yulin Shaanxi

Received: Jul. 5th, 2025; accepted: Jul. 28th, 2025; published: Aug. 7th, 2025

*通讯作者。

文章引用: 王超超, 席云峰, 李耀文. VSD联合植皮术在深度烧伤中的研究进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(8): 551-560.
DOI: 10.12677/acm.2025.1582266

Abstract

Deep burns, as a severe form of trauma, exert a significant impact on the patient's skin, tissues, and overall health. Their treatment is highly challenging and faces numerous difficulties. Vacuum Sealing Drainage (VSD) combined with skin grafting technology has brought a new breakthrough in the treatment of deep burns, becoming a key focus area in both clinical practice and research. VSD technology utilizes negative pressure closed drainage to effectively remove wound exudate, necrotic tissue, and bacteria, improve local microcirculation, create a wound environment conducive to skin grafting, and promote the growth of granulation tissue. Extensive clinical research and practice demonstrate that, compared to traditional treatment methods, VSD combined with skin grafting offers significant advantages. It can markedly shorten wound healing time, reduce the incidence of infection, improve skin graft survival rates, decrease patient suffering during dressing changes, and shorten hospital stays. It demonstrates outstanding efficacy in promoting patient recovery and alleviating economic burden. This article comprehensively reviews the principles, key operational points, clinical application outcomes, advantages, and existing challenges of VSD combined with skin grafting technology in the treatment of deep burns. The aim is to provide clinicians with a systematic and comprehensive technical reference, promote the standardized and precise application of this technology in deep burn treatment, further enhance the therapeutic level for deep burns, and improve patient prognosis.

Keywords

VSD, Deep Burns, Skin Grafting

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. 研究背景

深度烧伤，即烧伤程度累及真皮层以及真皮层以下的情况，其创面修复过程面临着三重极为严峻的挑战[1]。

1.1. 感染风险高

深度烧伤后，创面处于一种极易继发感染的状态，因为创面直接暴露在外，缺乏正常皮肤的屏障保护，外界的细菌、病毒等病原体很容易趁虚而入，进而引发感染[2]。

1.2. 愈合延迟

深度烧伤创面在愈合过程中存在显著问题，表现为肉芽生长极为缓慢，新生的肉芽组织难以快速、健康地生长起来，无法为后续的修复提供良好基础[3]。与此同时，植皮的存活率也处于较低水平，这是由于创面的生理状态不佳，不利于移植皮肤与创面的良好贴合和血管化，使得移植的皮肤难以在创面上良好存活，进一步延缓了创面的愈合进程。

1.3. 功能/美观受损

深度烧伤创面愈合后，往往会出现较为严重的不良后果，一方面表现为瘢痕增生现象，即伤口愈合

处的瘢痕组织过度增生,形成明显高于周围皮肤且质地坚硬的瘢痕,不仅影响外观,还可能伴有瘙痒、疼痛等不适症状[4];另一方面会导致关节功能障碍,由于烧伤累及关节周围组织,在愈合过程中瘢痕挛缩等原因,使得关节的正常活动范围受到极大限制,无法进行正常的屈伸、旋转等动作,严重影响了患者的肢体功能和日常生活能力,给患者带来极大的身心痛苦[5]。

负压封闭引流技术(VSD)在深度烧伤修复领域发挥着至关重要的作用,它通过持续不断地施加负压,能够有效地清除创面的渗出液,避免渗出液在创面积聚引发感染等不良情况[6]。同时,这种持续负压还能对创面局部的血液循环起到积极的促进作用,使得血液能够更顺畅地流向创面部位,为创面修复提供充足的营养物质和氧气。而且,在持续负压的作用下,能够加速肉芽组织的形成,新生的肉芽组织健康生长,为后续深度烧伤创面的修复奠定坚实基础,从而成为深度烧伤修复过程中不可或缺的核心辅助手段[7]。

2. 研究现状与核心进展

2.1. 基础应用优化

感染控制:负压封闭引流技术(VSD)在深度烧伤创面治疗中对于感染控制有着显著成效,它通过持续的负压吸引作用,能够有效地降低创面细菌的定植情况[8]。在深度烧伤创面上,大量的渗出液为细菌滋生提供了理想环境,而VSD技术凭借其独特的引流机制,可及时将创面渗出的含有细菌等微生物的液体排出体外,减少了细菌在创面的积聚[9]。同时,持续的负压环境不利于细菌在创面上附着和繁殖,使得细菌难以在创面上定植生长,从而极大地降低了创面感染的风险,为创面的顺利修复创造了良好的条件。但目前大部分为观察性研究(证据等级较低),结果可能受清创彻底性、抗生素使用等混杂因素影响。不同研究中感染率下降幅度存在差异,需分析原因(如创面类型、初始污染程度等)。

愈合加速:在深度烧伤修复过程中,采用有效的治疗手段能够显著促进创面的愈合进程,具体表现为愈合时间大幅缩短。相较于传统治疗方式,通过特定的治疗方案,如结合先进的创面处理技术等,可使深度烧伤创面的愈合时间缩短30%以上。这意味着患者能够更快地摆脱创面不愈的困扰,减少住院时间,降低长期治疗带来的身心负担和经济压力,同时也降低了创面在较长时间内暴露于外界环境中发生二次感染等并发症的风险,更有利于患者身体功能和外观的恢复,提高整体的治疗效果和患者的生活质量。但目前愈合时间缩短比例在不同研究间波动,植皮成活率提升幅度也不同。异质性来源包括VSD负压值、植皮技术、评估标准,缺乏长期功能数据作为愈合质量的佐证。

疼痛管理:在深度烧伤修复过程中,疼痛管理是至关重要的环节。其中,负压封闭引流技术(VSD)发挥着重要作用。VSD通过持续产生的负压作用于创面,能够有效地减少组织张力。当组织张力降低时,创面周围神经末梢所受到的刺激也相应减少,从而使得患者感受到的疼痛程度明显减轻[10]。通过视觉模拟评分法(VAS)对患者疼痛程度进行评估,结果显示,在应用VSD技术后,患者的VAS评分显著降低。这表明该技术在缓解深度烧伤患者疼痛方面具有显著效果,有助于提升患者在治疗过程中的舒适度,使其能够更好地配合治疗,促进创面的愈合。

2.2. 联合技术创新

2.2.1. VSD + 植皮/皮瓣

提高植皮存活率:VSD(负压封闭引流技术, Vacuum Sealing Drainage)联合植皮皮瓣移植术,可通过多维度作用机制显著提高植皮成活率。VSD技术利用生物半透膜将引流管与创面紧密贴合,构建封闭负压引流系统,持续清除创面渗出液、坏死组织及细菌代谢产物,有效降低创面细菌负荷,改善局部微环境;同时,负压吸引产生的机械应力刺激可促进创面毛细血管增生,加速血流灌注,为植皮区域营造富

含氧分与营养物质的“土壤”。在此基础上移植皮瓣,既能利用皮瓣自身血运为植皮提供早期血供支持,保障移植皮片快速建立血运连接,又可借助皮瓣的组织覆盖优势,减少植皮区域的张力与剪切力,降低皮片移位风险。二者协同作用,从抗感染、促血管新生、稳定植皮环境等多方面协同发力,形成系统性的创面修复策略,最终显著提升植皮手术的成功率,为大面积皮肤缺损患者带来更优的治疗效果。

关节功能修复:在关节创伤或病变导致皮肤软组织缺损并伴功能障碍的临床治疗中,负压封闭引流技术(VSD)联合植皮皮瓣修复术的协同应用,为关节功能的有效恢复开辟了新路径并取得显著成效。VSD通过医用泡沫材料与生物半透膜构建密闭负压引流系统,持续清除关节创面炎性渗出物、坏死组织及细菌毒素,有效控制局部感染,同时产生的机械应力刺激促进血管内皮细胞增殖,改善关节周围血运,为组织修复创造良好的生物学环境[11];而植皮皮瓣移植则充分发挥其精准修复特性,依据关节部位的解剖结构与功能需求,选择适宜的皮瓣类型(如游离皮瓣、带蒂皮瓣),既能为关节提供可靠的软组织覆盖,保护深层肌腱、骨骼及关节囊结构,又能通过皮瓣自身血运加速植皮区域血管化进程,确保移植皮片存活。二者联合应用,不仅实现了关节创面的一期修复与皮肤软组织的完整性重建,更通过术后科学的康复训练方案,最大程度减少瘢痕挛缩与关节粘连,有效恢复关节的屈伸、旋转等运动功能,帮助患者重获肢体正常活动能力,显著提升生活质量,成为关节功能修复领域的重要临床实践突破[12]。

2.2.2. VSD + 生物活性材料

富血小板血浆(PRP):负压封闭引流技术(VSD)联合生物活性材料与富血小板血浆(PRP)的协同应用,能够从多层面、多途径促进血管化进程,为创面修复提供坚实的血运基础。VSD通过构建密闭负压环境,持续清除创面炎性渗出物与坏死组织,降低局部细菌载量,同时利用负压产生的机械应力刺激,激活血管内皮细胞迁移与增殖,诱导微血管生成;生物活性材料(如胶原蛋白、透明质酸基水凝胶等)凭借良好的生物相容性与可降解性,不仅能充当细胞黏附与生长的支架,还可通过释放生长因子(如血管内皮生长因子 VEGF、成纤维细胞生长因子 FGF),定向趋化内皮祖细胞与成血管细胞,引导新生血管有序生长;富血小板血浆则富含高浓度的血小板,当血小板被激活后,可释放血小板衍生生长因子(PDGF)、转化生长因子- β (TGF- β)等数十种生长因子,协同促进内皮细胞的分裂、分化和血管芽的形成,加速新生血管网络的构建。三者联合应用,通过优化创面微环境、提供细胞生长支架、释放促血管化生长因子等多维度作用机制,形成“清创-促生-强化”的协同效应,显著提升血管化效率,为各类急慢性难愈性创面、组织缺损修复提供强大的血运保障,成为临床加速组织修复的创新策略。

银离子敷料:在创伤及创面修复领域,负压封闭引流技术(VSD)与银离子敷料的联合应用,通过多机制协同作用显著提升抗感染效能。VSD通过构建密闭负压系统,持续引流创面渗出液、坏死组织及细菌代谢产物,有效降低创面细菌生物负荷,破坏细菌赖以生存的局部微环境;同时,负压产生的机械应力刺激可促进局部血液循环,增强机体自身的免疫防御能力,使免疫细胞更高效地抵达感染部位发挥杀菌作用。银离子敷料则凭借独特的抗菌特性,成为对抗创面细菌的有力武器。银离子可通过与细菌细胞膜结合,破坏细胞膜结构完整性,导致细胞内容物外泄;还能穿透细胞膜进入细菌内部,与核酸(DNA/RNA)结合,干扰细菌遗传物质的复制与转录,从多个靶点抑制细菌生长。此外,银离子具有广谱抗菌活性,对金黄色葡萄球菌、铜绿假单胞菌等常见创面致病菌均有显著抑制作用,且不易产生耐药性[13]。二者联合使用时,VSD的持续负压引流功能与银离子敷料的长效抗菌作用相辅相成:VSD快速清除细菌及其代谢产物,降低细菌浓度,减少银离子抗菌负担;银离子敷料则在局部形成持久抗菌屏障,防止引流过程中可能出现的二次感染,同时协同VSD改善创面微环境,进一步抑制细菌生物膜的形成。这种协同作用不仅有效控制创面感染,还为后续组织修复与愈合创造良好条件,成为临床处理感染性创面的重要治疗方案。

2.2.3. 序贯疗法

在处理复杂烧伤创面时,序贯疗法联合负压封闭引流技术(VSD)与人工真皮植皮技术的协同应用,为创面修复提供了系统且高效的治疗策略。复杂烧伤创面常伴有深度组织损伤、大面积皮肤缺失、感染风险高及愈合困难等问题,传统单一治疗手段往往难以满足临床需求。序贯疗法遵循创面修复的生物学规律,分阶段、有针对性地实施治疗方案。初期,通过清创、抗感染等基础处理,迅速清除创面坏死组织,控制炎症反应,为后续治疗奠定基础;随后,应用 VSD 技术,通过构建密闭负压引流系统,持续清除创面渗出液、坏死组织及细菌代谢产物,降低创面细菌负荷,同时负压产生的机械应力刺激可促进局部血液循环,加速创面肉芽组织生长,改善创面微环境[14]。在创面条件改善后,序贯采用人工真皮植入。人工真皮通常由胶原蛋白等生物材料制成,具有良好的生物相容性与力学性能,能够模拟天然真皮的结构与功能,为创面提供稳定的支撑与保护。人工真皮植入后,其内部的孔隙结构有利于新生血管与成纤维细胞长入,逐步形成新生真皮组织。待新生真皮组织成熟后,再进行自体刃厚皮片或中厚皮片移植,以实现创面的永久覆盖。这一序贯治疗策略将 VSD 的清创促愈作用、人工真皮的组织再生引导功能以及自体植皮的最终修复优势有机结合,不仅有效缩短了创面愈合周期,还显著降低了瘢痕增生、挛缩畸形等并发症的发生率,为复杂烧伤患者带来了更理想的治疗效果,显著提升了患者的生活质量。

2.3. 适应症拓展

2.3.1. 特殊部位

在临床治疗中,负压封闭引流技术(VSD)联合植皮术在关节区、手足等特殊部位的应用,通过技术改良与治疗策略优化,实现了创面修复适应性的显著扩展。关节区与手足部位解剖结构精细,存在皮肤薄、活动度大、血运分布特殊等特点,传统植皮术后易出现皮片移位、挛缩及关节功能受限等问题,而 VSD 联合植皮术则通过多维度协同作用突破了这些治疗瓶颈。在关节区,VSD 技术通过持续负压吸引,能有效清除关节腔及周围创面的炎性渗出物与坏死组织,减少感染风险;同时,负压产生的机械应力可促进局部微血管新生,改善血运,为植皮创造良好的受床条件。植皮时,结合关节的活动特性,多选用质地较薄、柔韧性好的中厚皮片,并采用分区植皮、皮片拼接等技术,确保皮片与关节面紧密贴合。术后,VSD 形成的稳定压力可将皮片牢固固定于创面,避免因关节屈伸活动导致的皮片移位,显著提高植皮成活率;同时,减少局部血肿、血清肿形成,降低瘢痕挛缩风险,为关节功能早期康复训练提供保障[15]。对于手足部位,由于其功能精细且皮肤耐磨性要求高,VSD 联合植皮术采用个性化治疗方案。VSD 可根据手足创面的复杂形态进行裁剪,精准覆盖创面,尤其针对指蹼、趾缝等特殊区域,通过持续负压维持创面清洁,防止分泌物积聚引发感染。植皮阶段,常选择全厚皮片或含真皮下血管网皮片,以增强皮肤耐磨性与抗挛缩能力。联合 VSD 的密闭负压环境,可使皮片与创面充分贴合,加速血管化进程;同时,借助负压的塑形作用,有助于恢复手足的正常解剖形态,减少指(趾)间粘连,最大程度保留抓握、行走等功能。通过技术细节优化与治疗方案创新,VSD 联合植皮术成功将治疗适应性扩展至关节区、手足等特殊部位,不仅提高了复杂创面的修复成功率,更为患者肢体功能恢复与生活质量改善提供了有效保障,成为特殊部位创面修复的重要临床选择。

2.3.2. 特殊创面

在临床复杂疑难创面治疗领域,负压封闭引流技术(VSD)联合植皮术通过机制互补与策略优化,显著拓展了在毒蛇咬伤坏死、糖尿病足溃疡等特殊创面的治疗适应性。此类特殊创面因病理机制复杂、感染风险高、愈合能力差,传统治疗常面临疗效不佳、愈合周期长等困境,而 VSD 与植皮的联合应用为其提供了新的解决思路。针对毒蛇咬伤导致的坏死创面,蛇毒中的溶血毒素、神经毒素及组织破坏酶可引发局部组织广泛坏死、血管栓塞及严重炎症反应,极易继发感染。VSD 技术通过持续负压吸引,能迅速清

除含有蛇毒成分的渗出液及坏死组织,有效降低毒素在体内的扩散与吸收,减轻全身中毒症状;同时,负压引流可减少创面细菌定植,控制感染扩散。待创面感染得到有效控制、坏死组织彻底清除后,联合自体刃厚或中厚皮片移植,利用 VSD 形成的密闭负压环境,可促进皮片与创面紧密贴合,加速血管化进程,缩短皮片存活时间。此外,VSD 产生的机械应力刺激能改善局部血液循环,促进受损组织修复,显著提升毒蛇咬伤后复杂创面的修复效果。糖尿病足溃疡则因患者长期高血糖状态导致周围神经病变、血管病变及免疫功能低下,创面呈现缺血、缺氧、感染及愈合能力差的特点。VSD 在此类创面治疗中,一方面通过持续负压引流,清除溃疡创面的脓性分泌物及代谢废物,降低细菌负荷,改善局部微环境;另一方面,负压刺激可促进微小血管新生,增加创面血供,缓解局部缺血状态。在创面基底条件改善、肉芽组织生长良好后,序贯实施植皮手术。VSD 联合植皮可利用负压系统为皮片提供稳定的贴合压力,减少皮片下积液、积血风险,同时持续改善的血运条件有利于皮片快速建立血供,提高植皮成活率。此外,VSD 的应用还可减少换药频次,降低患者痛苦,为糖尿病足溃疡患者提供了更安全、有效的治疗方案,显著缩短创面愈合周期,降低截肢风险。VSD 联合植皮术通过针对性的治疗策略,在毒蛇咬伤坏死、糖尿病足溃疡等特殊创面的治疗中展现出独特优势,不仅有效解决了传统治疗的难点,更为复杂创面患者的康复带来新希望,成为特殊创面修复领域的重要技术突破。

2.3.3. 感染性创面

在处理骨髓炎、放射性溃疡等感染性创面时,负压封闭引流技术(VSD)联合植皮术通过多机制协同作用,显著拓展了治疗的适应性与有效性。此类创面因病理机制复杂、感染顽固及组织修复能力差,传统治疗常面临愈合周期长、复发率高等难题,而 VSD 与植皮术的联合应用为其提供了创新性解决方案。针对骨髓炎创面,其病灶深处存在死骨、炎性肉芽组织及生物膜包裹的细菌,导致感染迁延不愈。VSD 技术通过将引流管精准放置于病灶部位,利用持续负压吸引,可有效清除骨髓腔内的脓性分泌物、坏死骨组织及细菌代谢产物,打破细菌生存的厌氧环境,显著降低局部细菌负荷;同时,负压产生的机械应力刺激骨膜与周围软组织,促进血管新生,改善局部血运,为后续修复创造条件。在感染得到有效控制、骨创面清洁度提升后,联合植皮术覆盖软组织缺损区域,VSD 的持续负压可使移植皮片与创面紧密贴合,加速皮片血管化进程,降低皮片坏死风险[16]。此外,VSD 还能减少换药对新生肉芽组织的损伤,为骨髓炎创面的二期植骨或其他修复手术奠定基础,有效缩短治疗周期,降低疾病复发率。放射性溃疡则因射线导致局部组织细胞损伤、血管内皮细胞变性坏死,形成血运差、抗感染能力弱的慢性难愈性创面,常规植皮治疗难以存活。VSD 通过持续引流渗出液,清除炎性介质与坏死组织,改善创面微环境;负压刺激还能激活成纤维细胞与内皮细胞活性,促进胶原合成与微血管再生,逐步改善局部缺血缺氧状态。当创面基底转变为红润、血运良好的肉芽组织后,序贯开展植皮手术。此时,VSD 联合植皮可利用负压系统对皮片施加均匀压力,确保皮片与创面充分接触,加速新生血管从创面长入皮片;同时,持续的负压引流可预防皮片下水肿、积液形成,显著提高放射性溃疡植皮的成活率。通过二者协同作用,既能有效控制创面感染,又能促进组织修复,为放射性溃疡患者提供了更为可靠的治疗选择,显著改善患者预后。VSD 联合植皮术通过个性化治疗策略,在骨髓炎、放射性溃疡等复杂感染性创面中展现出显著优势,有效克服了传统治疗的局限性,成为推动感染性创面修复领域发展的重要临床技术[17]。

3. 未解决问题

3.1. 成本 - 效益矛盾

在临床应用中,负压封闭引流技术(VSD)联合植皮术虽在复杂创面修复领域展现显著疗效,但高昂的治疗成本与基层医疗资源有限之间的矛盾,严重制约了该技术的广泛推广。VSD 系统所需的专用医用泡

沫材料、生物半透膜及负压引流装置多依赖进口或高价国产耗材, 单次治疗材料费用可达数千元, 叠加植皮手术的耗材、人力成本, 使得整体治疗费用远超部分患者经济承受能力。尤其在基层医院, 受限于设备购置资金短缺、医保报销范围局限及患者支付能力不足等因素, VSD 联合植皮术的临床应用率显著低于大型三甲医院, 导致众多创面患者难以获得高效治疗。解决这一成本效益矛盾已成为临床亟待攻关的难题。一方面, VSD 材料的高成本源于其特殊的生物相容性、透湿性及负压传导性能要求, 现有材料的研发与生产技术专利集中, 导致市场竞争不足、价格居高不下。另一方面, 基层医院因缺乏配套设备维护资金与专业技术培训资源, 即便引进设备也面临使用效率低、维护成本高的困境。明确经济学评估, 需收集的核心数据, 包括 VSD 材料费用、操作时长(人力成本)、术后换药次数及费用、住院时间、并发症处理成本、长期随访中的康复费用等, 通过成本-效果分析(如每提高 1%植皮成活率的额外成本)评估其经济学价值。故为突破这一瓶颈, 需开展低成本替代治疗方案的研发。在材料创新层面, 可探索以天然高分子材料(如壳聚糖、海藻酸钠)结合纳米技术制备仿 VSD 功能材料, 通过优化材料结构与性能, 在保证创面引流与促愈效果的同时大幅降低生产成本; 在设备层面, 开发便携式、可重复使用的负压引流装置, 或利用现有医疗设备进行功能改造, 降低硬件投入门槛。此外, 建立区域性医疗协作网络, 通过设备共享、技术帮扶及耗材集中采购等模式, 可进一步分摊成本。同时, 鼓励医保政策向基层倾斜, 将改良后的低成本 VSD 技术纳入报销范围, 以提高基层医院开展相关治疗的积极性。通过多维度协同创新, 有望在保障治疗效果的前提下, 有效缓解 VSD 联合植皮术的成本效益矛盾, 推动先进创面修复技术在基层医疗体系中的普及与应用。

3.2. 长期功能数据缺失

尽管负压封闭引流技术(VSD)联合植皮术在创面修复领域展现出显著的临床价值, 但目前该技术仍存在长期功能数据缺失的关键问题, 严重制约了对其远期疗效的全面评估。当前, 大部分关于 VSD 联合植皮术的临床研究随访周期普遍较短, 多集中在 6 个月至 1 年范围内, 仅有极少数研究的随访时间达到 1 年以上。这样的短期随访数据仅能反映创面愈合速度、植皮成活率等早期疗效指标, 而对于患者术后长期功能恢复状况的评估明显不足。以关节部位创面修复为例, 现有研究虽证实 VSD 联合植皮术可有效促进创面愈合, 但缺乏对术后关节活动度的长期动态监测数据。关节僵硬、挛缩等并发症往往在术后 1~2 年后逐渐显现, 超过 5 年的关节屈伸、旋转功能变化情况尚不明确, 无法为患者制定精准的康复计划和预后判断提供依据[18]。此外, 在手足等感觉功能敏感区域, 关于皮肤感觉恢复(如触觉、痛觉、温度觉)的长期数据同样匮乏。患者术后是否会出现永久性感觉减退或异常, 是否影响日常生活和工作能力, 目前难以通过现有研究得出结论。长期功能数据的缺失, 不仅影响临床医生对该技术真实疗效的客观评价, 也阻碍了治疗方案的进一步优化。由于缺乏长期随访数据支撑, 难以明确 VSD 联合植皮术在不同类型创面、不同患者群体中的远期疗效差异, 无法为临床决策提供充分的循证医学证据。此外, 这一问题还可能导致患者对治疗效果产生过高预期, 忽视潜在的远期并发症风险。为填补这一研究空白, 需开展多中心、大样本、长期随访的临床研究, 建立标准化的功能评估体系, 对患者术后关节活动度、感觉功能、瘢痕质量等进行系统监测和量化分析, 尤其需要获取超过 5 年甚至 10 年的长期数据。例如, 设立专门针对 VSD + SG 治疗深度烧伤(尤其是关节、手足部位)的大型多中心前瞻性登记研究。制定统一的、客观量化的评估时间点(如术后 1 月、3 月、6 月、1 年、2 年、5 年、10 年)和工具(如 ROM 测量、MRC 肌力分级、Semmes-Weinstein 单丝测感觉、VSS 疤痕评分、患者报告结局 PRO: DLQI 皮肤病生活质量指数、烧伤特异性健康量表 BSHS)。建立有效的患者追踪和随访系统(电话、邮件、门诊复查), 提供适当激励提高依从性。详细记录基线资料(烧伤深度/面积/部位/机制、合并伤/病、年龄、性别)、手术细节(VSD 参数、植皮类型/厚度/面积)、康复治疗(是否系统康复、强度)。基于主要结局指标(如 5 年 ROM 或 BSHS 评

分)计算足够样本量,采用多变量分析控制混杂因素。只有掌握全面的长期功能恢复信息,才能更科学地评价 VSD 联合植皮术的临床价值,为改善治疗策略、提高患者生活质量提供坚实的理论依据。

3.3. 技术标准化不足

尽管负压封闭引流技术(VSD)联合植皮术在创面修复领域展现出显著优势,但其技术标准化不足的问题仍较为突出,严重影响了临床疗效的稳定性与可重复性。其中,理想负压值与敷料更换周期尚未形成统一规范,成为制约该技术规范化应用的关键瓶颈。在理想负压值方面,目前临床实践中负压调节范围差异较大,多在 -60 kPa 至 -125 mmHg (约 -8 kPa 至 -16.7 kPa)波动,不同医疗机构甚至同一科室的操作标准都不尽相同。理论上,负压值需兼顾创面引流效果与组织耐受性:负压过低难以充分清除渗出物和坏死组织,影响创面清洁;负压过高则可能导致局部组织缺血、疼痛加剧,甚至引发新的组织损伤。例如,在处理糖尿病足溃疡等血运较差的创面时,过高负压可能加重局部缺血;而在感染性较强的骨髓炎创面中,负压不足又无法有效抑制细菌滋生。由于缺乏针对不同创面类型、患者个体差异(如年龄、基础疾病)的负压参数研究,临床医生只能依赖经验选择负压值,这不仅增加了治疗风险,也难以实现最佳治疗效果。敷料更换周期同样缺乏统一标准。当前,VSD 敷料更换时间从3天至2周不等,主要依据临床医生对创面渗液量、气味及半透膜密封性的主观判断。更换过勤不仅增加医护人员工作量和患者经济负担,频繁操作还可能破坏创面新生肉芽组织;更换周期过长则可能因引流不畅导致渗出物积聚,增加感染风险。例如,在渗出较多的急性创伤创面,若敷料更换不及时,可能引发局部感染扩散;而在渗出较少的慢性创面中,过早更换敷料可能中断负压对组织修复的持续刺激。此外,现有研究未充分探讨不同材质 VSD 敷料(如聚氨酯、聚乙烯醇)的最佳使用时限,导致临床决策缺乏科学依据。技术标准化不足还衍生出其他连锁问题:不同研究因操作标准差异,难以横向对比疗效;基层医院因缺乏规范指导,技术开展难度大,易出现操作不规范现象;患者治疗体验和预后也因标准化缺失存在较大个体差异。因此,需通过多中心临床研究,结合生物力学、组织生理学等多学科知识,建立针对不同创面类型、患者特征的 VSD 联合植皮术操作规范,明确理想负压值、敷料更换周期等核心参数,从而提升技术应用的安全性与有效性,推动该疗法在临床的规范化普及。例如针对负压参数标准化问题,可设计“德尔菲法+前瞻性队列研究”方案:第一步,通过德尔菲法邀请30~50名烧伤外科专家,围绕不同创面(如肉芽创面、肌腱外露创面)的负压值($-50\sim-200\text{ mmHg}$)、模式(持续/间歇)、更换周期等形成初步共识;第二步,依据共识设计前瞻性队列研究,将符合标准的患者按创面类型分组,采用不同参数方案,比较植皮成活率、创面愈合时间等指标,最终确定最佳参数范围。

3.4. 特殊人群方案

尽管负压封闭引流技术(VSD)联合植皮术在创面修复领域取得显著进展,但针对特殊人群的个性化治疗方案仍存在诸多亟待解决的问题,尤其是儿童与老年糖尿病患者群体,现有治疗手段难以充分满足其特殊生理需求。儿童患者专用 VSD 敷料的缺位成为制约该技术在儿科领域应用的关键因素。儿童皮肤薄嫩、弹性大,且处于生长发育阶段,对敷料的生物相容性、贴合度和透气性要求极高[19]。目前临床使用的成人规格 VSD 敷料,存在尺寸过大、材质过硬、负压调节不精准等问题,不仅难以适配儿童创面的复杂形态,还可能因压力不均导致局部皮肤压疮、破损,甚至影响骨骼肌肉的正常发育。此外,儿童配合度低,传统 VSD 敷料的固定方式(如大面积粘贴半透膜)易引发皮肤过敏、瘙痒,频繁更换又可能增加患儿痛苦与感染风险。由于缺乏专门针对儿童解剖结构、生理特点设计的 VSD 敷料及配套装置,临床医生往往被迫采用成人方案进行“改良”,但这不仅无法实现最佳治疗效果,还可能带来额外风险。需与材料科学家合作,开发更薄、更软、生物相容性更高、粘性适中(减少撕脱伤)、透气性好、易于塑形的儿

童专用 VSD 敷料。设计非随机可行性研究/试点 RCT, 比较专用敷料与改良成人敷料在儿童患者中的安全性(皮肤刺激、压伤、过敏发生率)、耐受性(舒适度评分、哭闹时长)、操作性(敷贴/更换时间、难易度)和初步有效性(渗液管理、创面准备时间)。老年糖尿病患者的治疗效果优化同样面临巨大挑战。老年糖尿病患者常伴有多种基础疾病, 如心血管疾病、肾功能不全等, 其创面修复能力显著下降, 且易合并感染、血管病变和神经病变。一方面, 老年患者皮肤松弛、血运差, 对 VSD 负压的耐受性较低, 过高的负压易导致局部组织缺血坏死; 另一方面, 糖尿病引发的微循环障碍和免疫功能低下, 使得创面感染控制困难, 植皮成活率远低于普通患者[20]。此外, 老年患者多存在营养吸收障碍和认知功能减退, 影响术后康复配合度, 进一步增加了治疗难度。尽管 VSD 联合植皮术在理论上可改善创面微环境、促进血管新生, 但现有研究缺乏针对老年糖尿病患者的个性化治疗策略, 如何根据患者血糖控制水平、血管病变程度和营养状况调整 VSD 负压参数、植皮时机及术后护理方案, 导致临床疗效参差不齐, 部分患者仍面临创面迁延不愈、截肢风险增加等严峻问题。可设计 2×2 析因设计的 RCT, 比较不同负压策略(如较低初始负压 vs 标准负压; 间歇负压 vs 持续负压)和不同创面准备策略(如 VSD 联合生物活性材料/PRP vs 单纯 VSD)在老年糖尿病深度烧伤患者中的效果(愈合率、时间、感染率、截肢率、成本)。根据血糖控制水平、血管神经病变严重度进行亚组分析。特殊人群治疗方案的缺失, 不仅限制了 VSD 联合植皮术的临床应用范围, 也凸显了精准医疗在创面修复领域的迫切需求。未来需加强跨学科研究, 结合儿童与老年糖尿病患者的生理病理特点, 研发专用的 VSD 敷料和配套装置, 制定个性化治疗指南, 从而提升特殊人群的治疗安全性与有效性, 填补这一重要的临床空白。

4. 结论

综上所述, VSD 联合植皮术在深度烧伤治疗中展现出显著优势。该技术通过持续负压吸引, 有效清除创面渗液与坏死组织, 改善局部微循环, 为植皮创造良好条件, 从而提高植皮成活率, 加快创面愈合进程, 显著缩短住院时间, 减少患者换药痛苦与医护人员工作量。同时, 降低了创面感染、皮片移位等并发症的发生概率, 有利于患者预后, 提升生活质量。然而, 现有证据等级总体不高, 研究异质性显著, 长期功能效果不明, 且面临成本、标准化和特殊人群适用性等关键挑战。解决成本效益矛盾、填补长期功能数据空白、建立循证的技术操作标准、开发针对特殊人群的优化方案是当前亟需突破的方向。随着临床实践的积累和技术的不断发展, VSD 联合植皮术有望成为深度烧伤治疗的重要且成熟的标准方案, 为更多深度烧伤患者带来更好的治疗效果和康复前景, 在烧伤外科领域具有广阔的应用与发展空间。

参考文献

- [1] 林岳森, 崔承硕, 胡加林. 负压封闭引流技术联合植皮在深度烧伤创面修复中的应用[J]. 浙江创伤外科, 2025, 30(4): 624-627.
- [2] Liu, M.D., Yang, X.K., Han, F., *et al.* (2018) Strategy for Wound Repair of Skin and Soft Tissue Defect and Systematic Rehabilitation Treatment for Functional Reconstruction of Patients with Severe Burn or Trauma on Knees. *Chinese Journal of Burns*, **34**, 266-270.
- [3] 陈梦杰, 陈建崇, 方明星, 等. 负压封闭引流结合游离植皮疗法对深度烧伤患者创面愈合率及愈合时间、疼痛程度的影响[J]. 哈尔滨医药, 2025, 45(0): 76-78.
- [4] Chen, S., Zheng, L.W., Liu, W., *et al.* (2019) Clinical Effects of Artificial Dermis Combined with Vacuum Sealing Drainage and Autologous Split-Thickness Skin Graft in Repair of Scar Contracture Deformity after Extensive Burn. *Chinese Journal of Burns*, **35**, 608-610.
- [5] Yuan, Y., Zhong, X., Zhang, J., Shen, C., Huang, G., Zhang, J., *et al.* (2023) Artificial Dermis Combined with Split-Thickness Skin Autograft in the Treatment of Hand Thermal Compression Wounds: A Single Center Case-Control Study. *Frontiers in Surgery*, **10**, Article 1304333. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2023.1304333>
- [6] Jiao, H., Tian, T., Chen, C., *et al.* (2022) Effect of Vacuum Sealing Drainage Plus Skin Grafting on Deep Burns and

- Analysis of Risk Factors for Postoperative Infection. *American Journal of Translational Research*, **14**, 7477-7486.
- [7] Yuan, X.-., Zhang, X., Fu, Y., Tian, X., Liu, Y., Xiao, J., *et al.* (2016) Sequential Therapy with “Vacuum Sealing Drainage-Artificial Dermis Implantation-Thin Partial Thickness Skin Grafting” for Deep and Infected Wound Surfaces in Children. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, **102**, 369-373. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2016.01.020>
- [8] 吕占武, 王聪静. 封闭式负压引流联合游离植皮术对深度烧伤感染创面的效果研究[J]. 深圳中西医结合杂志, 2021, 31(18): 125-127.
- [9] 戚伟伟, 陈晨, 徐飞, 等. 负压封闭引流技术对颈部及躯干深度烧伤植皮修复患儿生活质量和血清炎症因子的影响[J]. 现代生物医学进展, 2021, 21(17): 3336-3340.
- [10] 曹凤, 李升红, 黄海玲, 等. 削痂植皮术后结合负压封闭引流在深度烧伤患者中的应用效果及对血清致痛因子及炎症因子的影响[J]. 现代生物医学进展, 2023, 23(7): 1324-1328.
- [11] 周文涛, 何国, 张文仕, 等. 封闭负压引流术在烧伤植皮中的应用效果研究[J]. 白求恩医学杂志, 2015, 13(1): 12-13.
- [12] Sun, T., Ying, W., Wang, S., Chen, C., Sun, P. and Tan, J. (2021) Clinical Application of Vacuum Sealing Drainage for the Treatment of Deep Burn Wounds. *The American Surgeon™*, **89**, 1018-1023. <https://doi.org/10.1177/00031348211054527>
- [13] 杨军, 华烨. 湿润烧伤膏联合负压封闭引流在慢性难愈合创面植皮术后的应用效果分析[J]. 中国烧伤创疡杂志, 2020, 32(5): 331-334.
- [14] Li, Y., Zhang, Z., Liu, J., Wu, Z., Sun, X., Zhao, Y., *et al.* (2022) Analysis of the Therapeutic Effect of Artificial Leather Embedding Combined with Fascial Sleeve Flap Transplantation on Chronic Wounds of Lower Limbs with Bone and Plate Exposure. *BMC Surgery*, **22**, Article No. 69. <https://doi.org/10.1186/s12893-022-01521-2>
- [15] 赵凤娥, 李振强, 梁贤芳. 负压封闭引流技术在手足外科复杂创面中的应用效果[J]. 中国当代医药, 2015, 22(18): 188-191.
- [16] 杨广远, 李超, 李开通. 负压封闭引流技术联合植皮术在深度烧伤创面修复中的应用研究[J]. 家庭医药·就医选药, 2018(6): 114.
- [17] Cheng, L., Du, W.L., Zhang, Y., *et al.* (2021) Staged Repair Strategy for Chronic Sacrococcygeal Radiation Ulcer. *Chinese Journal of Burns*, **37**, 225-231.
- [18] 杨大民. 负压技术与打包技术在瘢痕切除皮片移植固定中对比的回顾性研究[D]: [硕士学位论文]. 贵阳: 贵州医科大学, 2022.
- [19] 孙充洲, 王帅道, 赵婷慧, 等. 二次负压封闭引流对小儿大面积深Ⅱ度烧伤创面愈合的疗效研究[J]. 中国美容医学, 2019, 28(3): 31-33.
- [20] 地里夏提·库尔班, 陈召, 刘小龙. 供氧条件下负压封闭引流联合自体皮移植治疗难愈性糖尿病足溃疡的临床研究[J]. 中华损伤与修复杂志(电子版), 2022, 17(1): 25-31.