

Progress in Clinical Application of Negative Pressure Sealing Drainage

Bin Bai¹ Guanwen Sun^{2*}

1. Inner Mongolia Medical University, Hohhot, Inner Mongolia, 010050, China

2. Department of Orthopedic Traumatology, Inner Mongolia People's Hospital, Hohhot, Inner Mongolia, 010017, China

Abstract

Negative pressure closed drainage technology (VSD) is a novel and effective drainage system that can achieve safe and rapid healing in traumatic soft tissue wounds and chronic infections. It is now used to treat various incurable wounds. It was first used to treat wound infections in the soft tissues of the extremities, and after continuous improvement, its application became more and more extensive, and it has achieved good results in general surgery and other orthopedic diseases. At present, exploring its potential to treat more diseases and exploring its mechanism of action has become one of the research hotspots in recent years. The paper reviews the mechanism of VSD and the progress of its clinical application.

Keywords

closed negative pressure drainage; infection; wound repair; application progress

负压封闭引流的临床应用进展

白彬¹ 孙官文^{2*}

1. 内蒙古医科大学, 中国·内蒙古 呼和浩特 010050

2. 内蒙古自治区人民医院骨创伤科, 中国·内蒙古 呼和浩特 010017

摘要

负压封闭引流技术(VSD)是一种新颖而有效的引流系统,可在创伤性软组织伤口和慢性感染中使伤口实现安全快速的愈合,现已用于治疗各种难以治愈的伤口。最早被用于治疗四肢软组织创面感染,之后通过不断改进,其应用越来越广泛,在普通外科和骨科其他疾病中均取得良好疗效。目前,发掘其治疗更多疾病的潜力以及探索其作用机制已成为近年来的研究热点之一。论文针对VSD的作用机制以及临床应用进展做综述。

关键词

封闭负压引流; 感染; 创面修复; 应用进展

1 引言

作为治疗伤口表面的一种广泛应用的技术,负压封闭引流(VSD)在修复皮肤和软组织缺损(尤其是四肢受感染的伤口)方面起着前所未有的作用。1993年德国医生Fleischmann首次发现此种治疗方法^[1],他在15例开放性骨折患者中成功使用这项技术,即长期使用低于大气压的压力促进清创和愈合。Argenta和Morykwas在1997年报告了他们对300名人类受试者的研究结果,其中296例患者对此种治疗有良好的反应^[2]。1994年裘华德教授将其作为创面治疗的新方法,首次将其引进中国。

VSD可以使伤口保持负压状态以及一系列相关机制,以此达到使创面愈合的目的。近年来,不少医生将其应用于临

床,用以治疗慢性不愈合伤口,取得了令人满意的疗效。如今,VSD系统已经广泛用于治疗骨科各种疾病,对于存在影响愈合因素的切口,VSD系统可以提高切口张力,减轻水肿,改善切口愈合环境,从而促进愈合。

2 负压封闭引流的组成

负压封闭引流材料医用泡沫、引流管、医用生物半透性贴膜、连接头、连接管、夹子、环套胶膜以及墙壁中心负压装置。

3 使用方法

对创面进行常规清创后,将泡沫敷料切成伤口的大致大小,轻轻地置于创口中,然后将穿孔的引流管放在泡沫中,对于较浅的伤口,可使用一块泡沫并将引流管插入其中,将

泡沫与引流管以及周围区域的健康皮肤一起用医用生物半透明膜覆盖。在此阶段,重要的是要确保膜与皮肤和引流管之间形成良好的密封,最后将引流管延长并连通至负压提供装置,调节负压至合适大小,进行间断冲洗及长期连续的负压引流。

4 作用机制

4.1 改善微循环,促进肉芽组织生成

伤口愈合需经过炎症反应、增生纤维化、重塑成熟3个阶段,在这过程中需要的营养物质、细胞因子以及相关的信号传导则需要通过血流输送,创面灌注不足会导致创面血液供应不足、营养物质代谢紊乱、细胞增殖被抑制,使伤口愈合中断。有实验表明VSD系统中连续的负压促进体液从伤口流向引流管,从而为血液循环提供了有效而持续的辅助动力^[9],增加微循环流速,并扩大伤口血管直径,降低小血管后负荷,从而增加局部血液灌注,加速肉芽组织形成,减少组织细菌负荷和炎症^[4,5]。

4.2 及时引流,消除水肿

创伤愈合包括由液体介导的细胞与细胞之间以及细胞与组织之间复杂的相互作用^[6],而组织水肿会加大细胞间距,阻碍细胞之间的物质交换,影响创面愈合^[7]。对创口实行负压治疗则会减轻水肿,促进创面愈合^[8]。Cardinal等指出,分次、逐步清除坏死组织亦有助于创面的早期愈合^[9]。VSD系统可迅速清除所有渗出液和坏死组织,以实现坏死组织的零堆积,有效消除水肿,改善创面愈合微环境,刺激肉芽组织的增殖。但其减轻水肿的机制尚未完全阐明^[10]。

4.3 保持创面清洁,抑制细菌繁殖

细菌感染往往会导致创面的愈合迟缓,VSD系统中的半透薄膜可以使创口与外部环境隔离,抑制外界细菌侵入,负压封闭引流能消除伤口间隙,吸引坏死物质和渗液,从而破坏了有利于细菌繁殖生长的外部环境,抑制了细菌在创面的生长,促进成纤维细胞增殖,加速创面的愈合^[1]。值得一提的是,严重感染的创面因为伴有大量渗出物,容易堵塞VSD负压吸引管,因此要有规律的按时进行灌洗液的循环冲洗,将创面渗出物及坏死物质及时冲洗出来,降低堵塞概率,才能使辅料及创面保持清洁状态^[11,12]。此外,还可以向灌洗液中添加相应药物。帮助加速创面愈合^[13]。

4.4 机械应力的作用

众所周知,机械应力会通过影响真皮内细胞的行为来影响伤口愈合^[14]。VSD系统持续吸引产生的负压可以对创面产生机械应力作用,使创面各层组织紧密贴合,其产生的牵拉力可以扩张血管,并且VSD系统中的海绵可以连续或间断地清除伤口分泌物或水肿,改善微循环,并加速肉芽组织的形成,促进创面愈合^[15]。同时,该机械应力可作用于细胞膜与细胞骨架上,刺激细胞内产生生物化学变化,使细胞释放蛋白激酶C、钙离子等创面愈合需要的物质,从而促进成纤维细胞、表皮细胞增殖,加速创面愈合^[16,17]。

4.5 分泌多种细胞因子

持续性VSD治疗使血管内皮细胞生长因子(VEGF)、c-myc、CD3^[18]、活性形式明胶酶MMP-2和MMP-9、IL-8^[19]等的表达增加,原癌基因c-fos、基质金属蛋白酶(MMPs)、c-fos、Bcl-2^[20]、c-jun^[21]等的表达下降,促进血管内皮细胞生长因子(VEGF)分泌,促进创面血管修复,促进CD31的表达,参与免疫抑制,抑制MMP的基因表达及活性,增加TIMPs的基因表达^[22],均有利于创面的快速愈合。负压引流材料同样可缓解神经肌肉痉挛、加速修复神经组织^[23]。

5 临床应用

5.1 骨筋膜室综合征

急性骨筋膜室综合征是外科急症。为了避免愈后不良导致残疾,早期诊断和治疗至关重要。骨筋膜室综合征一经确诊,应立即切开筋膜减压,这是避免肌肉、神经发生缺血性坏死的唯一有效方法。筋膜间室切开术后因为皮肤张力的原因会造成大面积的皮肤缺损,以及渗出较多,且因切口长期开放而存在感染的风险,需要频繁的换药并及时更换敷料,增加患者痛苦的同时也加重了医护人员的负担。VSD治疗骨筋膜室综合征,取得了良好的治疗效果^[24]。

VSD在伤口区域形成负压可以刺激肉芽组织生长,吸收伤口渗出物并保持伤口区域的流体平衡,此外可以减少毒素的吸收。同时,真空还可以改善局部微循环,促进伤口的血液供应和去除浮肿液,从而促进受损组织的修复。因此,通过对伤口区域施加负压,VSD治疗为骨筋膜室综合征患者提供了额外的治疗效果。VSD系统可作为一种有效而可靠的治疗方法来处理骨筋膜室综合征^[25]。

5.2 开放性骨折和或合并感染者

开放性骨折多伴有创面污染严重、软组织严重受损,易产生感染、软组织不愈合、骨不连等并发症,影响治疗效果及愈后。伤口愈合仍然是一个具有挑战性的临床问题,预防、控制感染是开放性骨折的治疗关键^[26],因此正确、有效地处理伤口至关重要^[27]。以往多采用传统清创、多次换药、及时被动引流等办法,存在治疗周期长、多次换药患者痛苦较大、感染率仍较高等缺点。而VSD系统因其独特的结构可以做到将创面与外界隔离,保持创面清洁避免二次污染,及时冲洗创口并引流,显著减少换药次数,缩短治疗时间,减轻患者痛苦^[28]。

5.3 急性骨髓炎

骨髓炎是由化脓性细菌引起的特殊类型的骨感染,具有起病隐匿、病情复杂、病程长等特点。而且患者经常伴有反复感染和低烧。如果患者未及时进行清创术治疗,则病变组织中长期存在的病原体也会引起低反应性炎症、死骨及窦道^[29],可导致病理性骨折、骨缺损,甚至导致残疾,严重影响患者的生活及工作,及时诊断并治疗是避免严重后果的有效办法。传统的治疗方法是预防抗生素引起的主动感染和手术清除死骨,然后通过皮瓣移植封闭伤口,最后通过游离骨移植修复骨缺损。单纯换药难以及时将感染灶清除干净,因而存在手术失败率高、易复发感染等缺点。若转成慢性则问题更为严重。VSD系统则可以改善局部血运,并能做到及时引流,避免脓液聚集,因此其在骨髓炎的治疗中具有一定的可行性。

5.4 难愈性创面

难愈性伤口的临床表现包括局部疼痛和不适,而周围皮肤的继发感染会导致皮肤刺激、充血、渗出、糜烂和溃疡。难以愈合伤口的患者数量已经大大增加。然而,迄今为止,尽管取得了许多进步,但慢性和其他难以处理的伤口仍然是临床医生面临的挑战。由于处理这些伤口的时间很长,因此一直在使用常规治疗技术,常规治疗通常包括清创、清洗、更换敷料、配合控制感染的抗生素治疗。但是,对于某些具有较大伤口和严重软组织损伤的病例,如果使用常规治疗,则需要更频繁地换药。另外,伤口表面暴露时间长,坏死组织和毒素将被吸收并导致愈合时间延长,同时感染的危险性也将增加,一旦发生感染就更难治疗^[30],这些情况对临床治疗构成了重大挑战,也给患者和医护人员造成了巨大的心理

压力。因此,与传统技术相比,可能需要一种较新的新技术,该技术可用于难以愈合伤口并达到与传统技术相同或更好的效果。VSD技术则是一种相对行之有效的治疗措施,与常规处理相比,VSD技术可以通过连续的负压吸引更容易从伤口表面清除渗出液、坏死性液体和细菌,提供更好的清除效果,消除局部死角,减少组织水肿并使肉芽组织更易于生长。同时,负压的吸引可能会使伤口细胞变形,增加细胞之间蛋白质和生物大分子的合成并加速细胞增殖。除此之外,可以进一步提取组织之间的多余液体,从而减少组织水肿,促进局部血液循环并促进伤口愈合。现已将其用于治疗各种类型的难以愈合的伤口^[31-33],与传统的治疗方式和处理相比,VSD的效果明显^[34]。

5.5 其他方面

VSD治疗也是头颈部重建后处理复杂伤口的绝佳替代方法。它已被证明对患者安全舒适,并且在控制感染、消除死角和改善伤口愈合方面提供了良好的效果^[35]。VSD与内窥镜结合被证明是对标准肠镜和/或手术治疗无效的上、下肠漏患者的重要替代选择^[36]。VSD和表皮生长因子联合治疗表面难治性伤口是有效的,并且可以促进受损组织的修复并加速伤口愈合^[37]。

6 注意事项

VSD系统虽用途广泛,但使用时要特别注意适应症及禁忌症。适应症较为广泛,如各种急性创伤,皮肤、软组织缺损,植皮后受皮区应用,各种原因引起的溃疡、褥疮等都可应用VSD。其禁忌症则比较明确,像凝血功能障碍者、严重的低蛋白血症、恶性肿瘤创面、暴露的脉管、神经吻合部位以及创面有活动性出血等都不可应用。同时,要根据创面情况调整适宜的负压,并注意观察引流液的颜色及性质,如有问题及时处理,其他常见问题则包括密闭不严及引流管堵塞,这些都要及时定位并解决,以期达到最佳治疗效果。

7 结论

VSD系统自问世以来经过不断改进,解决了临床工作中的许多难题,其对于创面修复具有独特优势,可广泛应用于多种难愈性创面,并且操作简易,疗效明显。但其具体机理仍未完全阐明,操作过程中的一些诸如最适负压值以及吸引间歇时间等问题亦尚无定论。因此,还需要深入的研究,对

其作出针对性的改进,使其更好的应用于临床。

参考文献

- [1] Fleischmann W, Strecker W, Bombelli M, et al. Vacuum sealing as treatment of soft tissue damage in open fractures[J]. *Unfallchirurg*, 1993(09):488-492.
- [2] Argenta LC, Morykwas MJ. Vacuum-assisted closure: a new method for wound control and treatment: clinical experience[J]. *Ann Plast Surg*, 1997(06):563-577
- [3] Cheng HT, Hsu YC, Wu CI. Efficacy and safety of negative pressure wound therapy for Szilagyi grade III peripheral vascular graft infection[J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2014(19):1048-1052.
- [4] Morykwas M J, Argenta L C, Shelton-BrOwn E I, et al. Vacuum-assisted closure: a new method for wound control and treatment. animal studies and basic foundation [J]. *Ann Plast Surg*, 1997(06):553-562.
- [5] Narita T, Kakei M, Ito S. Aggressive antihypertensive treatment and serum lipid lowering therapy are necessary to prevent deterioration of the renal function even in elderly type 2 diabetic patients with persistent albuminuria [J]. *Gerontology*, 2002(05):302-308.
- [6] Clark RA. Biology of dermal wound repair[J]. *Dermatol Clin*, 1993(04):647-666.
- [7] Morykwas, M.J. Vacuum-assisted closure: state of basic research and physiologic foundation[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2006(07): 121-126.
- [8] Kaushik D, Joshi N, Kumar R, et al. Negative pressure wound therapy versus gauze dressings for the treatment of contaminated traumatic wounds[J]. *Wound Care*, 2017(10): 600-606.
- [9] Cardinal M, Eisenbud DE, Armstrong DG, et al. Serial surgical debridement: a retrospective study on clinical outcomes in chronic lower extremity wounds[J]. *Wound Repair Regen*, 2009(03):306-311.
- [10] Argenta LC, Morykwas M T. Vacuum-assisted Closure: a new method for wound control and treatment clinical experience[J]. *Ann Plast Surg*, 1997(06):563+577.
- [11] TAO Q, REN J, JI Z, et al. Continuous topical irrigation for severely infected wound healing[J]. *Surg Res*, 2015(02) :535-540.
- [12] HAN G, CEILLEY R. Chronic wound healing: a review of current management and treatments[J]. *Adv Ther*, 2017(03):599-610.
- [13] MATSUMINE H. Treatment of skin avulsion injuries with basic fibroblast growth factor[J]. *Plast Reconstr Surg Glob Open*, 2015(04):371.
- [14] Evans ND, Oreffo RO, Healy E, et al. Epithelial mechanobiology, skin wound healing, and the stem cell niche[J]. *Mech Behav Biomed Mater*, 2013(28):397-409.
- [15] GLASS G E, MURPHY G F, ESMAEILI A, et al. Systematic review of molecular mechanism of action of negative-pressure wound therapy[J]. *Br Surg*, 2014(13):1627-1636.
- [16] Saxena V, Hwang CW, Huang S, et al. Vacuum-assisted closure: microdeformations of wounds and cell proliferation[J]. *Hast Reconstr Surg*, 2004(05) :1086-1096.
- [17] Takei T, Mills I, Arai K, et al. Molecular basis for tissue expansion: Clinical implications for the surgeon[J]. *Plast Reconstr Surg*, 1998(01) :247-258.
- [18] 曹大勇, 陈绍宗, 汤苏阳. 封闭式负压引流技术对人慢性创面血管生成的影响 [J]. *中国临床康复*, 2004(02):264-265.
- [19] Tejera A, Santolaria F, Diez ML, et al. Prognosis of community acquired pneumonia (CAP) : value of triggering receptor expressed on myeloid cell-1 (TREM-1) and other mediators of inflammatory response[J]. *Cytokine*, 2007(03) :117-123.
- [20] 汤苏阳, 陈绍宗, 胡昭华. 封闭式负压引流技术对大鼠创面愈合过程中 VEGF 和 Bcl-2 的影响 [J]. *中国美容医学*, 2003(02):134-135.
- [21] 陈绍宗, 曹大勇, 李金清, 等. 封闭负压引流技术对创面愈合过程中原癌基因表达的影响 [J]. *中华整形外科杂志*, 2005(03):197-200.
- [22] 罗江蓉, 岑瑛. 负压封闭引流装置促进创面愈合的机制 [J]. *四川医学*, 2013(10):1599-1601.
- [23] HU C, ZHANG T, DENG Z, et al. Study on the effect of vacuum sealing drainage on the repair process of rabbit sciatic nerve injury[J]. *Int J Neurosci*, 2015(11):855-860
- [24] W. Li, L. Ji, W. Tao. Effect of vacuum sealing drainage in osteofascial compartment syndrome. *Int. J. Clin. Exp[J]. Med*, 2015(09):16112-16116.
- [25] Tang J, Guo WC, Yu L, et al. Clinical efficacy of artificial skin combined with vacuum sealing drainage in treating large-area skin defects[J]. *Chin J Traumatol*, 2010(05):289-292.
- [26] 王欣, 吴华, 张世民. 临时外固定支架转换为内固定分期治疗胫骨干开放性骨折 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2018(08):661-665.
- [27] Velnar T, Bailey T, Smrkolj V. The Wound Healing Process: an Overview of the Cellular and Molecular Mechanisms[J]. *The Journal of International Medical Research*. 2009(05):1528-1542.

- [28] 蒙炳海, 田恩海, 蒙元杰. 负压封闭引流技术在骨科临床中的应用[J]. 中国社区医师, 2018(17):36-37.
- [29] Hake ME, Oh JK, Kim JW, et al. Difficulties and challenges to diagnose and treat post-traumatic long bone osteomyelitis[J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2015(25):1-3.
- [30] Engelhardt M, Rashad NA, Willy C, et al. Closed-incision negative pressure therapy to reduce groin wound infections in vascular surgery: A randomised controlled trial[J]. *Int Wound J*, 2018(15):327-332.
- [31] A. Leclercq, et al. Skin graft secured by VAC (vacuum-assisted closure) therapy in chronic leg ulcers: a controlled randomized study[J]. *Ann Dermatol Venereol*, 2016(06):3-8.
- [32] G. Ellis. How to apply vacuum-assisted closure therapy[J]. *Nurs Stand*, 2016(26):36-39.
- [33] Xiao-Fei Z, Chun-You L I, Guo-Qiang J, et al. Vacuum sealing drainage combined with free skin graft in repairing cutaneous deficiency of traumatic shank amputation stump[J]. *Zhongguo Gu Shang*, 2014(12):1036-1039.
- [34] Beltzer C, Eisencher A, Badendieck S, et al. Retrospective analysis of a VACM (vacuum-assisted closure and mesh-mediated fascial traction) treatment manual for temporary abdominal wall closure - results of 58 consecutive patients[J]. *GMS Interdisciplinary Plastic and Reconstructive Surgery DGPW*, 2016(05):23-26.
- [35] Yang YH, Jeng SF, Hsieh CH, et al. Vacuum-assisted closure for complicated wounds in head and neck region after reconstruction[J]. *Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2013(66):209-216.
- [36] Schorsch T, Muller C, Loske G. Endoscopic vacuum therapy of anastomotic leakage and iatrogenic perforation in the esophagus[J]. *Surg Endosc*, 2013(27):2040-2045.
- [37] Xing B, Wu F, Li T, et al. Experimental study of comparing rhEGF with rhβFGF on improving the quality of wound healing[J]. *Int J Clin Exp Med*, 2013(06):655-661.