

# 负压疗法促进创伤愈合的机制与进展

韩桂秋<sup>1</sup>, 陈克明<sup>2</sup>

(1. 兰州理工大学生命科学与工程学院, 甘肃 兰州 730050; 2. 兰州军区兰州总医院骨科研究所)

**【摘要】** 负压疗法(negative pressure therapy, NPT)已广泛应用于临床并取得明显疗效,但对其作用机制的研究相对缺乏。本文对负压封闭引流技术促进创面愈合的机制、物理学作用、生物力学效应等作一综述,为负压疗法的进一步发展提供思路。

**【关键字】** 负压疗法; 引流术; 伤口愈合; 综述文献

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2010.07.028

**Mechanism and progressing study in promoting wound healing with negative pressure therapy** HAN Gui-qiu, CHEN Ke-ming\*. \*Institute of Orthopaedics, Lanzhou General Hospital of Lanzhou Military Area, Lanzhou 730050, Gansu, China

**ABSTRACT** Negative pressure therapy (NPT) has been widely used in clinic and obtained obvious curative effects. However, its mechanism has been relatively less studied. This article updated the enhancing mechanism, physical action and biomechanics effects, etc. and provided thinking for the further development of NPT.

**Key words** Negative pressure therapy; Drainage; Wound healing; Review literature

Zhongguo Gushang/China J Orthop & Trauma, 2010, 23(7): 558-560 www.zggszz.com

1877年, Billroth首次在临床上应用了腹腔引流技术,但直到1898年才出现持续负压吸引引流<sup>[1]</sup>。1993年Fleischmann等<sup>[2]</sup>首创真空封闭引流法(vacuum sealing drainage, VSD),并首先应用于开放型骨折的治疗,取得成功。1994年裘华德率先在国内应用了这一技术<sup>[1]</sup>。1995年美国FDA批准VSD产品上市,欧洲各国随后也批准了其临床应用<sup>[3]</sup>。1997年Argentina等运用相同的原理,发明了真空辅助闭合(vacuum-assisted closure, VAC)装置<sup>[4]</sup>。当前负压疗法的应用领域不断扩大,其优势日益为人们所认识,有学者甚至称负压疗法给四肢创伤的治疗带来了革命性的变化<sup>[5]</sup>。本文就其作用机制及近期研究进展做一综述。

## 1 负压疗法的基本机制

目前公认的负压疗法促进伤口愈合的机制主要有几个方面<sup>[6]</sup>:①抑制细菌增殖,控制感染;②增加创面血供,改善微循环,促进肉芽组织生长;③降低明胶酶的活性,抑制胶原和明胶的降解,促进创面的愈合;④减轻水肿,降低血管通透性;⑤增强周围神经末梢分泌P物质及降钙素相关基因肽的表达;⑥影响内源性表皮细胞生长因子的表达。

## 2 封闭负压引流的物理作用

**2.1 透明贴膜可防止外源细菌侵入** 透明贴膜具有单向透气功能,当半透膜应用于封闭负压引流时,创面中坏死组织分解的腐臭气体能够渗透到薄膜外,不至于使创面恶臭,而薄膜外的空气、细菌不能透过薄膜进入创面内。贴膜可持续15d粘贴在创面皮肤上,创面周围健康皮肤可以正常地“呼吸”。

**2.2 透明贴膜能保持一个湿润的环境** 创面的湿润环境有

利于保持细胞活力,促进生长因子的释放,刺激细胞增殖,还可加快表皮细胞迁移速度,促进创面愈合。湿润密闭的环境更为一些促进创面愈合的酶类提供合适的温度和湿度。创面封闭可使更换敷料的间隔时间延长,减少了因更换敷料对新鲜肉芽组织的损伤<sup>[7]</sup>。

**2.3 负压引流可及时排出污物和细菌且有抑菌作用** 负压吸引使渗出物和坏死组织被及时清除,使感染细菌及其产生的毒素排出,既减轻了毒素、分泌物和代谢产物对组织细胞的损伤作用,又能使创面保持清洁,形成了不利于细菌生长的创面微环境。被引流的体液向敷料中渗出,形成由创面向敷料的缓慢液体流动,不利于细菌向创面内侵袭。Mouës等<sup>[8]</sup>的实验显示,负压治疗组创面细菌量显著低于对照组。

**2.4 负压引流可以减轻水肿促进愈合** 负压吸除淤滞的液体,减轻水肿。吕小星等<sup>[9]</sup>实验结果显示,负压封闭引流组创周组织含水量较低。水肿减轻后,一方面减小了细胞间的距离,促进了细胞间的物质交换,另一方面,不再压迫微血管,促进组织灌注,创面缺血低氧状态得到改善,使创面得到愈合所需的营养物质。

## 3 负压引流的生物力学效应

**3.1 机械应力抑制细菌繁殖** 负压状态下,细菌细胞膜内外压力差产生的应力破坏细胞膜的完整性,使细菌难以存活,发挥抑菌作用<sup>[10]</sup>。不同类型的细菌对应力的耐受不同。G<sup>+</sup>细胞壁有15~50层肽聚糖,可耐受20 kg/cm<sup>3</sup>的压力,G<sup>-</sup>细胞壁仅有2~3层肽聚糖,因而G<sup>+</sup>细菌能承受较大负压。

**3.2 机械应力促进组织修复** 负压可以在医用泡沫与伤口的界面处形成一种剪切力,这种机械应力被认为有促进肉芽和血管生成的作用。有学者发现局部机械应力促使血小板及内皮细胞产生血小板源性生长因子,促进成纤维细胞、平滑肌

基金项目:“十一五”全军医学科学技术重点项目(编号:06G033)  
通讯作者:陈克明 Tel:0931-8994327 E-mail:chkeming@yahoo.com.cn

细胞和单核细胞的增生与游走<sup>[11]</sup>。另有学者<sup>[12]</sup>已证实机械膨胀产生的机械应力促进细胞增殖,负压产生的机械应力是刺激肉芽组织形成的必要条件<sup>[12]</sup>。Saxena 等<sup>[13]</sup>认为,机械应力与细胞外基质和细胞骨架形成力的平衡,胞外应力通过细胞膜和细胞骨架传导至细胞内,引起细胞内信号分子(蛋白激酶 C,细胞内钙离子等)的释放,进一步促进细胞因子表达,最终引起细胞增殖及基质合成。

**3.3 负压封闭引流扩大毛细血管直径增加血流量** 根据 Fung 与 Zwifach 的“凝胶内隧道”模型,微血管的弹性主要取决于周围组织的弹性特征,而不是毛细血管壁本身的力学特性。负压吸引导致创周组织弹性改变,促使毛细血管扩张,增加局部毛细血管的血流量;血管壁的伸展刺激和血流速度的增大促使血管内皮细胞分泌一些血管活性物质如一氧化氮、cGMP 等,可进一步扩张微血管;Morykwas 和 Argenta 的动物实验证实 125 mmHg (16.67 kPa) 负压时血流量峰值接近基线血流量的 4 倍<sup>[4]</sup>。

#### 4 关于负压值的选择

负压过小不能保证创面渗出物的充分引出,过高又导致局部组织损伤。临床应用的负压有很大差异,从 50 mmHg (6.67 kPa) 到 700 mmHg (93.3 kPa) 不等。Fleischmann 等<sup>[2]</sup>应用的负压高达 450~600 mmHg (60~80 kPa), Blume 等<sup>[4]</sup>比较了不同负压下创面肉芽组织生长的情况,认为 125 mmHg 下的负压治疗效果最好。较低压力 50~70 mmHg (6.67~9.33 kPa) 适用于浅表性溃疡,较高压力 150 mmHg (20 kPa) 适用于有大量渗出的伤口。

欧美负压创伤治疗学会的基础理论研究显示,在 125~450 mmHg (16.67~60.0 kPa) 的负压下,前 48 h 持续吸引,以后进行吸 5 min 停 2 min 的间断吸引法,符合创面修复的病理循环周期,最有利于细胞的有丝分裂和蛋白合成,促进组织再生和肉芽生长<sup>[6]</sup>。

#### 5 关于装置的改进

随着负压疗法的广泛应用,在实际工作中亦发现一些问题和不足。例如壁式中心负压的负压值往往不稳定,会直接影响引流效果;电动负压器噪声大,会影响患者休息;一次性真空瓶负压持续时间短而且负压逐渐变小。汤黎明等<sup>[14]</sup>设计了一种便携式负压器。这种手持、无电源的负压器能产生临床所需的持续负压,有效地满足医院、家庭、车辆、航空等场所及野战环境的需求。

引流管堵塞也是常见问题。尽管有医用泡沫包埋引流管,但合并严重感染时,炎性分泌物多,液体黏稠,应用 48 h 后常会出现不同程度的堵塞。鄢飞等<sup>[15]</sup>将内置引流管与普通输液管连接,固定后薄膜覆盖封闭,输液管外接输液瓶,每 4 h 用生理盐水冲洗 1 次,效果显著。

负压封闭引流联合应用的新技术。负压封闭引流联合应用技术也不断改进。Bogota-VAC 是一种改进的 VAC 新技术,用于临时腹壁闭合。Bogota-VAC 由一个独立的 Bogota bag 和 VAC 系统结合在一起,大小合适的 Bogota bag 无张力地缝合在腹壁上,一个环形的医用泡沫放置在腹壁伤口边缘与 Bogota bag 之间。Rüden 等<sup>[16]</sup>首先运用 Bogota-VAC 技术并取得良好的临床效果,它能有效降低大容量腹内压,易于护理和改善伤口病情。内窥镜-VAC 技术是治疗直肠切除吻合瘘的新技术。其方法是:内窥镜放置在套管内,在内窥镜的辅助下把套

管放入合适的位置,抽出内窥镜,开海绵套在内管上随内管进入到套管的另一端,并展开海绵,内管连接真空负压装置。Weidenhagen 等<sup>[17]</sup>在临床应用内窥镜-VAC 技术取得明显疗效。

#### 6 注意事项

透明贴膜或医用泡沫海绵过敏者禁用。应用治疗 3 周仍无效者,立即停止并更换治疗方法。负压封闭引流对肿瘤细胞有促进增殖作用,所以恶性肿瘤引起的溃疡创面禁用<sup>[18]</sup>。未经治疗的慢性骨髓炎、正在出血或渗血的伤口、直接暴露的血管神经及脏器禁用。

若创面敷料隆起、创面潮湿且有液体聚集,提示引流管堵塞或连接管压折,立即处理。如有小血块堵塞管道,可用 0.9% 生理盐水 10~20 ml 冲洗管道。皮肤菲薄者,更换泡沫海绵时易发生皮肤撕脱伤,护理轻柔小心。创面组织缺血者需待血运重建后使用负压封闭引流。创面处于负压、相对隔离状态,要注意抗厌氧菌治疗<sup>[19]</sup>。

尤为重要的是,应用负压封闭引流前需同时注意两个原则:彻底清创和保证创面有丰富的血运。如果不彻底清除坏死组织,不保证创面有充足的血液供应,即使应用负压封闭引流,也不能有效促进创面愈合<sup>[20]</sup>。

#### 7 展望

负压疗法是近 10 年来开展的创伤新疗法,其中有两项关键技术(负压封闭引流和负压辅助闭合)的研究取得了显著进展。美国已成立了专门的负压创面治疗中心,取得了显著的成果。中外学者已大量开展了基础和临床研究,但总的来说,其作用机制仍然不完整不系统。今后需要特别注意几个方面:明确封闭负压治疗的概念,规范操作步骤和方法,制定负压疗法治疗各种伤口的临床应用指南,研制便携式压力可控的伤口治疗机,进行多中心随机对照研究以确定有效性等。

#### 参考文献

- [1] ZHOU Jian-da, LIU Jin-yan, HU Yuan, et al. Negative pressure drainage and wound healing[J]. Chinese General Practice, 2009, 12(5B): 913-915.
- [2] Fleischmann W, Strecker W, Bombelli M, et al. Vacuum sealing as treatment of soft damage in open fractures[J]. Unfallchirurg, 1993, 96(9): 488-492.
- [3] Kloth LC. 5 questions-and answers-about negative pressure wound therapy[J]. Adv Skin Wound Care, 2002, 15(5): 226-229.
- [4] Blume PA, Walters J, Payne W, et al. Comparison of negative pressure wound therapy using vacuum-assisted closure with advanced moist wound therapy in the treatment of diabetic foot ulcers: a multicenter randomized controlled trial[J]. Diabetes Care, 2008, 31(4): 631-636.
- [5] Geiger S, McCormick F, Chou R, et al. War wounds: lessons learned from operation iraqi freedom[J]. Plast Reconstr Surg, 2008, 122(1): 146-153.
- [6] Tautenhahn J, Bürger T, Lippert H. The present state of vacuum sealing[J]. Chirurg, 2004, 75(5): 492-497.
- [7] Morykwas MJ, Falier BJ, Pearce DJ, et al. Effects of varying levels of subatmospheric pressure on the rate of granulation tissue formation in experimental wounds in swine[J]. Ann Plast Surg, 2001, 47(5): 547-551.
- [8] Mouës CM, Vos MC, van den Bemd GJ, et al. Bacterial load in rela-

tion to vacuum-assisted closure wound therapy: a prospective randomized trial[J]. *Wound Repair Regen*, 2004, 12(1): 11-17.

[9] 吕小星, 陈绍宗, 李学拥, 等. 封闭负压引流技术对创周组织水肿及血管通透性的影响[J]. *中国临床康复*, 2003, 7(8): 1244-1245.

[10] 李望舟, 李金清, 李学拥, 等. VAC 对猪爆炸伤感染创面细菌数和 G<sup>+</sup>/G<sup>-</sup>比例的影响[J]. *第四军医大学学报*, 2007, 28(4): 321-323.

[11] WANG Chun-xi, LU Yi, WANG Xiao-yong. Research progress of application mechanism of vacuum sealing drainage for trauma repair[J]. *J Trauma Surg*, 2009, 11(2): 184-186.

[12] Morykwas MJ, Simpson J, Pungler K, et al. Vacuum-assisted closure: state of basic research and physiologic foundation[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2006, 117(7 Suppl): S121-126.

[13] Saxena V, Hwang CW, Huang S, et al. Vacuum-assisted closure: microdeformations of wounds and cell proliferation[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2004, 114(5): 1086-1096.

[14] 汤黎明, 刘铁兵, 仝青英, 等. 便携式负压吸引装置的设计及材料学特点[J]. *中国组织工程研究与临床康复*, 2009, 13(4): 647-650.

[15] 鄢飞, 刘万军, 鲍同柱, 等. 负压封闭引流的技术改进[J]. *咸宁学院学报(医学版)*, 2008, 22(3): 222-223.

[16] Rüden CV, Benninger E, Mayer D, et al. Bogota-VAC: A newly modified temporary abdominal closure technique[J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2008, 34(6): 582-586.

[17] Weidenhagen R, Gruetzner KU, Wiecken T, et al. Endoscopic vacuum-assisted closure of anastomotic leakage following anterior resection of the rectum: a new method[J]. *Surg Endosc*, 2008(8), 22: 1818-1825.

[18] Venturi ML, Attinger CE, Mesbahi AN, et al. Mechanisms and clinical applications of the vacuum-assisted closure (VAC) Device: a review[J]. *Am J Clin Dermatol*, 2005, 6(3): 185-194.

[19] 姚元章, 李英才, 王韬, 等. 真空负压封闭技术加外固定器治疗肢体开放性骨折[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2004, 6(8): 867-870.

[20] Gwan-Nulla DN, Casal RS. Toxic shock syndrome associated with the use of the vacuum-assisted closure device[J]. *Ann Plast Surg*, 2001, 47(5): 552-554.

(收稿日期: 2010-01-25 本文编辑: 王玉蔓)

• 病例报告 •

### 髋关节前脱位伴同侧股骨粗隆下骨折救治 1 例

詹开喜, 钱伟璠, 王大斌, 范波  
 (慈溪市第三人民医院骨科, 浙江 慈溪 315324)  
**关键词** 髋关节; 脱位; 股骨; 骨折  
**DOI:** 10.3969/j.issn.1003-0034.2010.07.029

**Treatment of anterior hip dislocation associated with ipsilateral subtrochanteric fracture: a case report** ZHAN Kai-Xi, QIAN Wei-jun, WANG Da-bin, FAN Bo. Department of Orthopaedics, the 3rd People's Hospital of Cixi City, Cixi 315324, Zhejiang, China

**Key words** Hip joint; Dislocations; Femur; Fractures  
 Zhongguo Gushang/China J Orthop & Trauma, 2010, 23(7): 560-561 www.zggszz.com

患者, 男, 22 岁, 因重物砸伤致右髋、右大腿肿胀、腹股沟区疼痛 1.5 h, 于 2009 年 5 月 17 日收住入院。患者为建筑工, 在搬运重物时, 重物倒塌, 砸伤右髋、右大腿, 当即致右髋和右大腿肿胀、疼痛、活动障碍, 当时患者无昏迷、胸闷气促、恶心、呕吐、腹痛、腹胀等不适。随即送入本院, 急诊查体: 生命体征正常; 右下肢处于外展、外旋、屈曲畸形位, 腹股沟处肿胀, 肤色略青紫, 可以触摸到股骨头; 右大腿上段肿胀, 畸形伴反常活动, 可触及骨擦感, 足背动脉搏动可, 末梢血运良好。X 线片显示: 右髋关节前脱位, 伴股骨粗隆下骨折(见图 1a)。急诊入手术室在硬腰联合麻醉下, 患者仰卧位, 一助手固定骨盆, 另一助手在远侧一手握踝上, 顺势先进行缓慢牵引 1~2 min, 用另一手肘窝套住伤肢腘窝, 使髋膝各屈 90°向上牵拉, 术者立

于伤侧, 双手握持大腿根部, 用力向外侧拔拉, 使股骨头进入髋臼(即屈曲搬拉法)。整复成功后(见图 1b), 行胫骨结节牵引 3 周, 待髋关节囊修复, 股骨头血运充分重建, 再在硬腰联合麻醉下, 作大腿上段外侧切口, 显露大粗隆外侧及骨折端, 直视下整复骨折端, 用点式复位钳固定, 骨折端整复满意后, 取一 13 孔股骨粗隆近端锁定钢板运用穿皮技术放置在股骨中上段外侧, 近端直接在原切口打入加压螺钉和锁定螺钉, 远端作微创小口打入螺钉固定(见图 1c)。手术过程顺利, 患者未有不适, 术后随访 8 个月, 患者骨折临床愈合, 股骨头未见坏死(见图 1d)。

#### 讨论

损伤机制: 髋关节前脱位通常是因髋关节处于过度外展外旋位时遭到外展暴力, 大粗隆顶端与髋臼上缘相顶撞。由于杠杆作用, 股骨头突破关节囊前方<sup>[1]</sup>。而此病例则是由后外

通讯作者: 王大斌 E-mail: dabinwang002@126.com