

负压封闭引流技术在创面治疗中的新进展

马战军¹ 王天堂¹

[关键词] 负压封闭引流;创面治疗;新进展

[中图分类号] R615 [文献标志码] A [文章编号] 1005-0205(2018)07-0084-05

如何促进开放性创面愈合一直是临床外科领域研究的重点,由于组织重建修复涉及到许多的因子和信号通路相互作用、相互协调,共同完成创伤修复。任何改变相关生长因子或信号通路的外部作用力均可导致创面的愈合时间改变。传统方法换药坏死组织及渗出物不能彻底、及时清除、同时创面与外界呈半开放状态导致感染增加和延迟创面愈合^[1],负压封闭引流技术的出现,解决了创面分泌物及时清除、减少感染等问题,使其广泛应用于临床治疗急性及难愈合性创面,并取得了显著地效果。本文就负压封闭引流技术的研究进展综述如下。

1 负压封闭引流材料组成

常规的负压材料主要包括敷料材料、半透膜膜及引流管^[2-4]。负压封闭治疗的三通接头可随意在各个引流管之间组合,同时具有避免反流作用。敷料的覆盖选用具有“分子阀门”效应的聚氨酯膜透明膜,其具有单向透气和良好的透氧及透湿性,能够防止水和细菌的入侵。

2 负压最优压力值的设定

压力值的改变影响肉芽组织的质量^[5]。在早期的实验及临床研究中最佳压力值大小与创面愈合状况之间的关系并未研究。Morykwas等^[5]进行了初步负压值的设想,并将该设想用于实验动物研究,采用多普勒血流技术以检测创面血流量改变结合分子检测肉芽组织生长状态为研究点,通过检测创面血流量改变和肉芽组织情况,在不同的负压值下检测创面的肉芽组织生长情况和组织的血流灌注改变。结果发现,当负压值为 16.67 kPa,创面皮下组织和创面周围血流是基线值的 4 倍^[5]。然而,当负压值超过 53.33 kPa 时,创面血流反而被抑制,但是肉芽组织质量在间断负压显著优于持续负压。因此 Glass 等^[6]的研究认为,这与毛细血管的自身调节有关,当毛细血管的自身调节机制尚未被激活时,间断负压可提供与机体相似的有

节律的血液灌注,间断刺激能使组织细胞有充足的时间休息并进入下一个有效循环,因此血流灌注量在间断负压是明显高的。但也有研究认为创面经负压治疗后其创面的血流量呈减少状态,Searle^[7]的研究显示持续的负压刺激使组织细胞由刺激耐受进入刺激失效,使组织细胞的血液灌注无法充盈,血液循环进入无效循环,因此导致持续负压血流灌注减少。Suh 等^[8]的研究显示持续的负压刺激使组织细胞由刺激耐受进入刺激失效,使组织细胞的血液灌注无法充盈,血液循环进入无效循环,因此导致持续负压血流灌注减少。Ma 等^[9]的研究其通过分子检测血管生成素相关因子结合多普勒血管检测创面血流量的方式进行研究,其结果显示创面经负压治疗后使得周细胞增多,并由于周细胞的收缩和舒张特性导致创面血流量增加,所以其研究认为创面血流量的改变与创面微血管的周细胞数量有关。

3 负压封闭引流治疗原理

负压封闭引流对于开放性创面、软组织缺损创面、慢性溃疡、感染性创面以及渗出液较多的创面可以起到独特的治疗作用^[10-12],其相关的分子机制主要在以下几点:

1)清除创面炎性渗出及坏死组织,促使创面微环境改善 机体发生损伤形成创面后,创面内毛细血管通透性增加、各种炎性物质通过微血管渗出形成坏死组织、坏死组织不断溶解、降解导致创面表面分泌物增多,其干预了创面各种物质的交换通道,阻碍创面修复^[13]。使用传统的纱布无法及时清除感染创面的细菌毒素及减轻创面水肿。Morykwas 等^[14]的研究结果显示,猪的创面经负压治疗后组织间隙内渗出呈显著减低,并使得创面物质交换通畅。马战军等^[15]的研究显示负压能够降低创面组织压力,增加创面血流,减少炎症反应,其能够使得创面经负压治疗后行植皮术的患者数量明显高于行皮瓣手术患者,能够促使简单手术方式的增加,保证了术后并发症的减少,所以其认为负压封闭技术能够影响创面的预后。Jaguscik 等^[16]的研究证实了负压能够显著地改善创面微环境,在早期促进创面失稳定微环境的出现,从而促进创面血管

生产因子出现,如血管内皮生长因子,表皮细胞生长因子,胰岛素分泌生长因子,神经生长因子等。负压封闭引流的优势在于能够及时的将组织间渗出液排出体外,清除组织间的坏死组织和感染组织,其可以用于治疗体表脓肿、消化道漏、乳腺癌根治术及腹腔术后切口感染或液体渗出较多者,其也可用于腹壁重建术后从而降低并发症的发生率、血肿率和脂肪坏死率,并且取得了良好的治疗效果。

2)增加创面血流灌注量 慢性创面经久难愈的主要原因是创面局部血流供应差、创面局部各项物质代谢紊乱,相关因子及细胞增殖被抑制,从而导致创面局部增殖减缓。在创面修复过程中血流通过携带氧和营养物质的方式将创面所需的各种细胞及因子输送到创面,并在相关信号通路和分子机制的作用下完成创面的修复。负压封闭引流可通过抽吸的作用吸除过多的渗出液和炎性渗出物,以减轻组织水肿,减轻微小血管的压迫,使得创面血供恢复,同时增加创面血管生长因子、表皮生长因子等,其良好的血流灌注对创面的肉芽组织生长起到积极的作用^[17]。Morykwas 等^[5]的研究结果显示将负压值设置在 16.67 kPa 时,创面局部有最大的血流灌注量通过,同时研究结果证明血流灌注在间断负压明显高于持续负压,其原因可能与间断的刺激促使创面血流灌注量增加。但 Xia 等^[18]的研究认为在持续负压状态下,血流灌注是明显增加,间断负压的血流灌注在总量方面低于持续负压,其认为在持续负压状态下血流灌注增加的原因为持续负压刺激和负压的抽吸作用导致的创面局部血流灌注量增加。Angspatt 等^[19]的研究显示,在创面经负压封闭处理后创面的血流灌注显著增加与负压的抽吸力有关,是由于负压的抽吸作用导致血流增加。Monfrecola 等^[20]认为创面经负压治疗后血流灌注增加与 VEGF 的出现早晚有关,其认为 VEGF 出现的早其血流灌注量会显著增加,反之会减少。Stanley 等^[21]认为负压增加创面血流是由于增加了创面血管直径、血流速度和血管容量。由于负压值、间断及持续负压在创面血流灌注方面还存在争议,这将是笔者下一步的研究重点。

3)机械的牵拉作用 负压封闭引流设备与创面局部之间形成巨大的负压值,在压力值的不断刺激和诱导下实现被引流区的“零积聚”,从而促使创面的多余渗出液不间断流向负压设备。Morykwas 等^[5]的研究证实负压创面可产生机械力,并且其研究结果证实产生的机械应力促进细胞增殖。Rand 等^[22]认为,机械性应力可以通过细胞外基质与细胞骨架产生,最终引起细胞增殖及基质合成。负压封闭引流在创面能够引起巨型变,主要的改变为其牵拉和刺激作用,包括对创面形成的牵拉力。研究显示^[23-26]负压封闭引流为创面的血流灌注提供了持续的动力,其明显改善了创面局部血流改变,促进相关细胞因子和生长因子的迁移、增殖及分化;同时其可减轻创面经历“二次打击”的可能,

这对于难愈合性创面是一个重要的机制。

4)清除过多液体,减轻创面组织水肿 负压封闭治疗能够将创面过多液体及坏死组织通过引流管排除创面,使得血管后负荷减轻。同时创面水肿减轻能够降低组织间隙压力、促使淋巴液回流通畅,并且增加血流灌注及营养物质输送、增强抗生素治疗的有效性^[27]。同时血流灌注的增加可以降低创面局部堆积的炎症因子浓度,降低创面毛细血管通透性,从而减轻组织水肿^[28]。负压封闭引流在清除过多液体的同时也减少了金属蛋白酶、胞浆素、凝血酶、弹性蛋白酶和其他蛋白水解酶的水平,这些物质的减少可以有效增加创面愈合速度^[29]。Ma^[9]的研究显示负压可以增加创面血管周细胞和基质的形成,促进创面微血管的成熟,同时由于周细胞的收缩特性,故由此增加创面血流量和促进创面的肉芽组织生长,并进一步证明了负压通过促进周细胞的增殖调控创面的血流改变。

5)促进创面相关生长因子增殖 细胞因子的表达能够影响成纤维细胞和血管内皮细胞的增殖、其可加速基质的降解,对创面愈合具有重要调节作用。Xia 等^[18]的研究显示,负压封闭引流可以显著诱导 VEGF,PDGF,TGF 及 Ang-1 等生长因子的过表达,并且其认为 Ang-2 因子在创面呈先升后降趋势,Ang-2 的改变与创面的微环境改变有关。Ma^[30]的研究显示负压可以促进创面微环境的改变,使其从稳定环境改变为不稳定微环境,在环境改变的过程中促血管生成因子和促血管成熟因子发挥不同的作用,从而促进创面的血管成熟,并且其研究发现 Ang-2 在创面的早期升高是为了完成创面的血管发芽,后期降低是由于其完成了血管发芽,促使血管微环境达到稳定状态。喻爱喜等^[31]将负压封闭引流技术用于感染及难愈合性创面,发现其能够促进创面生长因子的过表达,并由此促进创面内肉芽组织生长。Bilgi 等^[32]的研究结果显示,负压封闭引流能够促进 MMP-9 和 MMP-2 在创面的过表达,使得其显著高于对照组,并且 Bilgi 认为由于负压封闭引流能够促进 BMP-2 的增殖,从而其可能能够促进骨折的愈合。在该设想的基础之上,最近的研究通过实验得出负压封闭治疗能够动员创面中内皮祖细胞和循环纤维细胞的过表达,引起血管内皮祖细胞的分化和增殖^[26],从而其在分子学角度进一步证实了负压封闭引流能够促进骨折愈合的可能。Jin 等^[33]的研究从蛋白学及信号通路学角度进一步证实了负压封闭引流刺激和诱导间充质干细胞的分化和增殖,并由此加速骨折愈合,其研究认为在负压环境内由于缺少感染及渗出物的影响,从而加速了骨折的愈合。

6)促进创面新血管生成 Ma^[9,30]的研究显示负压可以对创面愈合的不同阶段进行干预,其既可以干预创面的血管生成阶段,Ma^[30]的研究显示创面经负压干预后其可在创面愈合的早期阶段(1~3 d)显著加速创面血管的发生,增加 Ang-2 的显著过表达,同时其

又可以干预创面的血管成熟阶段,研究显示创面在经负压治疗的后期阶段(7~10 d)显著加速血管成熟因子—Ang-1 的显著过表达,负压封闭引流可以在血管发生和成熟的不同阶段完成血管发生和血管成熟,同时其研究认为负压封闭引流是由于改善了创面的微环境从而在创面愈合的不同阶段发挥作用。Chen 等^[34]研究证实,负压能够提高慢性创面创底及创缘的新生血管数量,并且证实了在 1 个治疗周期内可增加至少 1 倍。Xia 等^[18]的研究结果证实了,创面经负压治疗后,创面局部血管灌注明显增加,并且伴随着 VEGF, PDGF 及 TGF 等生长因子的显著表达。Ma 等^[9,30]研究证明了创面经负压干预后肉芽组织增生,其与创面的血管成熟有关,并且成熟微血管的出现导致了创面血流灌注量的增加,并且进一步的证明了负压可以干预创面的预后。Paolo 等^[35]将 HIF-1 探针注入动物体内,研究结果显示创面经负压处理后,创面表面可见充足的氧气供应,但是在负压敷料泡沫表面却可见乏氧形成,同时传统纱布可见大量的乏氧因子存在。由此证明了创面经负压处理后由于创面有大量氧分子的存在,因而导致大量与血管生成有关的因子显著表达,并由此促进创面大量新生血管生成。Li 等^[36]研究发现负压可通过刺激新生血管生成、增加毛细血管直径和血管容量而改善创面血流灌注,同时由于负压通过恢复毛细血管基膜的完整性而减少血管的渗透性,从而减轻创面的水肿。Ma 等^[30]研究显示负压可以增加创面的基膜形成,血管基膜增加,并由此促进创面的血管成熟,并且其研究认为负压促进创面微血管内基膜的增厚,减少血管的渗出,并由此营养局部创面,促进创面肉芽组织生长。研究结果证实负压能增加周围神经末梢在创面封面神经肽类物质,以此促进 EGF 的过表达,由此加速创面表皮再生和创面愈合^[37,38]。Zhou 等^[39]研究表明,创面经负压处理后,可显著减少行局部转位皮瓣手术,从而被植皮所替代,降低了手术风险。Ma 等^[30]研究显示负压可以减少行皮瓣手术例数,从而被简单且易活的植皮术替代,减少了术后因行皮瓣发生坏死及不成活事件发生的可能,从而证明了负压可以决定创面的预后。Magalini 等^[40]研究结果证实,应用负压技术后可以增加创面内部的氧化作用,使得局部组织需氧量增加,从而促进肉芽组织生长。但 Mohsin 等^[41]研究显示创面经负压治疗后其呈现乏氧状态,在乏氧的状态下组织为获取更多的营养物质,故其加速生长,从而促进肉芽的生长,其理论与肿瘤的微环境理论一致。Shao 等^[42]研究结果证明了创面愈合的过程是在改善创面的微环境,其是在创面的各种生长因子和相关的炎性细胞之间平衡。Fischer 等^[43]研究结果显示负压能够优先地促进创面各生长因子的平衡从而加速创面的愈合。

7)保持潮湿的创面微环境 湿润的创面微环境有利于表皮细胞再生、生长因子活动、血管生成和肉芽组

织再生。由于负压封闭引流材料的特殊性和其独特的治疗方法,其将创面与外界完全隔离,在负压材料内其与创面形成了独特的微环境,且该微环境可以随着创面的改善情况随时调整^[44,45],其抽吸作用清除过多液体和渗出物,在全封闭的创面内负压材料和创面紧密结合时刻保持湿润的微环境,其有利促进创面肉芽组织生长,另一方面冲洗型负压封闭引流可以随时行切口冲洗,使得创面材料和创面时刻保持湿润状态。

4 适应症和禁忌症

适应症的选择决定负压治疗的效果,负压封闭引流技术因为其广阔的适应症而被外科广泛应用,其适应症包括伴有皮肤损伤的各类急性创伤、烧伤及慢性溃疡、植皮及皮瓣手术、裂开的伤口^[23,46,47]。其禁忌症包括创面周围发生的肿瘤;暴露的血管、神经、肌腱和韧带;活动性出血或凝血功能障碍;探查不明的管状器官或组织;经放射治疗的、或缝合的血管和器官;未彻底清除坏死组织的骨髓炎。最新的研究^[48,49]认为尽管骨髓炎是负压封闭引流的适应症,其可以改善骨髓炎内部的感染环境,促进间充质干细胞的增殖,增加了祖细胞增生,减少感染组织生长,从而增加抗感染能力。但李朋的研究认为,负压联合开放性植骨术的适应证为骨缺损 ≤ 4 cm、骨折或坏死端需彻底清除感染坏死组织的骨髓炎,在治疗中负压需保持完全通畅方可发挥最优的作用,否则会加重局部感染症状。负压治疗骨髓炎的机理可能与负压不间断发挥抽吸作用,及时清除髓腔内的感染组织和坏死组织,从而减少局部感染症状,减少感染对骨组织愈合有关。

5 展望

负压封闭引流技术的出现为临床解决了许多棘手的难题,其一方面减少了患者发生感染而增加的住院时间和住院费用,另一方面其有效的治疗效果解决了临床实际困难,如糖尿病足,难愈合性溃疡,开放性创面,毁损伤等,其显著的临床治疗效果得到了外科医师偏爱,但该技术仍有部分不足,其分子机制需要继续深入研究,需要不断总结经验教训,使其更好地服务于临床。

参考文献

- [1] 罗伟东,黄枫,郑晓辉,等. 两种不同负压引流敷料在四肢植皮术的疗效比较[J]. 创伤外科杂志,2015,17(1):13-16.
- [2] 李志强,刘树江,吴文杰. 负压封闭引流技术的研究进展及在骨科的应用[J]. 牡丹江医学院学报,2015,8(6):93-95.
- [3] Dorafshar AH, Franczyk M, Karian L, et al. A prospective randomized trial comparing subatmospheric wound therapy with a sealed gauze dressing and the standard vacuum-assisted closure device: a supplementary subgroup analysis of infected wounds[J]. Wounds, 2013, 25(5): 121-130.
- [4] Fraccalvieri M, Zingarelli E, Ruka E, et al. Negative pressure wound therapy using gauze and foam: histological, immunohistochemical and ultrasonography morphological analysis of the granulation tissue and scar tissue. Preliminary report of a clinical study[J]. Int Wound J, 2011, 8

- (4):355-364.
- [5] Morykwas MJ, Argenta LC, Shelton-Brown EI, et al. Vacuum-assisted closure: a new method for wound control and treatment: animal studies and basic foundation[J]. *Ann Plast Surg*, 1997, 38(6):553-562.
- [6] Glass GE, Murphy G, Nanchahal J. Does negative-pressure wound therapy influence subjacent bacterial growth? A systematic review[J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2017, 70(8):1028-1037.
- [7] Searle RJ, Myers D. A survey of caesarean section surgical site infections with PICO single use negative pressure wound therapy system in high-risk patients in england and ireland[J]. *J Hosp Infect*, 2017, 97(2):122-124.
- [8] Suh H, Lee AY, Park EJ, et al. Negative pressure wound therapy on closed surgical wounds with dead space: animal study using a swine model[J]. *Ann Plast Surg*, 2016, 76(6):717-722.
- [9] Ma Z, Li Z, Shou K, et al. Negative pressure wound therapy: Regulating blood flow perfusion and microvessel maturation through microvascular pericytes[J]. *Int J Mol Med*, 2017, 11(3):436-442.
- [10] Langer V, Bhandari PS, Rajagopalan S, et al. Negative pressure wound therapy as an adjunct in healing of chronic wounds[J]. *Int Wound J*, 2015, 12(4):436-442.
- [11] 王彦峰, 裴华德. 负压封闭引流治疗严重急性软组织损伤合并感染创面[J]. *中华创伤杂志*, 1998, 6(4):65-66.
- [12] 裴华德, 王彦峰. 负压封闭引流技术介绍[J]. *中国实用外科杂志*, 1998, 5(4):41-42.
- [13] 彭如辉, 郭力. 负压创面疗法在创面修复中的基础研究及临床应用进展[J]. *大家健康:学术版*, 2014, 4(19):308-309.
- [14] Morykwas MJ, Argenta LC, Shelton-Brown EI, et al. Vacuum-assisted closure: a new method for wound control and treatment: animal studies and basic foundation [J]. *Ann Plast Surg*, 1997, 38(6):553-562.
- [15] 马战军. 负压创面治疗促进创面血管成熟的实验研究 [J]. *中华实验外科杂志*, 2016, 9(5):145-159.
- [16] Jagusick R, Walczak DA, Porzezynska J, et al. The use of negative pressure wound therapy (NPWT) in the management of enteroatmospheric fistula-case report and literature review[J]. *Pol Przegl Chir*, 2015, 87(10):522-527.
- [17] 贾阳, 曹莫. 负压创面治疗法作用原理及临床应用研究进展[J]. *中国美容医学*, 2014, 9(14):1217-1221.
- [18] Xia CY, Yu AX, Qi B, et al. Analysis of blood flow and local expression of angiogenesis-associated growth factors in infected wounds treated with negative pressure wound therapy[J]. *Mol Med Rep*, 2014, 9(5):1749-1754.
- [19] Angspatt A, Laopiyasakul T, Pungrasmi P, et al. The role of negative-pressure wound therapy in latissimus dorsi flap donor site seroma prevention: a cohort study[J]. *Arch Plast Surg*, 2017, 44(4):308-312.
- [20] Lo T F, Monfrecola A, Kaciulyte J, et al. Preliminary result with incisional negative pressure wound therapy and pectoralis major muscle flap for median sternotomy wound infection in a high-risk patient population[J]. *Int Wound J*, 2017, 14(6):1335-1339.
- [21] Stanley BJ. Negative pressure wound therapy[J]. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 2017, 47(6):1203-1220.
- [22] Rand B, Wenke JC. An effective negative pressure wound therapy-1 compatible local antibiotic delivery device[J]. *J Orthop Trauma*, 2017, 31(12):1.
- [23] Montori G, Allievi N, Coccolini F, et al. Negative pressure wound therapy versus modified barker vacuum pack as temporary abdominal closure technique for open abdomen management: a four-year experience[J]. *BMC Surg*, 2017, 17(1):86.
- [24] Liu H, Zheng X, Chen L, et al. Negative pressure wound therapy promotes muscle-derived stem cell osteogenic differentiation through MAPK pathway [J]. *J Cell Mol Med*, 2018, 22(1):511-520.
- [25] Strugala V, Martin R. Meta-analysis of comparative trials evaluating a prophylactic single-use negative pressure wound therapy system for the prevention of surgical site complications[J]. *Surg Infect (Larchmt)*, 2017, 18(7):810-819.
- [26] Seo SG, Yeo JH, Kim JH, et al. Negative-pressure wound therapy induces endothelial progenitor cell mobilization in diabetic patients with foot infection or skin defects[J]. *Exp Mol Med*, 2013, 45:e62.
- [27] Liu H, Zheng X, Chen L, et al. Negative pressure wound therapy promotes muscle-derived stem cell osteogenic differentiation through MAPK pathway [J]. *J Cell Mol Med*, 2018, 22(1):511-520.
- [28] Lo T F, Monfrecola A, Kaciulyte J, et al. Preliminary result with incisional negative pressure wound therapy and pectoralis major muscle flap for median sternotomy wound infection in a high-risk patient population[J]. *Int Wound J*, 2017, 14(6):1335-1339.
- [29] Liu D, Li Z, Wang G, et al. Virulence analysis of Staphylococcus aureus in a rabbit model of infected full-thickness wound under negative pressure wound therapy[J]. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 2018, 111(2):161-170.
- [30] Ma Z, Shou K, Li Z, et al. Negative pressure wound therapy promotes vessel destabilization and maturation at various stages of wound healing and thus influences wound prognosis[J]. *Exp Ther Med*, 2016, 11(4):1307-1317.
- [31] 喻爱喜. GustiloⅢB、ⅢC型胫骨骨折的骨固定及组织瓣修复临床分析[J]. *中华创伤杂志*, 2013, 7(4):55-59.
- [32] Bilgi A, Zumur BMF, Akman L, et al. Negative pressure wound therapy for patients with complex abdominal wounds[J]. *Wounds*, 2017, 29(7):209-214.
- [33] Zhu J, Yu A, Qi B, et al. Effects of negative pressure wound therapy on mesenchymal stem cells proliferation and osteogenic differentiation in a fibrin matrix[J]. *PLoS One*, 2014, 9(9):378-385.
- [34] Chen L, Li G, Liu S, et al. Comparison of negative pressure wound therapy and conventional therapy for cranial bone-exposed wounds in rabbits[J]. *Ann Plast Surg*, 2017, 79(4):397-403.

- [35] Erba P, Ogawa R, Ackermann M, et al. Angiogenesis in wounds treated by microdeformational wound therapy [J]. *Ann Surg*, 2011, 253(2): 402-409.
- [36] Li X, Liu J, Liu Y, et al. Negative pressure wound therapy accelerates rats diabetic wound by promoting aogenesis [J]. *Int J Clin Exp Med*, 2015, 8(3): 3506-3513.
- [37] Helito CP, Bueno DK, Giglio PN, et al. Negative-Pressure wound therapy in the treatment of complex injuries after total knee arthroplasty [J]. *Acta Ortop Bras*, 2017, 25(2): 85-88.
- [38] Lee K, Murphy PB, Ingves MV, et al. Randomized clinical trial of negative pressure wound therapy for high-risk groin wounds in lower extremity revascularization [J]. *J Vasc Surg*, 2017, 66(6): 1814-1819.
- [39] Zhou M, Qi B, Yu A, et al. Vacuum assisted closure therapy for treatment of complex wounds in replanted extremities [J]. *Microsurgery*, 2013, 33(8): 620-624.
- [40] Magalini S, Pepe G, Cozza V, et al. Negative pressure wound therapy (NPWT) in duodenal breakdown fistulas: negative pressure fistula therapy (NPFT)? [J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2017, 21(10): 2452-2457.
- [41] Mohsin M, Zargar HR, Wani AH, et al. Role of customised negative-pressure wound therapy in the integration of split-thickness skin grafts: A randomised control study [J]. *Indian J Plast Surg*, 2017, 50(1): 43-49.
- [42] Shao HW, Wang XG, You ZG, et al. Advances in the research of negative-pressure wound therapy inducing the vascularization of dermal substitute [J]. *Zhonghua Shao Shang Za Zhi*, 2017, 33(8): 523-525.
- [43] Fischer S, Wall J, Pomahac B, et al. Extra-large negative pressure wound therapy dressings for burns - Initial experience with technique, fluid management, and outcomes [J]. *Burns*, 2016, 42(2): 457-465.
- [44] Burkhart RA, Javed AA, Ronnekleiv-Kelly S, et al. The use of negative pressure wound therapy to prevent post-operative surgical site infections following pancreaticoduodenectomy [J]. *HPB (Oxford)*, 2017, 19(9): 825-831.
- [45] He F, Zhu HJ, Dong YY, et al. Outcome of negative pressure wound therapy on diabetic foot ulcers: an observational study [J]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*, 2017, 97(32): 2525-2527.
- [46] Sekiyama H, Nobeyama Y, Nakagawa H. Successful treatment by negative-pressure wound therapy for ulcer located on diffuse plexiform neurofibroma [J]. *J Dermatol*, 2017, 44(12): e313-e314.
- [47] Yu L, Kronen RJ, Simon LE, et al. Prophylactic negative pressure wound therapy after cesarean is associated with reduced risk of surgical site infection: a systematic review and meta-analysis [J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2018, 218(2): 200-210.
- [48] Wang Z, Bai M, Long X, et al. Negative pressure wound therapy for patients with complex abdominal wounds [J]. *Wounds*, 2017, 29(7): 202-208.
- [49] Raphael A, Gonzales J. Use of cryopreserved umbilical cord with negative pressure wound therapy for complex diabetic ulcers with osteomyelitis [J]. *J Wound Care*, 2017, 26(Sup10): S38-S44.

(收稿日期: 2017-12-09)

(上接第 83 页)

- [20] Schleich C, Müller-Lutz A, Blum K, et al. Facet tropism and facet joint orientation; risk factors for the development of early biochemical alterations of lumbar intervertebral discs [J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2016, 24(10): S1063-4584.
- [21] Kim HJ, Chun HJ, Lee HM, et al. The biomechanical influence of the facet joint orientation and the facet tropism in the lumbar spine [J]. *Spine*, 2013, 13(10): 1301-1308.
- [22] Yao Q, Wang S, Shin JH, et al. Lumbar facet joint motion in patients with degenerative spondylolisthesis [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2013, 26(1): E19-27.
- [23] 黄靖, 李曼. 腰椎小关节 MRI 异常征象在腰痛患者中的临床意义 [J]. *实用放射学杂志*, 2013, 29(12): 1997-2000.
- [24] 于杰, 朱立国, 高景华, 等. 退行性腰椎滑脱症治疗与康复方案的临床研究 [J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2016, 24(11): 11-14.
- [25] Kiapour A, Ambati D, Hoy RW, et al. Effect of graded facetectomy on biomechanics of Dynesys dynamic stabilization system [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2012, 37(10): E581-589.
- [26] 赵凡, 刘正, 王炳强, 等. 有限元模拟单节段腰椎小关节分
- 级切除对腰椎稳定性的影响 [J]. *中华医学杂志*, 2015, 95(13): 973-977.
- [27] 陈佳佳, 龚沈初, 保国锋, 等. 腰椎后路单节段固定融合术后邻近节段关节突关节退变的随访观察 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2017, 27(10): 883-888.
- [28] 英龙, 曾至立, 于研, 等. 经椎间孔腰椎椎间融合术中椎弓根螺钉对关节突关节的影响 [J]. *中华医学杂志*, 2015, 95(13): 965-968.
- [29] Lee SE, Jahng TA, Kim HJ. Facet joint changes after application of lumbar nonfusion dynamic stabilization [J]. *Neurosurgical focus*, 2016, 40(1): E6.
- [30] 李振宙, 侯树勋, 商卫林, 等. 内窥镜下脊神经背内侧支切断术治疗腰椎关节突关节源性慢性腰痛 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2013, 23(3): 215-221.
- [31] 唐恒涛, 赵卫东, 吴学建. ISOBAR TTL 半坚强动态固定系统对腰椎固定节段关节突关节载荷的影响 [J]. *中华实验外科杂志*, 2015, 32(3): 593-595.
- [32] 周智毅, 张亚峰, 周悦, 等. 量化 X 线测量技术评估脊柱推拿手法对腰椎稳定性的影响 [J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2018, 26(1): 10-16.

(收稿日期: 2017-12-09)