

创伤性伤口护理难题及新技术转化应用进展

王雅婧综述, 蒋琪霞审校

【摘要】 各类重大灾害事件和意外事故等导致皮肤创伤性伤口频发, 人口老龄化以及疾病谱变化等综合因素造成创伤性伤口久治难愈, 成为创伤护理面临的新挑战和研究热点。近年来, 一系列基于创伤性伤口护理的新技术不断涌现并迅速转化到临床实践中。文章主要从目前创伤性伤口护理难题和国内外创伤性伤口护理新技术的转化及应用进展进行综述。

【关键词】 创伤和损伤; 负压伤口疗法; 富血小板血浆; 局部氧疗

【中图分类号】 R471 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1672-271X(2022)03-0297-05

【DOI】 10.3969/j.issn.1672-271X.2022.03.016

The problems of traumatic wound nursing and the application of new technology

WANG Ya-jing reviewing, JIANG Qi-xia checking

(Department of Burns and Plastic Surgery, Jinling Hospital, Nanjing University School of Medicine, General Hospital of Eastern Theater Command, PLA, Nanjing 210002, Jiangsu, China)

【Abstract】 Various major disaster events and accidents lead to frequent traumatic wounds, aging of the population and changes in the disease spectrum and other comprehensive factors cause traumatic wounds refractory to long-term treatment, which has become a new challenge and research hotspot in trauma care. In recent years, a range of new technologies based on traumatic wound care have emerged and rapidly translated into clinical practice. This paper reviews the current nursing problems of traumatic wounds and the application of new techniques of traumatic wound all over the world.

【Key words】 wounds and injuries; negative pressure wound therapy; platelet-rich plasma; topical oxygen therapy

0 引 言

任何具有解剖完整性破坏和功能丧失的组织损伤都可被描述为创伤^[1], 包括皮肤、黏膜和器官组织损伤等。创伤性皮肤伤口是由于事故或暴力行为, 导致皮肤软组织的断裂或损伤。回顾分析解放军总医院第四医学中心 2014 年 1 月 1 日-2018 年 12 月 31 日 2997 例皮肤软组织损伤住院患者发现急性创面患者 882 例 (29.43%), 976 例患者创面微生物培养, 719 例 (73.67%) 患者结果为阳性^[2]。美国急诊科每年约治疗创伤性伤口 1180 万人次, 超过 730 万人次为开放性伤口, 估计花费超过 30 亿

美元, 若这些伤口出现感染等并发症, 花费将更大^[3]。据英国国家医疗服务体系估计 2012/2013 年期间有 220 万伤口患者, 相当于成年人口的 4.5%, 伤口管理的年度成本大约为 53 亿英镑, 相当于 2013 年英国公共卫生总额的 4% (即 125.5 亿英镑)^[4]。以上数据不难看出, 目前各类交通事故、意外伤害、自然灾害等造成的创伤性伤口日益成为沉重的社会及经济负担。此外, 创伤性伤口多发及伤口床局部微环境复杂等护理难题仍然有待解决, 促使创伤性伤口护理技术取得重大的突破和进展。本文主要就现存创伤性伤口护理难题和国内外创伤性伤口护理新技术的转化应用进展作一综述。

1 创伤性伤口护理难题

1.1 创伤性伤口类型多样且发生率高 创伤性伤口包括物理性损伤如烧烫伤、切割伤、撕裂伤、穿透伤、挤压伤、放射性损伤等; 化学性皮肤损伤如酸碱

基金项目: 全军卫勤创新能力专项课题 (20WQ027); 上海王正国创伤医学发展基金会课题 (WZGF20200101)

作者单位: 210002 南京, 南京大学医学院附属金陵医院 (东部战区总医院) 烧伤整形科 (王雅婧、蒋琪霞)

通信作者: 蒋琪霞, E-mail: jiangqixia1963@163.com

腐蚀伤、药物外渗伤等;生物性损伤如动物咬伤等。据美国国家卫生统计中心(CDC)报道 2012–2015 年全国 5.4 亿急诊就诊中有 2610 万(4.8%)患者至少有一次撕裂伤,撕裂伤较多发生在上肢(42%),面部(30%)等^[5]。据 2018 年世界卫生组织(WHO)报道,每年估计有 1100 万人严重烧伤,近三分之二发生在非洲和东南亚区域,如印度每年有 100 多万人重度烧伤^[6]。化学性皮肤损伤通常约占有皮肤烧伤的 2%~5%^[7]。在美国,咬伤约占急诊科每年就诊人数的 1%~2%,花费超过 1 亿美元^[8]。创伤性伤口种类繁多且近年来发生率居高不下,成为急诊以及伤口换药中心最常见的就诊原因之一,外科医师和伤口专科护士如何合理运用各种新技术,创造适宜的伤口床环境,高效且经济地处理各类创伤性伤口并促进其尽快愈合是目前伤口护理领域迫切需要解决的问题和研究热点。

1.2 创伤性伤口局部伤情复杂

1.2.1 渗液浸渍影响周围皮肤 世界创面愈合协会联盟(WUWHs)2018 年共识指出渗液的主要成分包括水、电解质、纤维蛋白、免疫细胞、营养物质(葡萄糖、蛋白质)和代谢产物、炎症介质、生长因子、酶类如基质金属蛋白酶等^[9]。渗液在创伤性伤口愈合过程中发挥了双刃剑的作用:适当的、非感染的渗液有助于提供湿性愈合环境,促使免疫因子和生长因子在创面上弥散和迁移,为细胞代谢提供必要的营养物质,促进坏死或受损组织从创面上分离(自溶清创)。而当渗液量及成分或部位异常时会减缓甚至阻碍细胞增殖,干扰生长因子的活性,炎症介质和活化的基质金属蛋白酶水平升高损害创面修复,可作为微生物培养基,容易继发感染。因此,有效评估和处理渗液是确保伤口及时愈合,减少并发症的关键^[9]。目前对伤口渗液管理的主要方法是各种类型的敷料、负压引流等。但单纯负压伤口疗法(negative pressure wound therapy, NPWT)弊端日益显现,或可造成伤口渗液和脱落的坏死组织难以及时清除而导致 NPWT 相关性皮炎,发生率为 30%。越来越多的研究发现,特殊部位伤口不易封闭且渗液量较大、患者活动频繁、封闭薄膜移位等情况下仅仅使用 NPWT 会造成周围皮肤发红、浸渍、糜烂等问题,NPWT 与多种方式的联合使用对于克服该缺点尤为重要。

1.2.2 顽固性伤口感染导致迁延不愈 慢性细菌生物膜耐药性是浮游细菌的 10~1000 倍,经常存在于伤口的深部组织(平均 50~70 μm)表面,以厌氧

菌为主,肉眼往往难以精确识别导致忽视对其进行处理干预,从而导致顽固性伤口感染^[1]。2017 年一项系统评价显示全球慢性伤口感染率大约为 60%~100%,且致病菌多为金黄色葡萄球菌和铜绿假单胞菌^[1]。大量研究表明仅单独使用含银敷料一般只能杀灭伤口中的浮游细菌,对于慢性细菌生物膜感染往往难以有效控制。Rahim 等^[12]发现形成生物膜的菌株耐药性显著增高,James 等^[13]发现持续存在的感染性细菌生物膜会消耗伤口组织氧气,增加伤口愈合难度,导致迁延不愈。目前对患者伤害较小且控制伤口感染效果比较显著的研究是将纳米银敷料和 NPWT 联合治疗及 NPWT 结合滴注冲洗(NPWT with instillation, NPWTi)等。

1.2.3 组织缺血、低氧延迟创伤修复 近年研究发现,伴随着皮肤组织受到刺激导致新陈代谢大幅度增加,因此创伤性伤口局部比完整的皮肤需要更多氧气。伤口组织氧分压 ≤ 40 mmHg 时,称之为组织低氧,影响伤口组织胶原蛋白沉积、上皮化、纤维增生、血管生成等生理性伤口组织增殖、修复和愈合的过程。当局部给氧治疗提升组织氧浓度后,组织愈合率得到明显改善。“TIMEO₂”的伤口床准备原则应用而生,已有指南^[14]建议增加局部伤口氧疗(topical oxygen therapy, TOT),纠正组织低氧,促进伤口愈合。TOT 是指在伤口表面提供连续或间断纯氧扩散的治疗。从而提供局部组织愈合需要的氧气,来改善伤口局部微环境,增强组织增殖活性和血管化程度。近年来,根据不同伤口需求 TOT 形式多样且在促进组织增殖修复方面效果显著,此外,其他各种促进组织修复的方法也日新月异,不断运用于临床实践。

综上所述,各类创伤性伤口发生率居高不下,局部环境复杂多变。应根据伤口特点,在不同愈合时期采取合理措施才能有效维持湿度平衡,控制感染,促进增殖修复。如上文所述,目前创伤性伤口护理技术存在滞后,但也有许多新技术和新方法涌现,现对国内外常见的创伤性伤口护理技术转化和应用进展进行总结如下。

2 创伤性伤口护理技术研究应用进展

2.1 负压伤口治疗技术革新与转化应用

2.1.1 NPWTi 2019 年 NPWTi 国际共识更新指出,NPWTi 适用于各种受感染或受污染的伤口,这是 NPWT 概念的重要发展^[15]。与传统的 NPWT 疗法类似,NPWTi 建议压力值设置为 -125 mmHg,

停留时间为 10 min, 2~2.5 h 负压时间。吴磊等^[16]通过比较持续 NPWTi 和间歇 NPWTi 发现 2 种滴注式负压伤口治疗均能有效控制伤口感染、促进伤口缩小, 但间歇 NPWTi 伤口治疗效果更优。一项随机对照研究将 100 名伤口感染患者随机分为灌注等渗盐水组与 0.1% 聚维酮碘+0.1% 甜菜碱溶液组, 发现滴注等渗盐水达到了与其他溶液相当的效果, 表明 NPWTi 首选溶液为等渗盐水^[17]。

伤口床准备最佳实践推荐, 脉冲式 NPWTi 可作为维持性清创的有效手段, 减少伤口生物负荷, 稳定伤口床, 并作为感染伤口管理的辅助疗法^[18]。Ludolph 等^[19]纳入 267 例有 NPWTi 指证且至少接受 4 次手术清创的急慢性感染伤口患者, 每次清创后采用计算机控制自动滴注, 比较并记录首次与末次手术清创细菌菌落数和菌种数。结果表明, 清创后采用 NPWTi 使急慢性感染伤口的菌落数和菌种数显著减少。

此外, 探索最佳滴注速度及滴注模式, 以及如何通过计算机控制滴注时间、速度、温度及频次等研究日益受到关注, 采用 NPWTi 这种对患者伤害程度最轻的方式更有效地配合锐器清创, 清除坏死组织, 控制局部感染。

2.1.2 NPWT+银离子敷料 银的抗微生物活性已得到充分证实^[20], 亲水纤维银和纳米银敷料广泛运用于临床实践当中, 但对 NPWT 结合银离子的抗微生物功效及安全性的研究仍有待进行。Hahn 等^[21]的一项前瞻性随机对照研究, 比较了常规 NPWT 组 (31 例) 和银+NPWT 组 (35 例) 对下肢急性创伤性伤口抗菌效果的影响, 随访四周后发现银+NPWT 组细菌定植率普遍低于常规组, 且差异随时间而增加。且银+NPWT 组对于耐甲氧金黄色葡萄球菌感染效果显著, 能够有效减少下肢开放性污染伤口的细菌负荷。

蒋琪霞等^[22]将 NPWT 联合纳米银敷料用于慢性全层细菌生物膜感染伤口, 对照组 (40 例) 采用标准 NPWT, 即等渗盐水纱布为填充敷料, 干预组将纳米银敷料作为 NPWT 填充敷料, 均治疗至少 14 d 后采用湿性治疗随访至愈合后 3 个月。细菌阳性率明显减少, 愈合时间显著缩短, 干预组伤口愈合率 (97.50%) 显著高于对照组 (66.67%)。表明改进 NPWT 填充敷料能有效减少伤口渗出, 合理保护伤口周围皮肤, 促进创伤性伤口的体积缩小, 降低致病菌含量, 控制伤口感染和改善伤口愈合。

大量研究表明当 NPWT 和银离子敷料妥善

结合能够充分将 NPWT 吸收局部伤口渗液、充分引流、促进血管化和增殖活性及银离子抗感染功效有机结合, 更科学的管理伤口局部环境。临床上应该结合伤口局部特点以及创面渗液量、是否存在腔隙、创面坏死组织残留情况、以及创面换药疼痛程度和细菌和毒素的清除能力选择合适的银离子敷料与 NPWT 配合使用^[20]。

2.1.3 NPWT+TOT TOT 和 NPWT 均为物理疗法。操作简便、副作用较小且均可单独使用。但单纯使用 NPWT, 降低 77%~87% 局部组织氧合能力^[23], 在干燥缺氧环境中, 伤口肉芽减缓生长, 导致治疗效果降低。

针对 NPWT 可能造成低氧环境而影响伤口治疗这一现状, NPWT 结合 TOT 的新方法应用而生, 简称 NPWTO₂^[24]。NPWTO₂ 理论上可改善单纯负压伤口治疗时可能出现的厌氧菌感染, 优化创伤性伤口的治疗效果。郑军等^[25]将 88 例行骨外露创面扩创修复术患者纳入研究, 分为 NPWT+TOT 组和机械治疗组。NPWT+TOT 组临床基本愈合率较机械治疗组高, 换药次数、伤口愈合及住院时间、不良反应率均较机械治疗组低。可见 NPWT+TOT 能够改善创面愈合效果, 优化伤口局部微环境, 提升临床治愈率和安全性。

相比于单纯 NPWT, 结合 TOT 能够有效改善 NPWT 治疗过程中不可避免形成的低氧环境, 形成氧分压梯度, 促进局部氧气扩散, 满足局部伤口组织的氧需求; 协同改善周围血液循环而达到伤口理想愈合温度、pH 值, 增加组织增殖活性, 促进肉芽生长。

2.2 TOT TOT 包括持续弥散氧治疗 (topical continuous oxygen therapy, TCOT)、局部加压氧气治疗 (topical pressure oxygen therapy, TPOT) 等。Niederauer 等^[26]将实验组以 3 mL/h 的流速 24 h/d, 每周 7 d 生成纯净 (>99.9%) 的湿化氧气通过管道直接输送到糖尿病足溃疡 (diabetic foot ulcers, DFUs) 伤口床环境中, 对照组除无氧气输送外, 其他护理措施相同。结果表明, TCOT 使得 DFUs 愈合比例更高, 闭合时间更快。Copeland 等^[27]回顾了 2007 年 1 月 1 日至 2016 年 7 月 18 日 9.5 年间 4127 个使用 TPOT 治疗方案的伤口, 59.4% 慢性伤口缩小, 研究结果表明, 使用 TOT 治疗的伤口愈合率显著提高, 降低截肢率, 显著改善患者预后和生活质量。

2020 年发布的 DFUs 愈合指南不建议使用 TOT 作为 DFUs 的主要或辅助干预措施, 需要进一步的

随机对照试验,多方面考虑成本、不良结果和患者意见等,才能确定 TOT 在伤口愈合中的潜在作用^[28]。

TOT 具有不同于 HBOT 的生理和生化效果且疗法相对轻便,适合在家庭护理环境中使用,避免了全身氧疗可能的并发症。但是如何针对不同类型的伤口选择合适的氧浓度以及能够严密监测的氧气扩散压力以及氧湿度才能最大限度地发挥其作用,此外,用氧时间及周期的合理控制仍然没有统一的标准。对于接触伤口的输氧管道,如何才能使氧气尽可能覆盖整个伤口又不会对伤口基底组织产生不必要的压力性损伤仍然是有待完善和改进的地方。

2.3 富血小板血浆疗法 (platelet-rich plasma, PRP) PRP 是一种血小板浓度高于外周血的新兴生物技术,浓缩血小板可为受损组织提供生长因子、细胞因子和其他介质,在伤口愈合及组织修复和再生过程中起主要作用^[29]。目前,国内外已经将 PRP 应用于急性创面,慢性难愈性伤口,如压疮、静脉性溃疡、糖尿病足溃疡、移植区和供皮区、各类瘢痕等治疗领域^[30]。

2020 年专家共识指出,急性创面应用浓缩血小板制品有助于加速修复,缩短愈合时间,减轻创面疼痛,降低创面感染率,减少换药次数^[31]。建议必须经过清创、感染得到有效控制,渗液不多,无大面积骨骼及肌腱外露,且有少量肉芽组织生长的创面方考虑使用浓缩血小板治疗。

Smith 等^[32]研究 PRP 的体外抑菌效果,将取自健康志愿者的 PRP,加工成两种制剂:活性 PRP(用氯化钙和乙醇活化)和灭活 PRP。通过 3 种实验设计对照研究两种制剂分别对金黄色葡萄球菌和表皮葡萄球菌活性的影响,发现两种 PRP 制剂均显著抑制细菌生长并减少两种细菌的菌落数,活化的 PRP 比失活的 PRP 更能降低细菌浓度。可见 PRP 对常见伤口病原体的生长有抑制作用,活化可能增加 PRP 抗菌效果,然而,目前未发现对更复杂的细菌菌落的有效证据。

浓缩血小板的剂型可以是液体、凝胶、冻干粉,其中冻干粉具有一定保存价值,治疗创面的方式包括局部外用、直接注射,或联合使用,甚至作为生物支架^[31]。Chi 等^[33]在研究中使用由冻干 PRP 粉稀释而成的 PRP 溶液,将纳入的 27 名深 II°烧伤患者分为两组:PRP 组(15 例)和对照组(12 例)。根据伤口大小,以 1.0×10^7 个/cm²(伤口面积)血小板的

浓度均匀喷洒在伤口上。PRP 组术后第二周和第三周伤口愈合率分别为 80% 和 90%,而对照组为 60% 和 80%。在这项研究中,冻干 PRP 粉缩短了伤口闭合时间,并降低了深 II°烧伤的细菌检出率,所以认为冻干 PRP 或可成为提高深 II°烧伤患者治愈率的有效治疗方法。

临床使用 PRP 应注意:①预防血制品感染,从抽血、制取、和应用的过程中应由专业护士及医师严格按照规范执行;②把控获取血小板的质量,避免温度、离心力过大等因素破坏血小板并影响其活性。未来应用方面的拓展:①专家建议可将 PRP 和手术和非手术手段(负压、光疗等)结合使用^[31],但仍缺乏大样本 PRP 与 NPWT 技术或者其他敷料结合的研究来证明其安全性和有效性;②目前 PRP 主要采用患者自体血制备,相对安全,但对于一些慢性病患者或者不方便抽血的老年人及其他患者,异体血能否广泛应用于临床仍然存在争议;③PRP 用于创面修复需要保证血小板的浓度,临床主要采用二次离心法 5~15 min,但是对于离心力尚且没有统一的规定。

3 结语与展望

目前针对不同类型创伤性伤口的护理过程中仍然存在各种难以解决的问题,且缺乏针对性的护理技术及规范,大部分停留在医师和伤口专科护士的经验。但是随着对急慢性伤口愈合机制的研究日益深入,各种创伤性伤口治疗新技术新方法不断涌现,从宏观和微观角度赋予创伤性伤口治疗理论新的内涵。近年来,NPWT 改良技术研究、TOT 研究、PRP 研究等应用于伤口局部护理,推进伤口治疗理念升级,极大减轻患者痛苦以及家庭和社会负担,加速伤口治疗技术的更新换代。但是新技术的推广应用依旧需要进行多中心大样本随机对照试验来验证,此外,对于其安全性,有效性,个性化,人性化的把控仍旧不容忽视,这样才能更好地为伤口护理实践技术提供更多可靠的证据。

【参考文献】

- [1] Ozgok Kangal MK, Regan JP. Wound Healing [M]. StatPearls. Treasure Island (FL); StatPearls Publishing Copyright 2021, StatPearls Publishing LLC. 2021.
- [2] 杨义,褚万立,冯光,等.2997 例皮肤软组织损伤住院患者的回顾性分析[J].中华烧伤杂志,2020,36(9):821-829.
- [3] 急诊开放性伤口清创缝合术专家共识[J].中华医学杂志,2020,(21):1605-1610.
- [4] Guest JF, Ayoub N, McIlwraith T, et al. Health economic

- burden that different wound types impose on the UK's National Health Service. [J]. *Int Wound J*, 2017, 14(2):322-330.
- [5] Otterness K, Thode HC, Singer AJ. Methods of laceration closure in the ED: A national perspective [J]. *Am J Emerg Med*, 2020, 38(6): 1058-1061.
- [6] World Health Organization. Burns [EB/OL]. (2018-03-06) [2021-09-26]. <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/burns>.
- [7] Hall AH, Mathieu L, Maibach HI. Acute chemical skin injuries in the United States: a review [J]. *Crit Rev Toxicol*, 2018, 48(7): 540-554.
- [8] Kuhbier MA, Könneker S, Dastagir K, et al. Animal bite injuries caused by domestic and wild animals; retrospective analysis and development of a prognostic score [J]. *Handchir Mikrochir Plast Chir*, 2020, 52(2): 96-106.
- [9] Harding K, Carville K, Chadwick P, et al. WUWHS Consensus Document: Wound Exudate, effective assessment and Management [EB/OL]. (2019-2-1) (2021-10-18).
- [10] 钟果玉, 谭惠仪, 叶雪梅. 慢性伤口细菌生物膜管理的研究进展[J]. *护理实践与研究*, 2021, 18(12): 1790-1794.
- [11] Malone M, Bjarnsholt T, McBain AJ, et al. The prevalence of biofilms in chronic wounds: a systematic review and meta-analysis of published data [J]. *J Wound Care*, 2017, 26(1): 20-25.
- [12] Rahim K, Qasim M, Rahman H, et al. Antimicrobial resistance among aerobic biofilm producing bacteria isolated from chronic wounds in the tertiary care hospitals of Peshawar, Pakistan [J]. *J Wound Care*, 2016, 25(8): 480-486.
- [13] James GA, Ge Zhao A, Usui M, et al. Microsensor and transcriptomic signatures of oxygen depletion in biofilms associated with chronic wounds [J]. *Wound Repair Regen*, 2016, 24(2): 373-383.
- [14] Shah JB. Correction of Hypoxia, a Critical Element for Wound Bed Preparation Guidelines: TIMEO2 Principle of Wound Bed Preparation [J]. *J Am Col Certif Wound Spec*, 2011, 3(2): 26-32.
- [15] Kim PJ, Attinger CE, Constantine T, et al. Negative pressure wound therapy with instillation: International consensus guidelines update [J]. *Int Wound J*, 2020, 17(1): 174-186.
- [16] 吴磊, 蒋琪霞, 周济宏. 不同滴注式负压伤口治疗对感染伤口的效果比较 [J]. *东南国防医药*, 2020, 22(3): 300-302.
- [17] Kim PJ, Attinger CE, Oliver N, et al. Comparison of outcomes for normal saline and an antiseptic solution for negative-pressure wound therapy with instillation [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2015, 136(5): 657e-664e.
- [18] Sibbald RG, Elliott JA, Persaud-Jaimangal R, et al. Wound Bed Preparation 2021 [J]. *Adv Skin Wound Care*, 2021, 34(4): 183-195.
- [19] Ludolph I, Fried F W, Knepe K, et al. Negative pressure wound treatment with computer-controlled irrigation/instillation decreases bacterial load in contaminated wounds and facilitates wound closure [J]. *Int Wound J*, 2018, 15(6): 978-984.
- [20] 张家平. 含银敷料在创面治疗中应用的全国专家共识 (2018 版) [J]. *中华烧伤杂志*, 2018, 34(11): E002-E002.
- [21] Hahn HM, Lee IJ, Woo K J, et al. Silver-Impregnated Negative-Pressure Wound Therapy for the Treatment of Lower-Extremity Open Wounds: A Prospective Randomized Clinical Study [J]. *Adv Skin Wound Care*, 2019, 32(8): 370-377.
- [22] 蒋琪霞, 王建东, 彭青, 等. 负压伤口治疗结合纳米银敷料处理创伤性慢性伤口的效果比较 [J]. *医学研究生学报*, 2019, 32(11): 1198-1203.
- [23] 董珊, 蒋琪霞, 汤雨佳, 等. 给氧负压伤口治疗改善伤口微环境对组织增殖活性及血管化的影响 [J]. *医学研究生学报*, 2020, 33(4): 408-412.
- [24] Topaz M. Improved wound management by regulated negative pressure-assisted wound therapy and regulated, oxygen-enriched negative pressure-assisted wound therapy through basic science research and clinical assessment [J]. *Indian J Plast Surg*, 2012, 45(2): 291-301.
- [25] 郑军, 佟向阳. 骨外露创面扩创术修复后负压封闭引流联合局部氧疗的疗效及预后分析 [J]. *中国现代医学杂志*, 2021, 31(4): 86-91.
- [26] Niederauer MQ, Michalek JE, Liu Q, et al. Continuous diffusion of oxygen improves diabetic foot ulcer healing when compared with a placebo control: a randomized, double-blind, multicenter study [J]. *J Wound Care*, 2018, 27(Sup9): S30-S45.
- [27] Copeland K, Purvis AR. A Retrospective Chart Review of Chronic Wound Patients Treated with Topical Oxygen Therapy [J]. *Adv Wound Care (New Rochelle)*, 2017, 6(5): 143-152.
- [28] Rayman G, Vas P, Dhatariya K, et al. Guidelines on use of interventions to enhance healing of chronic foot ulcers in diabetes (IWGDF 2019 update) [J]. *Diabetes Metab Res Rev*, 2020, 36 Suppl 1: e3283.
- [29] Berná-Serna JD, Guzmán-Aroca F, García-Vidal JA, et al. A New Therapeutic Application of Platelet-Rich Plasma to Chronic Breast Wounds: A Prospective Observational Study [J]. *J Clin Med*, 2020, 9(10): 3063.
- [30] 单桂秋, 施琳颖, 李艳辉, 等. 自体富血小板血浆制备技术专家共识 [J]. *中国输血杂志*, 2021, 34(7): 677-683.
- [31] 中国老年医学学会烧伤分会. 浓缩血小板制品在创面修复中应用的全国专家共识 (2020 版) [J]. *中华烧伤杂志*, 2020, 36(11): 993-1002.
- [32] Smith OJ, Wicaksana A, Davidson D, et al. An evaluation of the bacteriostatic effect of platelet-rich plasma [J]. *Int Wound J*, 2021, 18(4): 448-456.
- [33] Yeung CY, Hsieh PS, Wei LG, et al. Efficacy of Lyophilised Platelet-Rich Plasma Powder on Healing Rate in Patients With Deep Second Degree Burn Injury: A Prospective Double-Blind Randomized Clinical Trial [J]. *Ann Plast Surg*, 2018, 80(2S Suppl 1): S66-S69.

(收稿日期: 2021-11-23; 修回日期: 2022-02-08)

(责任编辑: 刘玉巧; 英文编辑: 朱一超)