

• 综 述 •

湿性愈合创面管理的研究进展

李佳怡 综述, 许喜生[△] 审校

(南华大学附属郴州市第一人民医院烧伤整形外科, 湖南 郴州 423000)

[摘要] 近年来,随着创面愈合研究的不断深入,湿法处理创面能够促进愈合已成为共识。创面微环境在创面愈合的各个阶段起着至关重要的作用,是创面有效管理的关键因素。创面“湿性平衡”理论为创面湿度管理提供了新视角,然而,需要进一步的研究来确定创面愈合所需的最佳湿度水平。该文综述了湿性创面愈合的优点及其对有效创面管理的影响,并建议对创面湿度进行评估和监测,以规范创面湿度管理,实现最佳愈合。

[关键词] 湿性愈合; 微环境; 创面管理; 创面愈合; 综述

DOI:10.3969/j.issn.1009-5519.2024.11.027 中图法分类号:R826.5

文章编号:1009-5519(2024)11-1932-04

文献标识码:A

Research progress of moist healing wound management

LI Jiayi, XU Xisheng[△]

(Department of Burn and Plastic Surgery, Chenzhou First People's Hospital Affiliated to University of South China, Chenzhou, Hunan 423000, China)

[Abstract] In recent years, with the continuous advancement of wound healing research, it has become a consensus that wet wound treatment can effectively promote healing. The wound microenvironment plays a crucial role in all stages of wound healing and is a key factor for successful wound management. The “moisture balance” theory provides a novel perspective on managing wound moisture. However, further research is required to determine the optimal moisture level required for wound healing. This paper reviewed the benefits of wet wound healing and its impact on effective wound management. It is recommended to assess and monitor the moisture levels of wounds in order to regulate their moisture management and achieve optimal healing outcomes.

[Key words] Moist wound healing; Microenvironment; Wound management; Wound healing; Review

皮肤创面通常可分为急性和慢性,有充分证据表明,无论皮肤损伤的性质如何,急性创面均有望在可预测的时间内愈合,而创面处理不当则会导致创面愈合慢性化,甚至带来更严重的医疗问题^[1]。目前,创面管理不当成为慢性不愈合创面的主要原因。慢性创面是指部分未通过正常愈合过程及时修复的创面,其形成原因较为复杂,这在一定程度上给创面管理带来了困难。湿性愈合创面疗法可以支持慢性创面的愈合^[2],减少并发症,从而提高患者的生活质量,值得临床推广应用。

1 创面管理

创面管理和软组织修复一直是人类关注的主要问题,对医疗保健具有重大影响^[3]。自人类文明开始,创面处理的方式和理念随着医学实践不断完善发展,创面管理成为创面愈合过程中的一个重要方面。创面管理包括精准清创、感染控制、渗液管理、促进愈合和瘢痕处理,其目标是控制或去除组织感染,尽可

能以最快和成本最低的方式改善患者的治疗效果,实现最佳的创面愈合。

在创面愈合过程中,影响创面治疗和预后的重要因素包括损伤的时间、程度、位置、创面污染或感染的程度。急性创面通常遵循正常的创面愈合过程,慢性创面的管理则更复杂,局部和全身的因素均会影响创面的愈合^[4]。表皮在保持适当的体液平衡和阻止病原体进入方面具有重要作用,可促进角质形成细胞重新形成完整的屏障^[5],防止水分蒸发流失。皮肤完整性的任何破坏均会导致真皮平衡紊乱,延迟创面愈合进程。当皮肤受损时,会发生一系列生理病理变化,皮肤屏障的完整性会被破坏,水分蒸发急剧增加,必须迅速封闭创面以避免体液流失。皮肤受各种因素影响,创面需要适当的环境才能加速愈合,由于愈合过程的复杂性,创面的有效管理通常较困难^[6]。适当的创面湿度可以发挥渗液的重要作用,提高局部的免疫力,降低感染风险,更利于创面的愈合。

2 创面微环境

创面愈合涉及止血、炎症和重塑等各个阶段的精确同步,而目前创面诊疗的策略在创面管理方面效率有限,将精准医学实践应用于创面管理成为当代精准医学发展的必然趋势^[7]。创面精准管理是根据创面具体情况制定个性化精准预防,即精准治疗、实时监测和个性化管理,其中创面微环境是创面精准管理的基石。创面微环境既包含创面表面与外部直接接触的环境,也包括创面内部微环境受外部环境对创面愈合产生的干预^[8]。创面愈合是自然、高度协调的过程,微环境的变化,如氧合、温度、湿度、微生物含量、局部抗菌治疗方式等,均会影响创面愈合进展,导致创面愈合受损。

2.1 创面氧合 创面微环境的变化对创面愈合起着关键的作用^[9],适宜的创面环境因素会加速愈合速度,相反则会减慢愈合,甚至导致感染的发生。许多因素均会影响创面愈合进展,而创面愈合高度依赖于创面部位的相对氧含量,氧合作为微环境的重要参数,在创面愈合过程中起着重要的作用^[10]。在创面愈合的早期阶段,缺氧是自然发生的,增加氧气可以调节炎症介质、抗氧化剂和生长因子的合成,促进血管生成,从而促进愈合过程^[11]。

2.2 创面温度和酸碱度 创面的温度和酸碱度一直被认为是评估创面愈合状态的重要标志物,维持微环境正常的温度,有利于促进创面愈合及功能恢复^[12],将温度控制在 37 °C 左右时,创面愈合速度会明显增快。创面酸碱度可以提供有关创面状况和感染的重要信息^[13],微酸的创面环境可以促进许多细胞反应,如增加再上皮化和胶原合成的速度,促进创面组织中氧气的释放,诱导更快的创面愈合。

2.3 创面湿度 维持创面良好微环境是创面精准管理的关键。创面微环境的代谢紊乱会导致一系列严重的症状,渗出液污染、细菌感染和免疫调节障碍是影响创面微环境的 3 个原因,其中创面渗出液管理是关键。创面相对湿度在调节创面微环境中起重要作用,微环境过于湿润或干燥均不利于创面愈合,湿性愈合可以减少重新上皮化所需的时间,并减少炎症、坏死和瘢痕形成^[14]。随着对愈合过程中创面湿度重要性理解的不断深入,关于创面湿度如何影响微环境一直是创面愈合研究中最期待解决的问题。

适当和有效的湿度管理对维持创面微环境理想状态十分重要,创面湿度可以调节氧张力和血管生成,通过利用人体内血红蛋白的氧合作用而非大气中的氧,维持创面局部微环境的低氧状态,使创面愈合时间缩短,促进创面愈合。湿性愈合环境还有利于维持创面渗出液的酸碱度,改变创面的酸碱度会导致与疼痛反应有关的蛋白质和糖蛋白失活。根据“湿性创面愈合”理论,湿性愈合环境还有利于增强白细胞功

能,更好地招募在受伤区域的白细胞^[15],释放天然止痛物质以减轻创面疼痛不适的感觉。创面细菌感染由微生物群落引起,创面微生物表现出与微环境(皮脂腺、潮湿和干燥区域)相关的空间分布^[16],过湿的创面环境会提高微生物负载水平,增加创面感染率,可能导致创面愈合慢性化,从而延缓愈合^[17],促进创面愈合的最佳环境是在封闭湿润的环境中提供营养、维持缺氧和坏死组织清除的平衡^[18]。根据愈合过程的动态特点,创造湿性愈合环境,调整创面微环境,有望实现理想的创面愈合状态。

3 创面湿度管理

创面湿度管理经历了 3 个阶段,即干性愈合、湿性愈合、湿性平衡,其中湿性平衡理论是创面管理中最重要进步,促进了创面治疗观念的转变。

3.1 干性愈合 在医学史上很长一段时间里,人们普遍认为创面愈合需要干燥环境和氧气的作用,因此临床上常采用传统的纱布敷料或直接暴露来进行创面处理,即干性愈合理论。干性愈合理论认为:创面保持干燥可以防止细菌感染,与空气接触能使创面获得足够的氧气,以供细胞生长的各种生化反应所需,从而促进创面愈合。但是,干性愈合也存在许多弊端和不足,创面水分蒸发会损害新形成的肉芽组织,影响创面渗液中的活性物质发挥作用,创面脱水形成的痂皮还会阻碍上皮细胞迁移,导致创面愈合延迟。

3.2 湿性愈合 1962 年,WINTER 通过动物实验对干性愈合的方法提出了挑战,创面的湿度作为影响创面愈合的一个局部因素被提出,并逐渐受到重视。湿性创面愈合理论认为:在无茵条件下,运用封闭性敷料和药液保持创面湿度,可以加快上皮细胞增生移行和肉芽组织生长的速度,从而促进创面愈合^[19]。在临床工作中,临床医生很少关注创面湿度,可能是因为相关机制尚不明确、临床证据尚不充分。随着对创面湿性愈合了解的增加,临床医生应该意识到维持适当的创面湿度水平的重要性,因为多余的渗液可能导致创面浸渍和创面周围皮肤的破裂,成为感染的门户,不仅利于细菌入侵,而且使机体抵抗力和创面修复能力显著降低。

3.3 湿性平衡 近年来,创面湿性平衡理论已被广泛认可,湿性环境促进愈合反应的发现突出了平衡创面湿度对于最佳愈合的重要性,但临床上并未就创面的最佳湿度管理实践达成共识。目前的研究对于适合创面愈合的最佳湿度并无确切结论。XIAO 等^[20]通过实验探讨了不同湿度聚氨酯敷料对动物模型创面愈合的影响,并确定了适合创面愈合的最佳敷料湿度是 25%,这种湿性平衡敷料被认为可以提供适当的创面湿度,防止细菌感染。为了评估不同的水分蒸发率对创面愈合效果的影响,TUCA 等^[21]通过猪供体部位模型测试了体外和体内水分蒸发率,确定控制创

面敷料蒸发率的方法可能是实现不同湿度平衡的关键。敷料水蒸气透过率(WVTR)已被证明是衡量敷料保持湿度和提供支持愈合环境能力的可靠指标,对湿度控制至关重要。具有最佳 WVTR 的敷料可以通过改善表皮细胞和成纤维细胞的增殖和功能来促进创面愈合,这有助于在未来设计用于创面再生的敷料。创面湿度经常被视为临床创面管理问题,在创面愈合过程中发挥了重要作用,平衡和湿润的创面环境和表面会增强各种生长因子、细胞因子和趋化因子的作用,以刺激细胞生长和创面愈合。因此,临床医生在创面治疗时必须重视创面湿度,或许创面湿度可能成为一种有效的预测指标,指导在创面精准管理中制定新的治疗策略。

4 创面湿度管理存在的主要困难及瓶颈

实现湿性愈合依赖于良好的临床判断,但仅仅依赖于临床医生的主观评估往往不够精准。使用敷料覆盖创面是创面管理中的常见做法^[22],敷料的湿度、压力、温度和酸碱度等参数可以反映愈合率、感染和创面愈合阶段。选择合适的敷料是创面管理中的关键步骤,可以显著改变创面愈合的过程,临床研究表明,与传统纱布相比,大多数保湿敷料可缩短创面愈合时间,降低创面感染率,减少患者疼痛、护理成本及更换敷料的频率^[23]。最有效和经济的创面处理方法是用合适的敷料覆盖创面,并根据创面渗出液水平调整 WVTR,保持渗出物吸收和干燥之间的平衡,为创面提供一个有利于愈合的湿润环境。创面愈合不同时期所需的最佳湿度不同,过多或不足的水分均会损害愈合过程,增加创面感染的风险。在创面愈合早期,渗液量较多,随着时间推移,创面逐渐干燥,如果不能控制渗出液,可能会导致创面表面浸软或变干。根据创面情况,通过构建合适的皮肤替代物进行处理,可以去除多余的液体和减少水分流失,保持创面湿性平衡。

目前,创面湿度管理面临的主要挑战在于促进创面湿性愈合的创面渗出液的确切量和湿度是未知的,临床上还缺乏针对创面实际湿度测量的方法。创面愈合不仅与营养、免疫、血供等整体状态有关,而且与创面局部微环境密切相关,由于缺乏从敷料中获得的信息,想精准控制皮肤损伤后的创面湿度十分困难。医护人员常采用更换敷料来检查创面,这往往会扰乱创面的正常愈合过程。事实上,大部分敷料在更换时仍处于最适合创面愈合的湿度范围内,而不必要的敷料更换将导致时间的浪费、敷料成本的增加,增加创面感染和水分流失的可能性。由于愈合创面中湿性平衡的维持很难在患者体内实时测量,采用非侵入性方法来监测创面敷料的填充情况和湿度是一种有效的解决方案。有研究者发现使用湿度传感器可以减少敷料更换次数^[24],还可以让临床医生决定为创面提

供最佳愈合条件所需的最合适的敷料类型。目前,可穿戴传感器已经用于创面湿度监测,在不干扰或移除敷料的情况下直接监测创面湿度状态^[25],并且不会对创面周围皮肤造成刺激或进一步损伤。低成本且灵活的贴片传感器可以很容易地结合到创面敷料中,用于测量创面中液体含量的变化,对创面渗液的监测和预警具有很高的效率^[26]。创面湿度传感器技术的不断发展可能最终会彻底改变治疗和监测创面湿度的方式,预计在不久的将来,研究者能够将自主感知、实时监测、报告和治愈创面的智能敷料应用于临床。

5 小结与展望

几十年来,湿性创面愈合一直是临床实践的标准,但不同创面和敷料特征的这种差异性使得创面湿度管理变得困难,尽管具有更好的创面湿度监测产品取得了技术进步,但创面湿度的管理仍然是一个临床挑战。精准创面管理需要改进针对患者的个性化医疗,特别是改进诊断创面状况和创面愈合的一些指标,以满足创面管理决策的临床需求。目前创面湿性平衡理论已经得到了广泛认可,但在临床实践中,对创面湿度的评估和管理仍然缺少一个确切的标准,各种敷料也未标注其湿度,临床工作者有必要关注创面湿度的改变,以便为患者提供个体化的创面处理方案。

参考文献

- [1] WILKINSON H N, HARDMAN M J. Wound healing: Cellular mechanisms and pathological outcomes[J]. *Open Biol*, 2020, 10(9): 200223.
- [2] DISSEMOND J. Modern management of chronic wounds[J]. *Hautarzt*, 2021, 72(8): 733-744.
- [3] SEN C K. Human wound and its burden: updated 2020 compendium of estimates [J]. *Adv Wound Care (New Rochelle)*, 2021, 10(5): 281-292.
- [4] LABIB A M, WINTERS R. *Complex Wound Management*[M]. Treasure Island (FL): Stat Pearls Publishing, 2023.
- [5] BOUDRA R, RAMSEY M R. Understanding transcriptional networks regulating initiation of cutaneous wound healing[J]. *Yale J Biol Med*, 2020, 93(1): 161-173.
- [6] BARON J M, GLATZ M, PROKSCH E. Optimal support of wound healing: New insights [J]. *Dermatology*, 2020, 236(6): 593-600.
- [7] WEIGELT M A, LEV-TOV H A, TOMICCANIC M, et al. Advanced wound diagnostics: Toward transforming wound care into precision

- medicine [J]. *Adv Wound Care (New Rochelle)*, 2022, 11(6): 330-359.
- [8] 程飏,付小兵. 微环境控制是实现创面完美修复的必由之路[J]. *中华烧伤杂志*, 2020, 36(11): 1003-1008.
- [9] LI R T, LIU K, HUANG X, et al. Bioactive materials promote wound healing through modulation of cell behaviors[J]. *Adv Sci (Weinh)*, 2022, 9(10): e2105152.
- [10] GARIMA, AGARWAL T, COSTANTINI M, et al. Oxygenation therapies for improved wound healing: Current trends and technologies [J]. *J Mater Chem B*, 2022, 10(39): 7905-7923.
- [11] TEJADA S, BATLE J M, FERRER M D, et al. Therapeutic effects of hyperbaric Oxygen in the process of wound healing[J]. *Curr Pharm Des*, 2019, 25(15): 1682-1693.
- [12] 朱凌雅,郭松雪,吴攀,等. 创面温度与创面愈合的关系研究进展[J]. *中华烧伤杂志*, 2018, 34(11): 829-832.
- [13] SIM P, STRUDWICK X L, SONG Y M, et al. Influence of acidic pH on wound healing in vivo: A novel perspective for wound treatment [J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(21): 13655.
- [14] NUUTILA K, ERIKSSON E. Moist wound healing with commonly available dressings[J]. *Adv Wound Care (New Rochelle)*, 2021, 10(12): 685-698.
- [15] COLEGRAVE M, RIPPON M G, RICHARDSON C. The effect of Ringer's solution within a dressing to elicit pain relief [J]. *J Wound Care*, 2016, 25(4): 184.
- [16] CUNDELL A M. Microbial ecology of the human skin [J]. *Microb Ecol*, 2018, 76(1): 113-120.
- [17] PANG M R, YAO Z X, CHEN C H, et al. Human-microorganism mutualism theory: Possible mechanisms for the delayed chronic wound healing process [J]. *Med Hypotheses*, 2020, 141: 109720.
- [18] NGUYEN H M, NGOC L T T, NGUYEN A T, et al. Biomedical materials for wound dressing: Recent advances and applications [J]. *RSC Adv*, 2023, 13(8): 5509-5528.
- [19] OP' T VELD R C, WALBOOMERS X F, JANSEN J A, et al. Design considerations for hydrogel wound dressings: Strategic and molecular advances [J]. *Tissue Eng Part B Rev*, 2020, 26(3): 230-248.
- [20] XIAO L, NI W, ZHAO X, et al. A moisture balanced antibacterial dressing loaded with lysozyme possesses antibacterial activity and promotes wound healing [J]. *Soft Matter*, 2021, 17(11): 3162-3173.
- [21] TUCA A C, BERNARDELLI DE MATTOS I, FUNK M, et al. Orchestrating the dermal/epidermal tissue ratio during wound healing by controlling the moisture content [J]. *Biomedicines*, 2022, 10(6): 1286.
- [22] BRITTO E J, NEZWEK T A, POPOWICZ P, et al. Wound dressings [M]. *Treasure Island (FL): Stat Pearls Publishing*, 2024.
- [23] LIANG Z B, LAI P, ZHANG J, et al. Impact of moist wound dressing on wound healing time: A meta-analysis [J]. *Int Wound J*, 2023, 20(10): 4410-4421.
- [24] HENRICSON J, SANDH J, IREDAHL F. Moisture sensor for exudative wounds-A pilot study [J]. *Skin Res Technol*, 2021, 27(5): 918-924.
- [25] SESHADRI D R, BIANCO N D, RADWAN A N, et al. An absorbent, flexible, transparent, and scalable substrate for wound dressings [J]. *IEEE J Transl Eng Health Med*, 2022, 10: 4900909.
- [26] LI Y C, LIU Y N, PENG B, et al. Stretchable, conductive, breathable and moisture-sensitive e-skin based on CNTs/graphene/GelMA mat for wound monitoring [J]. *Biomater Adv*, 2022, 143: 213172.

(收稿日期: 2023-12-17 修回日期: 2024-02-06)