

# 负压滴灌治疗联合红蓝光对糖尿病足创面的疗效研究

孙好杰 耿厚法 窦连军 梁 军

**摘 要** **目的** 评价负压滴灌治疗(negative - pressure wound therapy with irrigation, NPWTi)联合红蓝光对糖尿病足创面的疗效。**方法** 选取2021年12月~2022年5月徐州市中心医院收治的80例2型糖尿病合并糖尿病足患者,采用随机数字表法将其分为对照组和NPWTi+红蓝光组,每组各40例。所有患者均接受基础治疗,对照组采用NPWTi治疗,NPWTi+红蓝光组在NPWTi的基础上给予红蓝光治疗。观察治疗前和治疗7天后创面愈合速率、血清炎症指标[红细胞沉降率(erythrocyte sedimentation rate, ESR)、C反应蛋白(C - reactive protein, CRP)及降钙素原(procalcitonin, PCT)]和生长因子[血管内皮生长因子(vascular endothelial growth factor, VEGF)、表皮生长因子(epidermal growth factor, EGF)和碱性成纤维细胞生长因子(basic fibroblast growth factor, bFGF)]的变化。随访12周,观察两组的创面愈合率,并通过Kaplan - Meier曲线评估两组累积创面愈合率。**结果** 治疗7天后,NPWTi+红蓝光组创面愈合速率快于对照组( $P < 0.01$ ),VEGF、EGF及bFGF水平高于对照组( $P < 0.05$ ),ESR、CRP及PCT水平均低于对照组( $P < 0.05$ )。NPWTi+红蓝光组12周创面愈合率高于对照组( $P < 0.05$ )。Kaplan - Meier曲线分析结果显示,NPWTi+红蓝光组的累积创面愈合率高于对照组( $P < 0.05$ )。**结论** 负压滴灌治疗联合红蓝光对糖尿病足创面是有效的,值得在临床上推广应用。

**关键词** 糖尿病足 负压滴灌治疗 红蓝光 创面

**中图分类号** R587

**文献标识码** A

**DOI** 10.11969/j.issn.1673-548X.2023.11.023

**Effect of Negative - pressure Wound Therapy with Irrigation Combined with Red and Blue Light on Diabetic Foot Wounds.** SUN Haojie, GENG Houfa, DOU Lianjun, et al. Department of Endocrinology, Xuzhou Central Hospital, Xuzhou Clinical School of Xuzhou Medical University, Jiangsu 221009, China

**Abstract** **Objective** To evaluate the effect of negative - pressure wound therapy with irrigation (NPWTi) combined with red and blue light on diabetic foot wounds. **Methods** According to random number method, a total of 80 patients with type 2 diabetes combined with diabetic foot admitted to Xuzhou Central Hospital from December 2021 to May 2022 were selected and divided into two groups: control group and NPWTi + red and blue light group, with 40 cases in each group. All patients received basic treatment, while the control group received NPWTi treatment, NPWTi + red and blue light group was treated with red and blue light on the basis of NPWTi. The changes of wound healing speed rate, serum inflammatory markers [erythrocyte sedimentation rate (ESR), C - reactive protein (CRP), procalcitonin (PCT)] and growth factors [vascular endothelial growth factor (VEGF), epidermal growth factor (EGF), basic fibroblast growth factor (bFGF)] were observed before and 7 days after treatment. After 12 weeks of follow - up, the wound healing rate of the two groups were observed, and the cumulative wound healing rate of the two groups was evaluated through Kaplan - Meier curve. **Results** After 7 days of treatment, the wound healing rate of NPWTi + red and blue light group was faster than that of the control group ( $P < 0.01$ ). The average levels of VEGF, EGF and bFGF in NPWTi + red blue light group were higher than those in the control group ( $P < 0.05$ ), while the average levels of ESR, CRP and PCT in NPWTi + red and blue light group were lower than those in the control group ( $P < 0.05$ ). The wound healing rate of NPWTi + red and blue light group at 12 weeks was higher than that of the control group ( $P < 0.05$ ). Kaplan - Meier curve analysis showed that the cumulative wound healing rate of NPWTi + red and blue light group was higher than that of the control group ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** NPWTi combined with red and blue light is effective in treating diabetic foot wounds, and it is worthy of clinical application.

**Key words** Diabetic foot; Negative - pressure wound therapy with irrigation; Red and blue light; Wounds

基金项目:江苏省医学重点人才项目(ZDRCC2016022);江苏省徐州市科技计划项目(KC21274);徐州医科大学附属医院发展基金资助项目(XYFM2020010)

作者单位:221009 徐州市中心医院内分泌科、徐州医科大学徐州临床学院

通信作者:梁军,电子邮箱:mwlj521@njmu.edu.cn

糖尿病足 (diabetic foot, DF) 治疗困难, 花费巨大, 发达国家 DF 占用 12% ~ 15% 的糖尿病医疗卫生资源, 而发展中国家这一数字高达 40%<sup>[1]</sup>。在全世界范围内, 对患者和社会造成负担的疾病中, DF 位于第 10 位<sup>[2]</sup>。DF 患者年病死率高达 11%, 截肢率高达 22%<sup>[3]</sup>。因此, 给患者提供及时、适当的治疗方案是很多国家和地区的最大挑战。负压创面治疗 (negative - pressure wound therapy, NPWT) 在加速 DF 创面愈合、降低截肢风险方面有显著疗效, 但 NPWT 有感染扩散的缺点, 而负压滴灌治疗 (negative - pressure wound therapy with irrigation, NPWTi) 把灌注液和 NPWT 相结合, 灌注液可以去除细菌生物膜, 降低了创面感染的风险<sup>[4, 5]</sup>。红光照射在一定程度上能够减轻创面疼痛, 促进创面愈合, 而蓝光具有抗菌效果<sup>[6, 7]</sup>。目前红蓝光联合治疗 DF 的报道较少, 尤其鲜见红蓝光联合 NPWTi 治疗 DF 的报道, 因此, 本研究探究 NPWTi 联合红蓝光治疗 DF 的疗效, 为临床医师提供一定的理论指导。

### 对象与方法

1. 研究对象: 选取 2021 年 12 月 ~ 2022 年 5 月徐州市中心医院收治的 80 例 2 型糖尿病合并 DF 患者, 其中男性 57 例, 女性 23 例; 患者年龄 35 ~ 80 岁, 平均年龄为  $63.00 \pm 10.28$  岁, 糖尿病病程为 0.5 ~ 40.0 年, 中位病程为 12 年; DF 病程为 3 ~ 120 天, 中位病程为 20 天。采用随机数字表法将入组患者分为对照组和 NPWTi + 红蓝光组, 每组各 40 例。两组患者均得到相应的基础治疗, 对照组采用 NPWTi 治疗, NPWTi + 红蓝光组在 NPWTi 的基础上给予光子治疗。纳入标准: ①年龄 18 ~ 80 岁; ②踝肱指数 0.7 ~ 1.2; ③创面面积  $> 2\text{cm}^2$ ; ④Wanger 分级 3 或 4 级。排除标准: ①严重肝脏、肾脏功能损害; ②急性脑梗死、脑出血、心肌梗死; ③结缔组织疾病; ④精神病、血液疾病和肿瘤; ⑤活动性夏科足 (Charcot foot); ⑥其他传染性和感染性疾病。入组患者充分了解本研究的内容, 均签署知情同意书, 本研究获得徐州市中心医院医学伦理学委员会批准 (伦理学审批号: XZXY - LK - 20211223 - 053)。

2. 数据收集: (1) 临床资料采集: 性别、年龄、糖尿病病程、DF 病程、糖化血红蛋白、踝肱指数、糖尿病并发症及合并症等。治疗 7 天后的创面愈合速率。创面愈合速率 (%) = (初始创面面积 - 治疗后的创面面积) / 初始创面面积  $\times 100\%$ 。治疗前及治疗 7 天

后的炎性指标, 包括红细胞沉降率 (erythrocyte sedimentation rate, ESR)、C 反应蛋白 (C - reactive protein, CRP) 及降钙素原 (procalcitonin, PCT)。(2) 血清生长因子: 血管内皮生长因子 (vascular endothelial growth factor, VEGF)、表皮生长因子 (epidermal growth factor, EGF) 和碱性成纤维细胞生长因子 (basic fibroblast growth factor, bFGF), 采用酶联免疫吸附试验 (enzyme - linked immunosorbent assay, ELISA) 检测。(3) 效果评价: 主要观察指标为治疗 12 周的创面完全闭合发生率 (以开始应用 NPWTi 为时间起点)。创面完全闭合被定义为完全的上皮化, 没有任何破溃及渗液。次要观察指标包括创面愈合速率、炎性指标变化、血清生长因子变化、住院天数、截肢率、抗生素疗程、再感染率、新溃疡率、再入院率和再手术率。

3. 基本治疗: 根据患者的病情, 给予降糖、改善循环、抗感染、营养神经、降压、调脂、足部制动等。根据创面情况, 早期经验性应用抗生素, 后期根据临床效果及足分泌物培养和药敏试验, 对创面进行综合判断, 制定抗感染治疗方案。

4. NPWTi 处理: 清除创面坏死组织, 打开瘻管和充分暴露深部窦道, 切除死骨, 按照截趾适应证予以截趾。创面床准备好后, 予以 NPWTi 治疗, 每 2 ~ 3 天更换 1 次敷料, NPWTi 仅使用 1 周。

5. 红蓝光治疗: 采用光子治疗仪 (Carnation - 86, 深圳普门科技股份有限公司) 光照创面。室温维持在 22 ~ 26℃, 为 DF 患者戴上护目眼罩, 与创面距离保持 10 ~ 15cm, 红光波长为  $640 \pm 10\text{nm}$  的光源, 蓝光波长为  $460 \pm 10\text{nm}$  的光源, 每次红蓝光先后使用, 每种光源使用 10min, 2 次/天, 每次间隔 6h, 拆除 NPWTi 的同时停止光子治疗。

7. 统计学方法: 应用 SPSS 22.0 统计学软件进行数据分析和 GraphPad Prism 9.0 图表绘制。符合正态分布的计量资料以均数  $\pm$  标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 组间比较采用  $t$  检验; 不符合正态分布的计量资料以中位数 (四分位数间距) [ $M(Q1, Q3)$ ] 表示, 组间比较采用秩和检验。计数资料以例数 (百分比) [ $n(\%)$ ] 表示, 组间比较采用  $\chi^2$  检验。采用 Kaplan - Meier 生存曲线分析两组患者创面愈合率, 以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

### 结 果

1. 基线资料比较: 两组患者的基线资料比较, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ , 表 1), 具有可比性。

表 1 两组基线资料比较[  $n(\%)$ ,  $\bar{x} \pm s$ ,  $M(Q1, Q3)$  ]

| 项目                                      | NPWTi + 红蓝光组 ( $n = 40$ ) | 对照组 ( $n = 40$ ) | $t/z$  | $P$   |
|-----------------------------------------|---------------------------|------------------|--------|-------|
| 性别                                      |                           |                  | 0.549  | 0.459 |
| 男性                                      | 27 (67.5)                 | 30 (75.0)        |        |       |
| 女性                                      | 13 (32.5)                 | 10 (25.4)        |        |       |
| 年龄 (岁)                                  | 61.25 ± 11.66             | 64.75 ± 8.47     | -1.536 | 0.129 |
| 糖尿病病程 (年)                               | 12 (7, 20)                | 12 (9, 20)       | -0.859 | 0.391 |
| 糖尿病足病程 (天)                              | 20 (13, 60)               | 20 (7, 54)       | -0.548 | 0.584 |
| 空腹血糖 (mmol/L)                           | 11.44 ± 4.92              | 9.81 ± 4.68      | 1.347  | 0.178 |
| 糖化血红蛋白 (%)                              | 10.35 ± 2.88              | 10.00 ± 2.74     | 0.557  | 0.579 |
| 肾小球滤过率 [min/(ml · 1.73m <sup>2</sup> )] | 93.06 ± 28.95             | 84.13 ± 33.36    | 0.982  | 0.326 |
| 踝肱指数                                    | 0.86 ± 0.14               | 0.83 ± 0.08      | 0.082  | 0.935 |
| 高血压病                                    | 28 (70.0)                 | 26 (65.0)        | 0.228  | 0.633 |
| 糖尿病肾病                                   | 15 (37.5)                 | 14 (35.0)        | 0.054  | 0.816 |
| 糖尿病视网膜病变                                | 16 (40.0)                 | 14 (35.0)        | 0.213  | 0.644 |
| 糖尿病周围神经病变                               | 17 (42.5)                 | 17 (42.5)        | 0.000  | 1.00  |
| 冠心病                                     | 10 (25.0)                 | 8 (20.0)         | 0.287  | 0.592 |
| 脑梗死                                     | 9 (22.5)                  | 6 (15.0)         | 0.738  | 0.390 |
| 创面面积 (cm <sup>2</sup> )                 | 11.57 ± 3.36              | 10.70 ± 3.79     | 1.077  | 0.285 |
| Wagner 分级                               |                           |                  | 0.474  | 0.491 |
| 3 级                                     | 23 (57.5)                 | 26 (65.0)        |        |       |
| 4 级                                     | 17 (42.5)                 | 14 (35.0)        |        |       |

2. 创面愈合速率: 两组患者的基线创面面积比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 详见表 1。治疗 7 天后, NPWTi + 红蓝光组的创面愈合速率大于对照组 ( $17.82\% \pm 5.45\%$  vs  $13.14\% \pm 9.01\%$ ), 差异有统计学意义 ( $t = 3.185, P = 0.001$ )。

3. 炎性指标比较: 治疗前, 两组 ESR、CRP 及 PCT 比较, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 治疗 7 天后, NPWTi + 红蓝光组 ESR、CRP 及 PCT 水平均低于对照组, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 详见表 2。

表 2 两组炎性指标比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

| 组别           | $n$ | ESR (mm/h)    |               | CRP (mg/L)    |               | PCT (ng/ml) |             |
|--------------|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|-------------|
|              |     | 治疗前           | 治疗 7 天        | 治疗前           | 治疗 7 天        | 治疗前         | 治疗 7 天      |
| NPWTi + 红蓝光组 | 40  | 84.10 ± 34.02 | 48.48 ± 17.16 | 85.47 ± 50.72 | 37.58 ± 22.43 | 0.57 ± 0.60 | 0.12 ± 0.27 |
| 对照组          | 40  | 87.90 ± 30.13 | 64.95 ± 20.28 | 85.10 ± 59.30 | 53.09 ± 34.12 | 0.58 ± 0.41 | 0.25 ± 0.32 |
| $t$          |     | -0.529        | 4.101         | 0.030         | -2.006        | -1.121      | -2.933      |
| $P$          |     | 0.598         | <0.001        | 0.976         | 0.045         | 0.262       | 0.003       |

4. 血清生长因子比较: 治疗前, 两组血清 VEGF、EGF 及 bFGF 水平比较, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 治疗 7 天后, NPWTi + 红蓝光组血清 VEGF、

EGF 及 bFGF 水平均高于对照组, 差异有统计学意义 ( $P < 0.001$ ), 详见表 3。

表 3 两组血清生长因子比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

| 组别           | $n$ | VEGF (ng/L)  |               | EGF (ng/L)     |                | bFGF (ng/L)  |                |
|--------------|-----|--------------|---------------|----------------|----------------|--------------|----------------|
|              |     | 治疗前          | 治疗 7 天        | 治疗前            | 治疗 7 天         | 治疗前          | 治疗 7 天         |
| NPWTi + 红蓝光组 | 40  | 83.58 ± 6.72 | 106.71 ± 7.54 | 411.86 ± 15.10 | 498.15 ± 34.70 | 41.17 ± 7.39 | 103.09 ± 23.42 |
| 对照组          | 40  | 85.12 ± 7.54 | 95.31 ± 5.91  | 412.74 ± 16.23 | 441.65 ± 15.21 | 43.40 ± 8.31 | 54.62 ± 7.19   |
| $t$          |     | -0.962       | 7.524         | -0.140         | 9.432          | -1.268       | 7.130          |
| $P$          |     | 0.336        | <0.001        | 0.889          | <0.001         | 0.209        | <0.001         |

5. 创面愈合率比较: NPWTi + 红蓝光组 12 周创面愈合率高于对照组, 差异有统计学意义 ( $\chi^2 =$

5.208,  $P = 0.022$ ), 且累积创面愈合率高于对照组 ( $Log - rank$  检验  $\chi^2 = 4.504, P = 0.034$ , 图 1)。NPW-

Ti + 红蓝光组患者住院天数、抗生素疗程、新溃疡发生率、再感染率和再入院率均低于对照组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),详见表 4。

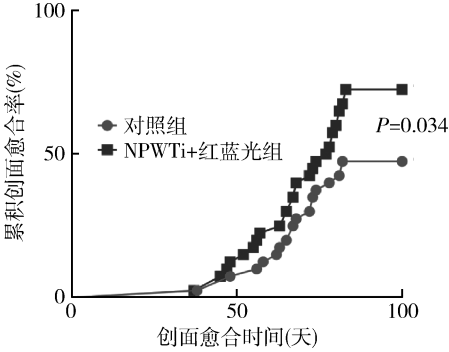


图 1 两组累积创面愈合率比较

表 4 两组创面结果比较[ $n(\%)$ ,  $\bar{x} \pm s$ ]

| 项目       | NPWTi + 红蓝光组<br>( <i>n</i> = 40) | 对照组<br>( <i>n</i> = 40) | <i>t</i> / $\chi^2$ | <i>P</i> |
|----------|----------------------------------|-------------------------|---------------------|----------|
| 手术类型     |                                  |                         | 0.457               | 0.499    |
| 切开引流     | 21(52.5)                         | 24(60.0)                |                     |          |
| 截趾       | 19(47.5)                         | 16(40.0)                |                     |          |
| 住院天数(天)  | 18.90 ± 6.62                     | 26.28 ± 14.55           | -3.478              | 0.001    |
| 抗生素疗程(天) | 28.85 ± 8.12                     | 37.30 ± 8.73            | -4.466              | <0.001   |
| 愈合例数     | 29(72.5)                         | 19(47.5)                | 5.208               | 0.022    |
| 新溃疡数     | 2(5.0)                           | 9(22.5)                 | 5.165               | 0.023    |
| 再次感染数    | 2(5.0)                           | 8(20.0)                 | 4.114               | 0.043    |
| 再次因足入院数  | 4(10.0)                          | 11(27.5)                | 4.021               | 0.045    |
| 再次手术     |                                  |                         | 4.021               | 0.045    |
| 切开引流     | 3(7.5)                           | 7(17.5)                 |                     |          |
| 截趾       | 1(2.5)                           | 4(10.0)                 |                     |          |

讨 论

DF 有较高的感染率和病死率,其治疗包括控制血糖、抗感染、减压、血运重建、手术清创和创面敷料应用,但仍有许多患者存在创面迁延不愈<sup>[8]</sup>。因此,促进 DF 创面愈合是临床研究的热点,而 NPWTi 和光子治疗已成为 DF 的辅助治疗。NPWTi 可促进 DF 愈合<sup>[9,10]</sup>;而光子治疗有助于改善 DF 创面的血液微循环,促进创面愈合<sup>[11]</sup>。然而,目前红蓝光治疗 DF 的报道较少,且鲜见联合 NPWTi 治疗 DF 的研究。

光子治疗是无损伤、高效、无不良反应的治疗技术,其冷光源和宽泛的波长为大创面的应用提供了方便。本研究采用红光的波长为  $640 \pm 10\text{nm}$ ,能作用于深层细胞,改善血液循环,提升细胞活性,进而促进创面愈合。蓝光的波长为  $460 \pm 10\text{nm}$ ,能深及到皮肤的浅表皮层,降低创面微生物感染,达到抑制创面炎症的目的,促进创面愈合。

NPWT 通过负压达到引流创面渗液,改善创面预后。与 NPWT 不同,NPWTi 增加了灌注液的输注,减少创面水肿和细菌负荷,促进血管生成和加速创面愈合。创面缺血状态为 NPWTi 治疗的相对禁忌证,因此,本研究纳入标准选择踝肱指数为  $0.7 \sim 1.2$ ,排除了中重度缺血的创面。负压滴灌治疗的国际专家共识建议,如果伤口在 NPWTi 治疗 7 天内没有任何进展,应停止使用<sup>[12]</sup>。入组患者应用 NPWTi 治疗 7 天,这是临床实践中常规应用时间。

生长因子影响血管的生成及炎症细胞的趋化,在维持创面愈合的不同阶段中起着关键作用,bFGF 在创面愈合的早期启动血管生成,而 VEGF 在肉芽组织形成过程中参与第 4 ~ 7 天的血管生成,EGF 介导胶质细胞和成纤维细胞的增殖、迁移和分化<sup>[13-16]</sup>。bFGF、VEGF 及 EGF 在糖尿病患者血清中的表达降低,导致足部创面愈合困难。本研究结果显示,治疗 7 天后,NPWTi + 红蓝光组的 bFGF、VEGF 及 EGF 水平均高于对照组,说明红蓝光治疗可提高血清生长因子水平,促进 DF 愈合,其原因可能为红蓝光刺激巨噬细胞和成纤维细胞分泌生长因子,促进肉芽再生,达到创面愈合。

ESR、CRP 及 PCT 与 DF 感染有显著相关性,其可作为 DF 感染相关截肢的预测因子<sup>[17-19]</sup>。因此,控制炎症有利于降低 DF 截肢率,加速创面愈合。而治疗 7 天后,NPWTi + 红蓝光组的 ESR、CRP 及 PCT 水平低于对照组,考虑红蓝光具有降低创面炎症的作用,其机制可能为红蓝光能杀灭创面定植菌,导致细菌对上皮细胞的破坏减少,使创面炎症减轻,进而降低血液中炎症细胞因子的数量。

感染可加重 DF,导致创面延迟闭合。出院后软组织或骨的再次感染影响了 32% ~ 50% 的患者<sup>[20]</sup>。本研究结果显示,随访 12 周,NPWTi + 红蓝光组再感染率为 5%,对照组为 20%,说明了红蓝光治疗的有效性。而在相同的随访时间内,对照组再感染率高于 Davis 等<sup>[21]</sup>的报道(20.0% vs 16.7%),考虑与患者基线资料不同有关。对照组再入院率高于 NPWTi + 红蓝光组,考虑为新溃疡和再感染导致。研究显示,负压创面治疗联合红光干预 DF,可促进愈合,但联合治疗和单独负压创面治疗的复发率相似(14.3% vs 11.8%),这与本研究结果不一致,考虑其原因可能是仅使用红光治疗,且研究对象包括病情相对较轻的 Wagner 2 级患者<sup>[22]</sup>。谢冰秀等<sup>[23]</sup>报道的负压创面治疗联合红光治疗 DF 能提高分泌物细菌培养阴性

率,缩短治疗时间,效果与本研究相似,但该研究也仅使用了红光,且未行长时间的随访,而本研究 NPWTi + 红蓝光组住院天数、抗生素应用时间少于对照组,而创面愈合率高于对照组,说明 NPWTi 联合红蓝光对 DF 是有效的,能加速 DF 愈合,其原因可能为红蓝光提高血清中生长因子的浓度,并减低了创面炎症,促进 DF 愈合。本研究存在一定的局限性,作为单中心研究,未来需要扩大样本量及延长随访时间,从而进一步证实 NPWTi 联合红蓝光对 DF 的疗效。

综上所述,NPWTi 联合红蓝光对 DF 是有效的,短期内能减轻炎症反应及增加生长因子,可缩短创面愈合时间,改善长期预后,值得在临床上推广应用。

### 参考文献

- 1 Raghav A, Khan ZA, Labala RK, *et al.* Financial burden of diabetic foot ulcers to world: a progressive topic to discuss always[J]. *Ther Adv Endocrinol Metab*, 2018, 9(1): 29–31
- 2 陈明卫, 许樟荣. 糖尿病足病: 时代在改变[J]. *中华糖尿病杂志*, 2020, 12(6): 359–363
- 3 Lazzarini PA, Pacella RE, Armstrong DG, *et al.* Diabetes-related lower extremity complications are a leading cause of the global burden of disability[J]. *Diabet Med*, 2018, 35(9): 1297–1299
- 4 Yang H, Liu L, Li G, *et al.* Growth promoting effect of vacuum sealing drainage in the healing processes of diabetic foot ulcers[J]. *Ther Clin Risk Manag*, 2021, 17: 65–71
- 5 Lavery LA, Davis KE, La Fontaine J, *et al.* Does negative pressure wound therapy with irrigation improve clinical outcomes? A randomized clinical trial in patients with diabetic foot infections[J]. *Am J Surg*, 2020, 220: 1076–1082
- 6 Han KY, Lim S. Red and near infrared light from light emitting diodes for therapeutic applications[J]. *Nanosci Nanotechnol Lett*, 2016, 8(1): 90–93
- 7 黄正有, 卫成威, 吴桂英, 等. 红蓝光交替照射治疗下肢溃疡慢性伤口的疗效研究[J]. *中国现代药物应用*, 2022, 16(4): 23–26
- 8 曾梓咏, 郭伟光, 张海丽. 不同种类敷料在糖尿病足溃疡伤口治疗中的应用[J]. *医学研究杂志*, 2021, 50(5): 157–160, 146
- 9 Borys S, Hohendorff J, Frankfurter C, *et al.* Negative pressure wound therapy use in diabetic foot syndrome – from mechanisms of action to clinical practice[J]. *Eur J Clin Invest*, 2019, 49: e13067
- 10 Zhao Y, Dai X, Sun Y, *et al.* Efficacy and clinical value of negative – pressure wound therapy with instillation (NPWTi) of compound phellodendron liquid in the treatment of diabetic foot ulcer: a prospective cohort study[J]. *Comput Math Methods Med*, 2022, 2022: 7540020
- 11 梁其国, 赵遵江, 张保德, 等. 湿性敷料联合光子治疗对糖尿病足患者创面愈合的影响[J]. *中国美容医学*, 2018, 27(8): 59–62
- 12 Kim PJ, Attinger CE, Constantine T, *et al.* Negative pressure wound therapy with instillation: International consensus guidelines update[J]. *Int Wound J*, 2020, 17: 174–186
- 13 Hsu EL, Stock SR. Growth factors, carrier materials, and bone repair[J]. *Handb Exp Pharmacol*, 2020, 262: 121–156
- 14 Zubair M, Ahmad J. Role of growth factors and cytokines in diabetic foot ulcer healing: a detailed review[J]. *Rev Endocr Metab Disord*, 2019, 20: 207–217
- 15 Dhamodharan U, Karan A, Sireesh D, *et al.* Tissue – specific role of Nrf2 in the treatment of diabetic foot ulcers during hyperbaric oxygen therapy[J]. *Free Radic Biol Med*, 2019, 138: 53–62
- 16 Zhang J, Hu W, Diao Q, *et al.* Therapeutic effect of the epidermal growth factor on diabetic foot ulcer and the underlying mechanisms[J]. *Exp Ther Med*, 2019, 17: 1643–1648
- 17 Aragón – Sánchez J, Viquez – Molina G, López – Valverde ME, *et al.* Clinical, microbiological and inflammatory markers of severe diabetic foot infections[J]. *Diabet Med*, 2021, 38: e14648
- 18 Umapathy D, Dornadula S, Rajagopalan A, *et al.* Potential of circulatory procalcitonin as a biomarker reflecting inflammation among South Indian diabetic foot ulcers[J]. *J Vasc Surg*, 2018, 67: 1283–1291, e2
- 19 Zhang WQ, Tang W, Hu SQ, *et al.* C – reactive protein and diabetic foot ulcer infections: a Meta – analysis[J]. *J Tissue Viability*, 2022, 31(3): 537–543
- 20 Lavery LA, Davis KE, La FJ, *et al.* Does negative pressure wound therapy with irrigation improve clinical outcomes? A randomized clinical trial in patients with diabetic foot infections[J]. *Am J Surg*, 2020, 220: 1076–1082
- 21 Davis KE, La Fontaine J, Farrar D, *et al.* Randomized clinical study to compare negative pressure wound therapy with simultaneous saline irrigation and traditional negative pressure wound therapy for complex foot infections[J]. *Wound Repair Regen*, 2020, 28: 97–104
- 22 Hu X, Lian W, Zhang X, *et al.* Efficacy of negative pressure wound therapy using vacuum – assisted closure combined with photon therapy for management of diabetic foot ulcers[J]. *Ther Clin Risk Manag*, 2018, 14: 2113–2118
- 23 谢冰秀, 王灶明, 谭光仲. 负压封闭引流技术联合红光治疗仪治疗糖尿病足的疗效研究[J]. *中国现代药物应用*, 2021, 15(7): 83–85

(收稿日期: 2022 – 09 – 26)

(修回日期: 2023 – 10 – 04)