

DOI:10.16781/j.0258-879x.2017.08.0987

· 论 著 ·

全身低能量光疗对重度烧伤大鼠早期全身炎症反应的影响

金 剑, 何 放, 罗鹏飞, 胡晓燕*, 夏照帆

第二军医大学长海医院烧伤科, 上海 200433

[摘要] **目的** 探讨全身低能量光疗(LLLT)对重度烧伤大鼠全身炎症反应的影响。**方法** 将50只SD大鼠随机分为空白对照组、单纯烧伤组、烧伤后单次短时光照组、烧伤后单次长时光照组和烧伤后多次短时光照组,每组10只。单次短时光照组、烧伤后单次长时光照组、烧伤后多次短时光照组大鼠在烧伤后均给予低强度LED光(640 nm)照射全身,分别照射5 min/d、15 min/d、5 min×3次/d。各组大鼠分别于造模前1 d,造模后即刻,造模后第1、3、7、14天取尾静脉血检测血清肿瘤坏死因子 α (TNF- α)、白细胞介素(IL)-1 β 、IL-6的含量,计数静脉血白细胞;并于造模后第3、7、14天测量创面面积,计算创面愈合率。**结果** 与空白对照组相比,造模后第1天时单纯烧伤组及烧伤后单次短时光照组大鼠血清TNF- α 含量升高($P<0.05$),而烧伤后单次长时光照组及烧伤后多次短时光照组分别于造模后第1、7天时升高($P<0.05$);各组大鼠血清IL-1 β 含量均在造模后第1天时下降($P<0.05$),后逐渐恢复,但恢复速度不一;单纯烧伤组及烧伤后多次短时光照组大鼠血清IL-6含量均在造模后第1天时升高($P<0.05$),后下降,但单纯烧伤组下降幅度大于烧伤后多次短时光照组,而烧伤后单次短时光照组于造模后第3天升高后下降,烧伤后单次长时光照组呈持续升高态势($P<0.05$)。单纯烧伤组及烧伤后单次长时光照组大鼠静脉血白细胞计数均于造模后第1天时升高并维持($P<0.05$),其余各组白细胞计数无明显改变。烧伤后单次短时光照组、烧伤后单次长时光照组和烧伤后多次短时光照组大鼠创面愈合率均高于单纯烧伤组($P<0.05$)。**结论** 全身LLLT可改善严重烧伤大鼠血清炎症因子TNF- α 、IL-1 β 、IL-6的含量及静脉血白细胞计数,促进创面愈合,且不同照射模式所产生的效果不一。

[关键词] 光疗法;烧伤;全身炎症反应;肿瘤坏死因子 α ;白介素1 β ;白介素6;白细胞;创面愈合率

[中图分类号] R 644 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2017)08-0987-06

Effect of systemic low-level light therapy on early systemic inflammatory response of severe burn rats

JIN Jian, HE Fang, LUO Peng-fei, HU Xiao-yan*, XIA Zhao-fan

Department of Burn Surgery, Changhai Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China

[Abstract] **Objective** To explore the effect of systemic low-level light therapy (LLLT) on early inflammatory response of severe burn rats. **Methods** Fifty SD rats were randomly divided into control group, burned model group, single short-term LLLT group, single long-term LLLT group and the repeated short-term LLLT group, with 10 rats in each group. After burning the rats in the single short-term LLLT group, the single long-term LLLT group and the repeated short-term LLLT group were treated by low-intensity LED irradiation (640 nm) for 5 min once a day, 15 min once a day and 5 min three times a day, respectively. The levels of tumor necrosis factor α (TNF- α), interleukin (IL)-1 β and IL-6 and the leukocyte count in caudal vein were determined at 1 day before modeling, immediately after modeling and on the 1st, 3rd, 7th and 14th day after modeling; and the wound area was measured on the 3rd, 7th and 14th day after modeling. The wound healing rate was calculated. **Results** Compared with the control group, the serum TNF- α levels in the burned model and single short-term LLLT groups were significantly increased on the 1st day after modeling ($P<0.05$), and the serum TNF- α levels in the single long-term LLLT group on the 1st day and the repeated short-term LLLT group on the 7th day were significantly increased ($P<0.05$); the serum IL-1 β levels were significantly decreased on the 1st day after modeling in all groups ($P<0.05$), and then gradually recovered with the varied recovery rates; the serum IL-6 levels in the burned model and the repeated short-term LLLT groups were significantly increased on the 1st day after

[收稿日期] 2017-03-04 **[接受日期]** 2017-06-10

[基金项目] 国家自然科学基金(81401596),上海市自然科学基金(13ZR1408800),第二军医大学长海医院“1255”学科建设计划(CH125540600)。Supported by National Natural Science Foundation of China (81401596), Natural Science Foundation of Shanghai (13ZR1408800), and the “1255” Discipline Construction Project of Changhai Hospital of Second Military Medical University (CH125540600).

[作者简介] 金 剑, 硕士生, 住院医师。E-mail: jinjiannavy@163.com

* 通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-31161828, E-mail: 13817194943@163.com

modeling ($P < 0.05$), then decreased; and the decrease of the burned model group was greater than that of the repeated short-term LLLT group. While the serum IL-6 level was increased on the 3rd day in the single short-term LLLT group, then decreased; and the level was significantly increased in the single long-term LLLT group ($P < 0.05$). Leukocyte counts of the burned model and the single long-term LLLT groups were significantly increased on the 1st day after modeling ($P < 0.05$), and it had no significant change in the other groups. The wound healing rate in the single short-term LLLT group, the single long-term LLLT group and the repeated short-term LLLT group was significantly higher than that in the burned model group ($P < 0.05$). **Conclusion** Systemic LLLT use can reduce the serum levels of TNF- α , IL-1 β and IL-6 and leukocyte count in caudal vein of the severe burning rats and promote wound healing, with the effects varied with different irradiation modes.

[**Key words**] phototherapy; burns; systemic inflammatory response; tumor necrosis factor- α ; interleukin-1 β ; interleukin-6; leukocytes; wound healing rate

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2017, 38(8): 987-992]

全身炎症反应是重度烧伤治疗的重点和难点。一旦发生全身炎症反应,机体将释放大量的白细胞介素(interleukin, IL)、肿瘤坏死因子(tumor necrosis factor, TNF)等炎症介质,而过度的炎症反应不但无法促进创面愈合或保护机体,甚至随着炎症反应的持续会导致机体其他系统病变,如心功能障碍、急性呼吸窘迫综合征、急性肾功能衰竭等,最终引起多器官功能障碍,甚至死亡^[1]。虽然目前如乌司他丁^[2]、血必净^[3]、连续血液净化^[4]等控制重度烧伤全身炎症反应的治疗措施已经应用于临床,但疗效甚微。

低能量光疗(low-level light therapy, LLLT)是利用单色窄谱波长为600~1 000 nm的可见光或近红外光进行照射,通过促进或增强生物体内的光化学反应而发挥多种作用的方法^[5]。已有研究证实 LLLT 可通过减少炎性渗出、促进胶原形成等作用减轻局部炎症反应,促进烧伤创面的愈合^[6]。但对于重度烧伤患者全身使用 LLLT 可否改善全身炎症反应仍缺乏相关研究。本研究通过监测严重烧伤大鼠全身使用 LLLT 后血清炎症因子 TNF- α 、IL-1 β 、IL-6 含量及静脉血白细胞计数的变化,并观察创面愈合情况,初步探索全身使用 LLLT 对重度烧伤后的全身炎症反应及创面愈合的影响。

1 材料和方法

1.1 实验动物 清洁级雄性 SD 大鼠[第二军医大学实验动物中心,生产许可证号:SCXK(沪)2012-0003] 50 只,8~10 周龄,体质量 180~220 g,适应性饲养 7 d 后用于实验。

1.2 动物分组与模型制备 将 50 只 SD 大鼠随机

分为 5 组:空白对照组、单纯烧伤组、烧伤后单次短时光照组、烧伤后单次长时光照组和烧伤后多次短时光照组,每组 10 只。所有大鼠在造模前背部备皮。空白对照组用 37 °C 水浴浸泡 15 min 的铜块接触大鼠背部 10 s;单纯烧伤组、烧伤后单次短时光照组、烧伤后单次长时光照组、烧伤后多次短时光照组用经 100 °C 水浴浸泡 15 min 的铜块接触大鼠背部 10 s,造成 30% 总体表面积(total body surface area, TBSA)的 III 度烧伤大鼠模型^[7]。烧伤后即刻按 Parkland 公式^[8]进行补液。实验动物处置方法符合实验动物伦理学标准。

1.3 光照治疗 用波长为 640 nm、能量密度为 5 J/cm² 的低强度 LED 红光进行光疗。光源位于大鼠上方 15 cm 处照射大鼠全身。实验开始前,用功率检测仪检查光疗设备^[9]。用温度计测量距离光疗设备 15 cm 处分别照射 5 min 及 15 min 后的温度,证实无明显改变。造模后,烧伤后单次短时光照组使用光疗设备照射大鼠全身 5 min,此后每天 8:00 照射 1 次;烧伤后单次长时光照组使用光疗设备照射大鼠全身 15 min,此后每天 8:00 照射 1 次;烧伤后多次短时光照组使用光疗设备照射大鼠全身 5 min,每天 3 次,分别于 8:00、16:00、24:00 进行。

1.4 指标检测 各组大鼠分别于造模前 1 d,造模后即刻及造模后第 1、3、7、14 天尾静脉取血 0.4 mL,取 0.2 mL 离心计数白细胞。另 0.2 mL 取血清,于 -80 °C 冰箱中保存备用。采用 QuickPlex SQ 120 型超敏多因子电化学发光分析仪(Meso Scale Discovery 公司)检测血清中 TNF- α 、IL-1 β 、IL-6 的含量。于造模后第 3、7、14 天分别测量大鼠残余创面面积,并计算创面愈合率,计算公式:创面

愈合率(%)=(原始创面面积-测量创面面积)/原始创面面积×100%。

1.5 统计学处理 应用 SPSS 13.0 软件进行数据分析。计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组内比较采用配对样本 *t* 检验, 组间比较采用独立样本 *t* 检验。检验水准 (α) 为 0.05。

2 结果

2.1 各组大鼠血清 TNF- α 的含量 单纯烧伤组与烧伤后单次短时光照组大鼠血清 TNF- α 含量在造模后第 1、3、7、14 天时均高于空白对照组 ($P <$

0.05); 烧伤后单次短时光照组大鼠血清 TNF- α 含量在造模后第 3、7、14 天时均低于单纯烧伤组 ($P <$ 0.05)。与空白对照组相比, 烧伤后单次长时光照组大鼠血清 TNF- α 含量在造模后第 1、3 天升高 ($P <$ 0.05), 后开始下降, 第 7、14 天时与空白对照组相比差异无统计学意义 ($P >$ 0.05)。烧伤后多次短时光照组大鼠血清 TNF- α 含量在造模后第 7、14 天时均高于空白对照组 ($P <$ 0.05); TNF- α 含量第 7 天时高于单纯烧伤组 ($P <$ 0.05), 第 14 天时含量较第 7 天下降。见表 1。

表 1 各组大鼠血清 TNF- α 含量

Tab 1 Serum TNF- α levels of rats in each group

Group	1 d before modeling	After modeling				
		Immediately	1 d	3 d	7 d	14 d
Control	3.17±0.25	3.31±0.22	3.33±0.34	3.12±0.29	3.26±0.27	3.31±0.13
Burned model	3.14±0.21	3.18±0.26	3.95±0.26*	5.52±0.11*	5.77±0.34*	6.30±0.09*
Single short-term LLLT	3.10±0.37	3.14±0.25	3.58±0.38*	3.90±0.63* Δ	4.50±0.23* Δ	4.63±0.37* Δ
Single long-term LLLT	3.32±0.30	3.21±0.28	3.72±0.14*	4.82±0.32*	3.68±0.22	3.46±0.20
Repeated short-term LLLT	3.45±0.37	3.40±0.36	3.46±0.28	3.35±0.37	8.29±0.62* Δ	5.89±0.39*

TNF- α : Tumor necrosis factor α ; LLLT: Low-level light therapy. * $P <$ 0.05 vs control group at the same time; $\Delta P <$ 0.05 vs burned model group at the same time

2.2 各组大鼠血清 IL-1 β 的含量 单纯烧伤组、烧伤后单次短时光照组及烧伤后单次长时光照组大鼠血清 IL-1 β 含量在造模后第 1 天均低于空白对照组 ($P <$ 0.05), 且在第 3 天回升, 但烧伤后单次短时光照组大鼠血清 IL-1 β 下降幅度小于单纯烧伤组且回升较快, 于造模后第 3 天与空白对照组相比差异无统计学意义 ($P >$ 0.05); 烧伤后单次长时光照组大鼠血清 IL-1 β 含量回升也快于单纯烧伤组, 于造模后第 7 天与空

白对照组相比差异无统计学意义 ($P >$ 0.05); 而单纯烧伤组于造模后第 14 天才回升至与空白对照组差异无统计学意义 ($P >$ 0.05)。烧伤后多次短时光照组大鼠血清 IL-1 β 含量在造模后第 1 天降低, 低于空白对照组 ($P <$ 0.05), 但高于单纯烧伤组 ($P <$ 0.05); 于造模后第 7 天回升并高于空白对照组 ($P <$ 0.05); 于造模后第 14 天下降, 与空白对照组相比差异无统计学意义 ($P >$ 0.05)。见表 2。

表 2 各组大鼠血清 IL-1 β 含量

Tab 2 Serum IL-1 β levels of rats in each group

Group	1 d before modeling	After modeling				
		Immediately	1 d	3 d	7 d	14 d
Control	6.98±0.86	7.09±0.78	7.20±1.37	6.91±0.87	7.26±0.52	6.95±0.68
Burned model	7.13±0.67	7.13±0.71	0.93±0.18*	1.60±0.23*	3.03±0.35*	5.95±0.93
Single short-term LLLT	6.85±0.49	6.94±0.66	3.60±0.70* Δ	6.19±1.04	6.97±0.78	7.31±1.19
Single long-term LLLT	6.53±0.55	6.51±0.38	3.58±0.21*	6.24±0.32*	7.46±0.64	6.97±0.69
Repeated short-term LLLT	6.70±0.71	6.79±0.54	4.80±0.51* Δ	4.54±0.51	11.99±1.06*	6.62±1.00

IL-1 β : Interleukin 1 β ; LLLT: Low-level light therapy. * $P <$ 0.05 vs control group at the same time; $\Delta P <$ 0.05 vs burned model group at the same time

2.3 各组大鼠血清 IL-6 的含量 单纯烧伤组及烧伤后多次短时光照组大鼠血清 IL-6 含量在造模后第 1 天均高于空白对照组 ($P < 0.05$), 后下降, 但烧伤后多次短时光照组下降幅度小于单纯烧伤组; 单纯烧伤组于第 3、7 天时与空白对照组相比差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 第 14 天时再次高于空白对照组 ($P < 0.05$), 而烧伤组多次短时光照组始终高于

空白对照组 ($P < 0.05$)。烧伤后单次短时光照组大鼠血清 IL-6 含量在造模后第 3 天时高于空白对照组 ($P < 0.05$), 后持续下降, 至第 14 天时与空白对照组相比差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。烧伤后单次长时光照组大鼠血清 IL-6 含量于造模后第 3、7、14 天均高于空白对照组 ($P < 0.05$), 呈稳定上升趋势。见表 3。

表 3 各组大鼠血清 IL-6 含量

Tab 3 Serum IL-6 levels of rats in each group

Group	1 d before modeling	After modeling				
		Immediately	1 d	3 d	7 d	14 d
Control	19.73±5.16	20.13±4.54	18.58±2.53	18.33±4.57	19.38±4.80	20.47±4.28
Burned model	18.69±3.18	18.63±2.77	49.09±1.25*	16.37±1.68	14.68±2.86	46.57±1.80*
Single short-term LLLT	17.26±2.74	17.17±2.63	16.00±2.29	34.91±2.27*	21.86±1.03*	14.60±2.47
Single long-term LLLT	17.43±2.74	16.84±2.60	32.23±3.01	41.91±4.50*	79.87±1.56*	150.33±36.93*△
Repeated short-term LLLT	17.87±3.53	18.11±2.90	64.82±14.42*△	32.15±4.81*△	30.06±2.76*	47.24±2.06*

$\rho_B / (\text{ng} \cdot \text{mL}^{-1}), n=10, \bar{x} \pm s$

IL-6; Interleukin 6; LLLT; Low-level light therapy. * $P < 0.05$ vs control group at the same time; △ $P < 0.05$ vs burned model group at the same time

2.4 各组大鼠静脉血白细胞计数 烧伤后单次短时光照组及烧伤后多次短时光照组大鼠静脉血白细胞计数在造模后无明显改变, 与空白对照组比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。单纯烧伤组大鼠静脉血白细胞计数在造模后第 1、3、7、14 天时均高于空白对照组 ($P < 0.05$), 但各时间段间比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。烧伤后单次长时光照组大鼠静脉血白细胞计数在造模后第 1 天即高于空白

对照组 ($P < 0.05$), 第 3、7 天维持在与第 1 天相似水平 ($P < 0.05$), 但在第 14 天时下降, 与空白对照组相比差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。见表 4。

2.5 各组大鼠创面愈合率比较 造模后第 3、7、14 天, 烧伤后单次短时光照组、烧伤后单次长时光照组、烧伤后多次短时光照组大鼠创面愈合率均高于单纯烧伤组 ($P < 0.05$), 但 3 组间差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。见表 5。

表 4 各组大鼠静脉血白细胞计数

Tab 4 Leukocyte count in caudal vein of rats in each group

Group	1 d before modeling	After modeling				
		Immediately	1 d	3 d	7 d	14 d
Control	8.00±2.08	8.62±2.98	7.98±1.65	7.50±1.48	8.62±1.51	8.16±2.08
Burned model	9.28±2.98	9.31±2.28	22.21±3.06*	26.47±3.05*	23.30±4.47*	20.26±3.38*
Single short-term LLLT	8.70±2.23	8.96±2.56	9.04±1.32	9.43±1.10	12.22±2.13	11.80±1.97
Single long-term LLLT	8.72±1.93	9.88±2.03	19.72±2.19*	19.00±3.36*	19.85±1.28*	4.15±2.41
Repeated short-term LLLT	8.37±1.57	9.14±1.60	9.67±1.84	9.84±1.49	11.67±2.52	11.33±1.66

($L^{-1}, \times 10^9$), $n=10, \bar{x} \pm s$

LLLT; Low-level light therapy. * $P < 0.05$ vs control group at the same time

表5 各组大鼠创面愈合率
Tab 5 Wound healing rate of rats in each group

%, $n=10$, $\bar{x}\pm s$

Group	Time after modeling		
	3 d	7 d	14 d
Burned model	18.99±1.18	44.35±4.67	63.73±0.80
Single short-term LLLT	45.04±3.15*	65.22±1.62*	82.46±1.57*
Single long-term LLLT	43.86±2.82*	56.92±1.57*	80.99±2.11*
Repeated short-term LLLT	44.73±2.97*	57.79±1.57*	81.71±1.89*

LLLT: Low-level light therapy. * $P<0.05$ vs burned model group at the same time

3 讨论

重度烧伤是一种强烈的应激源,可导致机体产生播散性炎症细胞活化、血浆中促炎介质大量激活等全身炎症反应,并主导了烧伤后主要病程的发展和多种并发症的发生。因此,重度烧伤后改善全身炎症反应是治疗的关键之一,也是临床急需解决的问题^[10]。

目前临床使用的 LLLT 设备可释放一种波长为 600~700 nm 的低强度红光,它既不是热效应,也不是激光效应,主要通过促进和增强生物体内的光化学反应发挥作用^[11]。低强度红光对人体组织的穿透力可达 30 mm 以上,其主要生物学效应为增强细胞功能、促进伤口愈合、清除氧自由基、降低血液黏度、增强血液携氧能力、调节免疫功能和减轻炎症反应。LLLT 应用于组织愈合和炎症控制已有 10 年余的历史,目前国内外对 LLLT 的研究逐渐趋向于炎症和免疫方面,且已取得一定成果,但多集中于局部照射治疗^[12]。对于严重烧伤患者,由于创面面积大,仅仅局部应用 LLLT 往往无法满足治疗需求。全身应用 LLLT 是否能影响全身炎症反应,以及是否可以改善严重烧伤患者的早期全身炎症反应,目前仍缺乏研究。

本实验通过对较大面积烧伤的大鼠全身使用不同照射模式的 LLLT,检测低强度红光全身照射对大鼠血清炎症因子 TNF- α 、IL-1 β 、IL-6 含量以及静脉血白细胞计数的影响,初步探索全身使用 LLLT 能否改善大鼠全身炎症反应,以及何种照射模式更有助于改善全身炎症反应,同时通过观察创面愈合情况,验证 LLLT 促进创面愈合的作用。实验结果显示,无论何种照射模式均能有效改善严重烧伤大

鼠的创面愈合情况,但对全身炎症反应的改善不一。每日进行 1 次较短时间(5 min)的全身照射,可以有效缓解血清 TNF- α 含量的升高及 IL-1 β 含量的降低、延迟 IL-6 高峰的出现;同时静脉血白细胞计数的升高程度有效缓解。对严重烧伤大鼠每日进行 1 次较长时间(15 min)的全身照射,可以有效缓解血清 TNF- α 含量的升高,虽缓解程度不如单次短时光照,但后期(造模后第 7、14 天)大鼠血清 TNF- α 含量仍可恢复至正常水平;血清 IL-1 β 改变与单次短时光照组相似,早期下降后快速恢复至正常水平,但血清 IL-6 含量呈现持续升高的趋势,目前尚难以解释;此外,大鼠早期静脉血白细胞计数出现升高现象,于后期(造模后第 14 天)恢复至正常水平。对严重烧伤大鼠每日进行多次较短时间(5 min, 3 d)的全身照射,血清 TNF- α 含量升高时间延迟,但未改变升高幅度,血清 IL-1 β 含量下降幅度减小并迅速回升,但升高至高于正常水平后方下降,血清 IL-6 含量在早期升高,升高幅度及持续时间均无改善;同时,静脉血白细胞计数无明显改变。本研究结果表明,单次短时光照能有效改善严重烧伤大鼠血清炎症因子 TNF- α 、IL-1 β 、IL-6 的含量变化,缓解静脉血白细胞计数的升高并促进创面愈合,而单次长时光照以及多次短时光照均无法全面改善严重烧伤大鼠血清 TNF- α 、IL-1 β 、IL-6 的含量及静脉血白细胞计数,考虑原因可能为红光照射时间过长或反复照射导致累计剂量过大,进而引起全身炎症反应在短期抑制后部分过度激活,但具体机制有待进一步研究证实。

综上,全身 LLLT 对严重烧伤大鼠血清炎症因子 TNF- α 、IL-1 β 、IL-6 的含量及静脉血白细胞计数均有一定影响,并能有效促进创面愈合,表明全身使

用 LLLT 可以改变严重烧伤大鼠的全身炎症反应,且不同照射模式可能会产生不同影响,其中单次短时光照的改善效果最为显著。但全身炎症反应极为复杂^[13],仅仅依靠血清炎症因子及静脉血白细胞计数的分析,无法准确、全面地判断全身应用 LLLT 对全身炎症反应的影响,且不同的照射模式对不同炎症因子的影响效果不一,故需进一步实验来探索全身使用 LLLT 在改善全身炎症反应中的作用,以为通过全身使用 LLLT 减轻早期血管通透性、减少渗出、减轻休克、减少补液量、减轻感染、降低严重烧伤治疗难度等烧伤的救治奠定基础,也可为严重烧伤早期寻找一种安全、有效、无创、无痛、实施性强的抗渗、抗炎的治疗方法提供新思路。全身使用 LLLT 对全身炎症反应治疗的相关研究还处于起步阶段,但寻找出一种能有效改善全身炎症反应的全身 LLLT 模式值得期待。

[参考文献]

- [1] TAO K, BAI X, JIA W, LIU Y, ZHU X, HAN J, et al. Effects of resveratrol on the treatment of inflammatory response induced by severe burn [J]. *Inflammation*, 2015, 38: 1273-1280.
- [2] 陈坤,李文放,林兆奋. 乌司他丁使用剂量和时间与严重脓毒症患者预后的关系[J]. *第二军医大学学报*, 2015, 36: 644-648.
- CHEN K, LI W F, LIN Z F. Relationship between ulinastatin administration and prognosis of patients with severe sepsis [J]. *Acad J Sec Mil Med Univ*, 2015, 36: 644-648.
- [3] 张庆洋,孙建平,王永军,张水良. 血必净对严重烧伤患者早期全身炎症反应的影响[J]. *中华烧伤杂志*, 2011, 27: 183-184.
- [4] 王锦权,刘宝,厉小梅,周彩萍,承韶晖,范恒梅,等. 连续性血液净化治疗全身性炎症反应综合征的研究[J]. *中国急救医学*, 2005, 25: 6-8.
- [5] 叶和梅,黄兴兰. 红光治疗仪治疗 78 例膝关节炎患者的效果分析[J]. *激光杂志*, 2014, 8: 119-120.
- [6] GUPTA A, KESHRI G K, YADAV A, GOLA S, CHAUHAN S, SALHAN A K, et al. Superpulsed (Ga-As, 904 nm) low-level laser therapy (LLLTT) attenuates inflammatory response and enhances healing of burn wounds[J]. *Biophotonics*, 2015, 8: 489-501.
- [7] 吴斌,田方圆,占美,徐珽. 大鼠烧伤模型构建实验的系统评价[J]. *中国循证医学杂志*, 2016, 11: 1354-1359.
- [8] HODGMAN E I, PASTOREK R A, SAEMAN M R, CRIPPS M W, BERNSTEIN I H, WOLF S E, et al. The Parkland Burn Center experience with 297 cases of child abuse from 1974 to 2010 [J]. *Burns*, 2016, 42: 1121-1127.
- [9] KOO H M, YONG M S, NA S S. The effect of low-intensity laser therapy (LILT) on cutaneous wound healing and pain relief in rats [J]. *J Phys Ther Sci*, 2015, 27: 3421-3423.
- [10] HUR J, YANG H T, CHUN W, KIM J H, SHIN S H, KANG H J, et al. Inflammatory cytokines and their prognostic ability in cases of major burn injury [J]. *Ann Lab Med*, 2015, 35: 105-110.
- [11] OIAGHI R, SOHANAKI H, GHASEMI T, KESHAVARZ F, YOUSEFIFARD M, SADEGHIPOUR H R. Role of low-intensity laser therapy on naloxone-precipitated morphine withdrawal signs in mice: is nitric oxide a possible candidate mediator? [J]. *Lasers Med Sci*, 2014, 29: 1655-1659.
- [12] SILVEIER P C, FERREIRA K B, DA ROCHA F R, PIERI B L, PEDROSO G S, DE SOUZA C T, et al. Effect of low-power laser (LPL) and light-emitting diode (LED) on inflammatory response in burn wound healing [J]. *Inflammation*, 2016, 39: 1395-1404.
- [13] 徐盛明,刘明媛,李保春. 全身炎症反应综合征和多器官功能障碍综合征的治疗进展[J]. *第二军医大学学报*, 2004, 25: 886-889.
- XU S M, LIU M Y, LI B C. Progress in treatment of systemic inflammatory response syndrome and multiple organ dysfunction syndrome [J]. *Acad J Sec Mil Med Univ*, 2004, 25: 886-889.

[本文编辑] 曾奇峰