DOI:10.16016/j.1000-5404.201512092

LED 红/蓝光照射促进创伤后慢性伤口愈合的临床研究

谢南珍[1],叶 茂[2],程红缨[1] (400038 重庆,第三军医大学护理学院基础护理学教研室[1];400042 重庆,第三军医大学大坪医院野战外科研究所创伤科[2])

[**摘要**] **目的** 研究 LED 红蓝光联合照射对创伤后引起的慢性伤口愈合的临床效果。**方法** 采用随机分层方法以伤口类型为分层将伤口分为试验组(蓝光照射+红光照射,$n=18$)和对照组(红光照射,$n=18$)。2 组伤口其他处置方案一致,规定 10 d 为 1 个疗程。治疗第 1、3、5、7、10 天分别测量每组伤口的疼痛评分、照射前后温度变化、伤口面积并计算创面缩小率与创面相对愈合速率,并观察有无创面局部和全身的不良反应。**结果** 光照射治疗 1 个疗程后,对照组和试验组的伤口面积以及伤口疼痛评分均明显减小(时间主效应 $P<0.05$),所有病例未出现伤口局部及全身的不良反应。与对照组相比,红蓝光联合照射可显著提高创面面积缩小率($P<0.001$)、创面相对愈合速率($P=0.006$)、创面愈合的疗效($P=0.010$),且更有效地减轻创面疼痛($P=0.008$)。**结论** 红蓝光联合使用比单纯红光更能有效促进伤口愈合、减轻伤口疼痛。连续干预 10 d 是安全、有效的。

[**关键词**] 慢性创面;创面愈合;LED;红光;蓝光
[**中图法分类号**] R454.2.R640.5 [**文献标志码**] A

LED red light and blue light combined irradiation promotes healing of chronic traumatic wounds: a clinical study

Xie Nanzhen[1], Ye Mao[2], Cheng Hongying[1] ([1]Department of Fundamental Nursing, College of Nursing, Third Military Medical University, Chongqing, 400038; [2]Department of Traumatology, Institute of Surgery Research, Daping Hospital, Third Military Medical University, Chongqing, 400042, China)

[**Abstract**] **Objective** To investigate the clinical effect of light-emitting diode (LED) red light and blue light combined irradiation on healing chronic traumatic wounds. **Methods** With a random stratification method based on the wound types, the 36 patients with chronic traumatic wounds admitted in Daping Hospital from June 2014 to November 2015 were divided into the control group ($n=18$) receiving red light therapy, and the experimental group ($n=18$) receiving red light and blue light combined therapy. Wounds in both groups were treated with unified disposal options except LED irradiation, and the therapy lasted for 10 d as a course. The pain scores, wound areas and temperatures before and after irradiation were measured on the 1st, 3rd, 5th, 7th and 10th days. The wound contraction ratio and wound relative healing rate were calculated. The local or systemic adverse reactions were observed. **Results** After irradiation for 1 course, the wound areas and pain scores of both groups significantly decreased and presented a significant time effect ($P<0.05$). Moreover, no local and systemic adverse reactions were observed in all cases. Compared with the control group, the red light and blue light combined irradiation significantly improved the wound contraction ratio ($P<0.001$), wound relative heating rate ($P=0.006$), and wound healing efficacy ($P=0.01$), and effectively relieved the pain of wounds ($P=0.008$). **Conclusion** Compared with the red light irradiation, the red light and blue light combined irradiation is more effective in assisting the healing and relieving the pain of chronic traumatic wounds, and 10-day irradiation therapy is safe.

[**Key words**] chronic traumatic wounds; wound healing; light-emitting diode; red light and blue light combined irradiation

Corresponding author: Cheng Hongying, E-mail: wenyi93@hotmail.com

[**通信作者**] 程红缨,E-mail: wenyi93@hotmail.com
[**优先出版**] http://www.cnki.net/kcms/detail/51.1095.R.20160309.0941.009.html(2016-03-09)

创伤是临床常见的一类损伤,创伤创面组织的修复与愈合也成为人们关注的热点。尽管目前皮肤创面的治疗方案多样,如创面清创术、压力调节、应用生长因子、特定伤口敷料等,然而创面愈合仍需要大量时间和昂贵的费用[1]。负压封闭引流技术(vacuum sealing drainage,VSD)、自体植皮术运用于创伤创面治疗已取得较好的临床效果,但 VSD 与植皮术价格昂贵,对于感染较重、多重耐药的细菌感染的创面植皮后不易存活,且对较小面积的慢性创伤创面有一定的局限性。近年来物理疗法辅助伤口治疗成为人们关注的热点。大量研究证明,波长为 600 ~ 700 nm 的红光能有效减轻伤口的疼痛、促进伤口愈合,是临床一种安全、有效的伤口辅助疗法[2];而波长为 405 ~ 470 nm 的蓝光具有广谱的抗菌作用[3-5],同时也能促进伤口愈合[6]。目前,在临床上红光疗法已经被广泛应用于各种伤口辅助治疗,而关于蓝光辅助伤口愈合的临床研究较少。本研究欲结合红光促进伤口愈合的积极作用以及蓝光的广谱杀菌作用,以红光作为对照,探讨红蓝光联合使用对创伤后慢性伤口的临床效果。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究通过医院的伦理委员会批准,并在中国临床试验中心注册,注册号为:ChiCTR-TRC-14004953。

纳入标准:患者性别不限,18 岁 ≤ 患者年龄 ≤ 75 岁。根据慢性伤口、创伤的定义以及创伤伤口分类[7]选择以下类型伤口:感染创面(手术切口感染、植皮后感染)、物理性损伤致慢性伤口(压疮、溃疡)。纳入伤口主要为 4 类:手术切口感染(A)、植皮后感染未愈合伤口(B)、压疮(C)、创伤后慢性溃疡(D)。伤口情况:伤口 >1 个月未愈合,伤口深度未伤及骨骼、神经和肌腱组织,无潜行及窦道。签署知情同意书。

排除标准:年龄 <18 岁或 >75 岁;严重的肝肾功能不全;有恶性肿瘤、免疫性疾病、糖尿病、低蛋白血症(血清白蛋白小于 30 g/L);妊娠、哺乳期妇女。排除特异性感染伤口(结核、破伤风、真菌等)、动脉溃疡、不能按规定疗程接受治疗者。

选择 2014 年 6 月至 2015 年 11 月期间符合纳入标准的患者,根据伤口类型采用分层随机法,在随机数字表中分别读取 4 组随机数字,事先规定奇数为红光组,偶数为蓝光 + 红光组。本研究共纳入 38 例,脱落 2 例(1 例出院;1 例因情绪问题中途拒绝治疗),纳入统计分析 36 例,其中男性 23 例,女性 13 例,手术切口感染 6 例,植皮后感染 5 例,创伤后慢性溃疡 21 例,压疮 4 例。

1.2 方法

1.2.1 干预方法

1.2.1.1 照射参数设定与照射方法 研究使用的红蓝光治疗仪是由深圳普门科技有限公司生产的 Carnation88 高能窄谱治疗仪,芯片集成式的 LED 光源。红光波长(640 ± 10)nm,蓝光波长(460 ± 10)nm,光斑面积 260 cm^2。照射距离为 10 cm,1 次/d,每次 20 min(试验组红光、蓝光各照 20 min)。照射环境温度设为 18 ~ 22 ℃,湿度为 50% ~ 60%。光照过程中,患者佩戴专门的护目镜以保护眼睛。

1.2.1.2 伤口处理方案 根据伤口换药原则以及伤口类型,对伤口制定统一的换药方案和流程(除物理照射干预不同外,换药及皮肤护理方案均一致)。入选伤口根据伤口情况采用机械清创加自溶性清创方法,自溶性清创统一采用水凝胶敷料。清创后伤口颜色为红色期时予以照射干预,试验组先照射蓝光然后照射红光;对照组照射红光。照射完毕后予以换药。对伤口周围皮肤采用碘伏棉球消毒,伤口创面采用生理盐水清洗,然后根据伤口的气味、渗出液多少选择敷料(泡沫敷料或者水胶体敷料)[8]。因伤口的愈合时间较长和病房住院日周转的加快,规定 10 d 为一疗程,若能继续干预则继续干预至 14、21 d。

1.2.2 评价指标与方法

1.2.2.1 伤口面积缩小率与创面相对愈合速率 每组伤口予干预的第 1、3、5、7、10 天将创面面积描印在透明膜上,进行扫描,然后用生物医学图像分析软件 Image J 测量并计算创面面积。伤口面积缩小率 =(初始面积 - 现有面积)/初始面积 ×100%。用创面相对愈合速率来表示愈合的速度,创面相对愈合速率 =(上一时间段面积 - 现有面积)/上一时段面积 ×100%。

1.2.2.2 创面愈合的疗效 参照文献[9]以及创面愈合率的高低,制定本研究的疗效标准。痊愈:创面闭合,完全上皮化;显效:创面出现新鲜的肉芽组织,分泌物减少,边缘出现粉红色的新上皮细胞,干预期间创面缩小 >60%;有效:肉芽组织暗红,20% < 创面缩小 <60%;无效:创面面积缩小缓慢,干预期间创面缩小 <20%,肉芽苍白。

1.2.2.3 伤口疼痛评分 每组伤口在干预的第 1、3、5、7、10 天采用数字评分法(NRS)评价伤口疼痛程度。0:无痛;1 ~ 3:轻度疼痛(不影响睡眠);4 ~ 6:中度疼痛;7 ~ 9:重度疼痛;10:剧痛。

1.2.2.4 伤口温度变化 每组伤口在干预的第 1、3、5、7、10 天采用红外线测温仪在伤口边缘的 3:00、6:00、9:00、12:00 钟方向以及伤口中心 5 处测量温度。伤口照射前后的温度分别取 5 处的平均值。

1.2.2.5 不良反应 观察患者照射后局部皮肤有无瘙痒、皮疹、色素沉着等不适反应;眼睛是否有干涩等不适现象。

表 1 2 组研究对象一般资料比较

组别	伤口类型(例)				合计例数	性别(例)		年龄	伤口温度	伤口面积	疼痛评分
	A	B	C	D		男	女	(岁,$\bar{x}\pm s$)	(℃,$\bar{x}\pm s$)	(cm^2,M±QR)	(分,M±QR)
试验组	4	3	1	10	18	12	6	47.39±13.27	32.45±1.44	5.78±12.58	3±1.5
对照组	2	2	3	11	18	11	7	52.89±14.0	31.98±1.45	8.01±10.61	4±1
统计量	$\chi^2=1.914$					–		$t=-1.21$	$t=0.969$	$Z=-0.348$	$Z=-1.868$
P 值	0.590					1.000		0.235	0.339	0.743	0.081

1.3 统计学方法

采用 SPSS 22.0 统计软件对试验数据进行统计分析。计数资料采用 χ^2 检验;两样本等级频数资料、不符合正态分布数据采用秩和检验;计量资料两组比较符合正态和方差齐性用 t 检验;多时段测量数据采用重复测量。

2 结果

2.1 纳入病例的资料特征

两组在伤口种类、性别、年龄、伤口温度、伤口面积、疼痛评分基线情况方面比较差异没有统计学意义(表 1)。

2.2 LED 红蓝光对创面愈合的影响

2.2.1 创面面积缩小率 用创面面积缩小率来代表创面面积缩小情况,在第 3、5、7、10 天,2 组创面面积缩小百分比差异具有统计学意义($P<0.05$),从表 2 可以看出,试验组创面面积缩小率明显高于对照组(干预主效应 $P<0.01$),表明红蓝光联合照射组较单纯红光照射能有效促进创面缩小;随着时间的变化,组内面积缩小百分比差异具有统计学意义;干预因素和时间因素之间存在交互作用。图 1 给出 2 例手术切口感染伤口(腹部)分别用红光、蓝 + 红光照射一疗程伤口变化过程。红光照射的 FDQ 在第 3、5、7、10 天的创面面积缩小百分比分别为 19.49%、38.27%、54.25%、63.51%;蓝光 + 红光照射的 LGM 在第 3、5、7、10 天的创面面积缩小百分比分别为 43.81%、70.69%、85.31%、87.16%。

表 2 2 组研究对象在干预不同时段面积缩小率的比较(%,$\bar{x}\pm s$)

组别	例数	第 3 天	第 5 天	第 7 天	第 10 天
试验组	18	28.13±13.16[a]	50.08±22.60[a]	65.09±24.64[a]	73.90±22.46[a]
对照组	18	14.85±6.33	26.92±8.48	40.78±9.51	52.38±11.98

2 组比较干预主效应 $F=16.21$,$P=0.000$;时间主效应 $F=269.28$,$P=0.000$;交互效应 $F=5.127$,$P=0.03$;a:$P<0.05$,与对照组比较

2.2.2 创面相对愈合速率 用创面相对愈合速率来代表创面面积缩小的速度,表 3 表明,整体比较,试验组较对照组愈合速度快;随着时间的变化,愈合速度无统计学差异;时间因素与干预因素没有交互作用。比较单个时间点,2 组之间第 3、5、7 天的愈合速度差异具有统计学意义(P 值分别为 0.004、0.003、0.031),而第 10 天 2 组的愈合速度差异没有统计学意义($P=0.094$)。

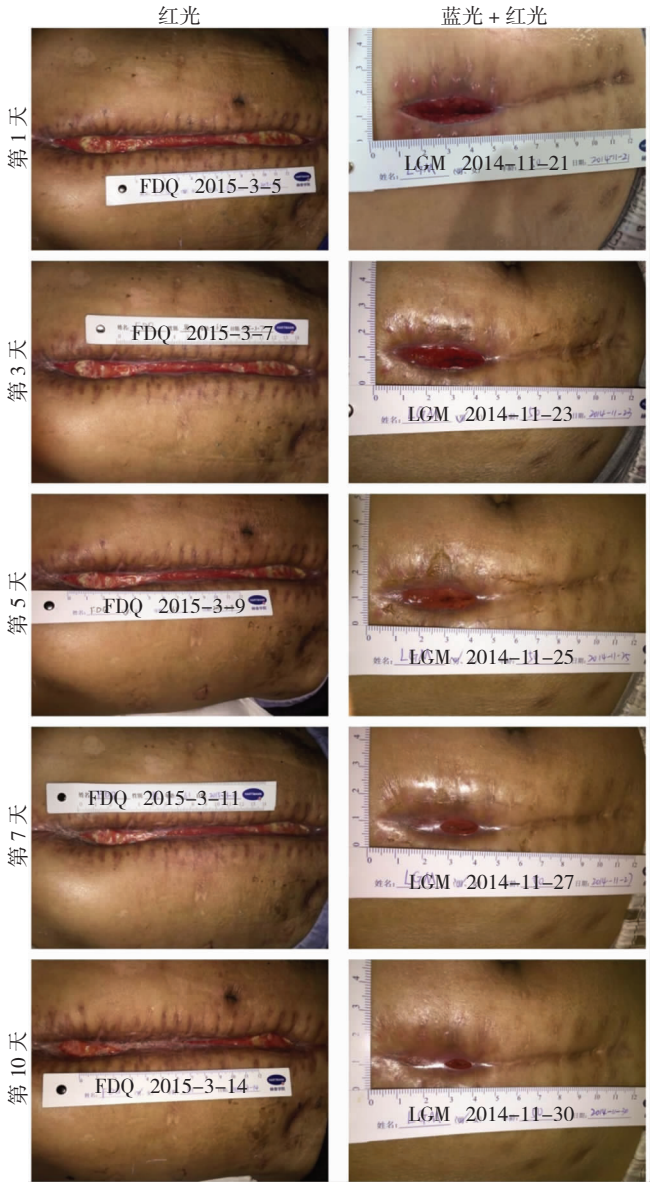


图 1 2 例手术切口感染伤口(腹部)分别用红光、蓝 + 红光照射 1 个疗程的伤口变化过程

2.2.3 创面愈合的疗效 以疗效等级:痊愈、显效、有效、无效来比较 2 组创面愈合的疗效,经秩和检验,$Z=-2.574$,$P=0.010$,2 组创面愈合疗效间比较差异有统计学意义($P<0.05$,表 4)。试验组明显优于对照组。

表3 2组研究对象在干预不同时段创面相对愈合速率比较(%,$\bar{x}\pm s$)

组别	例数	第3天	第5天	第7天	第10天
试验组	18	24.76±11.45[a]	25.47±13.00[a]	30.54±19.92[a]	32.83±28.47
对照组	18	14.85±6.33	14.28±5.81	19.10±7.34	20.44±10.05

2组比较干预主效应 $F=8.808$,$P=0.006$;时间主效应 $F=3.521$,$P=0.07$;交互效应 $F=0.077$,$P=0.784$;a:$P<0.05$,与对照组比较

表4 2组研究对象创面愈合的疗效比较[例(%)]

组别	例数	痊愈	显效	有效	无效
试验组	18	4(22.2)	8(44.4)	6(33.3)	0
对照组	18	0(0.0)	5(27.8)	13(72.2)	0
统计量			$Z=-2.574$		
P			0.010		

2.3 对疼痛的影响

2组伤口疼痛评分比较,试验组共18例,有1例痛感缺失,对照组共18例,有2例痛感缺失。2组比较干预主效应 $F=7.898$,$P=0.008$,说明干预因素间差异有统计学意义,红光联合蓝光组能有效减轻患者的疼痛;时间主效应 $F=145.85$,$P=0.000$,说明随着治疗次数的增加,疼痛评分明显下降。比较单个时间点,2组之间在第3、5、7、10天差异有统计学意义(P值分别为0.017、0.029、0.002、0.036),而在第1天的疼痛评分基线差异无统计学意义($P>0.05$)。详细数据见表5。

表5 2组研究对象创面疼痛评分比较(分,$\bar{x}\pm s$)

组别	例数	第1天	第3天	第5天	第7天	第10天
试验组	17	3.12±0.86	2.41±0.87[a]	1.82±0.95[a]	1.18±0.81[a]	0.82±0.81[a]
对照组	16	3.63±0.72	3.06±0.57	2.44±0.51	1.94±0.44	1.38±0.62

2组比较干预主效应 $F=7.898$,$P=0.008$;时间主效应 $F=145.85$,$P=0.000$;交互效应 $F=0.424$,$P=0.791$;a:$P<0.05$,与对照组比较

2.4 对伤口体表温度的影响

2组伤口体表温度变化比较,试验组与对照组在提升伤口温度方面没有统计学差异(干预主效应 $P=0.532$),但各组创面体表温度在照射前后比较差异均具有统计学意义($P<0.01$,表6)。

2.5 安全性评价

在干预期间,所有病例未出现伤口局部及全身的不良反应。

3 讨论

光疗法属于物理治疗的一种,红光促进创面愈合的机制主要是通过其光化学效应发挥作用,研究显示红光可以刺激细胞增殖[10]、促进释放生长因子[11]、抑制炎症反应[12]、促进胶原沉积[13]等,从而加速伤口愈合。临床上红光疗法具有操作方便、安全、治疗费用低等特点,在各种急慢性伤口中的治疗已获得较为广泛的研究与应用。涉及的伤口类型主要包括:手术切口、烧伤及烫伤、糖尿病创面、难愈性溃疡创面以及其他特殊伤口等。本研究前期对红光疗法用于伤口治疗的文献做了系统评价[14],Meta分析结果表明红光疗法是伤口愈合的有利因素,而且能缩短伤口愈合时间。

伤口细菌的定值和感染是影响伤口愈合的重要因素之一,尤其是随着对抗生素产生耐药的细菌不断增加,寻找特定情景下的抗生素替代疗法具有重大意义。Maclean等[5]的研究发现蓝光能杀灭革兰阳性和革兰阴性菌。蓝光已经广泛应用于痤疮和新生儿黄疸的治疗。研究表明[15]:波长410~425 nm的蓝光能杀灭痤疮丙酸杆菌,对痤疮效果显著。Ganz等[16]和Lembo等[17]的研究发现:将蓝光通过特定装置放入胃内能有效杀灭胃炎患者胃中的幽门螺旋杆菌。

在动物伤口模型中,Dai等[18]的研究发现蓝光能杀灭烧伤小鼠创面中的铜绿假单胞菌,且对皮肤不会造成损伤。Zhang等[19]研究发现415 nm波长的蓝光能全部杀灭小鼠Ⅲ度烧伤创面中的鲍曼不动杆菌。Adamskaya等[6]研究显示波长470 nm的LED蓝光能促进大鼠切割伤的愈合,促进伤口上皮爬行。临床研究中,万睿等[20]采用波长465 nm的蓝光对11例MRSA(耐药金黄色葡萄球菌)感染的难愈性创面患者进行照射,结果11例患者创面均完全愈合。

红蓝光联合照射其目的就是结合红光对伤口的促愈作用和蓝光的杀菌作用。本研究采用随机对照、单盲的方法,观测红蓝光联合应用对创伤后慢性创面的影响。结果显示红蓝光联合照射(试验组)在干预的不同时间段创面面积缩小率明显高于单纯红光照射(对照组)(干预主效应 $P<0.001$);比较2组愈合的疗效($P=0.01$):试验组愈合4例,8例显效,6例有效;而对照组5例显效,11例有效,2组均没有无效例

表6 2组研究对象在干预不同时段伤口温度变化的比较(℃,$\bar{x}\pm s$)

组别	例数	第3天		第7天		第10天	
		照射前	照射后	照射前	照射后	照射前	照射后
试验组	18	32.48±1.27	33.79±1.36[a]	32.71±1.13	33.89±0.98[a]	32.39±0.85	33.53±0.77[a]
对照组	18	31.94±1.36	33.12±1.49[a]	31.97±1.24	33.23±1.31[a]	31.78±1.03	33.03±1.02[a]

2组比较干预主效应 $F=0.400$,$P=0.532$;时间主效应 $F=1.095$,$P=0.362$;交互效应 $F=1.96$,$P=0.105$;a:$P<0.05$,与照射前比较

数(有效率100%)。这些结果提示红蓝光联合组较单纯红光组能有效促进伤口愈合。同时,计算并比较2组创面相对愈合速率,结果显示干预主效应 $F=8.808$, $P=0.006$,提示相同时间间隔内红蓝联合照射能加快伤口的愈合速度;2组之间在第3、5、7天的相对愈合速度具有统计学差异,而第10天没有统计学差异。伤口的愈合过程分为炎性期、增生期、上皮形成期,而阻碍伤口愈合的一个重要因素就是伤口细菌的严重定植和感染。试验组在第3、5、7天的相对愈合速度快,可推测与蓝光的杀菌与抑菌效果有关,而在干预的第10天创面的细菌基本控制,2组之间不再存在统计学差异。

慢性伤口往往伴有不同程度的疼痛。本研究还发现红蓝光联合应用较单纯红光在减轻疼痛方面差异具有统计学意义,这同样可能与蓝光的杀菌与抑菌作用有关。细菌的严重定值和伤口感染引起伤口的炎症反应,从而引起或加重伤口的疼痛,而蓝光的杀菌与抑菌作用能控制创面的炎症反应从而减轻疼痛。

1979年,Lock证实了保持创面局部温度接近或恒定在正常的37 ℃时,细胞的有丝分裂速度增加108%。文献[8]报道,伤口愈合的理想温度为30~33 ℃。本研究结果显示试验组与对照组在照射后均能有效提升伤口的温度(表6),使照射后温度维持在30~34 ℃间,为创面的愈合创造一个良好的温度环境。

本研究尚存在一些局限:如因经费原因未对干预前后做细菌培养;未监测肝肾功、血常规等指标的变化情况;因住院周转率快,进行干预的时间有限,疗程短;同一类型的伤口数量少。面对如今耐药菌的不断增加,蓝光用于治疗感染性疾病具有广阔的临床应用前景,其对伤口的杀菌效果和促愈作用,还值得进一步研究。

参考文献:

[1] Harding K G, Morris H L, Patel G K. Science, medicine and the future: healing chronic wounds[J]. BMJ, 2002, 324(7330): 160-163. DOI: 10.1136/bmj.324.7330.160

[2] 刘健,方庆伟,郑捷新,等. 全身红光治疗对烧伤创面愈合的有效性和安全性评价[J]. 中国医疗器械杂志, 2010, 34(4): 293-296. DOI: 10.3969/j.isnn.1671-7104.2010.04.016

[3] Feuerstein O, Ginsburg I, Dayan E, *et al*. Mechanism of visible light phototoxicity on Porphyromonas gingivalis and Fusobacterium nucleatum[J]. Photochem Photobiol, 2005, 81(5): 1186-1189. DOI: 10.1562/2005-04-06-RA-477

[4] Lipovsky A, Nitzan Y, Gedanken A, *et al*. Visible light-induced killing of bacteria as a function of wavelength: implication for wound healing[J]. Lasers Surg Med, 2010, 42(6): 467-472. DOI: 10.1002/lsm.20948

[5] Maclean M, MacGregor S J, Anderson J G, *et al*. Inactivation of bacterial pathogens following exposure to light from a 405-nanometer light-emitting diode array[J]. Appl Environ Microbiol, 2009, 75(7): 1932-1937. DOI: 10.1128/AEM.01892-08

[6] Adamskaya N, Dungel P, Mittermayr R, *et al*. Light therapy by blue LED improves wound healing in an excision model in rats[J]. Injury, 2011, 42(9): 917-921.

[7] 宁宁,廖灯彬,刘春娟. 临床伤口护理[M]. 北京:科学出版社, 2013: 14, 142-143.

[8] 蒋琪霞,李晓华,周昕,等. 红光和红外线辅助治疗创伤性伤口减痛促愈效果观察[J]. 护理学杂志, 2012, 27(22): 19-22. DOI: 10.3870/hlxzz.2012.22.019

[9] 邱学文,王甲汉,杨磊,等. rhGM-CSF凝胶对烧伤后残余创面愈合的影响[J]. 解放军医学杂志, 2011, 36(8): 817-820.

[10] Schindl A, Merwald H, Schindl L, *et al*. Direct stimulatory effect of low-intensity 670 nm laser irradiation on human endothelial cell proliferation[J]. Br J Dermatol, 2003, 148(2): 334-336. DOI: 10.1046/j.1365-2133.2003.05070.x

[11] 贾丹兵,朱宇,刘珊,等. 红光照射对创伤愈合的影响[J]. 第四军医大学学报, 2008, 29(13): 1195-1197.

[12] 杨雅丽,郑宝森,李清敏,等. 红光治疗对大鼠局部损伤组织中细胞因子IL-1β和PGE2的影响[J]. 中国疼痛医学杂志, 2012, 18(2): 108-112. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9852.2012.02.013

[13] Reddy G K, Stehno-Bittel L, Enwemeka C S. Laser photostimulation accelerates wound healing in diabetic rats[J]. Wound Repair Regen, 2001, 9(3): 248-255. DOI: 10.1046/j.1524-475x.2001.00248.x

[14] 谢南珍,王太武,程红缨. 红光辅助伤口治疗效果的meta分析[J]. 创伤外科杂志, 2016, 18(4): 217-222.

[15] Wheeland R G, Dhawan S. Evaluation of self-treatment of mild-to-moderate facial acne with a blue light treatment system[J]. J Drugs Dermatol, 2011, 10(6): 596-602.

[16] Ganz R A, Viveiros J, Ahmad A, *et al*. Helicobacter pylori in patients can be killed by visible light[J]. Lasers Surg Med, 2005, 36(4): 260-265. DOI: 10.1002/lsm.20161

[17] Lembo A J, Ganz R A, Sheth S, *et al*. Treatment of Helicobacter pylori infection with intra-gastric violet light phototherapy: a pilot clinical trial[J]. Lasers Surg Med, 2009, 41(5): 337-344. DOI: 10.1002/lsm.20770

[18] Dai T, Gupta A, Huang Y, *et al*. Blue light rescues mice from potentially fatal Pseudomonas aeruginosa burn infection: efficacy, safety, and mechanism of action[J]. Antimicrob Agents Chemother, 2013, 57(3): 1238-1245. DOI: 10.1128/AAC.01652-12

[19] Zhang Y, Zhu Y, Gupta A, *et al*. Antimicrobial blue light therapy for multidrug-resistant Acinetobacter baumannii infection in a mouse burn model: implications for prophylaxis and treatment of combat-related wound infections[J]. J Infect Dis, 2014, 209(12): 1963-1971. DOI: 10.1093/infdis/jit842

[20] 万睿,庞星原,欧阳山蓓,等. LED蓝光照射治疗MRSA感染创面的临床研究[J]. 中国美容医学, 2014, 23(7): 554-555.

(**收稿**:2015-12-15;**修回**:2016-02-05)

(编辑 张 维)