

· 专家论坛 ·

本文亮点:

简要论述瘢痕形成各阶段的光电管理策略,提出本团队在创面愈合、瘢痕早期、增生性瘢痕及挛缩性瘢痕阶段针对性的光电管理经验及建议。



瘢痕光电治疗之我见

章一新 李洁

上海交通大学医学院附属第九人民医院整复外科,上海 200011

通信作者:章一新,Email:zhangyixin6688@163.com

【摘要】 瘢痕是皮肤真皮深层损伤后不可避免发展出的问题。对不同阶段瘢痕选择合适的光电治疗手段是瘢痕管理的重要环节,可以缩短急性炎症期,加快瘢痕成熟及消退,改善瘢痕外观及功能,并减轻相关不适症状。该文基于本团队的实践经验及目前文献,提供在创面愈合、瘢痕早期、增生性瘢痕及挛缩性瘢痕阶段针对性的光电管理方案,以期为瘢痕的标准化光电治疗方案制订提供参考。

【关键词】 瘢痕; 光疗法; 激光; 强脉冲光疗法

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(82172222); 2019年度上海市领军人才计划; 上海申康医院发展中心三年行动计划(SHDC2020CR2045B); 上海交通大学医学院附属第九人民医院临床研究助推计划(JYLJ027)

Opinion on the photoelectric therapy of scars

Zhang Yixin, Li Jie

Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200011, China

Corresponding author: Zhang Yixin, Email: zhangyixin6688@163.com

【Abstract】 Scars are problems that inevitably develop after deep dermal injury in the skin. Selecting appropriate photoelectric therapy for scars at different stages is an important part of scar management, which can shorten the acute inflammatory phase, accelerate scar maturation and regression, improve scar appearance and function, and reduce associated discomfort. Based on our team's practical experience and the current literature, this paper provides targeted photoelectric management protocols in the stages of wound healing, early scarring, hypertrophic scarring, and contracture scarring, with the

aim of providing a reference for the development of standardized photoelectric therapy protocols for scars.

【Key words】 Cicatrix; Phototherapy; Lasers; Intense pulsed light therapy

Fund program: General Program of National Natural Science Foundation of China (82172222); 2019 Shanghai Leading Talents Program; The Three-year Action Plan of Shanghai Hospital Development Center (SHDC2020CR2045B); Clinical Research Program of Shanghai Ninth People's Hospital of Shanghai Jiao Tong University School of Medicine (JYLJ027)

瘢痕是皮肤真皮深层损伤不可避免产生的问题。除了浅表创伤,大部分创伤均发展为肉眼可见的瘢痕。针对中国人群的研究显示,91.4%的深度烧伤创面和44.6%的手术切口愈合后产生增生性瘢痕^[1]。增生性瘢痕的特征是增生期血流灌注显著高于正常皮肤,局部慢性炎症反应及增生的毛细血管导致局部皮肤存在持续性红斑^[2]。对不同阶段瘢痕选择合适的治疗手段,可以缩短急性炎症期,加快瘢痕成熟及消退,改善外观及功能,减轻相关不适症状,是瘢痕管理的重要环节。

近年来,光电技术发展迅速,成为瘢痕防治的一线治疗手段之一,但目前对不同阶段的瘢痕治疗缺乏针对性的方案或意见。本文总结光电技术在创面愈合及瘢痕形成各阶段的应用方案,提供本团队光电管理瘢痕的经验,以期为瘢痕的标准化光电治疗方案制订提供参考。

DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20220821-00353

本文引用格式:章一新,李洁.瘢痕光电治疗之我见[J].中华烧伤与创面修复杂志,2023,39(6):501-506. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20220821-00353.

Zhang YX, Li J. Opinion on the photoelectric therapy of scars[J]. Chin J Burns Wounds, 2023, 39(6): 501-506. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20220821-00353.



1 创面愈合阶段的光电干预

创面愈合是机体应对组织损伤的复杂生理过程,包括相互重叠的3个阶段,止血/炎症阶段、细胞增殖阶段和重塑阶段。本团队主张在急性创面的早期进行干预,可以选择的手段主要包括波长600~1 000 nm红光或近红外光、强脉冲光及点阵激光。创面愈合过程中的光电使用一般要更谨慎地选择参数以避免过度的热损伤。

波长600~1 000 nm的红光或近红外光可以通过光生物学调节机制作用于组织,促进血管生成和细胞增殖,改善毛细血管通透性及局部代谢环境,加速创面愈合以减轻瘢痕形成。红光或近红外光治疗中常用的波长为650、660及810 nm。低能量强脉冲光治疗也被观察到可以改善组织血液灌注。研究者使用低能量强脉冲光照射鼠背岛状皮瓣,2周后组织学观察可见明显的血管扩张^[3]。前述作用的原因可能包括:(1)强脉冲光的电磁特性可以改善组织的血流灌注;(2)低能量强脉冲光治疗产生热休克蛋白(HSP),可以减轻组织缺血引起的微血管损伤。研究者进一步认为,这在一定程度上提示低能量的强脉冲光可能可以促进创面愈合。

低能量点阵二氧化碳激光(能量30~50 mJ,覆盖率5%)可以产生相较传统机械清创术更好的清创及促愈效果^[4]。研究显示,低能量点阵二氧化碳激光照射糖尿病鼠背部创面,可以通过增加创面愈合过程中VEGF、碱性FGF和TGF- β 等细胞因子的表达量,促进创面愈合,从而减轻瘢痕形成^[5]。Du等^[6]将激光干预创面修复的时间提前到术中,在面部手术切口缝合前使用点阵二氧化碳激光,改善了患者术后瘢痕的平整度。目前也有报道术前使用光电手段预处理患者拟手术部位的皮肤,从而起到预防术后瘢痕增生的效果。Karmisholt等^[7]通过随机对照试验(RCT)对比了不同时间、不同能量下的1 540 nm点阵铒玻璃激光干预患者皮肤活体组织检查术后瘢痕的疗效,结果显示低到中等能量的激光,在手术前1 d或创面愈合的炎症期(术后0~4 d)干预,可以获得更好的瘢痕外观。Friedman等^[8]使用1 540 nm点阵铒玻璃激光在术前24 h对患者拟行脂肪瘤切除术的切口部位皮肤进行激光干预,术后6个月观察到较空白组有更好的整体瘢痕外观。其主要原理在于非剥脱性点阵激光(NALFL)治疗后引起组织内HSP-70增加,且在激光照射后24 h达到峰值。HSP-70通过应激保护作用增加局部细胞

增殖活性,减少创面局部细胞凋亡,从而促进术后创面愈合。但目前这部分报道病例少,临床证据等级低,尚需更多大样本前瞻性临床及机制研究。

2 瘢痕早期的光电干预

2.1 光电干预方案

对于平坦的未成熟瘢痕,血管靶向光电治疗是首选的治疗手段。脉冲染料激光(PDL)、强脉冲光和可变脉宽倍频掺钕钇铝石榴石激光(Nd:YAG激光)是目前预防红斑性瘢痕增生常用的光电治疗方法。其中PDL最常用,这是由较多的文献支持、机器的实用性及临床医师对其参数的熟悉程度等因素决定的。585、595 nm PDL目前在瘢痕治疗中效果无明显差异^[9]。

2009年,强脉冲光被用于治疗乳腺癌术后放射治疗引起的皮肤毛细血管扩张,可以产生50%以上的红斑清除率^[10]。研究显示,在胸腹部手术后早期线性瘢痕增生的预防中,强脉冲光和PDL疗效相似且强脉冲光治疗后更少出现紫癜反应^[11]。预防瘢痕增生需要多次规律的光电治疗。研究者使用强脉冲光于拆线后即刻开始干预腹部手术后瘢痕,结果显示1次治疗后干预组与空白对照组无明显差异($P>0.05$),每2次治疗间隔4~6周的2或3次治疗后,观察到治疗组患者的瘢痕外观显著改善^[12]。窄谱强脉冲光(DPL,波长500~600 nm)作为强脉冲光的一种,也被应用于早期瘢痕的预防中。Su等^[13]使用DPL干预患者皮肤肿物切除术后瘢痕,结果显示,与空白对照组相比,DPL可以加速瘢痕血管消退,增加瘢痕平整度,但从术后6个月的长期随访结果来看,与空白对照组相比,瘢痕总体外观差异无统计学意义($P>0.05$)。一项对照研究显示,2种血管靶向激光(1 064 nm Nd:YAG激光与585 nm PDL)联合应用于患者皮肤肿物切除术后线性瘢痕的早期预防,在色素、血管、弹性及厚度方面均较空白对照组有明显改善^[14]。

点阵激光对早期瘢痕增生也有良好的预防效果,主要包括剥脱性点阵激光(AFL)如二氧化碳激光及NALFL如1 550、1 540 nm铒玻璃激光^[15-16]。对于患者手术后线性瘢痕,AFL与NALFL对瘢痕的总体外观改善效果相似,但是AFL的主要效果在于降低瘢痕硬度,而NALFL的优势在于对色素沉着的改善^[17]。点阵二氧化碳激光被用于治疗植皮后3~8周的早期瘢痕,可以显著改善皮片平整度和色素

情况^[18]。对伤后 3 个月内的急性烧伤瘢痕,早期使用点阵二氧化碳激光可以显著减少瘢痕形成^[19]。NAFL 与血管激光联合使用,也可以显著改善患者手术瘢痕预后,包括瘢痕厚度、硬度及红斑情况^[20]。

2.2 开始干预时间

瘢痕早期干预需要尽早开始。早期瘢痕治疗中使用复合激光,建议更谨慎选择治疗参数,包括较低的能量、密度、光斑等^[21]。

术后或烧伤后 1 个月内,是开始点阵激光治疗的理想时间。Chi 等^[22]通过一项单盲 RCT 对比了点阵二氧化碳激光于术后 1、3、6 个月开始干预唇裂手术瘢痕的疗效,结果显示术后 1 个月开始治疗可获得最明显的外观改善。Tan 等^[23]回顾了 221 例采用点阵激光治疗的烧伤后增生性瘢痕患者的疗效,对比了伤后 1 个月内、1~3 个月、3~6 个月、6~12 个月及 >12 个月开始激光干预的临床疗效,结果显示虽然所有时间段开始治疗都可以观察到瘢痕外观的改善,但伤后 1 个月内烧伤瘢痕改善最明显,是患者开始干预的最佳时间段。

3 增生性瘢痕的光电干预

3.1 外观改善方案

本团队认为,联合应用原则是改善增生性瘢痕外观及症状最有效的光电治疗方案,主要包括多种光电手段的联合及光电与药物的联合应用。对于小的增生性瘢痕,使用单一激光可以取得较好疗效;对于面积较大的肥厚性瘢痕,血管靶向光电治疗和点阵激光的联合应用效果更好^[24]。当联合使用时,血管靶向激光一般首先使用,以避免其他的干预措施导致的治疗区域反应性红斑、水肿及渗出。注意安全治疗需要避免过度的热损伤,使用多种激光联合时,应适当降低血管靶向光电设备治疗能量,缩小光斑直径,减少光斑重叠,点阵激光的参数应该选择高能量低密度。一般 2 次治疗间隔为 2~3 个月,共进行 3~6 次治疗可以取得令人满意的结果。另外,不是所有瘢痕都适合在一次治疗中使用多种激光,这主要取决于创面愈合质量、表皮屏障功能、瘢痕的厚度、炎症情况及皮肤类型等。

PDL 和点阵二氧化碳激光的联合应用较二者单独使用能产生更好的治疗效果。Chen 等^[25]使用 PDL 联合点阵二氧化碳激光干预兔耳增生性瘢痕,证明联合组较单一激光组 VEGF 的表达量降低,微血管数量减少,胶原排列更有序。强脉冲光和点阵

二氧化碳激光联合应用被报道是目前较有效的红色增生性瘢痕管理手段之一^[26]。研究者认为 DPL 联合点阵二氧化碳激光治疗增生性瘢痕,可以降低增生性瘢痕患者血清中 III 型前胶原氨基端肽、VEGF、TGF- β 等蛋白表达量,改善瘢痕外观,减轻瘙痒等不适^[27]。强脉冲光和射频的联合使用也被证明对治疗增生性瘢痕有效^[28]。Elmelegy^[29]在患者手部烧伤后增生性瘢痕治疗中使用 E-light 复合光电手段,根据患者肤色选择 530、650 或 580 nm 的滤波片,采用强脉冲光联合射频治疗,随访 1 年显示,其中 58.9% 的患者取得了极佳的治疗效果。

光电与药物联合也是目前增生性瘢痕的常用治疗手段。PDL 联合平阳霉素被报道可以用于治疗痤疮后引起的红色增生性瘢痕,可以减少瘢痕中 TGF- β 含量,增加骨形态发生蛋白 7 的表达,改善瘢痕厚度及柔软度^[30]。AFL 更常与药物联合,用于激光辅助药物递送(LADD)。LADD 可以减轻药物注射时的疼痛,且 AFL 治疗后使用的外用药物可以产生与皮内注射药物相似的治疗效果^[31]。AFL 的参数及物理化学性质都将影响药物递送量、速率及生物分布^[32]。Park 等^[33]采用 2 940 nm 点阵钕激光进行全瘢痕扫描,激光扫描后一半瘢痕皮内注射类固醇,另一半瘢痕外用质量分数 0.25% 的去羟米松软膏,3 次治疗后随访 18 周,结果显示所有瘢痕外观均较治疗前改善,但差异无统计学意义($P>0.05$)。在点阵二氧化碳激光联合曲安奈德治疗增生性瘢痕的过程中,有研究者认为治疗顺序影响其结果。先进行二氧化碳激光治疗,再进行曲安奈德注射,可以减少治疗次数,降低不良反应发生率,从而取得更佳的治疗效果^[34]。

3.2 症状改善方案

疼痛和瘙痒是红色增生性瘢痕的主要症状。光电治疗在增生性瘢痕疼痛及瘙痒改善中发挥重要作用,可作为一线治疗方案^[35]。血管靶向光电设备是首选,其次是点阵激光配合药物导入,可选的药物包括皮质类固醇、5-氟尿嘧啶、 γ -氨基丁酸类药物、抗组胺药和非甾体抗炎药。

瘢痕疼痛及瘙痒的产生与瘢痕炎症反应及增生性瘢痕中血管的增殖有关^[36]。有研究者认为,病理情况下,痒觉感受器阈值降低,轻微刺激即可引起 C 类神经纤维兴奋,通过神经递质的释放,作用于自身或周围的神经末梢感受器,产生痒觉。神经递质包括 P 物质、降钙素基因相关肽、神经肽 Y 和

血管活性肠肽等,其中 P 物质能作用于肥大细胞,引起脱颗粒释放组胺,继续产生多级神经传导,引起痒觉^[37-38]。自 20 世纪 PDL 首次被报道用于治疗烧伤后的红斑性瘢痕以来,因其封闭血管功能,研究者们注意到血管激光治疗对疼痛和瘙痒的改善,并将这些改善情况纳入患者与观察者瘢痕评估量表的患者评分部分,创造了一种标准化的患者对疼痛和瘙痒进行主观评估的方法,也是承认了这些症状改善情况的重要性^[34]。

近年来的研究除了关注血管靶向光电治疗外,更侧重于 AFL 在增生性瘢痕症状改善中的作用。有研究对比了 DPL 联合点阵二氧化碳激光与单独使用 DPL 治疗患者大面积烧伤后增生性瘢痕的效果,认为联合疗法改善瘙痒的效果优于单独使用 DPL^[37]。Lv 等^[36]进一步证实了,点阵二氧化碳激光在瘢痕瘙痒及疼痛治疗中的效果,每 2 次治疗间隔 4~12 周,共 2 次或 3 次的点阵二氧化碳激光治疗,显著降低了大面积烧伤后增生性瘢痕患者的疼痛和瘙痒程度,改善了患者睡眠质量。激光也可与药物联合使用,用于改善增生性瘢痕症状。点阵二氧化碳激光联合皮质醇^[39],脉冲 Nd:YAG 激光联合西替利嗪^[40]等疗法都被证明可有效改善瘢痕症状。

4 挛缩性瘢痕的光电干预

挛缩性瘢痕患者中,外观和功能缺陷同时存在。关节部位的瘢痕挛缩影响关节功能,非关节部位的挛缩形成皱缩的瘢痕外观。点阵二氧化碳激光的三维网状松解方案是本团队提出治疗挛缩性瘢痕,改善其外观及功能的有效方案。其主要包括 2 个步骤:(1)治疗前通过皮肤超声检查评估瘢痕厚度;(2)激光穿透至真皮深层(>50% 瘢痕厚度)。2019 年本团队通过 11 例关节挛缩患者的回顾性研究,认为该方案可以实现约 19.1° 的关节活动度改善^[41]。

2021 年本团队在三维网状松解方案的基础上提出一种点阵二氧化碳激光的双层扫描法,这一方案包括 2 个深度的点阵激光治疗。(1)深层-低密度:激光穿透至真皮深层(50%~75% 瘢痕厚度),搭配 1%~5% 的覆盖率,用于深层挛缩的松解;(2)浅层-高密度:激光穿透至真皮与表皮交界或真皮浅层(<25% 瘢痕厚度),搭配 5%~10% 的覆盖率,用于浅层瘢痕剥脱。本团队通过杜洛克猪背部挛缩性瘢痕模型对比了这种双层扫描法与单层扫描法的

有效性、安全性,证明双层扫描法可以在一次治疗中同时实现深层挛缩的松解及表面不平整褶皱的剥脱,即同时实现功能和外观的改善,是一种有效的挛缩性瘢痕激光治疗方案^[42]。

点阵激光的参数设置将直接决定其治疗效果。过去的研究常建议将激光的参数定为一个实际的数值范围,这带来 2 个问题:(1)对不同厚度及挛缩程度可能导致不同的治疗结果的瘢痕,采用一样的激光参数限制了激光疗效的发挥。(2)不同品牌的商业机器参数设置不同,使得各参数间无法转换和等效,降低了治疗方案推广的普适性。因此,激光对瘢痕的穿透百分比应该是更重要的标准化参数。Issler-Fisher 等^[43]回顾了采用点阵激光治疗 158 例患者烧伤后增生性瘢痕的参数及疗效,认为 51%~75% 的穿透百分比能够达到最佳的瘢痕厚度改善效果。本团队借助杜洛克猪植皮后的挛缩性瘢痕模型,证实相似总能量下,点阵二氧化碳激光不同能量及密度组合所产生的疗效具有显著差异。高能量低密度激光治疗主要作用为松解挛缩,改善瘢痕质地,降低瘢痕组织中 I/III 型胶原比,改善全层胶原排列;低能量高密度激光则产生更平整的瘢痕外观,主要是对瘢痕表面凸起高度在 1 mm 以内小皱缩的改善^[41]。

5 小结

总的来说,在瘢痕的防治中,光电治疗主要包括在创面愈合阶段、瘢痕早期阶段、增生性瘢痕及挛缩性瘢痕的治疗中进行应用。目前研究的局限性在于,着重进行临床效果的观察,相对缺乏对光电治疗瘢痕的分子机制研究。本文总结光电技术在创面愈合及瘢痕形成各阶段的应用方案,提供本团队光电管理瘢痕的经验及建议,以期成为瘢痕的标准化光电治疗方案制订提供参考。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Lewis WH, Sun KK. Hypertrophic scar: a genetic hypothesis [J]. Burns, 1990, 16(3): 176-178. DOI: 10.1016/0305-4179(90)90033-s.
- [2] Ogawa R, Akaishi S. Endothelial dysfunction may play a key role in keloid and hypertrophic scar pathogenesis - keloids and hypertrophic scars may be vascular disorders [J]. Med Hypotheses, 2016, 96: 51-60. DOI: 10.1016/j.mehy.2016.09.024.
- [3] Cao Minh T, Xuan Hai D, Thi Ngoc P. Effects of intense pulsed light on tissue vascularity and wound healing: a study with mouse island skin flap model [J]. Plast Surg Int,

- 2015;2015:429367. DOI: 10.1155/2015/429367.
- [4] Phillips TJ, Morton LM, Uebelhoefer NS, et al. Ablative fractional carbon dioxide laser in the treatment of chronic, posttraumatic, lower-extremity ulcers in elderly patients [J]. *JAMA Dermatol*, 2015, 151(8): 868-871. DOI:10.1001/jamadermatol.2015.0645.
- [5] Lee HN, Bae JM, Goo BC L, et al. Promotion of wound healing through low-fluence ablative fractional laser treatment in diabetic mice[J]. *Lasers Med Sci*, 2019, 34(2): 421-425. DOI:10.1007/s10103-018-2559-9.
- [6] Du FY, Yu YS, Zhou ZQ, et al. Early treatment using fractional CO₂ laser before skin suture during scar revision surgery in Asians[J]. *J Cosmet Laser Ther*, 2018, 20(2): 102-105. DOI: 10.1080/14764172.2017.1358452.
- [7] Karmisholt KE, Wenande E, Thaysen-Petersen D, et al. Early intervention with non-ablative fractional laser to improve cutaneous scarring- a randomized controlled trial on the impact of intervention time and fluence levels[J]. *Lasers Surg Med*, 2018, 50(1): 28-36. DOI: 10.1002/lsm.22707.
- [8] Friedman O, Gofstein D, Arad E, et al. Laser pretreatment for the attenuation of planned surgical scars: a randomized self-controlled hemi-scar pilot study[J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2020, 73(5): 893-898. DOI:10.1016/j.bjps.2019.11.046.
- [9] Cai YJ, Zeng XF, Ying JY, et al. Efficacy and safety of pulsed dye laser for the treatment of surgical scars: a systematic review and meta-analysis[J]. *Lasers Med Sci*, 2022, 37(2): 1273-1282. DOI: 10.1007/s10103-021-03385-z.
- [10] Nymann P, Hedelund L, Haedersdal M. Intense pulsed light vs. long-pulsed dye laser treatment of telangiectasia after radiotherapy for breast cancer: a randomized split-lesion trial of two different treatments[J]. *Br J Dermatol*, 2009, 160(6): 1237-1241. DOI: 10.1111/j.1365-2133.2009.09104.x.
- [11] Bellew SG, Weiss MA, Weiss RA. Comparison of intense pulsed light to 595-nm long-pulsed pulsed dye laser for treatment of hypertrophic surgical scars: a pilot study[J]. *J Drugs Dermatol*, 2005, 4(4):448-452.
- [12] Kim JC, Kang SY, Kim HO, et al. Efficacy of combined treatment with intense pulsed light and fractional erbium: YAG Laser in scar prevention: a randomized split wound trial[J]. *Dermatol Ther*, 2021, 34(5): e15061. DOI:10.1111/dth.15061.
- [13] Su Q, Wang F, Chai Y, et al. A prospective study on the treatment of immediate post-operative scar with narrowband intense pulsed light under polarized dermoscopy[J]. *J Cosmet Laser Ther*, 2021, 23(5/6): 137-141. DOI: 10.1080/14764172.2021.2016844.
- [14] Vas K, Gaál M, Varga E, et al. Effects of the combined PDL/Nd:YAG laser on surgical scars: vascularity and collagen changes evaluated by in vivo confocal microscopy[J]. *Biomed Res Int*, 2014, 2014:204532. DOI: 10.1155/2014/204532.
- [15] Karmisholt KE, Banzhaf CA, Glud M, et al. Laser treatments in early wound healing improve scar appearance: a randomized split-wound trial with nonablative fractional laser exposures vs. untreated controls[J]. *Br J Dermatol*, 2018, 179(6):1307-1314. DOI: 10.1111/bjd.17076.
- [16] Verhaeghe E, Ongenaes K, Dierckxsens L, et al. Nonablative fractional laser resurfacing for the treatment of scars and grafts after Mohs micrographic surgery: a randomized controlled trial[J]. *J Eur Acad Dermatol Venereol*, 2013, 27(8):997-1002. DOI: 10.1111/j.1468-3083.2012.04639.x.
- [17] Shin JU, Gantsetseg D, Jung JY, et al. Comparison of non-ablative and ablative fractional laser treatments in a postoperative scar study[J]. *Lasers Surg Med*, 2014, 46(10): 741-749. DOI: 10.1002/lsm.22297.
- [18] Datz E, Schönberger C, Zeman F, et al. Fractional carbon dioxide laser resurfacing of skin grafts: long-term results of a prospective, randomized, split-scar, evaluator-blinded study[J]. *Lasers Surg Med*, 2018, 50(10): 1010-1016. DOI: 10.1002/lsm.22950.
- [19] Waibel JS, Gianatasio C, Rudnick A. Randomized, controlled early intervention of dynamic mode fractional ablative CO₂ laser on acute burn injuries for prevention of pathological scarring[J]. *Lasers Surg Med*, 2020, 52(2): 117-124. DOI: 10.1002/lsm.23170.
- [20] Kang BY, Ibrahim SA, Weil A, et al. Treatment of surgical scars with combination pulsed dye and fractional nonablative laser: a randomized controlled trial[J]. *Ann Surg*, 2022, 276(6): 975-980. DOI:10.1097/sla.00000000000005377.
- [21] 中国整形美容协会瘢痕医学分会. 瘢痕早期治疗全国专家共识(2020版)[J]. *中华烧伤杂志*, 2021, 37(2):113-125. DOI: 10.3760/cma.j.cn501120-20200609-00300.
- [22] Chi HS, Zhao XR, Shen LY, et al. Optimal timing of fractional CO₂ laser on cleft lip scars: a single-blind randomized controlled cohort study[J]. *Dermatol Surg*, 2023, 49(2): 145-148. DOI:10.1097/dss.00000000000003688.
- [23] Tan JL, Zhou JY, Huang L, et al. Hypertrophic scar improvement by early intervention with ablative fractional carbon dioxide laser treatment[J]. *Lasers Surg Med*, 2021, 53(4): 450-457. DOI:10.1002/lsm.23301.
- [24] Fu XJ, Dong JY, Wang S, et al. Advances in the treatment of traumatic scars with laser, intense pulsed light, radiofrequency, and ultrasound[J/OL]. *Burns Trauma*, 2019, 7:1[2022-08-21]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30723753/>. DOI: 10.1186/s41038-018-0141-0.
- [25] Chen HY, Lei Y, OuYang HW, et al. Experimental comparative study of the effect of fractional CO₂ laser combined with pulsed dye laser versus each laser alone on the treatment of hypertrophic scar of rabbit ears[J]. *J Cosmet Dermatol*, 2022, 21(3):979-990. DOI: 10.1111/jocd.14732.
- [26] Liu XJ, Liu WH, Fang SW, et al. Lasers and intense pulsed light for the treatment of pathological scars: a network meta-analysis[J]. *Aesthet Surg J*, 2022, 42(11): NP675-NP687. DOI:10.1093/asj/sjac175.
- [27] 彭君强, 罗斌, 何国, 等. 窄谱强脉冲光+点阵 CO₂ 激光治疗增生性瘢痕患者的近期随访研究 [J]. *中国医疗美容*, 2020, 10(8):64-68. DOI:10.19593/j.issn.2095-0721.2020.08.016.
- [28] 郭琪格, 王琴, 严敏, 等. 2 940 纳米点阵铒激光联合点阵微等离子体射频治疗面部萎缩性痤疮疤痕的前瞻性随机对照研究 [J]. *中华烧伤与创面修复杂志*, 2023, 39(6): 512-517. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20230116-00018.
- [29] Elmelegy NG. Hypertrophic scars of the hand: the role of electrophotobiomodulation theory as a recent line of treatment[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2023, 151(2): 375-383. DOI:10.1097/prs.00000000000009962.
- [30] Guo R, Xuan WX, He X, et al. Clinical efficacy and safety of pulsed dye laser combined with pingyangmycin on

hyperplastic scar after acne[J]. *Mediators Inflamm*, 2022, 2022: 3305107. DOI:10.1155/2022/3305107.

[31] Muskat A, Kost Y, Balazic E, et al. Laser-assisted drug delivery in the treatment of scars, rhytids, and melasma: a comprehensive review of the literature[J]. *Aesthet Surg J*, 2023, 43(3): NP181- NP198. DOI:10.1093/asj/sjac286.

[32] Haedersdal M, Erlendsson AM, Paasch U, et al. Translational medicine in the field of ablative fractional laser (AFXL)-assisted drug delivery: a critical review from basics to current clinical status[J]. *J Am Acad Dermatol*, 2016, 74(5):981-1004. DOI:10.1016/j.jaad.2015.12.008.

[33] Park JH, Chun JY, Lee JH. Laser-assisted topical corticosteroid delivery for the treatment of keloids[J]. *Lasers Med Sci*, 2017, 32(3): 601-608. DOI: 10.1007/s10103-017-2154-5.

[34] Zhang JF, He ZQ, Tang YJ, et al. CO₂ fractional laser combined with triamcinolone acetonide injection for the hypertrophic scars: which is first?[J]. *Lasers Med Sci*, 2022, 38(1):7. DOI: 10.1007/s10103-022-03693-y.

[35] Seago M, Shumaker PR, Spring LK, et al. Laser treatment of traumatic scars and contractures: 2020 international consensus recommendations[J]. *Lasers Surg Med*, 2020, 52(2): 96-116. DOI:10.1002/lsm.23201.

[36] Lv KY, Liu HZ, Xu HT, et al. Ablative fractional CO₂ laser surgery improving sleep quality, pain and pruritus in adult hypertrophic scar patients: a prospective cohort study [J/OL]. *Burns Trauma*, 2021, 9: tkab023[2022-08-21]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34322556/>. DOI: 10.1093/burnst/tkab023.

[37] 张逸秋,董继英,王琴,等. 窄谱强脉冲光联合点阵二氧化碳激光治疗增生性瘢痕瘙痒的临床效果[J]. *中华烧伤杂志*,2018, 34(9):608-614. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2018.09.010.

[38] Ständer S, Steinhoff M, Schmelz M, et al. Neurophysiology of pruritus: cutaneous elicitation of itch[J]. *Arch Dermatol*, 2003,139(11):1463-1470. DOI: 10.1001/archderm.139.11.1463.

[39] Manuskiatti W, Kaewkes A, Yan C, et al. Hypertrophic scar outcomes in fractional laser monotherapy versus fractional laser-assisted topical corticosteroid delivery: a randomized clinical trial[J]. *Acta Derm Venereol*, 2021, 101(3): adv00416. DOI:10.2340/00015555-3781.

[40] Ebid AA, Ibrahim AR, Omar MT, et al. Long-term effects of pulsed high-intensity laser therapy in the treatment of post-burn pruritus: a double-blind, placebo-controlled, randomized study[J]. *Lasers Med Sci*, 2017,32(3):693-701. DOI: 10.1007/s10103-017-2172-3.

[41] Xi WJ, Xie YX, Zhang Z, et al. 3D mesh releasing method: a retrospective analysis of fractional CO₂ treatment on contracture scars[J]. *Lasers Surg Med*, 2021, 53(2): 227-235. DOI:10.1002/lsm.23262.

[42] Li J, Ng SK, Xi WJ, et al. Efficacy and safety of a dual-scan protocol for carbon dioxide laser in the treatment of split-thickness skin graft contraction in a red Duroc pig model[J/OL]. *Burns Trauma*, 2021,9:tkab048[2022-08-21]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34988232/>. DOI: 10.1093/burnst/tkab048.

[43] Issler-Fisher AC, Fisher OM, Haertsch P, et al. Ablative fractional resurfacing with laser-facilitated steroid delivery for burn scar management: does the depth of laser penetration matter? [J]. *Lasers Surg Med*, 2020, 52(2): 149-158. DOI: 10.1002/lsm.23166.

(收稿日期:2022-08-21)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

本刊可直接使用英文缩写的常用词汇

已被公知公认的缩略语如 ATP、CT、DNA、HBsAg、Ig、mRNA、PCR、RNA,可不加注释直接使用。对本刊常用的以下词汇,也允许在正文中图表以外处直接使用英文缩写(按首字母排序)。

脱细胞真皮基质(ADM)	重症监护病房(ICU)	动脉血氧分压(PaO ₂)
丙氨酸转氨酶(ALT)	白细胞介素(IL)	磷酸盐缓冲液(PBS)
急性呼吸窘迫综合征(ARDS)	角质形成细胞(KC)	反转录-聚合酶链反应(RT-PCR)
天冬氨酸转氨酶(AST)	半数致死烧伤面积(LA50)	全身炎症反应综合征(SIRS)
集落形成单位(CFU)	内毒素/脂多糖(LPS)	超氧化物歧化酶(SOD)
细胞外基质(ECM)	丝裂原活化蛋白激酶(MAPK)	动脉血氧饱和度(SaO ₂)
表皮生长因子(EGF)	最低抑菌浓度(MIC)	体表总面积(TBSA)
酶联免疫吸附测定(ELISA)	多器官功能障碍综合征(MODS)	转化生长因子(TGF)
成纤维细胞(Fb)	多器官功能衰竭(MOF)	辅助性T淋巴细胞(Th)
成纤维细胞生长因子(FGF)	一氧化氮合酶(NOS)	肿瘤坏死因子(TNF)
3-磷酸甘油醛脱氢酶(GAPDH)	负压伤口疗法(NPWT)	血管内皮生长因子(VEGF)
苏木精-伊红(HE)	动脉血二氧化碳分压(PaCO ₂)	负压封闭引流(VSD)

本刊编辑委员会