

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4949.2026.03.025

# 超脉冲二氧化碳点阵激光联合强脉冲光对深Ⅱ度烧伤后 瘢痕情况的影响

代宇飞

(遵义市第一人民医院烧伤整形外科, 贵州 遵义 563000)

**[摘要]**目的 探究超脉冲二氧化碳点阵激光与强脉冲光联合应用对深Ⅱ度烧伤后瘢痕情况的影响。方法 选取2022年1月-2024年10月遵义市第一人民医院烧伤整形外科收治的100例深Ⅱ度烧伤后瘢痕患者,根据治疗方式不同分为A组、B组,各50例。A组采用强脉冲光治疗,B组在A组基础上联合超脉冲二氧化碳点阵激光治疗,比较两组瘢痕情况、瘢痕客观体征改善情况、瘢痕主观感受。结果 两组治疗后瘢痕厚度、柔软度、血管分布评分均低于治疗前,且B组低于A组( $P<0.05$ );两组治疗后OSAS评分均低于治疗前,且B组低于A组( $P<0.05$ );两组治疗后PSAS评分均低于治疗前,且B组低于A组( $P<0.05$ )。结论 在深Ⅱ度烧伤后瘢痕患者中开展超脉冲二氧化碳点阵激光联合强脉冲光治疗,能更有效减轻瘢痕,有利于促进瘢痕客观体征及患者瘢痕主观感受改善,值得临床应用。

**[关键词]** 瘢痕;超脉冲二氧化碳点阵激光;深Ⅱ度烧伤;强脉冲光

**[中图分类号]** R619+6

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1004-4949(2026)03-0098-04

## Effect of Ultra-pulsed Carbon Dioxide Fractional Laser Combined with Intense Pulsed Light on Scar Condition After Deep Second-Degree Burn

DAI Yufei

(Department of Burn and Plastic Surgery, the First People's Hospital of Zunyi, Zunyi 563000, Guizhou, China)

**[Abstract]****Objective** To explore the effect of combined application of ultra-pulsed carbon dioxide fractional laser and intense pulsed light on scar condition after deep second-degree burn. **Methods** A total of 100 patients with scar after deep second-degree burn admitted to the Department of Burn and Plastic Surgery, the First People's Hospital of Zunyi from January 2022 to October 2024 were selected, and they were divided into group A and group B according to different treatment methods, with 50 patients in each group. Group A was treated with intense pulsed light, and group B was treated with ultra-pulsed carbon dioxide fractional laser on the basis of group A. The scar condition, improvement of objective scar signs and subjective scar feelings were compared between the two groups. **Results** After treatment, the scores of scar thickness, softness and vascular distribution in the two groups were lower than those before treatment, and those in group B were lower than those in group A ( $P<0.05$ ). The OSAS score of the two groups after treatment was lower than that before treatment, and that of group B was lower than that of group A ( $P<0.05$ ). The PSAS score of the two groups after treatment was lower than that before treatment, and that of group B was lower than that of group A ( $P<0.05$ ). **Conclusion** The application of ultra-pulsed carbon dioxide fractional laser combined with intense pulsed light in patients with scar after deep second-degree burn can more effectively reduce scar, promote the improvement of objective scar signs and patients' subjective scar feelings, which is worthy of clinical application.

**[Key words]** Scar; Ultra-pulsed carbon dioxide fractional laser; Deep second-degree burn; Intense pulsed light

深Ⅱ度烧伤(deep second-degree burn)是临床上较为常见且具有较高致残率的一类皮肤软组织损伤,其主要病理特征为真皮乳头层与部分网状层的热损伤,进而出现皮肤屏障结构严重破

坏、炎症因子级联释放等一系列病理生理改变，并最终可逐渐发展为瘢痕<sup>[1]</sup>。随着光学医学技术的持续发展，激光与光子治疗已成为最为重要的临床治疗手段。强脉冲光是一种宽谱非相干光，具有较强的透皮能力，能通过选择性光热作用抑制血管增生，改善异常色素沉着，从而在一定程度上改善瘢痕外观<sup>[2]</sup>。但随着其在临床上的广泛应用，局限性也开始凸显，尤其是其对深部纤维组织重塑能力有限，因此对隆起明显的肥厚型瘢痕改善不显著<sup>[3]</sup>。近年来，超脉冲二氧化碳点阵激光作为一种微波脱类激光技术，因其能够促进表皮更新与真皮胶原重塑，逐渐应用于瘢痕修复中，且取得了较为良好的成效<sup>[4]</sup>。强脉冲光主要通过选择性光热作用改善瘢痕局部血管增生与异常色素沉着，超脉冲二氧化碳点阵激光可作用于瘢痕深层组织，促进胶原降解与重排，两者作用机制互补，在治疗深Ⅱ度烧伤后瘢痕方面具有良好的联合应用基础与可行性。基于此，本研究旨在进一步分析超脉冲二氧化碳点阵激光联合强脉冲光对深Ⅱ度烧伤后瘢痕评分的影响，现报道如下。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2022年1月-2024年10月遵义市第一人民医院烧伤整形外科收治的100例深Ⅱ度烧伤后瘢痕患者，根据治疗方式不同分为A组、B组，各50例。A组男23例，女27例；年龄26~55岁，平均年龄 $(37.45 \pm 5.34)$ 岁；瘢痕面积 $18.02 \sim 37.26 \text{ cm}^2$ ，平均面积瘢痕 $(29.41 \pm 4.58) \text{ cm}^2$ 。B组男21例，女29例；年龄23~58岁，平均年龄 $(36.98 \pm 5.06)$ 岁；瘢痕面积 $18.63 \sim 36.42 \text{ cm}^2$ ，平均瘢痕面积 $(28.63 \pm 4.35) \text{ cm}^2$ 。两组性别、年龄、瘢痕面积比较，差异无统计学意义 $(P > 0.05)$ ，研究可比。患者均签署知情同意书。

1.2 纳入与排除标准 纳入标准：深Ⅱ度烧伤面积为1%~10% TBSA；认知功能正常；年龄 $> 18$ 岁。排除标准：存在严重感染者；合并结核等传染性疾病；妊娠期或哺乳期女性；长期应用皮质类固醇激素等药物治疗者。

### 1.3 方法

1.3.1 A组 给予强脉冲光治疗：首次强脉冲光治疗在烧伤创面愈合后2~4周开展，随后每4周开展1次，共治疗3次。采取强脉冲光治疗仪（广西由莱医疗科技有限公司，桂械注准20242090357，型号：UI04A）进行，在开展

治疗前，协助患者取合适体位，对术区进行常规清洁后，涂抹1~2 cm厚的冷凝胶，并进行局部光斑测试，具体参数设置为观察到患者扩张的毛细血管颜色变浅或转为暗红色，随后开展强脉冲光治疗。强脉冲光初始参数设置：脉宽10~12 ms，能量 $15 \sim 18 \text{ J/cm}^2$ ，再对每个光斑进行逐步照射治疗后，对于皮损较为严重的部位，于10 min后，再进行1次照射，根据情况将能量递增或递减 $1 \sim 2 \text{ J/cm}^2$ 。照射结束后，观察患者是否出现异常情况，并对照射部位进行冷敷，在患者主观表示无灼痛感后，结束本次治疗，并进行相关的健康宣教。

1.3.2 B组 给予超脉冲二氧化碳点阵激光治疗：在3次强脉冲光治疗后（治疗方法与对照组一致）1个月开展超脉冲二氧化碳点阵激光治疗，共治疗3次，每次治疗间隔3个月。选取GP900A超脉冲二氧化碳点阵激光治疗仪（深圳市吉斯迪科技有限公司，国械注准20173094627），设置波长为 $10\ 600 \text{ nm}$ ，光斑直径为 $1.2 \text{ mm}$ 。在开展治疗前，应当根据患者耐受情况及个人选择，进行局部或全身麻醉，待麻醉生效后，对皮肤进行清洁消毒。选择Deep FX模式或Scaar FX模式进行，在必要时，可在此基础上进一步应用Active FX模式。治疗结束后，在治疗部位涂抹丙酸氟替卡松乳膏，每3~4 h使用1次，连续使用3 d后改用重组牛碱性成纤维细胞生长因子凝胶外涂，每3~4 h使用1次，直至痂皮自然脱落时停药。

### 1.4 观察指标

1.4.1 评估两组瘢痕情况 治疗前后采用温哥华瘢痕量表（VSS）<sup>[5]</sup>评估，包括瘢痕柔软度（0~5分）、色泽（0~2分）、厚度（0~3分）、血管分布（0~3分），各项得分越高表示瘢痕程度越重、改善情况越差。

1.4.2 评估两组瘢痕客观体征改善情况 治疗前采用观察者瘢痕评估量表（OSAS）<sup>[6]</sup>由主治医师对患者开展评估，其涉及血管分布、表面积等7个维度，满分为70分，得分与瘢痕客观体征改善情况呈负相关。

1.4.3 评估两组瘢痕主观感受 治疗前后采用患者瘢痕评估量表（PSAS）<sup>[6]</sup>由患者对自身瘢痕改善情况进行评估，其涉及疼痛、颜色等7个维度，满分为70分，得分与瘢痕主观感受改善情况负相关。

1.5 统计学方法 采用SPSS 25.0统计学软件进行数据分析，计数资料以 $[n (\%)]$ 表示，行 $\chi^2$ 检验；计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示，行 $t$ 检验； $P < 0.05$ 表示



差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 两组瘢痕情况比较 两组治疗后瘢痕厚度、柔软度、血管分布评分均低于治疗前，且B组低于A组 ( $P < 0.05$ )，见表1。

2.2 两组瘢痕客观体征改善情况比较 两组治疗后OSAS评分均低于治疗前，且B组低于A组 ( $P < 0.05$ )，见表2。

2.3 两组瘢痕主观感受比较 两组治疗后PSAS评分均低于治疗前，且B组低于A组 ( $P < 0.05$ )，见表3。

表1 两组瘢痕情况比较 ( $\bar{x} \pm s$ , 分)

组别	n	色泽		厚度		柔软度		血管分布	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
B组	50	1.53 ± 0.24	0.75 ± 0.14*	1.86 ± 0.31	0.71 ± 0.18*	1.82 ± 0.24	0.81 ± 0.13*	1.74 ± 0.21	0.75 ± 0.14*
A组	50	1.57 ± 0.21	1.03 ± 0.28*	1.92 ± 0.36	1.06 ± 0.24*	1.87 ± 0.26	1.13 ± 0.18*	1.78 ± 0.25	1.06 ± 0.22*
t		0.887	6.325	0.893	8.250	0.999	10.191	0.866	8.406
P		0.377	0.183	0.374	0.000	0.320	0.000	0.388	0.000

注：与同组治疗前比较，\* $P < 0.05$ 。

表2 两组瘢痕客观体征改善情况比较 ( $\bar{x} \pm s$ , 分)

组别	n	治疗前	治疗后
B组	50	35.16 ± 3.24	20.36 ± 2.36*
A组	50	35.42 ± 3.61	27.14 ± 2.52*
t		0.379	13.886
P		0.706	0.000

注：与同组治疗前比较，\* $P < 0.05$ 。

表3 两组瘢痕主观感受比较 ( $\bar{x} \pm s$ , 分)

组别	n	治疗前	治疗后
B组	50	36.05 ± 3.84	15.69 ± 2.17*
A组	50	35.78 ± 3.69	24.13 ± 1.45*
t		0.358	22.867
P		0.721	0.000

注：与同组治疗前比较，\* $P < 0.05$ 。

## 3 讨论

在创面修复过程中，由于通常伴有肉芽组织过度增生与胶原纤维排列紊乱、持续炎症反应等因素存在，可使得创面极易演变为增生性瘢痕或瘢痕疙瘩，不仅可能会造成永久性功能障碍，还会对患者心理健康造成严重影响<sup>[7, 8]</sup>。因此，如何在创伤愈合后早期对瘢痕进行有效干预，以改善瘢痕外观与功能，提高患者外部形象，是当下烧伤整形修复领域的重要研究方向。目前，强脉冲光作为烧伤后瘢痕非侵入性治疗的重要手段之一，已在临床中得到较为广泛的应用。强脉冲光主要通过选择性光热作用改善瘢痕局部血管增生与异常色素沉着，促进微循环重建，在减轻瘢痕红斑、改善色泽方面具有一定优势，但单纯强脉冲光治疗对瘢痕深层组织的作用有限，对瘢痕厚度、质地及弹性等结构性改变的改善效果相对不足，尤其是对

于隆起明显或质地较硬的烧伤后瘢痕，疗效仍存在一定局限性。近年来，有研究<sup>[9]</sup>尝试将强脉冲光与能够促进真皮胶原重塑的超脉冲二氧化碳点阵激光联合应用，以此实现对瘢痕浅表外观与深层结构的同步干预。

本研究中，B组治疗后OSAS、PSAS评分均低于A组 ( $P < 0.05$ )；B组治疗后瘢痕厚度、柔软度、血管分布评分低于A组 ( $P < 0.05$ )，这直观反映出联合治疗能够更有效减轻烧伤后瘢痕严重程度，并改善患者主观感受，从而有助于提高患者自信心和心理状态，减少因瘢痕所引发的社会心理负担加重，并提升长期生活质量。分析原因，强脉冲光主要是通过将光能转化为热能后，作用于皮肤的浅表血管来促进血液循环，并改善局部微循环，从而可增加皮肤细胞供氧量，促进皮肤细胞新陈代谢与修复，最终起到改善瘢痕质量与外观的作用；另外，强脉冲

光的宽光谱能量可深入皮肤，对瘢痕组织中过多的色素沉着进行分解，使得其与周围正常皮肤之间的差异性减小，改善外观状况<sup>[10, 11]</sup>。超脉冲二氧化碳点阵激光发射的激光能量可在极短时间内对瘢痕组织迅速加热，这种骤然的温度升高可引起瘢痕组织热损伤，进而激活皮肤修复机制，如纤维母细胞受到刺激时能够激活胶原蛋白的合成与重排过程，使得旧有胶原降解，而新生成的胶原纤维更加均匀且富有弹性，从而能够改善瘢痕厚度与表面光滑度，降低凸起感和僵硬感<sup>[12, 13]</sup>；另外，超脉冲二氧化碳点阵激光的穿透深度可达4 mm，既能诱导深层重塑，又不额外制造新的瘢痕<sup>[14]</sup>。因此，当二者联合应用后，强脉冲光能通过血液循环、减少色素沉着等来改善瘢痕外观和功能，超脉冲二氧化碳点阵激光则能通过深沉成热效应促使瘢痕结构重塑，进而改善瘢痕厚度、硬度与弹性，二者共同作用下，极大减轻瘢痕严重程度<sup>[15-17]</sup>。

综上所述，在深Ⅱ度烧伤后瘢痕患者中开展超脉冲二氧化碳点阵激光联合强脉冲光治疗，能更有效减轻瘢痕，有利于促进瘢痕客观体征及患者瘢痕主观感受改善，值得临床应用。

#### 【参考文献】

- [1]周晓倩,蔡芳,钟莉.功能部位整形术在深Ⅱ度烧伤后瘢痕畸形修复患者中的应用效果[J].中国美容医学,2021,30(6):43-46.
- [2]顾逸飞,范佳芸,王晓云,等.强脉冲光治疗早期面部线状瘢痕的随机自身对照研究[J].中华整形外科杂志,2025,41(3):223-230.
- [3]刘彩霞,陈文琦,陈奕鹤,等.强脉冲光联合得宝松局部注射治疗瘢痕疙瘩的疗效观察[J].中国美容医学,2025,34(1):117-120.
- [4]母焜宇,陈星阳,孔豫苏.超脉冲点阵CO<sub>2</sub>激光联合强脉冲光治疗增生性瘢痕疗效观察[J].中国美容医学,2025,34(7):111-115.
- [5]van der Wal MB,Verhaegen PD,Middelkoop E,et al.A clinimetric overview of scar assessment scales[J].J Burn Care Res,2012,33(2):e79-87.
- [6]Draaijers LJ,Tempelman FR,Botman YA,et al.The patient and observer scar assessment scale:a reliable and feasible tool for scar evaluation[J].Plast Reconstr Surg,2004,113(7):1960-1965.
- [7]李明鸣,刘林峰,武海龙,等.超脉冲二氧化碳点阵激光微孔透皮导入醋酸曲安奈德治疗早期增生性瘢痕的效果观察[J].中华整形外科杂志,2021,37(6):612-618.
- [8]吴小李,杨荣汇,康雨田,等.Plasma等离子束联合强脉冲光治疗面部烧伤瘢痕的疗效及对瘢痕评分、疼痛程度的影响[J].现代生物医学进展,2025,25(20):3269-3275.
- [9]弓辰,夏成德,何素霞,等.基于温哥华瘢痕量表评分的强脉冲光联合二氧化碳点阵激光序贯治疗深度烧伤后早期增生性瘢痕的效果[J].中华整形外科杂志,2023,39(8):823-829.
- [10]赵卓伟,华振,霍君艺,等.弹力压迫硅胶喷剂外用联合强脉冲光治疗烧伤后瘢痕增生疗效及安全性研究[J].陕西医学杂志,2020,49(8):951-954.
- [11]张世奇,李海航,吕开阳,等.强脉冲激光联合压力疗法治疗深度烧伤增生性瘢痕疗效观察[J].中国烧伤创疡杂志,2018,30(1):60-63.
- [12]弓辰,何素霞,李永林.超脉冲二氧化碳点阵激光联合强脉冲光早期治疗深Ⅱ度烧伤后瘢痕的效果评价[J].中华整形外科杂志,2020,36(10):1080-1084.
- [13]雷颖,欧阳华伟,谭军.脉冲染料激光联合超脉冲点阵二氧化碳激光治疗小儿早期烧伤瘢痕的效果[J].中华烧伤杂志,2020,36(5):357-362.
- [14]周彪,高仪轩,巴特,等.超脉冲点阵二氧化碳激光治疗烧伤后轻中度小口畸形的临床疗效[J].中华烧伤与创面修复杂志,2022,38(9):816-821.
- [15]袁朝永,李习荣,张宏图,等.脉冲染料激光短期联合点阵激光治疗早期烧伤后瘢痕[J].中国美容整形外科杂志,2025,36(10):606-609.
- [16]董玉莹,雷晋.强脉冲二氧化碳点阵激光联合复春散2号对兔耳增生性瘢痕成纤维细胞及Ⅲ型胶原蛋白的影响研究[J].实用医技杂志,2015,22(5):475-476.
- [17]闫美荣,李忠贤,朱世花,等.超脉冲二氧化碳点阵激光联合强脉冲光治疗面部痤疮凹陷性瘢痕的疗效分析[J].中国医疗美容,2023,13(4):17-21.

收稿日期：2025-12-22 编辑：扶田