

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4949.2025.22.032

• 瘢痕修复 •

## 超脉冲CO<sub>2</sub>点阵激光对凹陷性痤疮瘢痕患者皮肤屏障功能的影响

卢 媛，汪华林

(罗田县精神病医院皮肤科，湖北 黄冈 438600)

**[摘要]**目的 探讨超脉冲CO<sub>2</sub>点阵激光对凹陷性痤疮瘢痕患者皮肤屏障功能的影响。方法 选取2022年1月—2024年6月罗田县精神病医院皮肤科收治的122例凹陷性痤疮瘢痕患者，采用随机数字表法将其分为对照组和研究组，各61例。对照组采用Nd:YAG激光治疗，研究组采用超脉冲CO<sub>2</sub>点阵激光治疗，比较两组创面恢复时间、皮肤屏障功能、炎性因子水平、临床疗效、不良反应发生率。结果 研究组红肿、脱痂、PIH时间均短于对照组( $P<0.05$ )；研究组治疗后油脂含量、TWEL均低于对照组，皮肤含水量高于对照组( $P<0.05$ )；研究组治疗后IL-1 $\beta$ 、TNF- $\alpha$ 水平均低于对照组( $P<0.05$ )；研究组总有效率(93.44%)高于对照组(73.77%)( $P<0.05$ )；两组不良反应发生率比较，差异无统计学意义( $P>0.05$ )。结论 超脉冲CO<sub>2</sub>点阵激光表现出更优的治疗效果，能够加速创面愈合，提升皮肤屏障功能与美观度，并有效降低炎性反应，且安全性良好。

**[关键词]** 超脉冲CO<sub>2</sub>点阵激光；Nd:YAG激光；凹陷性痤疮瘢痕；皮肤屏障功能；炎性因子

[中图分类号] R619+.6

[文献标识码] A

[文章编号] 1004-4949(2025)22-0131-04

## Effect of Ultrapulsed CO<sub>2</sub> Fractional Laser on Skin Barrier Function in Patients with Depressed Acne Scar

LU Yuan, WANG Hualin

(Department of Dermatology, Luotian County Psychiatric Hospital, Huanggang 438600, Hubei, China)

**[Abstract]** **Objective** To explore the effect of ultrapulsed CO<sub>2</sub> fractional laser on skin barrier function in patients with depressed acne scar. **Methods** A total of 122 patients with depressed acne scar admitted to the Department of Dermatology, Luotian County Psychiatric Hospital from January 2022 to June 2024 were selected, and they were divided into the control group and the study group by the random number table method, with 61 patients in each group. The control group was treated with Nd:YAG laser, and the study group was treated with ultrapulsed CO<sub>2</sub> fractional laser. The wound recovery time, skin barrier function, inflammatory factor levels, clinical efficacy and adverse reaction rate were compared between the two groups. **Results** The erythema duration, decrustation time and PIH time in the study group were shorter than those in the control group ( $P<0.05$ ). After treatment, the sebum content and TWEL in the study group were lower than those in the control group, and the skin moisture content was higher than that in the control group ( $P<0.05$ ). The levels of IL-1 $\beta$  and TNF- $\alpha$  in the study group after treatment were lower than those in the control group ( $P<0.05$ ). The total effective rate of the study group (93.44%) was higher than that of the control group (73.77%) ( $P<0.05$ ). There was no statistically significant difference in the incidence of adverse reactions between the two groups ( $P>0.05$ ). **Conclusion** Ultrapulsed CO<sub>2</sub> fractional laser shows superior treatment effect. It can accelerate wound healing, improve skin barrier function and aesthetics, effectively reduce inflammatory response, and has good safety.

**[Key words]** Ultrapulsed CO<sub>2</sub> fractional laser; Nd:YAG laser; Depressed acne scar; Skin barrier function; Inflammatory factors

痤疮(acne)愈后具有极高的瘢痕遗留率，约95%的患者会因此受到影响，其中凹陷

性瘢痕是最主要的类型<sup>[1]</sup>。这类瘢痕是痤疮常见的后遗症，通常难以自行修复<sup>[2]</sup>。掺钕钇铝石榴

石 (Nd:YAG) 激光作为一类固态激光器,凭借较深的组织穿透力和可控的热效应,在眼科及皮肤科领域得到广泛应用<sup>[3]</sup>。然而, Nd:YAG激光因其非选择性热作用,在针对性刺激胶原重塑方面存在不足。相比之下,超脉冲CO<sub>2</sub>激光能够对皮肤进行微区处理,每个激光光斑均可刺激胶原蛋白重组与新生,从而有效改善皮肤的质地与外观<sup>[4]</sup>。基于此,本研究旨在探讨超脉冲CO<sub>2</sub>点阵激光治疗对凹陷性痤疮瘢痕患者皮肤屏障功能的影响,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6月罗田县精神病医院皮肤科收治的122例凹陷性痤疮瘢痕患者,采用随机数字表法将其分为对照组和研究组,各61例。对照组男33例,女28例;年龄21~48岁,平均年龄(34.38±7.22)岁;病程2~5年,平均病程(3.77±1.09)年。研究组男35例,女26例;年龄20~46岁,平均年龄(33.28±7.04)岁;病程2~5年,平均病程(3.43±1.16)年。两组性别、年龄及病程比较,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:确诊为面部痤疮,且具有凹陷性的瘢痕<sup>[5]</sup>;年龄在18岁以上;Fitzpatrick分级为Ⅲ~Ⅳ级;近期没有采用相关治疗。排除标准:光敏体质以及瘢痕体质者;严重的心、肝、肾功能异常者;皮肤周围存在感染者;妊娠以及哺乳者;患精神方面疾病者。

**1.3 方法** 两组患者均使用中性洗面奶清洁面部,并以清水冲洗。随后,在统一光照条件下拍摄面部照片并存档。将复方利多卡因乳膏均匀施用于瘢痕区域,并进行时长为1~2 h的保鲜膜封包处理。封包结束后,以蒸馏水清除残留药膏,再对瘢痕及周围皮肤进行碘伏消毒。

**1.3.1 对照组** 采用调Q开关Nd:YAG激光治疗[吉林省科英激光股份有限公司,国械注准20143092196,型号:KL-M(S)型]进行治疗:治疗期间采用低流量测试光斑对皮肤温度进行实时监测,并将其维持在30~35 °C。治疗参数依据个体皮肤类型及治疗目标进行个性化调整,常规设置为:光斑直径6~10 mm,能量密度0.8~2.0 J/cm<sup>2</sup>,频率5~10 Hz;治疗终点以皮肤出现均匀、轻微的红斑反应为准。

**1.3.2 研究组** 采用超脉冲CO<sub>2</sub>点阵激光(吉林省

科英激光股份有限公司,国械注准20163241770,型号:JC-100D)进行治疗:首次治疗设定能量密度为40~60 mJ/cm<sup>2</sup>,频率280~350 Hz,光斑间距1~1.3 mm(瘢痕直径≤5 mm时设为1.1~1.2 mm,>5 mm时设为1.1~1.3 mm);超脉冲模式下采用能量150~175 mJ、频率40 Hz、孔间距4~5 mm,每孔治疗2~3 s,穿透深度约2~4 mm;点阵扫描采用圆形模式,光斑直径4 mm,密度1%~1.8%。若首次治疗未出现红斑、渗血等不良反应,则后续治疗可将能量递增20~40 mJ,其余参数保持不变。

本疗程共计治疗4次,每次治疗间隔3周。术后两组患者均需在手术部位冰敷2 h,并持续使用以下辅助治疗至整个疗程结束:丙酸氟替卡松软膏(早晚各1次)与重组人表皮生长因子凝胶(4次/d);同时口服维生素C及维生素E(3次/d)。换药频率为4 h/次。术后24 h内可于换药后洗脸,推荐使用中性配方的洗面奶,但应避免使用刺激性化妆品及食物,同时注意防晒,以减少对创面的不良刺激。

### 1.4 观察指标

**1.4.1 记录两组创面恢复时间** 包括红肿、脱痂、炎症性色素沉着(PIH)时间。

**1.4.2 评估两组皮肤屏障功能** 借助多功能皮肤测试仪,分别于治疗前后测定皮肤的油脂含量、经皮水分丢失量(TWEL)、皮肤含水量。油脂含量和TEWL值与皮肤屏障功能的完整性呈负相关,是评估屏障健康的关键指标。皮肤含水量数值越高,代表皮肤角质层含水量越丰富。

**1.4.3 测定两组炎性因子水平** 采集空腹血5 ml,将样本置于真空采血管(无抗凝剂)中,进行30 min的室温凝血处理(为后续离心做准备)。随后以3000 rpm离心10 min(离心半径10 cm,温度4 °C),取上层血清,并通过ELISA对血清IL-1β、TNF-α的含量进行定量分析。

**1.4.4 评估两组临床疗效** 瘢痕恢复平整,在视觉上没有凹陷感,或者是凹陷感轻微,则为显效;瘢痕恢复平整,在视觉上没有凹陷感,或者是凹陷感轻微,则为有效;瘢痕呈现为凹凸不平,则为无效<sup>[6]</sup>。总有效率=显效率+有效率。

**1.4.5 记录两组不良反应发生率** 统计两组红斑、色素沉着、毛细血管扩张的发生率。

**1.5 统计学方法** 采用SPSS 22.0统计学软件进行数据分析,计数资料采用[n (%)]表示,行χ<sup>2</sup>检

验；计量资料采用 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示，行  $t$  检验。以  $P < 0.05$  表示差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 两组创面恢复时间比较 研究组红肿、脱痂、PIH 时间均短于对照组 ( $P < 0.05$ )，见表1。

2.2 两组皮肤屏障功能比较 研究组治疗后油脂含量、TWEL 均低于对照组，皮肤含水量高于对照组 ( $P < 0.05$ )，见表2。

2.3 两组炎性因子水平比较 研究组治疗后 IL-1 $\beta$ 、TNF- $\alpha$  水平均低于对照组 ( $P < 0.05$ )，见表3。

2.4 两组临床疗效比较 研究组总有效率高于对照组 ( $P < 0.05$ )，见表4。

2.5 两组不良反应发生率比较 对照组发生红斑2例、毛细血管扩张2例，研究组发生红斑2例、色素沉着3例；对照组不良反应发生率为6.56% (4/61)，研究组不良反应发生率为8.20% (5/61)。两组不良反应发生率比较，差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

表1 两组创面恢复时间比较 ( $\bar{x} \pm s$ , d)

组别	n	红肿时间	脱痂时间	PIH 时间
研究组	61	4.43 ± 0.59	5.00 ± 0.55	56.44 ± 4.61
对照组	61	5.75 ± 0.62	6.87 ± 0.90	63.69 ± 7.42
<i>t</i>		12.079	13.818	6.477
<i>P</i>		0.001	0.001	0.001

表2 两组皮肤屏障功能比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	n	油脂含量 (%)		TWEL[g/(h · m <sup>2</sup> )]		皮肤含水量 (AU)	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
研究组	61	64.30 ± 5.85	56.67 ± 4.14 <sup>a</sup>	19.97 ± 3.32	15.33 ± 2.55 <sup>a</sup>	27.70 ± 3.51	49.80 ± 7.03 <sup>a</sup>
对照组	61	65.34 ± 6.59	60.51 ± 4.36 <sup>a</sup>	20.30 ± 3.46	18.07 ± 3.43 <sup>a</sup>	27.13 ± 4.07	44.51 ± 6.16 <sup>a</sup>
<i>t</i>		0.930	5.002	0.534	5.005	0.834	4.424
<i>P</i>		0.354	0.001	0.594	0.001	0.406	0.001

注：与同组治疗前比较，<sup>a</sup> $P < 0.05$ 。

表3 两组炎性因子水平比较 ( $\bar{x} \pm s$ , ng/L)

组别	n	IL-1 $\beta$		TNF- $\alpha$	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
研究组	61	174.02 ± 32.47	127.15 ± 11.69 <sup>a</sup>	53.68 ± 5.70	32.64 ± 4.06 <sup>a</sup>
对照组	61	181.51 ± 35.75	136.58 ± 14.88 <sup>a</sup>	53.14 ± 5.91	43.62 ± 5.10 <sup>a</sup>
<i>t</i>		1.211	3.892	0.513	13.158
<i>P</i>		0.228	0.001	0.609	0.001

注：与同组治疗前比较，<sup>a</sup> $P < 0.05$ 。

表4 两组临床疗效比较 [n (%) ]

组别	n	显效	有效	无效	总有效率
研究组	61	41 (67.21)	16 (26.23)	4 (6.56)	57 (93.44) <sup>*</sup>
对照组	61	28 (45.90)	17 (27.87)	16 (26.23)	45 (73.77)

注：<sup>\*</sup>与对照组比较， $\chi^2=8.612$ ,  $P=0.003$ 。

### 3 讨论

超过90%的痤疮患者在病程后会遗留瘢痕，且以凹陷型瘢痕最为常见。在瘢痕治疗方面，传统Nd:YAG激光虽具有效率高、热传导性能好、副作用较小等优点，目前已广泛用于皮肤色素性疾病及外科手术中<sup>[7]</sup>，但其对凹陷性痤疮瘢痕的疗效仍待进一步验证。相比之下，超脉冲CO<sub>2</sub>点阵激光能够产生高能量、短脉宽的微光束，在皮肤表面形成微治疗区，选择性气化约15%~20%的目标组织，有效刺激胶原蛋白重塑、改善瘢痕外观<sup>[8]</sup>。

本研究结果显示，研究组红肿、脱痂、PIH时间均短于对照组( $P<0.05$ )，其机制可能在于，超脉冲CO<sub>2</sub>点阵激光能够作用于真皮组织，通过在皮肤表面形成微孔，并在真皮下形成加热带与凝固带，微孔深度可达1 mm以上，从而对部分真皮造成可控损伤，促使瘢痕组织气化，同时有效刺激皮肤修复与胶原重组，加速皮肤结构整体改善<sup>[9]</sup>。研究组治疗后IL-1 $\beta$ 、TNF- $\alpha$ 水平更低( $P<0.05$ )。究其原因为：超脉冲CO<sub>2</sub>点阵激光通过其热效应调节局部免疫微环境，下调炎症因子表达以减轻炎症反应，阻止瘢痕进一步发展<sup>[10, 11]</sup>。研究组治疗后油脂含量、TWEL均低于对照组，皮肤含水量高于对照组( $P<0.05$ )，这可能是因为激光治疗促进了胶原新生与皮肤屏障功能恢复，增强角质层保水能力，同时调节皮脂腺分泌，改善皮肤水油平衡，进而提升皮肤整体质量。研究组总有效率高于对照组( $P<0.05$ )，该结果得益于该疗法不仅在物理层面重建真皮结构，还在分子层面调节炎症与修复之间的平衡，综合推动瘢痕消退与皮肤正常化进程<sup>[12-14]</sup>。两组不良反应发生率比较，差异无统计学意义( $P>0.05$ )，说明超脉冲CO<sub>2</sub>点阵激光采用的点阵式能量投放模式具有合理的微孔宽度、深度与密度设计，能够在保证治疗效果的同时及时散热，避免热积累所致损伤，从而确保治疗安全性<sup>[15]</sup>。

综上所述，超脉冲CO<sub>2</sub>点阵激光表现出更优的治疗效果，能够加速创面愈合，提升皮肤屏障功能与美观度，并有效降低炎性反应，且安全性良好。

### [参考文献]

- [1] Huang C,Mao M,Peng Y,et al.Efficacy and safety of single microneedle radiofrequency vs .photodynamic therapy on moderate-to-severe acne vulgaris:A prospective, randomized,controlled study[J].Chin Med J (Engl), 2024,137(8):1006-1008.
- [2] 李小燕,聂磊,郭伟,等.黄金微针联合富血小板血浆治疗凹陷性痤疮瘢痕的临床疗效[J].安徽医学,2022,43(12):1425-1428.
- [3] 丁碧青,蒋正轩,陶黎明.Nd:YAG激光消融术治疗玻璃体混浊有效性及安全性临床研究[J].临床眼科杂志,2022,30(3):234-236.
- [4] 张丽丹,秦晓蕾,汪艳梅,等.超脉冲CO<sub>2</sub>点阵激光治疗痤疮瘢痕中冷空气冷却的止痛效果[J].中华医学美学美容杂志,2024,30(3):292-295.
- [5] 中国痤疮治疗指南专家组.中国痤疮治疗指南(2019修订版)[J].临床皮肤科杂志,2019,48(9):583-588.
- [6] 中华医学会医学美学与美容学分会激光美容学组,中华医学会皮肤性病学分会美容激光学组,中国医师协会美容与整形医师分会激光学组.中国痤疮瘢痕治疗专家共识(2021)[J].中华皮肤科杂志,2021,54(9):747-756.
- [7] 刘荣奇,张会娜,范斌,等.凉血五花汤合舒肝丸加减联合Nd:YAG激光对黄褐斑患者皮肤屏障功能的影响[J].陕西中医,2023,44(5):608-611.
- [8] Lin L,Liao G,Chen J,et al.A systematic review and meta-analysis on the effects of the ultra-pulse CO<sub>2</sub> fractional laser in the treatment of depressed acne scars[J].Ann Palliat Med,2022,11(2):743-755.
- [9] 李青青,易海玲.超脉冲CO<sub>2</sub>点阵激光联合皮下分离术治疗痤疮凹陷性瘢痕的临床观察[J].贵州医药,2023,47(7):1059-1060.
- [10] Qi Y,Sun C,Zhou Y,et al.Low Energy Ultrapulse CO<sub>2</sub> Fractional Laser Combined with Autologous Platelet-Rich Plasma in Periorbital Rejuvenation Treatment[J].J Invest Surg,2025,38(1):2484543.
- [11] 马小琴,曹春云.超脉冲二氧化碳点阵激光联合针刺治疗痤疮瘢痕的临床分析[J].贵州医药,2022,46(9):1452-1453.
- [12] 王静,樊卓,祝欣,孙诚,等.超脉冲二氧化碳点阵激光联合牛碱性成纤维细胞生长因子凝胶治疗皮肤溃疡疗效观察[J].中国临床医生杂志,2024,52(12):1480-1482.
- [13] 郑玲玉,黄绿萍,霍孟华,等.点阵CO<sub>2</sub>激光综合模式治疗面部凹陷性痤疮瘢痕的临床效果[J].中华整形外科杂志,2022,38(4):432-437.
- [14] 张雪,代欣,文冰冰,等.不同参数超脉冲CO<sub>2</sub>点阵激光与Nd:YAG激光治疗凹陷性痤疮瘢痕的疗效及对血清白介素水平的影响[J].中国医师杂志,2022,24(8):1260-1263.
- [15] Zhang Q,Li X,Wang Y,et al.Dezocine as preemptive analgesia alleviates ultrapulse CO<sub>2</sub> fractional laser treatment induced pain in patients with acne scars[J].J Cosmet Dermatol,2024,23(10):3241-3247.