

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4949.2025.20.006

• 论著 •

CO₂点阵激光联合光动力法治疗重度凹陷性瘢痕的临床效果及其影响因素

张 正, 王 岗, 黄紫阳, 李庭恒, 谭 静

(恩施市中心医院皮肤美容科, 湖北 恩施 445000)

[摘要]目的 探讨CO₂点阵激光联合光动力法治疗重度凹陷性瘢痕的临床效果, 分析影响联合治疗效果的因素。方法 选取2022年1月-2024年1月我院收治的80例重度凹陷性瘢痕患者, 基于随机数字表法分成对照组与研究组, 每组40例。对照组采取CO₂点阵激光治疗, 研究组采用CO₂点阵激光联合光动力法治疗, 比较两组瘢痕状态及临床效果, 通过单因素、多因素Logistic回归分析影响联合治疗效果的独立因素, 并绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析预测效能。结果 两组治疗4、8周后VSS、UNC评分均低于治疗前, 且研究组低于对照组($P<0.05$); 研究组治疗总有效率为80.00%, 高于对照组的60.00%($P<0.05$)。有效组与无效组年龄、病程、瘢痕最大深度、伴发皮肤病比较, 差异有统计学意义($P<0.05$); Logistic回归分析显示, 病程、伴发皮肤病、瘢痕深度是影响CO₂点阵激光联合光动力法治疗重度凹陷性瘢痕疗效的独立风险因素($P<0.05$), 联合预测疗效的AUC为0.834, 敏感度、特异性分别为90.50%、85.60%, 高于单一指标预测($P<0.05$)。结论 CO₂点阵激光联合光动力法治疗重度凹陷性瘢痕有确切效果, 但临床疗效会受病程、伴发皮肤病、瘢痕深度等因素影响, 治疗前应充分考虑, 制定合适治疗方案。

[关键词] CO₂点阵激光; 光动力法; 重度凹陷性瘢痕; 治疗效果; 影响因素

[中图分类号] R619+6

[文献标识码] A

[文章编号] 1004-4949(2025)20-0021-05

Clinical Effect of CO₂ Fractional Laser Combined with Photodynamic Therapy in the Treatment of Severe Depressed Scar and its Influencing Factors

ZHANG Zheng, WANG Gang, HUANG Ziyang, LI Tingheng, TAN Jing

(Department of Dermatology and Cosmetology, Enshi Central Hospital, Enshi 445000, Hubei, China)

[Abstract]**Objective** To explore the clinical effect of CO₂ fractional laser combined with photodynamic therapy in the treatment of severe depressed scar and analyze the factors influencing the effect of the combined therapy. **Methods** A total of 80 patients with severe depressed scar admitted to our hospital from January 2022 to January 2024 were selected, and they were divided into the control group and the study group by the random number table method, with 40 patients in each group. The control group was treated with CO₂ fractional laser alone, and the study group was treated with CO₂ fractional laser combined with photodynamic therapy. The scar status and clinical effect were compared between the two groups. Univariate and multivariate Logistic regression analyses were used to identify the independent factors influencing the effect of the combined therapy, and the receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the predictive efficacy. **Results** The scores of VSS and UNC in the two groups at 4 and 8 weeks after treatment were lower than those before treatment, and those in the study group were lower than those in the control group ($P<0.05$). The total effective rate of treatment in the study group was 80.00%, which was higher than 60.00% in the control group ($P<0.05$). There were significant differences in age, course of disease, maximum depth of scar and accompanied by skin diseases between the effective group and the ineffective group ($P<0.05$). Logistic regression analysis showed that disease course, complicated skin diseases, and scar depth were independent risk factors affecting the efficacy of CO₂ fractional laser combined with photodynamic therapy in the treatment of severe depressed scar ($P<0.05$). The AUC of combined prediction

of efficacy was 0.834, with a sensitivity of 90.50% and a specificity of 85.60%, which were higher than those of single-index prediction ($P < 0.05$). **Conclusion** CO₂ fractional laser combined with photodynamic therapy has a definite effect in the treatment of severe depressed scar, but the clinical efficacy is affected by factors such as disease course, complicated skin diseases, and scar depth. These factors should be fully considered before treatment to formulate an appropriate treatment plan.

[Key words] CO₂ fractional laser; Photodynamic therapy; Severe depressed scar; Treatment effect; Influencing factors

凹陷型瘢痕 (depressed scar) 是临床常见的一种瘢痕类型, 是皮肤修复过程中因胶原生成不足、支撑结构丧失而形成的下陷性瘢痕, 常见于痤疮、水痘、外伤或感染后^[1]。凹陷型瘢痕会严重影响患者的容貌外观, 给其造成很大的心理负担^[2]。CO₂点阵激光因其能有效修复组织、痛感小, 已成为治疗严重瘢痕的常用方法。但该技术治疗重度凹陷性瘢痕的效果欠佳, 术后水肿、色素沉着等副作用较为常见, 预后较不理想^[3]。因而, 探索新的瘢痕治疗方案尤为必要。光动力疗法作为一种新型手段, 能通过光动力学反应选择性破坏瘢痕组织, 具有创伤小、副作用低等优势^[4], 但关于其治疗重度凹陷性瘢痕, 尤其与CO₂点阵激光联合应用的研究仍显不足, 缺乏相关疗效与预后影响因素的数据。明确上述因素, 可提前识别高风险人群并指导个体化治疗, 最终提高美容满意度。基于此, 本研究通过临床对照研究, 探讨CO₂点阵激光联合光动力法治疗重度凹陷性瘢痕的临床效果, 并分析影响联合治疗效果的因素, 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1月恩施市中心医院收治的80例重度凹陷性瘢痕患者, 基于随机数字表法分成对照组与研究组, 每组40例。对照组男22例, 女18例; 年龄22~36岁, 平均年龄 (26.23 ± 2.15) 岁; 病程2~6年, 平均病程 (3.76 ± 0.57) 年; 瘢痕最大直径0.3~0.7 cm, 平均瘢痕最大直径 (0.35 ± 0.11) cm; 瘢痕最大深度0.1~0.4 cm, 平均瘢痕最大深度 (0.23 ± 0.03) cm; 瘢痕分型: III型24例, IV型16例。研究组男23例, 女17例; 年龄23~35岁, 平均年龄 (26.12 ± 2.24) 岁; 病程3~6年, 平均病程 (3.81 ± 0.49) 年; 瘢痕最大径0.3~0.8 cm, 平均瘢痕最大径 (0.37 ± 0.12) cm; 瘢痕最大深度0.2~0.4 cm, 平均瘢痕最大深度 (0.26 ± 0.02) cm; 瘢痕分型: III型27例, IV型13例。两组性别、年龄、病程、瘢痕最大径、瘢

痕最大深度及瘢痕分型比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 研究可比。本研究患者均知情并签署知情同意书。

1.2 纳入与排除标准 纳入标准: 经症状检查及评估确诊为重度凹陷性瘢痕^[5]; Fitzpatrick分型为III、IV型^[6]; 符合激光及光动力疗法适应证。排除标准: 近期有面部外科手术史者; 存在感染性皮肤病; 妊娠期或者哺乳期女性; 合并精神、认知障碍; 依从性差及中途退出。

1.3 方法

1.3.1 对照组 采用CO₂点阵激光治疗: 治疗前通过高清相机摄取患处状态存档, 瘢痕区均匀涂抹利多卡因药膏行表面麻醉, 厚1 mm, 单向封包, 45~60 min后清洗患处皮肤并消毒。正式治疗前指导患者需佩戴专业眼部防护装置, 应用超脉冲CO₂点阵激光仪 (武汉金莱特光电子有限公司, 国械注准20173244197, 型号: JLT-100B), 依据瘢痕大小、深度, 精准调节参数。首次治疗时, 确保激光光束间距离约1 mm, 穿透深度约2 mm, 对瘢痕区行圆状照射; 所用激光直径约4 mm, 频率280~350 Hz, 能量密度40~60 mJ/cm², 共照射2次; 依据瘢痕大小, 设定点阵间距, 如瘢痕直径不超过5 mm, 点阵间距为1.1~1.2 mm; 如瘢痕直径超过5 mm, 则点阵间距为1.1~1.3 mm。若患者首次治疗后无明显反应或不适, 可将照射能量密度调整至20~40 mJ/cm², 其余参数保持不变。1次/月, 共治疗4次。

1.3.2 研究组 采用CO₂点阵激光联合光动力法治疗: CO₂点阵激光治疗后, 先于瘢痕处均匀涂抹盐酸氨基戊酸凝胶, 以纱布避光包扎4 h, 应用LED光动力治疗仪 (上海溯源生物技术有限公司, 沪械注准20222090158, 型号: G100-1B) 持续照射30 min, 波长635 nm, 垂直距离5~10 cm, 能量密度100 mJ/cm², 2次/月, 连续治疗4个月。

1.4 观察指标

1.4.1 评估两组瘢痕状态 于治疗前及治疗4、8周后用温哥华瘢痕量表 (VSS) 与北卡罗来纳大学

瘢痕量表（UNC）评估，总分分别为15、12分，VSS、UNC评分越高表明瘢痕越严重^[7]。

1.4.2 评估两组临床疗效 于治疗完成后随访3个月，根据瘢痕深度及瘢痕状态进行疗效评定^[8]。显效：瘢痕区域的色泽与周围正常肤色基本一致，且无明显凹感，VSS评分降低80%以上；有效：瘢痕区域的色泽显著改善，稍微凹感，轻度充血，VSS评分降低50%~80%；无效：瘢痕改善未达到上述标准，甚至加重。总有效率=（显效+有效）/总例数×100%。

1.5 整理资料 根据研究组患者治疗效果是否有效分为有效组与无效组，整理其性别、年龄、病程，瘢痕最大径、瘢痕最大深度、伴发皮肤病及瘢痕分型等信息，分析不同疗效患者的相关资料差异。

1.6 统计学方法 以SPSS 25.0统计学软件进行数据分析，符合正态分布的计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示，用 t 检验；计数资料以 $[n(\%)]$ 表示，用 χ^2 检验。采用单因素及多因素Logistic回归分析影响联合治疗效果的因素，绘制受试者工作特征（ROC）曲线，以曲线下面积（AUC）分析预测效能，AUC>0.8表明有良好准确性。 $P<0.05$ 表明差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组瘢痕状态比较 两组治疗4、8周后VSS、UNC评分均低于治疗前，且研究组低于对照组（ $P<0.05$ ），见表1。

2.2 两组临床疗效比较 研究组治疗总有效率高于对照组（ $P<0.05$ ），见表2。

2.3 影响联合治疗效果的单因素分析 有效组与无效组年龄、病程、瘢痕最大深度、伴发皮肤病比较，差异有统计学意义（ $P<0.05$ ），见表3。

2.4 影响联合治疗效果的多因素回归分析 根据单因素分析结果，以年龄、病程、瘢痕最大深度、伴发皮肤病为因变量进行多因素Logistic回归分析，结果显示，病程、伴发皮肤病、瘢痕深度是影响联合治疗效果的独立风险因素（ $P<0.05$ ），见表4。

2.5 病程、伴发皮肤病、瘢痕深度预测重度凹陷性瘢痕疗效效能 以病程、伴发皮肤病、瘢痕深度为独立风险因素，建立ROC曲线分析，三者联合预测CO₂点阵激光联合光动力法治疗重度凹陷性瘢痕疗效影响的AUC为0.834，特异性、敏感度分别是85.60%、90.50%，高于单一指标的预测（ $P<0.05$ ），见表5、图1。

表1 两组瘢痕状态比较（ $\bar{x} \pm s$ ，分）

组别	<i>n</i>	VSS 评分			UNC 评分		
		治疗前	治疗4周后	治疗8周后	治疗前	治疗4周后	治疗8周后
对照组	40	8.69 ± 1.47	5.71 ± 1.12 [*]	3.62 ± 0.36 ^{*#}	7.85 ± 1.22	5.42 ± 1.19 [*]	3.54 ± 0.75 ^{*#}
研究组	40	8.71 ± 1.52	4.32 ± 1.03 [*]	2.29 ± 0.52 ^{*#}	7.83 ± 1.26	3.75 ± 1.03 [*]	2.02 ± 0.36 ^{*#}
<i>t</i>		0.263	7.062	5.621	0.127	6.195	7.162
<i>P</i>		0.117	0.010	0.001	0.207	0.015	0.001

注：与同组治疗前比较，^{*} $P<0.05$ ；与同组治疗4周后比较，[#] $P<0.05$ 。

表2 两组临床疗效比较 [$n(\%)$]

组别	<i>n</i>	显效	有效	无效	总有效率
对照组	40	8 (20.00)	16 (40.00)	16 (40.00)	24 (60.00)
研究组	40	17 (42.50)	15 (37.50)	8 (20.00)	32 (80.00) [*]

注：^{*}与对照组比较， $\chi^2=19.165$ ， $P=0.001$ 。

表3 影响联合治疗效果的单因素分析 [$n(\%)$ ， $\bar{x} \pm s$]

指标		有效组 ($n=32$)	无效组 ($n=8$)	统计值	<i>P</i>
性别	男	18 (56.25)	5 (62.50)	$\chi^2=0.425$	0.106
	女	14 (43.75)	3 (37.50)		
年龄 (岁)		24.71 ± 2.10	28.13 ± 2.26	$t=6.875$	0.010

表 3 影响联合治疗效果的单因素分析 [n (%), $\bar{x} \pm s$] (续)

指标		有效组 (n=32)	无效组 (n=8)	统计值	P
病程 (年)		3.34 ± 0.50	4.29 ± 0.71	t=5.634	0.010
瘢痕最大深度 (mm)		0.19 ± 0.04	0.33 ± 0.05	t=4.056	0.001
瘢痕最大径 (mm)		0.32 ± 0.14	0.35 ± 0.08	t=0.845	0.107
伴发皮肤病	有	9 (28.13)	7 (87.50)	$\chi^2=14.012$	0.001
	无	23 (71.88)	1 (12.50)		
瘢痕分型	Ⅲ型	17 (53.13)	4 (50.00)	$\chi^2=0.109$	0.117
	Ⅳ型	15 (46.88)	4 (50.00)		

表 4 影响联合治疗效果的多因素回归分析

自变量	回归系数	标准误	标准化回归系数	P	OR (95%CI)
年龄	0.289	0.024	0.343	0.074	1.314 (0.687, 2.846)
病程	0.118	0.048	0.029	0.000	0.429 (0.264, 0.932)
伴发皮肤病	0.632	0.072	0.140	0.020	0.129 (0.114, 0.712)
瘢痕深度	0.271	0.016	-0.202	0.012	1.009 (1.004, 2.633)

表 5 病程、伴发皮肤病、瘢痕深度预测重度凹陷性瘢痕疗效效能

变量	AUC	约登指数	P	特异性 (%)	敏感度 (%)
病程	0.701	0.10	0.001	75.15	65.50
伴发皮肤病	0.697	0.06	0.001	73.20	67.50
瘢痕深度	0.670	0.05	0.001	75.32	70.35
三者联合	0.834	0.06	0.001	85.60	90.50

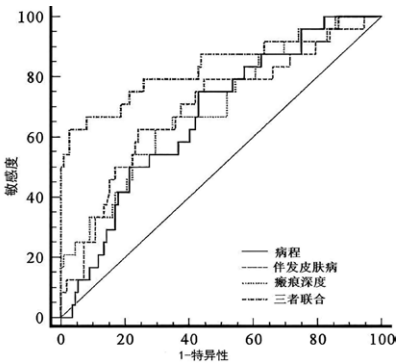


图 1 病程、伴发皮肤病、瘢痕深度预测 ROC 曲线

3 讨论

凹陷性瘢痕系因真皮层胶原异常沉积、真皮组织塌陷及纤维增生所致,会对患者外貌美观构成不良影响。既往临床多采用化学剥脱、皮下切开后及磨削术等治疗,但均无法达到理想疗效^[9, 10]。近年来,CO₂点阵激光已广泛用于瘢痕治疗,该疗法基于局灶性光热作用原理,通过不连续超脉冲方式,使皮肤组织接收激光能量,

实现目标组织汽化与离断,以去除瘢痕组织,能减轻激光热损伤。光动力疗法作为一种新型手段,其大部分能量被表皮角质层水分吸收,能实现更精确表皮磨削效果,组织愈合速度较快,热伤害较小,能减轻患者疼痛感^[11, 12]。单一应用上述治疗手段均存在一定的局限性,影响整体疗效。

本研究中,研究组采取CO₂点阵激光联合光动力疗法治疗,两组治疗4、8周后VSS、UNC评分均低于治疗前,且研究组低于对照组(P<0.05);研究组治疗总有效率达80.00%,高于对照组的60.00%(P<0.05),表明将光动力疗法和CO₂点阵激光联合用于重度凹陷性瘢痕治疗中,能充分发挥两种技术独特优势,取得良好治疗效果,有效促进瘢痕修复进程。深入分析原因,可能是光动力疗法能作用于瘢痕组织下方,实现对病变组织的精准清除。此外,光动力疗法还可借助胶原细胞再生作用,促进填平凹陷部位,进而提高瘢痕修复效果。联合CO₂点阵激光治疗可在确保患者局部皮肤组织基本完好的前提下,加速瘢痕修复

速度；并且，该疗法能够依据患者的具体情况对治疗的密度与深度进行精准调整，在有效治疗同时，最大限度地减小对患者造成的创伤^[13-15]。

本研究对研究组的联合治疗效果进行单因素、多因素分析发现，年龄、病程、伴发皮肤病、瘢痕深度均为CO₂点阵激光联合光动力疗法治疗重度凹陷性瘢痕疗效的独立风险因素（ $P<0.05$ ）。与此同时，以临床有效为变量，病程、伴发皮肤病、瘢痕深度联合预测的AUC分别为0.834，其敏感度和特异性分别达到90.50%和85.60%，高于单一指标的预测结果（ $P<0.05$ ）。临床运用光动力疗法和CO₂点阵激光联合治疗重度凹陷性瘢痕的临床实践中，可通过综合考量上述独立因素，对治疗疗效进行较为精准的预测，并依据预测结果为患者制定更加贴合其个体实际情况的治疗方案。具体而言，CO₂点阵激光联合光动力疗法治疗后，未发现男女之间存在明显疗效差异。然而，患者病程长短却对疗效有着显著的影响。通常情况下，病程越长，可能意味着胶原蛋白的大量流失，增加治疗难度。故，应在瘢痕形成初期就尽快接受对症治疗，以便有效控制病情发展，改善预后效果。此外，如患者同时伴有其他皮肤病，其自身代谢机制可能会受到干扰，进而影响到治疗疗效。因而在治疗前务必详细询问患者既往皮肤病史，并将可能的预后情况如实告知患者及其家属，使其对治疗过程和预期效果有清晰、准确的认知^[16]。对于瘢痕较深的患者群体，建议在治疗前根据瘢痕的实际大小、深度等实际情况，对治疗参数进行精心调整和优化，以确保治疗能够达到最佳效果，最大程度地提升患者的治疗满意度和生活质量。

综上所述，CO₂点阵激光联合光动力法对重度凹陷性瘢痕治疗效果确切。然而，该疗法的效果亦受患者病程长短、是否伴有其他皮肤病及瘢痕深度等因素影响，因而临床制定具体治疗方案时必须考虑上述因素后制定针对性、个体化治疗方案，以确保治疗能够达到预期效果。

【参考文献】

- [1]孙媛媛,李军,刘泽中.bFGF凝胶联合超脉冲CO₂点阵激光治疗面部痤疮凹陷性瘢痕疗效对患者皮损状态的影响[J].中国美容整形外科杂志,2024,35(10):590-594.
- [2]赵红娟,赵康.超脉冲CO₂点阵激光辅助皮下分离术治疗凹陷性瘢痕的临床研究[J].山西医药杂志,2024,53(15):1156-1159.
- [3]王海霞,丰世科,刘旺,等.超脉冲二氧化碳点阵激光治疗对凹陷性痤疮瘢痕TGF- β 、EGF及bFGF水平变化的影响[J].分子诊断与治疗杂志,2024,16(2):348-351.
- [4]Hua H,Li M,Zhai X,et al.Sleep quality correlates with effectiveness of ultrapulse fractional CO₂ laser in the treatment of facial atrophic acne scars[J].The Journal of dermatology,2024,51(8):1120-1124.
- [5]崔乐,畅晓元,张超.点阵激光治疗凹陷性痤疮瘢痕的疗效及安全性评价[J].中国美容医学,2022,31(3):51-54.
- [6]杨明,柯友辉.刃针联合超脉冲CO₂点阵激光治疗面部痤疮凹陷性瘢痕的临床观察[J].中国皮肤性病学杂志,2023,37(10):1138-1150.
- [7]Say YH,Heng AHS,Reginald K,et al.Modifiable and non-modifiable epidemiological risk factors for acne,acne severity and acne scarring among Malaysian Chinese:a cross-sectional study[J].BMC Public Health,2021,21(1):601.
- [8]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.
- [9]刘红永.超脉冲CO₂点阵激光联合表皮生长因子溶液对凹陷性痤疮瘢痕疗效和炎症因子水平的影响[J].医学理论与实践,2022,35(11):1887-1889.
- [10]李阳,李万水,黄蕾.超脉冲二氧化碳点阵激光主治痤疮凹陷性瘢痕疗效及安全性Meta分析[J].实用皮肤病学杂志,2022,15(2):89-93.
- [11]Lin L,Liao G,Chen J,et al.A systematic review and meta-analysis on the effects of the ultra-pulse CO₂ fractional laser in the treatment of depressed acne scars[J].Ann Palliat Med,2022,11(2):743-755.
- [12]Wang Y,Yu W,Zhang J,et al.Effect and Safety Analysis of PRP and Yifu Combined with Ultrapulsed CO₂ Lattice Laser in Patients with Sunken Acne Scar[J].J Healthc Eng,2022,2022:6803988.
- [13]杨玉巧.超脉冲CO₂点阵激光治疗痤疮凹陷性瘢痕的临床体会[J].河南外科学杂志,2021,27(5):157-158.
- [14]Soliman M,Etman Y,Abdelhameed A,et al.Comparative Study between Nd-YAG laser,Fractional CO₂ Laser,and Combined Nd-YAG with Fractional CO₂ Laser in the Management of Keloid:Clinical and Molecular Study[J].J Cosmet Dermatol,2020,25(5):1248-1253.
- [15]Zhang DD,Zhao WY,Fang QQ,et al.The efficacy of fractional CO₂ laser in acne scar treatment:A meta-analysis[J].Dermatol Ther,2021,34(1):e14539.
- [16]杨芸,张峰.超脉冲CO₂点阵激光治疗面部增生性瘢痕伴凹陷性瘢痕[J].中国激光医学杂志,2021,30(1):33.