

·皮肤美容·

·论著·

点阵CO₂激光分别联合595 nm脉冲染料激光和M22强脉冲光治疗儿童烧伤后增生性瘢痕的临床疗效比较

高楠^{1,2}, 章祥洲²

(1.蚌埠医科大学研究生院 安徽 蚌埠 233030; 2.蚌埠医科大学附属蚌埠第三人民医院烧伤整形科 安徽 蚌埠 233000)

[摘要]目的: 观察点阵CO₂激光分别联合595 nm脉冲染料激光(Pulsed Dye Laser, PDL)和M22强脉冲光(Intense Pulsed Light, IPL)治疗儿童烧伤后增生性瘢痕的临床疗效。方法: 选取2023年11月-2025年3月收治的90例儿童烧伤后增生性瘢痕患儿为研究对象, 采用随机数字表法分为A组、B组各45例, 分别接受点阵CO₂激光联合595 nm PDL治疗、点阵CO₂激光联合M22 IPL治疗, 于末次治疗后3个月, 比较两组临床疗效, 治疗前后温哥华瘢痕量表(VSS)评分, 不良反应及患儿家属主观满意度。结果: A组治疗总有效率为88.89%, 高于B组的68.89% ($P < 0.05$); 两组治疗后VSS色泽、血管分布、厚度和柔软度评分均较治疗前下降 ($P < 0.05$), 且A组血管分布和柔软度评分低于B组 ($P < 0.05$); 两组均未发生感染、瘢痕增生加重或皮肤萎缩等严重并发症; A组患儿家属主观满意度高于B组 ($P < 0.05$)。结论: 点阵CO₂激光联合595 nm PDL或M22 IPL均可安全有效改善儿童烧伤后增生性瘢痕, 但点阵CO₂激光联合595 nm PDL的总体疗效、瘢痕改善情况及家属满意度均优于联合M22 IPL。

[关键词]点阵CO₂激光; 脉冲染料激光; 强脉冲光; 儿童; 烧伤; 增生性瘢痕

[中图分类号]R619⁺.6 **[文献标志码]**A **[文章编号]**1008-6455 (2026) 02-0098-04

Clinical Efficacy of Fractional CO₂ Laser Combined with 595 nm Pulsed Dye Laser or M22 Intense Pulsed Light in the Treatment of Hypertrophic Scar after Burn in Children

GAO Nan^{1,2}, ZHANG Xiangzhou²

(1. Graduate School, Bengbu Medical University, Bengbu 233030, Anhui, China; 2. Department of Burn and Plastic Surgery, Bengbu Third People's Hospital Affiliated to Bengbu Medical University, Bengbu 233000, Anhui, China)

Abstract: Objective To observe the clinical efficacy of fractional CO₂ laser combined with 595 nm pulsed dye laser (PDL) or M22 intense pulsed light (IPL) in the treatment of children with hypertrophic scar after burn. **Methods** From November 2023 to March 2025, 90 children with hypertrophic scar after burn were selected as research subjects, and were divided into group A and group B by random number table method, with 45 cases in each group. They were treated with fractional CO₂ laser combined with 595 nm PDL and fractional CO₂ laser combined with M22 IPL. At 3 months after the last treatment, the clinical efficacy, Vancouver Scar Scale (VSS) scores before and after treatment, adverse reactions and subjective satisfaction of family members of children were compared between the two groups. **Results** The total effective rate of treatment in group A with 88.89% was higher than 68.89% in group B ($P < 0.05$). After treatment, the scores of VSS color, vascular distribution, thickness and softness in the two groups were reduced compared with those before treatment ($P < 0.05$), and the scores of vascular distribution and softness in group A were lower than those in group B ($P < 0.05$). No serious complications such as infection, aggravated scar hyperplasia or skin atrophy occurred in both groups. The subjective satisfaction of family members in group A was higher than that in group B ($P < 0.05$). **Conclusion** Fractional CO₂ laser combined with 595 nm PDL or M22 IPL can safely and effectively improve hypertrophic scar after burn in children, but the overall efficacy, scar improvement and family satisfaction of fractional CO₂ laser combined with 595 nm PDL are better than those of fractional CO₂ laser combined with M22 IPL.

Key words: fractional CO₂ laser; pulsed dye laser; intense pulsed light; children; burn; hypertrophic scar

儿童烧伤是常见的意外伤害, 其创面愈合后极易形成增生性瘢痕^[1]。增生性瘢痕的病理基础是成纤维细胞过度

增殖及细胞外基质过度沉积, 儿童皮肤娇嫩, 组织修复能力强, 但调节机制尚不成熟, 因此瘢痕增生的风险更高,

通信作者: 章祥洲, 主任医师、研究生导师; 研究方向为面部年轻化及体型重塑。E-mail: zxz1088@sina.com

第一作者: 高楠, 硕士研究生在读、住院医师; 研究方向为整形临床技能。E-mail: 18132866623@163.com

治疗难度也更大^[2]。近年来,以激光为代表的光电技术在瘢痕治疗领域取得了进展,点阵CO₂激光以其精准的微创热损伤模式,可剥脱、汽化瘢痕表层组织,刺激深部胶原重塑,从而改善瘢痕的质地、厚度和平整度,是目前治疗增生性瘢痕的核心技术之一^[3]。然而,临床实践中发现,单一使用点阵CO₂激光对于瘢痕的红色外观及瘙痒症状改善有限^[4]。595 nm脉冲染料激光(PDL)和M22强脉冲光(IPL)均可有效作用于瘢痕内增生的血管,改善瘢痕色泽并抑制其增生,将点阵CO₂激光与针对血管的激光或光子技术相结合,已成为瘢痕治疗的趋势,但对于两种联合方案在儿童烧伤患者中的疗效差异,尚缺乏相关比较研究。本研究旨在比较点阵CO₂激光联合上述两种血管靶向治疗在儿童烧伤后增生性瘢痕中的应用效果,详述如下。

1 资料和方法

1.1 一般资料:选取2023年11月-2025年3月收治的90例儿童烧伤后增生性瘢痕患儿为研究对象,采用随机数字表法分为A组、B组,各45例。A组:男27例,女18例;年龄3~13岁,平均(7.91±2.63)岁;病程4~19个月,平均(11.60±4.00)个月;烧伤原因:热液烫伤31例,火焰烧伤10例,接触性烫伤4例;烧伤深度:浅II度13例,深II度32例;度瘢痕部位:四肢25例,躯干12例,颜面颈部8例。B组:男28例,女17例;年龄3~14岁,平均(8.16±2.67)岁;病程3~18个月,平均(11.69±3.75)个月;烧伤原因:热液烫伤32例,火焰烧伤10例,接触性烫伤3例;烧伤深度:浅II度11例,深II度34例;瘢痕部位:四肢27例,躯干11例,颜面颈部7例。两组患儿一般资料均衡可比($P>0.05$)。本研究在蚌埠医科大学附属蚌埠第三人民医院伦理委员会批准下开展,并已获得患儿家属知情同意。

1.2 纳入和排除标准

1.2.1 纳入标准:①年龄3~14岁;②因各类热力烧伤导致,创面愈合后形成增生性瘢痕,瘢痕形成时间1个月~2年;③瘢痕处于增生期,表现为红色或暗红色、质地硬、隆起于皮面,可伴有瘙痒或疼痛;④温哥华瘢痕量表(VSS)评分 ≥ 5 分;⑤患儿家属理解并同意治疗方案,可配合完成治疗和随访。

1.2.2 排除标准:①瘢痕疙瘩体质或有瘢痕疙瘩家族史;②治疗区域存在活动性感染或开放性创口;③光敏性皮肤病或近1个月内使用过光敏性药物;④患有严重的心、肝、肾等系统性疾病或凝血功能障碍;⑤依从性差,无法配合治疗或随访。

1.3 治疗方法

1.3.1 血管靶向治疗:治疗前,以5%利多卡因乳膏进行表麻。A组采用595 nm脉冲染料激光(Candela, Vbeam)进行治疗,根据瘢痕颜色、厚度及患儿肤色设置参数:能

量密度7.0~10.0 J/cm²,脉宽1.5 ms,光斑直径7 mm。B组采用M22强脉冲光平台(Lumenis),治疗前在瘢痕表面涂抹凝胶。根据瘢痕的具体情况选择合适的参数:选用560/590 nm滤光片,能量16~20 J/cm²,选择2/3脉冲数,脉宽3.5~4.5 ms,脉冲延迟25.0~40.0 ms。治疗终点为目标血管出现轻度紫癜样反应,每月治疗1次,共治疗2次。

1.3.2 点阵CO₂激光治疗:在完成第一阶段治疗后,间隔1个月,开始此阶段治疗。表麻后采用超脉冲点阵CO₂激光治疗仪(Lumenis, UltraPulse),根据瘢痕的厚度、硬度、部位及患儿皮肤耐受情况设置治疗参数选择Deep FX模式,能量15~30 mJ,频率300 Hz,密度10%,根据瘢痕形状选择适宜的扫描图形。每1.5个月治疗1次,共治疗2次。

1.3.3 治疗后处理:每次治疗结束后,均立即在治疗区域外用无菌医用冷敷贴或冰袋进行冷敷,持续30 min。第一阶段(PDL/M22)术后,嘱监护人注意,PDL治疗后出现的紫癜是正常反应,通常在7~14 d内自行消退,期间避免热水烫洗和外力摩擦,可外用温和的保湿修复产品。第二阶段(点阵CO₂激光)术后,告知监护人术后创面会有微渗出和结痂过程,前3~5 d可外用重组人表皮生长因子凝胶促进愈合,并保持创面清洁干燥,待微小痂皮自然脱落后,立即开始加强保湿和防晒。在整个治疗周期及后续随访期间,向监护人反复强调:必须进行严格的物理遮挡(如衣帽)和化学防晒(使用SPF ≥ 30 , PA+++的广谱、儿童适用型防晒霜),至少持续至末次治疗后3~6个月,以预防炎症后色素沉着,监督患儿避免搔抓治疗部位,忌食辛辣刺激性食物。患儿每次复查时,记录瘢痕的变化,建立病历档案。患儿末次治疗后3个月复诊,由2名整形外科医生对瘢痕部位进行评估。

1.4 观察指标

1.4.1 临床疗效^[5]:根据治疗前、末次治疗后3个月VSS评分下降率[(治疗前总分-治疗后总分)/治疗前总分 $\times 100\%$]来评定临床疗效。显效:下降率 $\geq 75\%$;有效:下降率50%~ $<75\%$;稍有改善:下降率25%~ $<50\%$;无效:下降率 $<25\%$ 。总有效率=(显效+有效)例数/总例数 $\times 100\%$ 。

1.4.2 VSS评分^[6]:分别于治疗前及末次治疗后3个月对患儿的瘢痕进行VSS评分,VSS包含色泽(0~3分)、血管分布(0~3分)、厚度(0~3分)和柔软度(0~4分)四个方面,总分13分,分值越高表示瘢痕越严重。

1.4.3 不良反应:记录每次治疗后患儿出现的不良反应,包括红斑、水肿、破溃、感染、色素沉着、色素减退等。

1.4.4 主观满意度^[7]:末次治疗后3个月随访,采用自制问卷调查患儿家属的主观满意度。非常满意:瘢痕外观和症状改善非常明显,超出预期;满意:瘢痕有明显改善;基本满意:瘢痕有一定改善,但未达预期;不满意:瘢痕无明显变化或加重。总满意度=(非常满意+满意)例数/总例数 $\times 100\%$ 。

1.5 统计学分析：采用SPSS 22.0进行统计分析，计数资料以[例(%)]表示，两组间比较行 χ^2 检验；计量资料以($\bar{x}\pm s$)表示，治疗前后行配对样本 t 检验，两组间比较行独立样本 t 检验。检验水准 $\alpha=0.05$ ， $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床疗效比较：A组治疗总有效率高于B组 ($P<0.05$)。见表1。

| 组别 | 显效 | 有效 | 稍有改善 | 无效 | 总有效 |
|------------|------------|------------|------------|----------|------------|
| A组 (n=45) | 19 (42.22) | 21 (46.67) | 4 (8.89) | 1 (2.22) | 40 (88.89) |
| B组 (n=45) | 12 (26.67) | 19 (42.22) | 11 (24.44) | 3 (6.67) | 31 (68.89) |
| χ^2 值 | | | | | 5.404 |
| P值 | | | | | 0.020 |

2.2 VSS评分比较：两组治疗后VSS各项评分均较治疗前下降 ($P<0.05$)，且A组血管分布和柔软度评分低于B组 ($P<0.05$)。见表2。

2.3 不良反应比较：所有患儿均未出现感染、色素减退、瘢痕增生加重或皮肤萎缩等严重并发症，主要不良反应为轻微的红斑、水肿，经处理后均顺利愈合，B组有2例患儿出现轻微的一过性炎症后色素沉着，在指导严格防晒3个月后基本消退，两组不良反应总发生率差异无统计学意义 ($P>0.05$)。见表3。

| 组别 | 红斑 | 水肿 | 一过性色素沉着 | 总不良反应 |
|------------|----------|----------|----------|-----------|
| A组 (n=45) | 4 (8.89) | 2 (4.44) | 0 (0.00) | 6 (13.33) |
| B组 (n=45) | 2 (4.44) | 3 (6.67) | 2 (4.44) | 7 (15.56) |
| χ^2 值 | | | | 0.090 |
| P值 | | | | 0.764 |

2.4 患儿家属主观满意度比较：A组患儿家属主观满意度高于B组 ($P<0.05$)。见表4。

2.5 典型病例

2.5.1 A组典型病例：患儿，女，3岁，手背及上肢烧伤后增生性瘢痕，实施595 nm PDL联合点阵CO₂激光治疗，治疗

| 组别 | 非常满意 | 满意 | 基本满意 | 不满意 | 总满意 |
|------------|------------|------------|------------|----------|------------|
| A组 (n=45) | 25 (55.56) | 15 (33.33) | 4 (8.89) | 1 (2.22) | 40 (88.89) |
| B组 (n=45) | 12 (26.67) | 18 (40.00) | 11 (24.44) | 4 (8.89) | 30 (66.67) |
| χ^2 值 | | | | | 6.429 |
| P值 | | | | | 0.011 |

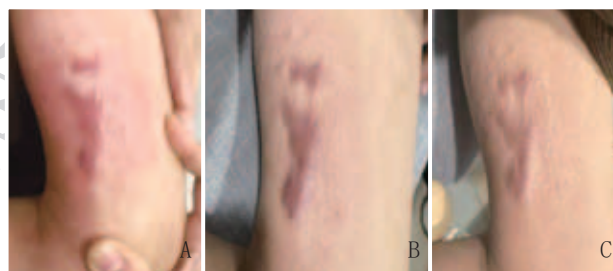
前后见图1。



注：A. 治疗前；B. 点阵CO₂激光治疗前；C. 595 nm PDL联合点阵CO₂激光治疗3个月

图1 点阵CO₂激光联合595 nm PDL治疗前后

2.5.2 B组典型病例：患儿，男，10岁，下肢烧伤后增生性瘢痕，实施M22 IPL联合点阵CO₂激光治疗，治疗前后见图2。



注：A. 治疗前；B. 点阵CO₂激光治疗前；C. M22 IPL联合点阵CO₂激光治疗3个月

图2 点阵CO₂激光联合M22 IPL治疗前后

3 讨论

儿童烧伤后增生性瘢痕的治疗目标是尽早抑制瘢痕增生，改善外观，缓解症状，恢复功能。传统的治疗方法各有局限，以点阵CO₂激光为代表的光电技术，通过其精准汽化剥脱与热刺激胶原重塑作用，已成为治疗增生性瘢痕的

| 组别 | 色泽 | | 血管分布 | | 厚度 | | 柔软度 | |
|-----------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
| | 治疗前 | 治疗后 | 治疗前 | 治疗后 | 治疗前 | 治疗后 | 治疗前 | 治疗后 |
| A组 (n=45) | 2.29±0.55 | 1.17±0.43* | 2.44±0.50 | 0.82±0.39* | 1.82±0.61 | 0.64±0.48* | 1.76±0.43 | 1.02±0.15* |
| B组 (n=45) | 2.31±0.56 | 1.20±0.40* | 2.49±0.51 | 1.36±0.53* | 1.84±0.60 | 0.71±0.45* | 1.78±0.42 | 1.29±0.46* |
| t值 | 0.171 | 0.343 | 0.470 | 5.505 | 0.157 | 0.714 | 0.223 | 3.743 |
| P值 | 0.865 | 0.733 | 0.640 | <0.001 | 0.876 | 0.477 | 0.824 | <0.001 |

注：*表示与同组治疗前比较， $P<0.05$ 。

核心手段^[8]。然而,增生性瘢痕的病理核心之一是其异常活跃的血管增生,单独的点阵CO₂激光治疗难以有效解决血管问题,其与针对血管的激光或光子技术相结合已成为目前治疗瘢痕的趋势^[9-10]。本研究旨在比较点阵CO₂激光分别联合两种血管靶向治疗方式的效果,证实了联合595 nm PDL对于瘢痕改善的效果及主观满意度均较M22 IPL更具优势。

本研究显示,所有患儿完成治疗后,VSS各项评分均较治疗前显著下降。治疗第一阶段PDL和IPL的核心作用机制均为选择性光热作用,其发出的特定波段光可被瘢痕内增生血管中的氧合血红蛋白高效吸收,瞬间产生高热并凝固封闭血管,该过程可直接破坏瘢痕的色素,使瘢痕红色外观得以迅速改善,并通过封闭异常的微血管网,阻断对过度活跃的成纤维细胞的营养供给,从而抑制其增殖与合成胶原的能力,从病理生理层面遏制瘢痕的进一步发展^[11-12]。第二阶段的点阵CO₂激光则可精准地对瘢痕组织进行结构性重塑,其产生的微小剥脱光柱能够直接移除部分瘢痕组织,热损伤可刺激深层真皮启动创伤修复反应,诱导成纤维细胞产生排列更有序的新胶原,从而使瘢痕厚度降低、质地软化、表面更趋平整^[13]。

本研究发现,A组总有效率高于B组,治疗后VSS血管分布、柔软度两项评分均低于B组,表明点阵CO₂激光联合595 nm PDL的总体疗效及对瘢痕的改善效果优于联合M22 IPL。595 nm PDL是一种单色性极好的激光,其波长精确对应氧合血红蛋白的吸收峰之一,具有高度的靶点特异性,使光能在极短的脉冲时间内高效地被血管吸收,对血管的破坏作用更为彻底和深入,而对周围组织的附带热损伤则更小^[14]。M22 IPL属于宽谱光,虽然通过滤光片可选择出以590 nm为中心波段的光,但其能量仍然分布在一个较宽的光谱范围内,导致其作用的选择性与能量的集中度均不及PDL^[15]。因此,595 nm PDL较M22 IPL对于增生性瘢痕的血管封闭效能更佳,故A组治疗VSS血管分布的评分更佳。瘢痕的柔软度则与成纤维细胞的活性和胶原纤维的致密程度有关,PDL具有更强的血管封闭作用,可更彻底地抑制成纤维细胞的活性,从而更有效减少后续的胶原过度沉积,促进瘢痕更快地稳定和软化,故A组治疗后VSS柔软度评分更佳^[16]。此外,A组患儿家属主观满意度高于B组,证实点阵CO₂激光联合595 nm PDL具有更高的疗效认可度。PDL治疗好出现的紫癜属于预期的治疗终点反应,在家属被充分告知后均能被接受,并未增加额外的负担或风险,A组治疗后仅有个别患儿出现轻微的红斑、水肿等即刻反应,总体耐受性良好。

综上所述,对于儿童烧伤后增生性瘢痕,点阵CO₂激光联合595 nm PDL的疗效及满意度均优于CO₂点阵激光联合M22 IPL,且未增加不良反应风险。本研究不足之处是随访周期短,未来需更大样本量、长期随访研究设计来进一步验证其疗效。

[参考文献]

[1]赵丽靓,许清华,张小锋,等.剥脱性点阵CO₂激光联合³²P同

位素敷贴修复烧伤后增生性瘢痕的效果[J].检验医学与临床,2023,20(6):747-752.

[2]陈白桦,赵帅,王学明.点阵CO₂激光联合曲安奈德治疗儿童面部早期增生性瘢痕的美学效果评价[J].中国美容医学,2024,33(12):15-20.

[3]黄瑞娟,王睿甲,杜伟栋,等.强脉冲光联合长脉冲1 064 nmNd:YAG激光治疗早期增生性烧伤瘢痕的临床效果[J].中华损伤与修复杂志电子版,2024,19(2):119-126.

[4]李楠,浦洁,焦晴晴.脉冲染料激光联合超脉冲点阵CO₂激光治疗轻度增生性瘢痕的临床疗效研究[J].中国美容医学,2025,34(4):108-112.

[5]Bharadia S K, Burnett L, Gabriel V. Hypertrophic scar[J]. Phys Med Rehabil Clin N Am, 2023, 34(4):783-798.

[6]Kim J K, Park J Y, Shin Y H, et al. Reliability and validity of Vancouver Scar Scale and Withey score after syndactyly release[J]. J Pediatr Orthop B, 2022, 31(6):603-607.

[7]刘继松,邢福席,付全有,等.点阵二氧化碳激光治疗儿童深度烧伤后早期增生性瘢痕的效果评价[J].中华全科医学,2023, 21(2):250-254

[8]黎亦琪,谭军.增生性瘢痕发生机制及治疗的研究进展[J].长春中医药大学学报,2023, 39(5):582-585.

[9]Ogawa R. Update on hypertrophic scar management in burn patients[J]. Clin Plast Surg, 2024, 51(3):349-354.

[10]Guo G, Chen J, Han X, et al. Advances in laser therapies for the scar[J]. Zhongnan Daxue Xuebao Yixueban, 2024, 49(2):197-206.

[11]Santuzzi C H, Gonçalves Liberato F M, Fachini de Oliveira N F, et al. Massage, laser and shockwave therapy improve pain and scar pruritus after burns: a systematic review[J]. J Physiother, 2024, 70(1):8-15.

[12]Zhang J, Zhou S, Xia Z, et al. Effectiveness of artesunate combined with fractional CO₂ laser in a hypertrophic scar model with underlying mechanism[J]. Burns, 2022, 48(3):662-671.

[13]Li P, Zhang Q, Tao C, et al. Pulsed dye laser, fractional CO₂ laser, or combination for burn scar treatment: a systematic review[J]. Lasers Med Sci, 2025, 40(1):389.

[14]Yuan B, Upton Z, Leavesley D, et al. Vascular and collagen target: a rational approach to hypertrophic scar management[J]. Adv Wound Care (New Rochelle), 2023, 12(1):38-55.

[15]Alomari O, Mokresh M E, Hamam M, et al. Combined stromal vascular fraction and fractional CO₂ laser therapy for hypertrophic scar treatment: a systematic review and meta-analysis[J]. Aesthetic Plast Surg, 2025, 49(3):885-896.

[16]Won P, Cooper M, Gillenwater T J, et al. Treatment of hypertrophic burn scars with laser therapy: a review of adverse events[J]. Ann Plast Surg, 2023, 91(6):715-719.

[收稿日期]2025-09-17

本文引用格式:高楠,章祥洲.点阵CO₂激光分别联合595 nm脉冲染料激光和M22强脉冲光治疗儿童烧伤后增生性瘢痕的临床疗效比较[J].中国美容医学,2026,35(2):98-101.