

· 论著 · 瘢痕治疗 ·

本文亮点:

- (1) 将压力疗法与窄谱强脉冲光有机结合,用于治疗增生性瘢痕,达到了预期效果。
- (2) 将波长精准覆盖血红蛋白吸收峰的窄谱强脉冲光作用于增生性瘢痕的异常血管,可显著减少黑色素与水对光能的竞争性吸收,从而实现高效褪红,且不良反应少。
- (3) 借助体表压强监测仪客观指导压力衣及压力垫的使用,既保证了瘢痕处受到有效压力,又减轻了周边正常皮肤的不必要压迫,在保证疗效的同时提高了舒适度。

Highlights:

- (1) The combination of pressure therapy and narrow-band intense pulsed light was applied to treat hypertrophic scars, achieving the expected effects.
- (2) By applying the narrow-band intense pulsed light that precisely targets the hemoglobin absorption peak to the abnormal blood vessels in hypertrophic scars, it significantly reduced the competitive absorption of light energy by melanin and water, thereby achieving efficient depigmentation with few adverse reactions.
- (3) By using a body surface pressure monitoring device to objectively guide the application of pressure garments and pressure pads, it ensured the effective pressure on the scar area and reduced unnecessary compression on the surrounding normal skin, thus improving comfort while ensuring the therapeutic efficacy.



# 压力疗法联合窄谱强脉冲光治疗增生性瘢痕的临床效果

曾颖 王琴 林琥燕 赵丹阳 韩冬 许佳  
 上海交通大学医学院附属第九人民医院整复外科,上海 200011  
 曾颖现在上海今识医疗美容门诊部激光美容科,上海 200023  
 通信作者:许佳,Email:jiarenjiaxu@163.com

**【摘要】 目的** 探讨采用压力疗法联合窄谱强脉冲光(NB-IPL)治疗增生性瘢痕的临床效果。**方法** 该研究为回顾性队列研究。2023年1月—2025年1月,上海交通大学医学院附属第九人民医院收治73例符合入选标准的增生性瘢痕患者。根据患者采用的治疗方式,将其分为仅接受压力疗法的对照组[35例,男14例、女21例,年龄(32±9)岁]和在压力疗法基础上联合应用NB-IPL的观察组[38例,男18例、女20例,年龄(32±10)岁]。2组患者的压力疗法均在体表压强监测下进行,以确保瘢痕区域获得有效压力。联合治疗中,NB-IPL治疗每月1次,连续进行6次。治疗前和治疗9个月,采用温哥华瘢痕量表(VSS)评估瘢痕外观,采用视觉模拟评分法(VAS)评估瘢痕瘙痒程度和疼痛程度。治疗9个月后,采用利克特量表评价患者对瘢痕改善效果的满意度。在治疗过程中及治疗9个月后,观察并记录患者不良反应,包括皮肤接触性皮炎、压力性水疱等的发生情况,并比较2组患者不

DOI:10.3760/cma.j.cn501225-20251211-00518

收稿日期 2025-12-11

引用本文:曾颖,王琴,林琥燕,等.压力疗法联合窄谱强脉冲光治疗增生性瘢痕的临床效果[J].中华烧伤与创面修复杂志,2026,42(4):324-331. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20251211-00518.

Zeng Y,Wang C,Lin HY,et al.Clinical efficacy of pressure therapy combined with narrow-band intense pulsed light for hypertrophic scars[J].Chin J Burns Wounds,2026,42(4):324-331.DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20251211-00518.



良反应发生率。 **结果** 治疗 9 个月后, 对照组和观察组患者瘢痕外观 VSS 评分分别为 (7.4±1.4)、(6.1±1.7) 分, 均显著低于治疗前的 (11.5±1.8)、(11.2±1.9) 分 ( $t$  值分别为 -5.149、-5.396,  $P<0.05$ ); 观察组患者瘢痕外观 VSS 评分显著低于对照组 [均数差值 (95% CI) 为 -1.2 (-1.8~-0.6) 分,  $t=-3.458$ ,  $P<0.05$ ]。治疗 9 个月后, 对照组和观察组患者的瘢痕瘙痒程度均较治疗前显著改善 ( $Z$  值分别为 -4.815、-5.407,  $P<0.05$ ), 观察组患者的瘢痕瘙痒程度较对照组显著改善 ( $Z=-3.690$ ,  $P<0.05$ )。治疗 9 个月后, 对照组和观察组患者的瘢痕疼痛程度均较治疗前显著改善 ( $Z$  值分别为 -4.864、-5.303,  $P<0.05$ ), 观察组患者的瘢痕疼痛程度较对照组显著改善 ( $Z=-1.994$ ,  $P<0.05$ )。治疗 9 个月后, 观察组患者对瘢痕改善效果的满意度评分显著高于对照组 ( $t=-2.964$ ,  $P<0.05$ )。在治疗过程中及治疗 9 个月后, 对照组仅有 2 例患者出现不良反应, 观察组患者未发生明显不良反应, 2 组患者不良反应发生率比较, 差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。 **结论** 在压力疗法基础上联合应用 NB-IPL 对增生性瘢痕的外观、瘙痒与疼痛程度均有显著改善, 且未增加治疗风险, 可提升患者满意度, 是一种安全有效的非手术联合治疗方案。

【关键词】 瘢痕; 激光疗法; 窄谱强脉冲光; 压力疗法; 瘢痕评估

【基金项目】上海市重中之重研究中心-上海市整形外科研究中心(2023ZZ02023); 上海交通大学医学院附属第九人民医院重大重点培育项目(JYZP010)

### Clinical efficacy of pressure therapy combined with narrow-band intense pulsed light for hypertrophic scars

Zeng Ying, Wang Chen, Lin Huyan, Zhao Danyang, Han Dong, Xu Jia

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

Zeng Ying is working at the Laser Aesthetic Department of Shanghai Jinshi Aesthetic Medical Clinic, Shanghai 200023, China

Corresponding author: Xu Jia, Email: jiarenjiaxu@163.com

【Abstract】 **Objective** To investigate the clinical efficacy of pressure therapy combined with narrow-band intense pulsed light (NB-IPL) for hypertrophic scars. **Methods** This study was a retrospective cohort study. From January 2023 to January 2025, 73 patients with hypertrophic scars who met the inclusion criteria were admitted to Shanghai Ninth People's Hospital of Shanghai Jiao Tong University School of Medicine. According to whether they underwent laser treatment, patients were divided into control group that received pressure therapy alone (35 cases, 14 males and 21 females, aged (32±9) years), and observation group that received NB-IPL in addition to pressure therapy (38 cases, 18 males and 20 females, aged (32±10) years). In the two groups of patients, pressure therapy was performed under body surface pressure monitoring to ensure effective pressure on the scar area. In combination therapy, NB-IPL treatment was administered once a month for 6 consecutive sessions. Before treatment and 9 months after treatment, the Vancouver scar scale (VSS) was used to evaluate scar appearance, and the visual analogue scale (VAS) was used to assess the pruritus severity and pain levels of scars. Nine months after treatment, patients' satisfaction with the scar improvement effect was evaluated using the Likert scale. During the treatment and 9 months after treatment, adverse reactions in patients, including skin contact dermatitis and pressure blisters, were observed and recorded, and the incidence of adverse reactions was compared between the two groups of patients. **Results** Nine months after treatment, the VSS scores of scar appearance of patients in control group and observation group were 7.4±1.4 and 6.1±1.7, respectively, which were significantly lower than the pretreatment scores of 11.5±1.8 and 11.2±1.9, respectively (with  $t$  values of -5.149 and -5.396, respectively,  $P<0.05$ ); the VSS score of scar appearance of patients in observation group was significantly lower than that in control group (with mean difference (95% CI) of -1.2 (-1.8 to -0.6),  $t=-3.458$ ,  $P<0.05$ ). Nine months after treatment, the pruritus severity of scar in both control group and observation group of patients was significantly improved compared with that before treatment (with  $Z$  values of -4.815 and -5.407, respectively,  $P<0.05$ ); the pruritus severity of scar in observation group of patients was significantly improved compared with that in control group ( $Z=-3.690$ ,  $P<0.05$ ). Nine months after treatment, the scar pain levels in both control group and observation group of patients were significantly improved compared with that before treatment (with  $Z$  values of -4.864 and -5.303, respectively,  $P<0.05$ ); the scar pain level in observation group of patients was significantly improved compared with that in control group ( $Z=-1.994$ ,  $P<0.05$ ). Nine months after treatment, the score of patients' satisfaction with the scar improvement in observation group was significantly higher than

that in control group ( $t=-2.964, P<0.05$ ). During the treatment and 9 months after treatment, only 2 patients in control group experienced adverse reactions, while no obvious adverse reactions were observed in observation group of patients. There was no statistically significant difference in the incidence of adverse reactions between the two groups of patients ( $P>0.05$ ). **Conclusions** The application of NB-IPL combined with pressure therapy significantly improves the appearance, pruritus severity and pain levels of hypertrophic scars without increasing treatment risks, and can enhance patient satisfaction. It is a safe and effective non-surgical combination treatment approach.

**【Key words】** Cicatrix; Laser therapy; Narrow-band intense pulsed light; Pressure therapy; Scar assessment

**Fund program:** Shanghai Plastic Surgery Research Center of Shanghai Priority Research Center (2023ZZ02023); Major and Key Cultivation Project of Shanghai Ninth People's Hospital of Shanghai Jiao Tong University School of Medicine (JYZP010)

皮肤损伤后可能因伤口愈合异常及持续性炎症反应,进而发展为增生性瘢痕<sup>[1]</sup>。其临床特征主要包括瘢痕局限于原始损伤范围内,颜色呈红色或紫色且常伴色素沉着,质地坚硬,明显隆起于周围正常皮肤,并伴有不同程度的瘙痒与疼痛<sup>[2-3]</sup>。由于影响外观、功能、社会交往及心理健康,增生性瘢痕对患者的整体生活质量造成显著负面影响<sup>[4]</sup>。

目前,国内外针对增生性瘢痕的治疗手段多样<sup>[5]</sup>,主要包括手术切除、压力疗法<sup>[6]</sup>、硅凝胶应用、药物(如曲安奈德、5-氟尿嘧啶、肉毒毒素、外泌体)注射<sup>[7-9]</sup>及激光治疗等<sup>[10-13]</sup>。其中,压力疗法作为一种经典的非手术方式<sup>[14]</sup>,在临床中被医师和患者广泛接受。然而,该疗法亦存在一定局限性,如治疗周期较长,压力衣的穿着与日常维护较为烦琐,易导致患者依从性下降<sup>[15]</sup>。

为提高疗效,现有研究多主张采用联合治疗策略,而非单一治疗模式治疗增生性瘢痕<sup>[16-20]</sup>。近年来,激光技术在瘢痕治疗中的应用日益广泛<sup>[21-23]</sup>,相关治疗指南的发布也进一步推动了该技术的规范化与成熟化<sup>[24-25]</sup>,使其迅速成为非手术领域中一项重要的创新治疗方式。与此同时,激光治疗与康复医学的跨学科联合方案逐渐受到重视。传统方法与创新治疗模式的有机结合,有望实现更佳的治疗效果。临床观察显示,联合治疗可有效改善增生性瘢痕的颜色、血管分布、厚度及质地,减轻瘙痒与疼痛程度,从而提升患者的治疗满意度和生活质量。本研究团队将压力疗法联合窄谱强脉冲光(narrow-band intense pulsed light, NB-IPL, 波长 500~600 nm)用于治疗增生性瘢痕,取得预期效果。

## 1 对象与方法

本回顾性队列研究通过上海交通大学医学院附属第九人民医院(以下简称本院)伦理委员会审

批(批号:SH9H-2025-T344-2),并符合《赫尔辛基宣言》的基本原则。按照本院伦理委员会规定,可在不泄露患者隐私的情况下将其临床资料用于科学研究。

### 1.1 入选标准

纳入标准:(1)有烧伤、创伤或手术史;(2)确诊为增生性瘢痕,病程为3周~1年;(3)完成全程压力疗法或压力疗法联合NB-IPL治疗。排除标准:(1)既往已接受其他瘢痕相关治疗(如手术治疗等);(2)属于瘢痕疙瘩体质;(3)随访资料不完整。

### 1.2 临床资料

2023年1月—2025年1月,本院收治73例符合入选标准的增生性瘢痕患者。瘢痕形态为片状者49例、线状者24例,瘢痕位于四肢者44例、躯干者16例、头面部者13例,致伤因素为烧伤者36例、手术者22例、其他(如交通事故伤等外伤)者15例。根据患者采用的治疗方式,将其分为对照组(35例)与观察组(38例),对照组患者仅接受压力疗法,观察组患者在压力疗法基础上联合应用NB-IPL。2组患者性别、年龄、病程、瘢痕形状、瘢痕部位和致伤因素等指标比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。见表1。

### 1.3 治疗方法

对2组患者均进行常规抗瘢痕治疗,如通过健康宣传教育,嘱其避免辛辣刺激饮食,预防瘢痕部位受热,注意防晒等;外用硅酮类等抗瘢痕药物;告知压力疗法的注意事项;对跨关节的瘢痕需注意进行适当的按摩及牵伸训练等。

对照组患者采用常规压力疗法方案。根据瘢痕部位,由康复治疗师个性化定制压力衣。初次穿着时采用体表压强监测仪进行压强测定,通过增减压力垫或局部调整压力衣等方式,将瘢痕区域体表压强维持在2.67~4.00 kPa(以3.33 kPa为目标值)。

表 1 2组增生性瘢痕患者一般资料比较

Table 1 Comparison of general data between two groups of patients with hypertrophic scars

组别	例数	性别(例)		年龄(岁,	病程(月,	瘢痕形状(例)		瘢痕部位(例)			致伤因素(例)		
		男	女	$\bar{x} \pm s$ )	$\bar{x} \pm s$ )	片状	线状	四肢	躯干	头面部	烧伤	手术	其他
对照组	35	14	21	32±9	6.3±2.9	22	13	23	7	5	16	12	7
观察组	38	18	20	32±10	6.0±2.7	27	11	21	9	8	20	10	8
统计量值		$\chi^2=0.402$		$t=0.140$	$t=0.372$	$\chi^2=0.555$		$\chi^2=0.911$			$\chi^2=0.571$		
P值		0.526		0.611	0.584	0.456		0.634			0.752		

注:对照组患者仅接受压力疗法,观察组患者在压力疗法基础上联合应用窄谱强脉冲光

同时,对患者进行压力衣规范穿着宣传教育,要求每日穿着时间 $\geq 22$  h,仅在洗澡时短暂脱下,并于洗浴后尽快再次穿着。为维持压力面料回弹性,为患者配备2套压力衣交替使用,原则上每12小时更换1次,必要时进行清洗,并避免接触热源及暴晒。患者每月复诊,接受体表压强监测,确保压力衣持续提供有效压力,直至弹力织物纤维无法维持有效压力时予以更换,通常为每3个月更换2套。每次复诊时均由医师进行压力衣穿着规范性检查、评估。

观察组患者先进行NB-IPL治疗,6~8 h后同前进行压力疗法。根据患者肤色、瘢痕厚度及治疗次数对NB-IPL治疗参数进行个体化调整。一般设置脉冲宽度12~15 ms、能量密度5~12 J/cm<sup>2</sup>(初始能量密度略低于常规瘢痕治疗能量密度,后续根据瘢痕色红改善情况逐渐增加)、光斑不重叠,治疗终点设定为微红。激光治疗结束后即刻予以冰敷1~2 h,2次激光治疗间隔为1个月,连续治疗6次。

#### 1.4 观察指标

**1.4.1 瘢痕外观** 治疗前和治疗9个月后,由同一医师采用温哥华瘢痕量表(Vancouver scar scale, VSS)评估瘢痕外观。评估前,先用乙醇清洁瘢痕区域以避免污垢等影响。评估时,均以瘢痕周围正常皮肤为对照,并使用专用测量尺按压瘢痕2 s后进行判定。从色泽(0~3分)、血管分布(0~3分)、柔软度(0~5分)和厚度(0~4分)4个维度对瘢痕外观进行量化评价,各维度评分总和即为VSS总得分(0~15分),分值越高代表瘢痕状况越严重。该指标为主要观察指标。

**1.4.2 瘢痕瘙痒程度及疼痛程度** 于治疗前及治疗9个月后,采用视觉模拟评分法(visual analogue scale, VAS)评估瘢痕瘙痒程度和疼痛程度。该量表2个维度的总分均为10分,0分为无瘙痒或疼痛,1~3分为轻度瘙痒或疼痛,4~6分为中度瘙痒或疼痛,7~10分为重度瘙痒或疼痛。该指标为次要观察指标。

**1.4.3 患者满意度** 治疗9个月后,采用利克特量表评价患者对瘢痕改善效果的满意度。总分为5分,1、2、3、4、5分分别表示非常不满意、不满意、稍微满意、满意、非常满意。该指标为次要观察指标。

**1.4.4 不良反应** 在治疗过程中及治疗9个月后,观察并记录患者出现的如下不良反应。(1)压力疗法相关不良反应:接触性皮炎、压力性水疱、局部浸渍、瘙痒加重、毛囊炎、感觉异常或肢体循环受限等;(2)激光治疗相关不良反应:治疗即刻或延迟出现的水肿、色素沉着或减退、表皮破损及感染等;(3)其他全身或局部不良反应:过敏反应、瘢痕增生加剧或瘢痕所在部位功能受限等。针对所有不良反应,详细记录其出现时间、持续时间、严重程度及相应处理措施与转归。该指标为安全性观察指标。

#### 1.5 统计学处理

采用SPSS 22.0统计软件进行数据分析。计量资料(年龄、病程、VSS评分等)数据均符合正态分布,以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组内比较采用配对样本 $t$ 检验,组间比较采用独立样本 $t$ 检验。对治疗9个月后的主要观察指标VSS评分,采用协方差分析进行组间比较,以治疗后评分为因变量,组别为固定因子,并校正治疗前评分、年龄、病程等潜在混杂因素。计数资料(性别、瘢痕形状、部位、病因、不良反应发生率等)数据以频数或百分数表示,组间比较采用 $\chi^2$ 检验或Fisher精确概率法。等级资料(瘢痕瘙痒程度、疼痛程度)数据以频数(百分数)表示,组内比较采用Wilcoxon符号秩和检验,组间比较采用Mann-Whitney  $U$ 检验。所有检验为双侧检验,以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 瘢痕外观

对照组和观察组患者治疗前瘢痕外观VSS评分分别为(11.5±1.8)、(11.2±1.9)分,治疗9个月后分别为(7.4±1.4)、(6.1±1.7)分。治疗9个月后,对照

组和观察组患者 VSS 评分均较治疗前显著降低( $t$  值分别为 -5.149、-5.396,  $P$  值均  $<0.001$ ), 观察组患者 VSS 评分显著低于对照组 [均数差值 (95%CI) 为 -1.2(-1.8~-0.6) 分,  $t=-3.458, P<0.001$ ]。

### 2.2 瘢痕瘙痒程度

治疗 9 个月后, 对照组和观察组患者的瘢痕瘙痒程度均较治疗前显著改善 ( $P<0.05$ )。治疗前, 2 组患者的瘢痕瘙痒程度均以中度为主。治疗 9 个月后, 对照组患者的瘢痕瘙痒程度以轻、中度为主; 观察组患者的瘢痕瘙痒程度以轻度为主, 无重度瘙痒病例, 较对照组显著改善 ( $P<0.05$ )。见表 2。

### 2.3 瘢痕疼痛程度

治疗 9 个月后, 对照组和观察组患者的瘢痕疼痛程度均较治疗前显著改善 ( $P<0.05$ )。治疗前, 2 组患者的瘢痕疼痛程度均以中度为主。治疗 9 个月后, 2 组患者的瘢痕疼痛程度均以轻度为主, 其中观察组患者占比更高, 较对照组显著改善 ( $P<0.05$ )。见表 3。

### 2.4 患者满意度

治疗 9 个月后, 观察组患者对瘢痕改善效果的满意度评分为 (4.5±0.9) 分, 显著高于对照组的 (3.8±0.9) 分 ( $t=-2.964, P=0.004$ )。

### 2.5 不良反应

在治疗过程中及治疗 9 个月后, 对照组仅有

2 例患者出现不良反应, 为压力性水疱、接触性皮炎 (表现为弹力面料接触处瘙痒), 不良反应发生率为 5.71% (2/35)。观察组患者未发生明显不良反应。2 组患者不良反应发生率比较, 差异无统计学意义 ( $P=0.226$ )。

### 2.6 典型病例

**例 1** 男, 33 岁, 火焰烧伤左大腿, 深度为 II~III 度, 为观察组患者。伤后 1 年, 瘢痕隆起于体表、充血明显、质硬、增生明显。见图 1A。瘢痕治疗前外观 VSS 评分 11 分, 瘙痒程度 VAS 评分 7 分 (重度), 疼痛程度 VAS 评分 3 分 (轻度)。应用压力疗法联合 6 次 NB-IPL 治疗 9 个月后, 患者左大腿增生性瘢痕平整度改善, 充血减轻, 质地变软, 外观 VSS 评分 4 分, 瘙痒程度 VAS 评分 2 分 (轻度), 疼痛程度 VAS 评分 0 分 (无疼痛), 患者对瘢痕改善效果的满意度评分为 5 分, 见图 1B。在治疗过程中及治疗 9 个月后, 未见不良反应。

**例 2** 女, 26 岁, 火焰烧伤左踝, 深度为 III 度, 为观察组患者。伤后 8 个月, 左踝瘢痕隆起明显、质硬、充血明显, 走路时间稍久即会出现充血、淤紫, 左右脚鞋码有 1~2 码差异。见图 2A。瘢痕治疗前外观 VSS 评分 12 分, 瘙痒程度 VAS 评分 8 分 (重度), 疼痛程度 VAS 评分 4 分 (中度)。应用压力疗法联合 6 次 NB-IPL 治疗 9 个月后, 患者左踝瘢痕厚度

表 2 2 组患者治疗前及治疗 9 个月后增生性瘢痕瘙痒程度比较 [例 (%) ]

Table 2 Comparison of pruritus severity of hypertrophic scars between two groups of patients before treatment and 9 months after treatment

组别	例数	治疗前				治疗 9 个月后				$Z_2$ 值	$P_2$ 值
		无	轻度	中度	重度	无	轻度	中度	重度		
对照组	35	0	2(5.7)	22(62.9)	11(31.4)	0	17(48.6)	17(48.6)	1(2.9)	-4.815	<0.001
观察组	38	0	3(7.9)	24(63.2)	11(28.9)	0	31(81.6)	7(18.4)	0	-5.407	<0.001
$Z_1$ 值				-0.742						-3.690	
$P_1$ 值				0.458						<0.001	

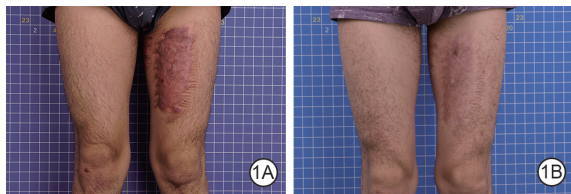
注: 对照组患者仅接受压力疗法, 观察组患者在压力疗法基础上联合应用窄谱强脉冲光

表 3 2 组患者治疗前及治疗 9 个月后增生性瘢痕疼痛程度比较 [例 (%) ]

Table 3 Comparison of pain levels of hypertrophic scars between two groups of patients before treatment and 9 months after treatment

组别	例数	治疗前				治疗 9 个月后				$Z_2$ 值	$P_2$ 值
		无	轻度	中度	重度	无	轻度	中度	重度		
对照组	35	0	13(37.1)	20(57.1)	2(5.7)	0	31(88.6)	4(11.4)	0	-4.864	<0.001
观察组	38	0	13(34.2)	23(60.5)	2(5.3)	0	37(97.4)	1(2.6)	0	-5.303	<0.001
$Z_1$ 值				-0.454						-1.994	
$P_1$ 值				0.650						0.046	

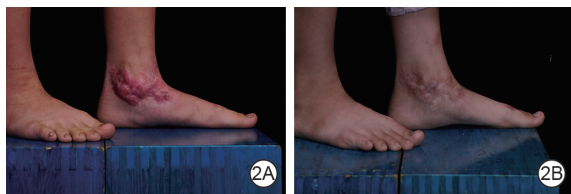
注: 对照组患者仅接受压力疗法, 观察组患者在压力疗法基础上联合应用窄谱强脉冲光



**图 1** 压力疗法联合窄谱强脉冲光治疗例 1 患者左大腿增生性瘢痕的效果。1A. 治疗前瘢痕增生明显, 隆起于体表, 充血明显; 1B. 治疗 9 个月后, 瘢痕平整度改善, 充血减轻

**Figure 1** Efficacy of pressure therapy combined with narrow-band intense pulsed light for hypertrophic scar on the left thigh in case one

明显变薄, 质地变软, 充血减轻, 左右脚鞋码一致, 外观 VSS 评分 5 分, 瘙痒程度 VAS 评分 3 分(轻度), 疼痛程度 VAS 评分 2 分(轻度), 患者对瘢痕改善效果的满意度评分为 5 分, 见图 2B。在治疗过程中及治疗 9 个月后, 未见不良反应。



**图 2** 压力疗法联合窄谱强脉冲光治疗例 2 患者左踝增生性瘢痕的效果。2A. 治疗前瘢痕隆起, 充血明显; 2B. 治疗 9 个月后瘢痕厚度变薄, 充血减轻

**Figure 2** Efficacy of pressure therapy combined with narrow-band intense pulsed light for hypertrophic scar on the left ankle in case two

**例 3** 女, 11 岁, 沸水烫伤下颌, 深度为 III 度, 为观察组患者。伤后 3 个月, 下颌瘢痕隆起明显、质硬、充血明显, 瘙痒严重伴痛觉过敏。见图 3A。瘢痕治疗前外观 VSS 评分 11 分, 瘙痒程度 VAS 评分 9 分(重度), 疼痛程度 VAS 评分 4 分(中度)。应用压力疗法联合 6 次 NB-IPL 治疗 9 个月后, 患者下颌瘢痕厚度明显变薄, 质地变软, 充血减轻, 外观 VSS 评分 4 分, 瘙痒程度 VAS 评分 2 分(轻度), 疼痛程度 VAS 评分 1 分(轻度), 患者对瘢痕改善效果的满意度评分为 5 分, 见图 3B。在治疗过程中及治疗 9 个月后, 未见不良反应。

### 3 讨论

近年来, 针对增生性瘢痕的压力疗法在具体实施中仍面临关键参数的标准化问题。目前, 临床上对治疗所需的最佳压强尚未建立统一的科学标准, 实践中多依赖 2.00~3.33 kPa 的经验范围或患者的



**图 3** 压力疗法联合窄谱强脉冲光治疗例 3 患者下颌增生性瘢痕的效果。3A. 治疗前瘢痕增生明显, 隆起于体表, 充血明显; 3B. 治疗 9 个月后瘢痕平整度改善, 充血减轻

**Figure 3** Efficacy of pressure therapy combined with narrow-band intense pulsed light for hypertrophic scar on the mandible in case three

主观感受<sup>[26-28]</sup>, 缺乏客观、精准的压强参考。此外, 处于不同阶段的瘢痕对压力的耐受性存在差异: 愈合初期的伤口或早期瘢痕所能承受的压力较小, 而 <2.00 kPa 的压强常因无法有效抑制瘢痕增生而导致疗效欠佳。尽管普遍认为提高压力有助于促进瘢痕成熟, 但压强  $\geq 5.33$  kPa 则可能引发一系列不良反应, 如水疱、压疮、感觉异常, 甚至影响骨骼发育或导致肢体缺血<sup>[29-30]</sup>。同时, 压强越高, 随着时间推移所产生的压强衰减风险及患者不依从率也相应升高。由于人体体表形态复杂, 压强在凹陷区域和关节屈侧常难以均匀分布。此外, 随着使用时间的延长, 压力衣不可避免地出现弹性下降, 导致实际施加压力降低, 最终影响治疗效果。因此, 在压力疗法实施过程中进行有效、精准的压强监测, 对于保障其安全性、持续性和疗效至关重要<sup>[31]</sup>。一般认为, 当压力衣施加的压强达到 2.66~5.33 kPa 时, 可在加压部位造成瘢痕组织相对缺血, 减少局部血供与血管数量, 抑制血管内皮细胞功能, 从而抑制瘢痕增生。长期持续加压还可引起组织缺氧, 降低细胞代谢, 抑制胶原合成, 提高胶原酶活性, 最终实现瘢痕软化和变薄<sup>[32-34]</sup>。

随着医疗技术的进步与患者期望的提高, 压力疗法疗程漫长、起效缓慢、患者依从性差成为迫切需要解决的问题。近年来, 压力传感技术的发展使体表压力监测更为便捷可行。研究表明, 基于实时压力监测的精准压力疗法能够为增生性瘢痕患者提供更加个体化、持续有效的治疗方案<sup>[31]</sup>。通过监测数据动态调整压力, 不仅能确保治疗效果, 还可结合患者增生性瘢痕的具体特点, 更有效地限制瘢痕局部的血液与营养供应, 诱导缺血缺氧状态, 从而抑制 Fb 活性、促进胶原降解, 更好地满足临床康复需求<sup>[35]</sup>。

在瘢痕治疗领域, 光疗技术作为微创治疗的代

表,近年来展现出显著优势。与传统非手术方法相比,脉冲染料激光<sup>[36-37]</sup>、强脉冲光<sup>[38]</sup>、掺铒钕铝石榴石激光<sup>[39]</sup>等具有操作简便、创伤小、恢复快、疗效确切等特点。这类技术主要基于选择性光热作用原理,使光能被血红蛋白特异性吸收,造成血管闭塞,从而减少瘢痕血供<sup>[40]</sup>。尽管脉冲染料激光起效迅速,但其疼痛感强、术后易结痂等不足限制了其临床应用。普通强脉冲光的波长虽覆盖血红蛋白吸收峰(542 nm 与 577 nm),但因光谱范围较宽,能量易被黑色素等竞争性吸收,难以使用较高能量,导致治疗次数增多、起效缓慢。NB-IPL 作为强脉冲光的升级技术,将输出波长限定于 500~600 nm,不仅精准覆盖血红蛋白吸收峰,还显著减少黑色素与水对光能的竞争性吸收,从而允许施以更高能量,特异性封闭瘢痕内血管,实现高效褪红。其作用机制不仅在于通过闭塞血管限制瘢痕营养与细胞因子供给、抑制瘢痕增生,还因光热作用的精准性而使疼痛更轻、安全性更高,有助于提升治疗耐受性与整体疗效,进而改善患者生活质量<sup>[41]</sup>。本研究选择 NB-IPL,还因其属于无损激光,治疗后无皮肤破损,不影响压力疗法的实施,临床上发生色素沉着、表皮破损及感染的风险较低。本组患者在每次激光治疗完成后即刻开始冰敷 1~2 h,有效规避了水肿、水疱等激光治疗常见不良反应的发生。

目前,压力疗法联合激光技术作为整复外科与康复医学交叉领域的新兴方向,尚未在临床中广泛开展。该联合策略融合了压力疗法的机械生物学效应与 NB-IPL 的精准光热作用,形成一种“双靶点”治疗模式:压力疗法持续抑制瘢痕的物理性增生,NB-IPL 则针对性改善瘢痕的血管与色素问题。两者协同,不仅弥补了单纯压力疗法在起效速度与患者依从性方面的不足,也规避了单一激光治疗因能量过高而造成关节部位瘢痕再增生的风险。本研究结果显示,基于体表压强监测的压力疗法联合 NB-IPL,能够显著提升治疗效果,尤其适用于伴有明显充血或色素改变的增生性瘢痕。该方案在改善瘢痕美观度、缓解临床症状及提升患者满意度方面均表现出显著优势。

综上,本研究表明,压力疗法联合 NB-IPL 是一种疗效确切、安全性高、患者满意度良好的非手术治疗策略,对改善增生性瘢痕的整体康复效果具有一定的临床价值。然而,本研究纳入病例数较少,随访时间有限,未充分考虑患者体质、伤口愈合时

间等因素的影响,且缺乏客观的瘢痕评估方法。本团队下一步将继续收集病例,延长随访时间,增加客观瘢痕评估指标,进一步验证和完善研究结果与结论。此外,尽管本研究已采用协方差分析对主要基线混杂因素进行校正,但受回顾性研究设计限制,仍可能存在未知或未测量的混杂因素对结果产生影响。

**利益冲突** 所有作者声明不存在利益冲突

**作者贡献声明** 曾颖: 酝酿和设计研究、实施激光治疗、采集资料、撰写论文;王琴、林晓燕: 实施激光治疗、采集资料;赵丹阳: 统计数据、分析数据和制订表格;韩冬: 指导临床实施方案、获取研究经费;许佳: 设计研究方案、实施压力疗法、压力监测和资料采集、随访、论文修改

#### 参考文献

- [1] Fernández-Guarino M, Bacci S, Pérez González LA, et al. The role of physical therapies in wound healing and assisted scarring[J]. *Int J Mol Sci*, 2023,24(8): 7487. DOI: 10.3390/ijms24087487.
- [2] 朱孟锦,甘孟杰,陈傲,等. 增生性瘢痕体内外模型研究进展[J]. *中国皮肤性病学期刊*,2024,38(2):231-236. DOI:10.13735/j.cjdv.1001-7089.202208100.
- [3] 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. DOI:10.13463/j.cnki.cczyy.2023.05.025.
- [4] Bharadia SK, Burnett L, Gabriel V. Hypertrophic scar[J]. *Phys Med Rehabil Clin N Am*, 2023,34(4):783-798. DOI: 10.1016/j.pmr.2023.05.002.
- [5] Meretsky CR, Polychronis A, Schiuma AT. A comparative analysis of the advances in scar reduction: techniques, technologies, and efficacy in plastic surgery[J]. *Cureus*, 2024, 16(8):e66806. DOI: 10.7759/cureus.66806.
- [6] 宋春红,黎景波,蓝蔚,等. 压力治疗对大面积烧伤继发增生性瘢痕患者血流动力学的影响及其机制[J]. *中华烧伤与创面修复杂志*,2022,38(12):1126-1132. DOI:10.3760/cma.j.cn501225-20220616-00235.
- [7] 甘泉,张曼曼,王贝贝. 曲安奈德与 A 型肉毒毒素联合治疗对增生性瘢痕患者的疗效观察[J]. *中国医疗美容*,2025,15(2): 26-29. DOI:10.19593/j.issn.2095-0721.2025.02.008.
- [8] 黄仲路,胡鹏,梁彦,等. 增生性瘢痕注射治疗所用药物或生物相关制剂的研究[J]. *中国美容整形外科杂志*,2023,34(11): 680-682,后插 4. DOI:10.3969/j.issn.1673-7040.2023.11.010.
- [9] 陶瑞,谭植襄,李思成,等. 外泌体在增生性瘢痕和瘢痕疙瘩治疗中的研究进展[J]. *临床外科杂志*,2022,30(12):1196-1199. DOI:10.3969/j.issn.1005-6483.2022.12.028.
- [10] 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.
- [11] Chan LKW, Lee KWA, Hung LC, et al. Treating hypertrophic scar, post-inflammatory hyperpigmentation, and post-inflammatory hypopigmentation with intense pulsed light[J]. *Skin Res Technol*, 2024,30(6):e13823. DOI: 10.1111/srt.13823.
- [12] Salem SAM, Abdel Hameed SM, Mostafa AE. Intense pulsed light versus cryotherapy in the treatment of hypertrophic scars: a clinical and histopathological study[J]. *J Cosmet*

- Dermatol, 2021, 20(9): 2775-2784. DOI: 10.1111/jocd.13971.
- [13] Oosterhoff TCH, Beekman VK, van der List JP, et al. Laser treatment of specific scar characteristics in hypertrophic scars and keloid: a systematic review[J]. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2021, 74(1): 48-64. DOI: 10.1016/j.bjps.2020.08.108.
- [14] 谢剑,唐杰,胡婷. 3D打印压力疗法在增生性瘢痕患者的应用效果[J]. 中国医疗美容,2025,15(3):42-45. DOI:10.19593/j.issn.2095-0721.2025.03.012.
- [15] 曹鹏,王运帷,姚明,等. 压力对增生性瘢痕形成及TGF- $\beta_1$ /Smad信号通路的影响[J]. 中华整形外科杂志,2022,38(7): 804-813. DOI: 10.3760/cma.j.cn114453-20220215-00038.
- [16] Bernabe RM, Won P, Lin J, et al. Combining scar-modulating agents for the treatment of hypertrophic scars and keloids: a systematic review[J]. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2024, 88:125-140. DOI: 10.1016/j.bjps.2023.10.065.
- [17] Dai Q, Cheng L, Wang C. The effectiveness of early treatment with intense pulsed light combined with fractional Erbium laser in preventing post-traumatic hypertrophic scar formation[J]. J Craniofac Surg, 2025,36(3):e342-e345. DOI: 10.1097/SCS.0000000000010972.
- [18] Dahm S, Lee G, Cleland H, et al. The use of carbon dioxide and intense pulsed light laser for the treatment of hypertrophic burn scars: a case series[J]. Scars Burn Heal, 2023,9: 20595131231202103. DOI: 10.1177/20595131231202103.
- [19] Zhang Y, Ye R, Dong J, et al. Efficacy and safety of ablative CO2 fractional laser and narrowband intense pulsed light for the treatment of hypertrophic scars: a prospective, randomized controlled trial[J]. J Dermatolog Treat, 2023, 34(1):2202287. DOI: 10.1080/09546634.2023.2202287.
- [20] Leszczynski R, da Silva CA, Pinto ACPN, et al. Laser therapy for treating hypertrophic and keloid scars[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2022, 9: CD011642. DOI: 10.1002/14651858.CD011642.pub2.
- [21] 陈媛,刘建,李孝建. DPL在防治儿童烧伤后早期增生性瘢痕中应用的研究进展[J]. 组织工程与重建外科杂志,2021,17(6): 497-502. DOI:10.3969/j.issn.1673-0364.2021.06.010.
- [22] 许一迪,蒋邦红,陈宇,等. 强脉冲光照射与弹力绷带压力治疗防治增生性瘢痕的疗效观察[J]. 中国美容整形外科杂志, 2021,32(10): 584-585,605. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7040.2021.10.003.
- [23] 曾颖,许佳,金蓉. 压力治疗联合点阵CO<sub>2</sub>激光治疗增生性瘢痕的疗效观察[J]. 组织工程与重建外科杂志,2021,17(2): 122-124. DOI:10.3969/j.issn.1673-0364.2021.02.007.
- [24] 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.
- [25] 《窄谱强脉冲光临床应用专家共识(2024版)》编写组. 窄谱强脉冲光临床应用专家共识(2024版)[J]. 中华烧伤与创面修复杂志,2024,40(1):19-25. DOI:10.3760/cma.j.cn501225-2023 0918-00085.
- [26] 许佳,韩冬,苏薇洁,等. 基于体表压力传感器监测的压力疗法对增生性瘢痕的疗效观察[J]. 组织工程与重建外科杂志, 2023,19(3): 229-235. DOI: 10.3969/j.issn.1673-0364.2023.03.003.
- [27] Ai JW, Liu JT, Pei SD, et al. The effectiveness of pressure therapy (15-25 mmHg) for hypertrophic burn scars: a systematic review and meta-analysis[J]. Sci Rep, 2017, 7: 40185. DOI: 10.1038/srep40185.
- [28] Nedelec B, De Oliveira A, Calva V, et al. Longitudinal evaluation of pressure applied by custom fabricated garments worn by adult burn survivors[J]. J Burn Care Res, 2020,41(2):254-262. DOI: 10.1093/jbcr/irz154.
- [29] Wiseman J, Ware RS, Simons M, et al. Effectiveness of topical silicone gel and pressure garment therapy for burn scar prevention and management in children: a randomized controlled trial[J]. Clin Rehabil, 2020,34(1): 120-131. DOI: 10.1177/0269215519877516.
- [30] 许佳,樊佳俊,韩冬,等. 增生性瘢痕压力治疗的研究进展[J]. 组织工程与重建外科杂志,2022,18(2):176-178. DOI:10.3969/j.issn.1673-0364.2022.02.020.
- [31] Xu J, Xue Y, Xu W, et al. Flexible pressure sensors for optimizing pressure garment therapy in periarticular scar treatment: preclinical and clinical applications[J]. Adv Wound Care (New Rochelle), 2026, 15(4): 195-207. DOI: 10.1089/wound.2024.0139.
- [32] 高振,武晓莉,李青峰. 瘢痕治疗现状与进展[J]. 临床外科杂志, 2020, 28(12): 1106-1109. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6483.2020.12.003.
- [33] Atiyeh BS, El Khatib AM, Dibo SA. Pressure garment therapy (PGT) of burn scars: evidence-based efficacy[J]. Ann Burns Fire Disasters, 2013,26(4):205-212.
- [34] Zhao D, Xu J, Li X, et al. Application of 3D-printed rehabilitation aids for hypertrophic scars[J]. Chin J Plast Reconstr Surg,2025,7(1):49-55. DOI: 10.1016/j.cjprs.2024.12.005.
- [35] 卜平元,阳萍,李曦,等. 3D打印压力疗法应用于增生性瘢痕患者的康复效果[J]. 护理学杂志,2022,37(16): 19-21. DOI: 10.3870/j.issn.1001-4152.2022.16.019.
- [36] 程静,杨丽,李娜,等. 不同能量密度脉冲染料激光治疗增生性瘢痕的效果比较[J]. 中华整形外科杂志,2021,37(6):599-605. DOI:10.3760/cma.j.cn114453-20200713-00416.
- [37] 刘振楠,周粤闽. 脉冲染料激光在创伤后瘢痕早期治疗中的应用研究进展[J]. 中华烧伤杂志,2021,37(7):688-691. DOI: 10.3760/cma.j.cn501120-20200315-00164.
- [38] Thanh LTV, Quan TS, Anh LV, et al. The efficacy of intense pulsed light in the treatment of keloids and hypertrophic scars[J]. J Lasers Med Sci, 2023, 14: e13. DOI: 10.34172/jlms.2023.13.
- [39] Téot L, Mustoe TA, Middelkoop E, et al. Textbook on scar management: state of the art management and emerging technologies[M]. Cham (CH): Springer, 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-44766-3.
- [40] Fu X, Dong J, 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[2025-12-11]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30723753/>. DOI: 10.1186/s41038-018-0141-0.
- [41] 杨德勇,董东,何小亮,等. 窄谱强脉冲光+点阵CO<sub>2</sub>激光治疗增生性瘢痕临床效果及预后分析[J]. 中外医学研究,2021,19(11):73-75. DOI:10.14033/j.cnki.cfmr.2021.11.027.