

超脉冲点阵CO₂激光联合强脉冲光治疗增生性瘢痕疗效观察

母焜宇^{1,2}, 陈星阳², 孔豫苏³

(1. 贵州医科大学临床医学院外科系 贵州 贵阳 550002; 2. 贵阳市第一人民医院整形烧伤科 贵州 贵阳 550001; 3. 贵州医科大学附属医院烧伤整形科 贵州 贵阳 550002)

[摘要]目的: 探究超脉冲点阵CO₂激光联合强脉冲光(Intense pulsed laser, IPL)改善增生性瘢痕(Hypertrophic scar, HS)颜色及瘙痒的效果。**方法:** 将2021年6月-2023年6月笔者医院收治的96例HS患者按就诊次序随机分为两组, 每组48例, 对照组给予超脉冲点阵CO₂激光治疗, 观察组在对照组基础上联合IPL治疗, 比较两组临床疗效以及治疗前后相关指标改变、美学效果满意度及不良反应发生情况。**结果:** 观察组临床总有效率更高($P < 0.05$)。治疗前两组各项指标对比差异无统计学意义($P > 0.05$); 治疗后3个月, 两组皮肤屏障功能、瘢痕血流灌注量、症状严重程度评分均有明显改善, 其中观察组改善更明显($P < 0.05$)。观察组美学效果满意度(93.75%)较对照组(77.08%)高, 且观察组(6.25%)总不良反应总发生率低于对照组(20.83%)($P < 0.05$)。**结论:** 超脉冲点阵CO₂激光联合IPL治疗HS疗效显著, 可明显改善患者皮肤屏障功能, 减轻相关症状, 提高皮肤美观度, 并减少不良反应的发生。

[关键词] 增生性瘢痕; 强脉冲光; 超脉冲点阵CO₂激光

[中图分类号] R758.73 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1008-6455(2025)07-0111-04

Observation on the Effect of Super Pulsed Fractional CO₂ Laser Combined with Intense Pulsed Laser in Hyperplastic Scars

MU KunYu^{1,2}, CHEN Xingyang², KONG Yusu³

(1. Department of Surgery, Clinical Medical College, Guizhou Medical University, Guiyang 550002, Guizhou, China; 2. Department of Plastic and Burn Surgery, First People's Hospital of Guiyang City, Guiyang 550001, Guizhou, China; 3. Department of Burn and Plastic Surgery, Affiliated Hospital of Guizhou Medical University, Guiyang 550002, Guizhou, China)

Abstract: Objective To investigate the effect of ultrapulsed fractional CO₂ laser combined with Intense pulsed laser (IPL) in improving the colour and itching of hyperplastic scar (HS). **Methods** 96 cases of HS patients admitted to the hospital from June 2021 to June 2023 were randomly divided into two groups, 48 cases/group, the control group was given super pulsed fractional CO₂ laser treatment, and the observation group was combined with IPL treatment on the basis of the control group, comparing the clinical efficacy of the two groups, as well as the changes in relevant indexes before and after the treatment, satisfaction with the aesthetic effect, and the occurrence of adverse reactions. **Results** The total clinical effective rate of the observation group was higher ($P < 0.05$). There was no difference in the comparison of the two indexes before treatment ($P > 0.05$); 3 months after treatment, the skin barrier function, scar blood perfusion volume, and symptom severity scores of the two groups improved significantly, in which the observation group improved more significantly ($P < 0.05$). The aesthetic satisfaction rate in the observation group (93.75%) was higher than that in the control group (77.08%), and the overall incidence of adverse reactions in the observation group (6.25%) was lower than that in the control group (20.83%) ($P < 0.05$). **Conclusion** Ultra-pulsed fractional CO₂ laser combined with IPL has significant efficacy in the treatment of HS, which can significantly improve the skin barrier function of patients, reduce the related symptoms, improve skin aesthetics, and is safe.

Key words: hypertrophic scar; intense pulsed laser; ultrapulsed fractional CO₂ laser

在手术、烧烫伤和感染后的恢复过程中, 增生性瘢痕(Hypertrophic scar, HS)是一种常见并发症, 其特点是皮肤纤维结缔组织过度生长, 导致皮肤表面出现隆起, 且形状不规则, 影响外观, 并伴有灼痛和瘙痒感, 严重影响患者身心健

康及生活质量^[1]。目前临床治疗HS的常见手段有局部封闭疗法和外科手术, 但均存在一定局限性^[2]。光疗法的进步在近年为HS的治疗带来了新的治疗策略, 因其疗效显著、操作简单和副作用小而受到越来越多的重视。强脉冲光(Intense

pulsed laser, IPL) 和超脉冲点阵CO₂激光因其独特的优势,在治疗多种皮肤问题中展现出显著疗效,也逐渐成为改善增生性瘢痕的热点研究方向。尽管强脉冲光和超脉冲点阵CO₂激光均被广泛报道为治疗痤疮瘢痕的有效手段,且痤疮瘢痕多为萎缩性,其治疗原理在于促进胶原蛋白的再生与重塑,以填补皮肤凹陷。但这两种激光技术同样具备调节皮肤色素代谢、减轻炎症反应及促进微循环的潜力,这些特性对于改善增生性瘢痕的颜色异常及缓解瘙痒症状尤为重要^[3-4]。在改善瘢痕颜色方面,超脉冲点阵CO₂激光的效果有限,而IPL的疗效更显著,但IPL对痤疮瘢痕结构本身的改善作用较慢^[5]。既往研究表明,IPL联合超脉冲点阵CO₂激光治疗青年痤疮瘢痕效果显著^[6],但其对于HS是否能同样显效目前尚不知晓,故本研究对此展开分析。

1 资料和方法

1.1 一般资料:将笔者医院2021年6月-2023年6月收治的96例HS患者随机分为两组($n=48$)。两组基线资料均衡可比($P>0.05$)。见表1。本研究通过贵阳市第一人民医院伦理委员会审核批准,批号:贵一医【伦理】2024-S070。

1.2 纳入标准:①经相关检查确诊为HS^[7],具有皮肤隆起、灼痛、瘙痒等症状,触诊发现瘢痕质地较硬,活动度较差,与周围正常组织的分界较为清晰;②病程1~3个月;③入组前未接受过相关治疗;④精神状态及认知功能良好,能配合完成研究相关量表的填写;⑤临床资料完整。

1.3 排除标准:①凹陷性瘢痕或不稳定瘢痕;②合并自身免疫性疾病或心肝肾功能不全;③瘢痕体质;④有超脉冲点阵CO₂激光或IPL禁忌证;⑤入组前接受过相关治疗;⑥合并认知功能障碍或无法正常言语沟通;⑦中途退出本研究。

1.4 方法

1.4.1 对照组:采用超脉冲点阵CO₂激光治疗。采用HGL-MC30型超脉冲点阵CO₂激光治疗系统(武汉华工激光医疗设备有限公司)进行治疗,治疗前先在耳后进行刺激测试,无不适症状则开始正式治疗。首先清洁消毒治疗区域,治疗参数设置:激光波长10100~10600 nm,输出功率25~30 W,发射频率10~50 Hz,脉冲宽度0.5~1 ms,点阵覆盖率5%~10%,能量密度15~30 J/cm²,每月1次,共治疗3次。治疗过程中根据患者病损的具体范围和形态,选择相应大小和形状的光斑进行照射,针对凹凸较为严重的区域,坚持大光斑、低能量原则,根据终点反应适当调整密度和能量输出;对于凹凸不

平和面积较大的部位,首先采用高密度和高能量的模式进行整体磨削,然后使用点状光斑对凹凸边缘进行细化处理,治疗过程中尽量避免对同一区域重复扫描。

1.4.2 观察组:采用超脉冲点阵CO₂激光联合IPL治疗,超脉冲点阵CO₂激光治疗方法同对照组。采用CC蛋白光IPL治疗仪(武汉奇致公司)进行治疗。于超脉冲点阵CO₂激光治疗2周后开始。为确保治疗安全性,治疗前先在患者的耳后进行刺激测试,评估患者是否会对IPL治疗产生过敏或其他应激反应。如果患者在耳后刺激测试中没有出现过敏等不适症状,则开始正式治疗。治疗前,首先对患者的皮肤进行彻底清洁消毒,涂抹一层冷敷凝胶,提高治疗舒适度和疗效。治疗过程中,IPL治疗仪的参数设置为波长560~590 nm,脉宽15~30 ms,每次治疗使用2~3个脉冲,每个脉冲的能量密度保持在15~20 J/cm²。IPL治疗结束后,见治疗部位细小血管消失、模糊不清或出现紫红色反应则为治疗有效,治疗完毕后立即冷敷30 min。每月1次,共治疗3次。IPL治疗时依据设备参数及瘢痕特征,选取合适的滤波片、脉宽、能量密度等参数,均匀照射瘢痕区。

两组均连续治疗3个月,于治疗后3个月复查。

1.5 观察指标及评价指标

1.5.1 临床疗效^[8]:治疗3个月后由本研究团队共同评估两组临床疗效。①显效:患者瘙痒、疼痛等临床症状消失,HS客观触感及外观接近正常皮肤;②有效:患者上述症状明显减轻,HS客观触感及外观明显恢复;③无效:患者上述症状及HS客观触感、外观无变化甚至加重。总有效率=(显效+有效)例数/总例数×100%。

1.5.2 皮肤屏障功能:分别于治疗前和治疗后3个月采用多功能皮肤测试仪(型号:MPA10,德国CK公司)检测。

1.5.3 瘢痕血流灌注量:分别于治疗前和治疗后3个月采用超声多普勒血流分析仪(型号:Doppler-Box,德国科尔麦公司)测定。

1.5.4 症状严重程度:分别于治疗前和治疗后3个月采用mVSS^[9]、POSAS^[10]评估患者症状严重程度。①mVSS量表:该量表包括色泽、厚度、柔软度、血管分布、瘙痒和疼痛六个方面,其中色泽、厚度、血管分布均按严重程度分别计分0~3分,柔软度按严重程度分别计分0~5分,瘙痒、疼痛均按严重程度分别计分0~2分,分数越高,表示HS病情越重。②POSAS量表:包含患者量表和观察者量表,其中患者量表包含6个指标,总分6~60分;观察者量表包含5个指

表1 两组基线资料比较

(例, $\bar{x} \pm s$)

组别	例数	性别	年龄/岁	HS形成时间/d	HS类型	HS面积/cm ²
		男/女			烧伤瘢痕/术后瘢痕/伤后瘢痕	
对照组	48	19/29	35.25±7.36	60.87±16.33	15/13/20	320.25±30.67
观察组	48	20/28	34.36±7.52	59.34±17.48	20/14/14	321.14±31.16
χ^2/t 值		0.043	0.586	0.443	1.810	0.141
P值		0.835	0.559	0.659	0.405	0.888

标, 总分5~50分, 分数越高表示HS外观越明显。

1.5.5 美学效果满意度: 治疗后3个月, 采用美学效果满意度问卷^[11]进行评估, 评价标准: 瘢痕组织消退面积90%以上为非常满意; 瘢痕组织消退面积60%~90%为满意; 瘢痕组织消退面积30%~60%为一般满意; 瘢痕组织消退面积小于30%为不满意。总满意度=(非常满意+满意+一般满意)例数/总例数×100%。

1.5.6 不良反应发生情况: 统计治疗期间不良反应发生情况。

1.6 统计学分析: 采用SPSS 20.0软件, 计量资料($\bar{x} \pm s$)用t检验; 计数资料[例(%)]用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床疗效: 观察组临床治疗有效率高于对照组, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表2。

表2 两组临床疗效比较 [例(%)]

组别	例数	显效	有效	无效	总有效
对照组	48	28 (58.33)	11 (22.92)	9 (18.75)	39 (81.25)
观察组	48	33 (68.75)	13 (27.08)	2 (4.17)	46 (95.83)
χ^2 值					5.031
P值					0.025

2.2 皮肤屏障功能: 治疗前两组经皮水分丢失量、角质

表3 两组治疗前后皮肤屏障功能比较 ($\bar{x} \pm s$, 分)

组别	例数	经皮水分丢失量/[g/m ² ·h]		角质层含水量/AU		红斑指数	
		治疗前	治疗后3个月	治疗前	治疗后3个月	治疗前	治疗后3个月
对照组	48	24.36±5.27	19.96±3.09 ^a	31.15±3.34	34.64±4.42 ^a	340.25±35.59	281.15±29.94 ^a
观察组	48	24.42±4.98	18.14±2.78 ^a	30.98±4.01	36.78±4.37 ^a	338.87±34.18	265.49±28.76 ^a
t值		0.057	3.034	0.226	2.385	0.194	2.613
P值		0.954	0.003	0.822	0.019	0.847	0.010

注: ^a表示与同组治疗前比较, $P < 0.05$ 。

表5 两组治疗前后mVSS评分比较 ($\bar{x} \pm s$, 分)

组别	例数	色泽		厚度		柔软度	
		治疗前	治疗后3个月	治疗前	治疗后3个月	治疗前	治疗后3个月
对照组	48	2.54±0.36	1.24±0.23 ^a	2.45±0.34	1.25±0.24 ^a	2.60±0.51	1.20±0.25 ^a
观察组	48	2.51±0.40	1.12±0.26 ^a	2.47±0.41	1.10±0.31 ^a	2.58±0.49	1.06±0.27 ^a
t值		0.386	2.395	0.260	2.651	0.196	2.636
P值		0.700	0.019	0.795	0.009	0.845	0.010

组别	例数	血管分布		瘙痒		疼痛	
		治疗前	治疗后3个月	治疗前	治疗后3个月	治疗前	治疗后3个月
对照组	48	2.54±0.52	1.41±0.27 ^a	2.58±0.45	1.19±0.20 ^a	2.51±0.44	1.15±0.21 ^a
观察组	48	2.51±0.48	1.25±0.30 ^a	2.60±0.52	1.07±0.20 ^a	2.49±0.50	1.03±0.19 ^a
t值		0.294	2.747	0.201	2.939	0.208	2.936
P值		0.770	0.007	0.841	0.004	0.836	0.004

层含水量、红斑指数比较差异无统计学意义($P > 0.05$); 治疗后3个月, 两组经皮水分丢失量、红斑指数降低, 且观察组低于对照组($P < 0.05$); 治疗后3个月, 两组角质层含水量升高, 且观察组高于对照组($P < 0.05$)。见表3。

2.3 瘢痕血流灌注量: 治疗前两组瘢痕血流灌注量比较差异无统计学意义($P > 0.05$); 治疗后3个月, 两组瘢痕血流灌注量均降低, 其中观察组低于对照组, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表4。

表4 两组治疗前后瘢痕血流灌注量比较 ($\bar{x} \pm s$, PU)

组别	例数	治疗前	治疗后3个月
对照组	48	81.41±8.42	75.56±8.14 ^a
观察组	48	79.98±9.35	71.47±7.85 ^a
t值		0.787	2.506
P值		0.433	0.014

注: ^a表示与同组治疗前比较, $P < 0.05$ 。

2.4 症状严重程度: 治疗前两组mVSS评分、POSAS评分比较差异无统计学意义($P > 0.05$); 治疗后3个月, 两组mVSS评分、POSAS评分均降低, 且观察组低于对照组($P < 0.05$)。见表5~6。

2.5 美学效果满意度: 观察组美学效果满意度高于对照组($P < 0.05$)。见表7。

表6 两组治疗前后POSAS评分比较 ($\bar{x} \pm s$, 分)

组别	例数	患者量表		观察者量表	
		治疗前	治疗后3个月	治疗前	治疗后3个月
对照组	48	16.98±1.25	9.26±1.30 ^a	18.05±1.92	11.35±1.74 ^a
观察组	48	17.02±1.30	8.48±1.22 ^a	18.10±2.02	10.43±1.58 ^a
t值		0.078	3.031	0.124	2.712
P值		0.938	0.003	0.901	0.008

注：^a表示与同组治疗前比较， $P < 0.05$ 。

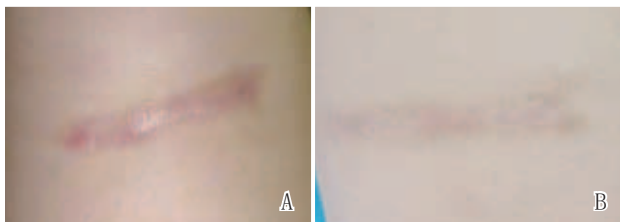
表7 两组美学效果满意度比较 [例 (%)]

组别	例数	非常满意	满意	一般满意	不满意	总满意
对照组	48	20 (41.67)	12 (25.00)	5 (10.42)	11 (22.92)	37 (77.08)
观察组	48	25 (52.08)	15 (31.25)	5 (10.42)	3 (6.25)	45 (93.75)
χ^2 值						5.352
P值						0.021

2.6 不良反应：对照组发生灼热2例、红斑4例、感染2例，色素沉着2例，其不良反应总发生率为20.83% (10/48)；观察组发生红斑、色素沉着、灼热各1例，感染病例，其不良反应总发生率为6.25% (3/48)；观察组 (6.25%) 总不良反应总发生率低于对照组 (20.83%)，差异有统计学意义 ($\chi^2=4.360$, $P=0.037$)。

2.7 观察组典型病例

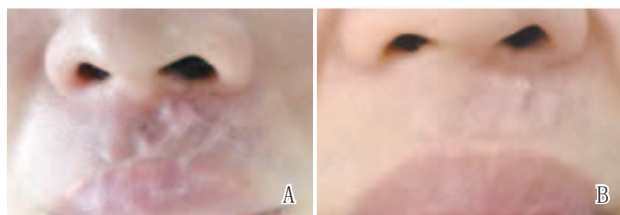
2.7.1 病例1：某女，20岁，右膝缝合术后HS，超脉冲点阵CO₂激光联合IPL治疗3个月，效果满意。见图1。



注：A. 治疗前；B. 治疗后3个月

图1 观察组典型病例1 治疗前后

2.7.2 病例2：某男，36岁，上唇挫裂伤后HS，超脉冲点阵CO₂激光联合IPL治疗3个月，效果满意。见图2。



注：A. 治疗前；B. 治疗后3个月

图2 观察组典型病例2 治疗前后

3 讨论

瘢痕形成是皮肤表浅组织在修复过程中发生异常增生的病理产物，属于异常创伤愈合的表现^[12]。目前，HS的

切发病机制尚未完全阐明，但相关研究已揭示多种细胞因子参与瘢痕组织的形成^[13]。激光治疗以其高安全性和根本性改变瘢痕本质的能力，已成为治疗创伤性和手术性瘢痕的重要方法^[14]。

本研究结果显示，观察组通过超脉冲点阵CO₂激光与IPL联合治疗HS，取得较对照组更显著的临床疗效，提示联合治疗在改善HS方面具有增效作用。超脉冲点阵CO₂激光通过光热作用选择性作用于皮肤水分，在表皮穿透基础上的热损伤刺激，从而收紧皮肤，诱导热休克蛋白持续表达，激活组织修复过程；同时，其可直接刺激真皮层成纤维细胞，促进胶原蛋白合成与重构，从而改善瘢痕质地和外观^[15-16]。

超脉冲点阵CO₂激光在短期内表现出良好的组织剥脱能力，有助于去除异常增生的瘢痕组织。然而，治疗过程中存在一定副作用，如术后红斑、水肿、渗出等，尤其在对于皮肤颜色较深的患者中色素沉着更为明显。因此，在治疗前需进行充分评估，详细了解患者的治疗史、皮肤敏感性和色素沉着等情况，针对性地调整治疗参数，确保治疗效果并减少副作用的发生。波长和脉宽是两个关键参数，会直接影响患者能够接受的治疗能量密度等关键指标^[17]。IPL在治疗过程中能够对皮脂腺功能产生破坏作用，封闭血管，并促使机体激活创伤修复机制，提升免疫细胞活性，促进组织再生与修复^[18]。故两种方式联合能显著提升治疗效果，且未显著增加不良反应发生率。研究进一步表明，观察组在各项瘢痕评分指标方面改善程度均优于对照组，患者美容满意度亦更高。超脉冲点阵CO₂激光在较低能量密度下仍可穿透表皮至真皮层，诱导胶原纤维收缩、降解，并刺激胶原蛋白及弹力纤维再生，重构皮肤组织结构，从而改善皮肤弹性与柔韧性^[19]。点阵模式的间隔设计，仅对局部区域产生热损伤，有效减轻激光可能引发的组织损伤，同时加速皮肤的修复与愈合进程。此外，IPL可通过选择性光热作用促进皮肤细胞再生，同时改善皮肤微循环进一步缓解炎症状态和瘢痕组织。

综上所述，超脉冲点阵CO₂激光联合IPL治疗HS，能在不显著增加副作用的基础上显著提升疗效，表现出良好的临床可行性与患者依从性。然而，本研究仍存在一定局限性，如样本量较小及缺乏长期随访数据。因此，后续应进一步扩大研究样本，延长随访周期，以验证其长期疗效与安全性，并探讨更为精准的个性化治疗参数方案。

[参考文献]

- [1]Bharadia S K, Burnett L, Gabriel V. Hypertrophic scar[J]. Phys Med Rehabil Clin N Am, 2023,34(4):783-798.
- [2]Frech F S, Hernandez L, Urbonas R, et al. Hypertrophic scars and keloids: Advances in treatment and review of established therapies[J]. Am J Clin Dermatol, 2023,24(2):225-245.
- [3]宋朋朋, 韩景健. 强脉冲光与Q开关倍频Nd-YAG激光治疗雀斑的疗效比较[J]. 重庆医学, 2024,53(S01):109-112.
- [4]张雪, 兰东, 宁淑华, 等. 点阵CO₂激光联合A型肉毒毒素治疗HS的

- 临床疗效及对患者血清TNF- α 、TGF- β 1和MMP-9水平的影响[J]. 中国美容医学, 2023,32(2):15-18.
- [5] 杨帅, 蒋小姣, 马海燕. 超脉冲点阵CO₂激光联合窄谱强脉冲光治疗创伤后早期增生性瘢痕效果分析[J]. 中国美容医学, 2022,31(2):58-61.
- [6] 解荣桂, 朱相贡. 点阵CO₂激光联合强脉冲光治疗痤疮后瘢痕疗效观察[J]. 中国美容医学, 2023,32(4):100-103.
- [7] 中国临床瘢痕防治专家共识制定小组. 中国临床瘢痕防治专家共识[J]. 中华损伤与修复杂志(电子版), 2017,12(6):401-406.
- [8] 赵文利, 刘玲玲, 石雪芹, 等. 长脉冲染料激光联合局部封闭治疗面部增生性瘢痕疗效分析[J]. 中国美容医学, 2024,33(3):96-100.
- [9] Huang T R, Chen S G, Chen J C, et al. Validation of fespixon in postoperative scar cosmesis using quantitative digital photography analysis[J]. *Aesthet Surg J*, 2023,43(6):NP427-NP437.
- [10] Carrière M E, Mokkink L B, Tyack Z, et al. Development of the patient scale of the patient and observer scar assessment scale (POSAS) 3.0: A qualitative study[J]. *Qual Life Res*, 2023,32(2):583-592.
- [11] 康杰, 陈磊. 美容缝合联合A型肉毒毒素治疗额部外伤的美学效果[J]. 中国美容医学, 2024,33(4):42-45.
- [12] 张文涵, 安阳, 赵振民. 机械牵张力对创面愈合瘢痕形成不同时期影响机制研究进展[J]. 中华整形外科杂志, 2024,40(2):243-248.
- [13] Mony M P, Harmon K A, Hess R, et al. An updated review of hypertrophic scarring[J]. *Cells*, 2023,12(5):678.
- [14] 李倩, 杜慧青, 张淼, 等. 增生性瘢痕的激光治疗进展[J]. 中国美容整形外科杂志, 2025,36(3):148-151.
- [15] 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.
- [16] Zhou J, Hao F, Huang L, et al. Treatment of hypertrophic scars with ablative fractional carbon dioxide laser assisted with different topical triamcinolone delivery ways[J]. *Heliyon*, 2023,9(12):e22818.
- [17] 李修权, 张驰, 刘浩, 等. 不同能量下超脉冲点阵CO₂激光对兔耳增生性瘢痕胶原代谢的影响及作用机制[J]. 中国美容医学, 2024,33(12):11-14.
- [18] 丁颖, 石晨龙, 陶丛敏, 等. 强脉冲光ACNE滤光片不同脉冲数治疗寻常痤疮临床观察[J]. 中国美容医学, 2024,33(12):106-110.
- [19] Kivi M K, Jafarzadeh A, Hosseini-Baharanchi F S, et al. The efficacy, satisfaction, and safety of carbon dioxide (CO₂) fractional laser in combination with pulsed dye laser (PDL) versus each one alone in the treatment of hypertrophic burn scars: a single-blinded randomized controlled trial[J]. *Lasers Med Sci*, 2024,39(1):69.

[收稿日期]2024-07-10

本文引用格式: 母焜宇, 陈星阳, 孔豫苏. 超脉冲点阵CO₂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.

(上接第34页)

- protraction in unilateral cleft lip and palate: a cephalometric appraisal[J]. *Eur J Orthod*, 2019,41(5):537-543.
- [6] 周子凌, 曹猛, 丁寅. 唇腭裂患者颌面部发育性畸形的特点及相关正畸干预措施[J]. 中华口腔医学杂志, 2015,50(9):573-575.
- [7] 宋少华, 蒋丽花, 陈翌, 等. 上颌扩弓前牵引治疗青少年唇腭裂继发上颌发育不足的近期疗效研究[J]. 中国美容医学, 2024,33(2):102-106.
- [8] 魏志强, 张锡忠. 唇腭裂患者经上颌前牵引治疗后其语音功能的影响研究[J]. 中国美容医学, 2020,29(7):55-58.
- [9] 袁玮, 侯彦, 宋鹏, 等. 牙槽突裂植骨前后上颌扩弓对上颌牙槽骨位影响的三维有限元分析[J]. 华西口腔医学杂志, 2022,40(4):451-456.
- [10] 张晓焕, 黄威, 宋鹏, 等. 单侧完全性唇腭裂患者上颌前牵引的对称性有限元研究[J]. 实用口腔医学杂志, 2022,38(3):364-367.
- [11] 傅民魁, 林久祥. 口腔正畸学[M]. 2版. 北京: 北京大学医学出版社, 2014:176-177.
- [12] 吴珊珊, 高朵朵, 赵子昂, 等. 单侧完全性唇腭裂患者上颌前牵引及扩弓治疗协同效应的有限元分析[J]. 中国美容医学, 2022,31(10):97-100.
- [13] Sami Q, Ali B, Farooqui W A. Effects of Alt-RAMEC protocol with facemask therapy in cleft lip palate patients in a sample of Pakistani population[J]. *BMC Oral Health*, 2023,23(1):401.
- [14] Bharti L, Daigavane P, Shrivastav S, et al. Expanding horizons: a case report of cleft expansion in the mixed dentition stage[J]. *Cureus*, 2023,15(12):e51091.
- [15] Parveen S, Husain A, Reddy S G, et al. Three-dimensional finite element analysis of initial displacement and stress on the craniofacial structures of unilateral cleft lip and palate model during protraction therapy with variable forces and directions[J]. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*, 2020,23(16):1360-1376.
- [16] Singh S, Batra P, Raghavan S, et al. Evaluation of Alt-RAMEC with facemask in patients with unilateral cleft lip and palate (UCLP) using cone beam computed tomography (CBCT) and finite element modeling—a clinical prospective study[J]. *Cleft Palate Craniofac J*, 2022,59(2):166-176.
- [17] 陈铮晰, 潘晓岗, 陈振琦. 上颌前牵引联合扩弓对唇腭裂植骨患者上颌骨影响的有限元分析[J]. 上海口腔医学, 2012,21(3):287-293.
- [18] Ozawa O T, Salzedas C D, Oliveira L B, et al. Efficacy of rapid maxillary expansion associated with maxillary protraction in patients with unilateral complete cleft lip and palate[J]. *Cleft Palate Craniofac*, 2020,57(7):872-876.
- [19] Sahoo S S, Dash J K, Sahoo P K, et al. Early orthodontic intervention in cleft lip-palate and noncleft children with developing Class III malocclusion: a clinical study[J]. *Int J Clin Pediatr Dent*, 2023,16(5):716-723.
- [20] Deepika U, Ray P, Nayak A, et al. Dento-skeletal sequel of hyrax in nonsyndromic cleft lip and palate: a systematic review and meta-analysis[J]. *Int J Clin Pediatr Dent*, 2023,16(6):882-896.

[收稿日期]2024-04-09

本文引用格式: 王宇, 刘奕斐, 刘静, 等. 牙槽突裂植骨前后上颌矫形力对牙槽突位移影响的有限元分析[J]. 中国美容医学, 2025,34(7):32-34,115.