

机械磨削术与CO₂点阵激光治疗凹陷性痤疮瘢痕的自身对照研究

田 琪, 席俊杰, 张明海*

安徽医科大学第四附属医院皮肤性病科, 安徽 合肥

收稿日期: 2025年12月7日; 录用日期: 2026年1月1日; 发布日期: 2026年1月12日

摘 要

目的: 比较机械磨削术与CO₂点阵激光治疗凹陷性痤疮瘢痕的疗效及不良反应。方法: 选取笔者医院2024年9月~2025年6月收治的10例凹陷性痤疮瘢痕患者面部左右近似对称分布的瘢痕为研究对象, 取得48组面部近似对称分布的凹陷性痤疮瘢痕, 总计96例瘢痕。按随机分配法将每组两个瘢痕分为A组和B组, A组予以机械磨削术治疗, B组予以CO₂点阵激光治疗。统计第一次治疗后30 d两组的治疗有效率、瘢痕面积与恢复面积、患者与观察者瘢痕评估量表(POSAS)得分、创口结痂以及脱痂所需的时间、不良反应发生率、患者满意度。采用SPSS25.0统计软件分析数据, 计量资料组间比较采用独立样本t检验或配对t检验; 计数资料组间比较采用卡方检验。结果: 第一次治疗后30 d, A组治疗有效率及患者满意度均高于B组($P < 0.05$); A、B两组瘢痕面积均较治疗前明显降低($P < 0.05$), 且A组瘢痕恢复面积(0.93 ± 0.83) mm²高于B组(0.25 ± 0.39) mm², 组间差异具有统计学意义($P < 0.05$); A、B两组POSAS得分均较治疗前明显降低($P < 0.05$); A组结痂与脱痂时间大于B组($P < 0.05$); 两组的不良反应主要表现为瘙痒、色素沉着、疼痛, 其中A组色素沉着率高于B组($P < 0.05$), 两组的瘙痒、疼痛发生率差异均无统计学意义($P > 0.05$)。结论: 与CO₂点阵激光相比, 机械磨削术治疗凹陷性痤疮瘢痕的临床效果显著, 可以提高治疗有效率与瘢痕恢复面积, 患者满意度更高, 但伴随着色素沉着率增高的风险。

关键词

自身对照, 机械磨削术, CO₂点阵激光, 痤疮, 凹陷性瘢痕

Self-Controlled Study of Mechanical Dermabrasion and CO₂ Fractional Laser in the Treatment of Acne with Depressed Scars

Qi Tian, Junjie Xi, Minghai Zhang*

Department of Dermatology, The Fourth Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei Anhui

*通讯作者。

文章引用: 田琪, 席俊杰, 张明海. 机械磨削术与 CO₂ 点阵激光治疗凹陷性痤疮瘢痕的自身对照研究[J]. 临床医学进展, 2026, 16(1): 963-971. DOI: 10.12677/acm.2026.161127

Abstract

Objective: This study aims to compare the efficacy and adverse reactions of mechanical dermabrasion and CO₂ Fractional Laser in the treatment of acne with depressed scars. **Method:** The study subjects comprised 48 pairs of facial acne scars with near-symmetrical distribution on the left and right sides of the face, obtained from 10 patients with atrophic acne scars admitted to our hospital between September 2024 and June 2025. A total of 96 scars were collected. The two scars in each group were randomly assigned to either Group A or Group B. Group A received mechanical dermabrasion, while Group B received CO₂ fractional laser therapy. This study statistically evaluates the following parameters at 30 days post-initial treatment for both groups: treatment efficacy rate, scar area and recovery area, the Patient and Observer Scar Assessment Scale (POSAS) scores, wound scab formation and time required for scab detachment, postoperative adverse reactions, and patient satisfaction. SPSS 25.0 statistical software was adopted for data analysis in this study. For comparison of measurement data between groups, the independent-samples t-test or paired t-test was used; for comparison of enumeration data between groups, the chi-square test was applied. **Results:** Thirty days after the first treatment, both the treatment efficacy rate and patient satisfaction in Group A were higher than those in Group B ($P < 0.05$); Scar area decreased significantly in both Groups A and B compared to pre-treatment levels ($P < 0.05$). The scar recovery area in Group A (0.93 ± 0.83) mm² was higher than that in Group B (0.25 ± 0.39) mm², with a statistically significant intergroup difference ($P < 0.05$). Both Groups A and B showed significantly reduced POSAS scores compared to pre-treatment levels ($P < 0.05$); Group A exhibited longer scab formation and desquamation times than Group B ($P < 0.05$). Adverse reactions in both groups primarily included pruritus, hyperpigmentation, and pain. The incidence of hyperpigmentation was higher in Group A than in Group B ($P < 0.05$), while the incidence rates of pruritus and pain showed no statistically significant difference between the two groups ($P > 0.05$). **Conclusion:** Compared to CO₂ fractional laser therapy, mechanical dermabrasion demonstrates significantly superior clinical efficacy in treating atrophic acne scars. It enhances treatment success rates and scar recovery areas while achieving higher patient satisfaction. However, it carries an increased risk of hyperpigmentation.

Keywords

Self-Controlled, Mechanical Dermabrasion, CO₂ Fractional Laser, Acne, Depressed Scars

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

凹陷性痤疮瘢痕是青春期痤疮常见的皮肤后遗症，常表现为真皮层弹性纤维和胶原纤维严重降解、炎性细胞浸润、毛囊皮脂腺单位减少或缺失以及致密胶原纤维沉积不足，皮肤无法完全修复导致表皮留下永久性凹陷畸形[1][2]。有研究表明痤疮的严重程度与心理疾病存在明确的关系[3]。因此，找到合适的治疗方法至关重要。目前，针对凹陷性痤疮瘢痕的治疗方法包括激光治疗(超脉冲点阵 CO₂ 激光、Nd:YAG 皮秒激光、局灶点阵激光等)、化学剥脱治疗、微针治疗、外科手术(小针刀皮下剥离术)、注射填充剂以及使用新的生物制剂(富含血小板血浆-成纤维细胞悬浮液、异源 I 型胶原蛋白注射剂等)等[4]-[8]。上述治疗虽然有效，但价格昂贵且患者需要承受剧烈的疼痛。随着器械技术的持续发展，机械磨削治疗作为经典的治疗手段，至今依然可以替代激光焕肤等技术，并且经济有效[9]。本研究旨在探讨机械磨削

术在凹陷性痤疮瘢痕治疗中的临床效果，并与 CO₂ 点阵激光进行多维度的自身对比，包括治疗效果、瘢痕面积与恢复面积、创口恢复时间、POSAS 得分、术后不良反应、患者满意度。

2. 资料与方法

1) 一般资料

选取 2024 年 9 月~2025 年 6 月安徽医科大学第四附属医院皮肤性病科收治的 10 名凹陷性痤疮瘢痕患者为研究对象，在这些患者的左侧、右侧面部共取得形状相似、面积大小相近的对称或近似对称分布的凹陷性痤疮瘢痕 96 例，总计 48 组。按随机分配法将每组的两个瘢痕随机分为 A 组和 B 组，A 组 48 例，B 组 48 例。A 组治疗前瘢痕面积为 $2.08 \pm 1.70 \text{ mm}^2$ ，B 组治疗前瘢痕面积为 $1.64 \pm 1.23 \text{ mm}^2$ ，两组治疗前面积差异无统计学意义($P > 0.05$)，自身对照具有可比性，具体瘢痕分型见表 1。

Table 1. Comparison of scar area before treatment, at 30 days after treatment, and recovery area between two groups ($\bar{x} \pm s$, mm²)

		治疗前	治疗 30 d	恢复面积	治疗前、30 d 配对 t 检验 t 值	P 值
	A 组(n = 48)	2.08 ± 1.70	1.16 ± 1.18	0.93 ± 0.83	7.702	< 0.001
	B 组(n = 48)	1.64 ± 1.23	1.39 ± 1.03	0.25 ± 0.39	4.459	< 0.001
	t 值	1.479	-1.017	5.112		
	P 值	0.143	0.312	< 0.001		
冰锥型(n = 54)	A 组(n = 27)	1.12 ± 0.56	0.61 ± 0.26	0.51 ± 0.44	6.048	<0.001
	B 组(n = 27)	1.00 ± 0.52	0.90 ± 0.50	0.09 ± 0.08	6.270	<0.001
	t 值	1.009	-2.905	4.900		
	P 值	0.322	0.007	<0.001		
车厢型(n = 26)	A 组(n = 13)	2.54 ± 1.49	1.30 ± 0.67	1.24 ± 0.94	4.744	<0.001
	B 组(n = 13)	1.79 ± 0.90	1.37 ± 0.54	0.43 ± 0.51	3.023	0.011
	t 值	2.620	-0.328	4.357		
	P 值	0.022	0.749	<0.001		
滚轮型(n = 16)	A 组(n = 8)	4.58 ± 1.82	2.75 ± 2.05	1.83 ± 0.81	6.369	<0.001
	B 组(n = 8)	3.55 ± 1.43	3.06 ± 1.27	0.48 ± 0.57	2.387	0.048
	t 值	1.256	-0.440	3.855		
	P 值	0.249	0.673	0.006		

2) 纳入与排除标准

纳入标准：(1) 临床诊断为凹陷性痤疮瘢痕；(2) 年龄 18~35 岁；(3) 患者遵循医嘱要求，治疗依从性好；(4) 经安徽医科大学附属巢湖医院医学伦理委员会审核(KYXM-202407-013)，患者均知情并签署知情同意书。

排除标准：(1) 患有其他皮肤疾病。如面部严重感染、活动性单纯疱疹病毒、白癜风、银屑病、严重湿疹等；(2) 瘢痕体质患者；(3) 半年内进行过光电及填充治疗者；(4) 半年内接受过异维甲酸治疗的患者；(5) 孕妇及哺乳期女性；(6) 对本研究药物以及治疗方式不耐受或者过敏者。

3) 方法

两组治疗前使用局部麻醉药物利多卡因乳膏对面部皮肤进行局部麻醉，提高患者治疗期间的舒适度。外科医生要穿戴长袖隔离服，佩戴防护口罩或面具，防止乙型肝炎、丙型肝炎、HIV 等病毒携带者对医护人员造成潜在威胁，防止交叉感染，常规消毒。

A 组：予以机械磨削术治疗。机械磨削术采用硬质合金旋转锉刀钨钢磨头单槽 40 * 3 * 3 mm，如图

1, 转速 2000 r/min 进行治疗。当手持磨头均匀、轻柔地在皮肤上滑动时, 必须绷紧皮肤, 不断滑行磨削, 最多停留 3 秒, 缓慢磨削至真皮乳头浅层, 见到弥漫性渗液或局部少许点状出血即可。磨削全程应避免对深层网状真皮层进行磨削, 减少留下瘢痕的风险。在皮肤松弛的部位, 如眼睑和鼻翼, 必须格外小心。对适当的皮层进行磨削可以提升美观效果以及降低不良反应发生率。

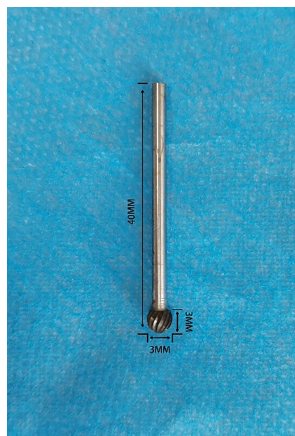


Figure 1. Grinding equipment
图 1. 磨削设备

B 组: 予以 CO₂ 点阵激光治疗。CO₂ 点阵激光采用二氧化碳激光治疗机(武汉金莱特光电子有限公司, 型号: JLT-100B 型; 波长: 10.6 μm)进行治疗。根据瘢痕的凹陷程度和面积调节参数, 选择小光斑模式, 形状选择正方形光斑, 尺寸为 0.1~0.3 mm, 功率约 13 w、能量约 31.9 mJ, 点阵间距约 0.5~1 mm, 避免过度重叠, 以轻度渗血为治疗重点。

A、B 两组在治疗后均予以 25000 IU/支重组人碱性成纤维细胞表皮生长因子凝胶混合 2.5 ml: 0.25 g 氨甲环酸注射液对创面进行涂抹, 频率为 2 次/d, 连续涂抹 30 d。研究表明湿性愈合疗法可以加速创面恢复、减少红斑、水肿持续时间[10]。此外, 术后 3 d 内禁止洗脸, 10 d 内禁用化妆品及防晒霜。有研究提出反复低剂量的日光照射导致深色皮肤患者色素沉着概率增加, 因此每位患者都被要求在整个治疗期间, 避免直接暴露在日光下, 降低色素沉着的发生率[11]。指导患者饮食上要注意合理搭配, 忌烟酒、辛辣、刺激性食物, 适当食用含维生素 C、锌、铜、镁、硒的食品, 促进胶原蛋白合成、伤口愈合等[12]。

4) 观察指标

(1) 治疗有效率: 治疗 30 d 后, 评估瘢痕治疗效果, 以瘢痕恢复面积占比为主要标准。痊愈: 瘢痕恢复面积占比 85%~100%; 显效: 瘢痕恢复面积占比 60%~84%; 有效: 瘢痕恢复面积占比 25%~59%; 无效: 瘢痕恢复面积占比在 24%以下。有效率 = (痊愈 + 显效 + 有效)例数/总例数 × 100%。

(2) 瘢痕面积与恢复面积: 统一采用医学皮肤镜对瘢痕治疗前、治疗 30 d 进行图像拍摄, 并使用套索功能对瘢痕的面积进行测量, 每个瘢痕测量三次, 取平均值。恢复面积 = 治疗前面积 - 治疗 30 d 面积, 恢复面积与瘢痕改善情况呈正相关。

(3) 创口恢复所需的时间: 对比两组瘢痕创口结痂、脱痂所需的时间。

(4) 瘢痕情况: 通过 POSAS 评估两组瘢痕治疗前、治疗 30 d 的得分情况。POSAS 包括观察者量表与患者量表, 各有六项评分。观察者量表评分内容包括: 血管分布、色泽、面积、表面粗糙度、厚度和柔软度; 患者量表评分内容包括: 颜色、厚度、疼痛程度、瘙痒程度、柔软度和自我观感。每项分数为 1~10 分, 量表评估得分与瘢痕改善情况呈负相关。

(5) 不良反应：记录两组瘢痕治疗 30 d 内不良反应发生情况，如色素沉着、疼痛、瘙痒等。

(6) 患者满意度：治疗 30 d 后，以自制问卷随访两组患者满意度：非常满意：91~100 分；满意：76~90 分；一般：61~75 分；不满意：0~60 分。满意度 = (一般 + 满意 + 非常满意)例数/总例数 $\times 100\%$ 。

5) 评估者盲法设计：1.第三方将所有受试者的面部瘢痕在皮肤镜下进行标准化摄影并匿名编号，治疗后再次于皮肤镜下采集的瘢痕照片并仅标注编号，传递给评估者进行评估。待全部评估完毕后，由第三方将“编号 - 分组 - 评分”进行关联，完成最后的数据收取。

6) 统计学分析：数据分析采用 SPSS 25.0 统计软件完成。对于服从正态分布或近似正态分布的计量数据，结果以均值 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示，组间比较采用独立样本 t 检验或配对 t 检验，若 $P < 0.05$ ，则认为差异具有统计学意义。计数资料中，符合正态或近似正态分布的数据以[例(%)]形式表示，组间差异则通过卡方检验进行分析，同样以 $P < 0.05$ 为统计学差异显著的判断标准。

3. 结果

1) 比较两组瘢痕治疗 30 d 后的面积以及恢复面积：治疗 30 d 后，A 组瘢痕面积为(1.16 ± 1.18) mm²，B 组瘢痕面积为(1.39 ± 1.03) mm²，两组瘢痕面积均较治疗前减小，组间差异具有统计学意义($P < 0.05$)；A 组瘢痕恢复面积为(0.93 ± 0.83) mm²，B 组瘢痕恢复面积为(0.25 ± 0.39) mm²，组间差异有统计学意义($P < 0.05$)，见表 1。

2) 比较两组瘢痕治疗 30 d 的治疗效果：治疗 30 d，A 组瘢痕总有效率为 83.33%，B 组总有效率为 18.75%，组间差异有统计学意义($P < 0.05$)，见表 2。

Table 2. Comparison of therapeutic effects between two groups 30 days after scar treatment [n (%)]

表 2. 两组瘢痕治疗 30 d 后治疗效果比较[例(%)]

组别	痊愈	显效	有效	无效	总有效
A 组($n = 48$)	0(0.00)	10(20.83)	30(62.5)	8(16.67)	40(83.33)
B 组($n = 48$)	0(0.00)	0(0.00)	9(18.75)	39(81.25)	9(18.75)
χ^2 值					40.059
P 值					< 0.001

3) 比较两组伤口结痂以及脱痂时间：A 组结痂时间为(1.94 ± 0.43) d，脱痂时间为(7.80 ± 1.62) d，B 组结痂时间为(1.35 ± 0.53) d，B 组脱痂时间为(5.79 ± 0.50) d，两组结痂、脱痂时间数据差异均具有统计学意义($P < 0.05$)，见表 3。

Table 3. Comparison of scab formation time and scab shedding time of scar wounds between two groups ($\bar{x} \pm s$, d)

表 3. 两组瘢痕伤口结痂以及脱痂时间比较($\bar{x} \pm s$, d)

组别	结痂	脱痂
A 组($n = 48$)	1.94 ± 0.43	7.80 ± 1.62
B 组($n = 48$)	1.35 ± 0.53	5.79 ± 0.50
t 值	5.935	8.151
P 值	< 0.001	< 0.001

4) 比较两组 POSAS 得分：治疗前 A 组 POSAS 得分为(56.21 ± 13.69)分，B 组 POSAS 得分为(54.56 ± 14.41)分，组间差异无统计学意义($P > 0.05$)；治疗 30 d 后，A 组 POSAS 得分为(47.48 ± 10.25)分，B 组

POSAS 得分为(45.79 ± 10.37)分, 两组 POSAS 得分均降低, 与治疗前相比, 组间差异均具有统计学意义 ($P < 0.05$); 见表 4。

Table 4. POSAS scores of two groups before treatment and at 30 days after treatment ($\bar{x} \pm s$, score)

表 4. 两组瘢痕治疗前以及 30 d 的 POSAS 得分($\bar{x} \pm s$, 分)

组别	治疗前	治疗 30 d	治疗前、30 d 配对 t 检验 t 值	P 值
A 组($n = 48$)	56.21 ± 13.69	47.48 ± 10.25	11.067	< 0.001
B 组($n = 48$)	54.56 ± 14.41	45.79 ± 10.37	9.423	< 0.001
t 值	0.574	0.802		
P 值	0.568	0.425		

5) 比较两组治疗 30 d 内不良反应发生率情况: A 组色素沉着率(79.17%)高于 B 组(54.17%), 数据差异有统计学意义($P < 0.05$); 两组瘙痒、疼痛发生率组间差异均无统计学意义($P > 0.05$), 见表 5。

Table 5. Comparison of the incidence of adverse reactions within 30 days after scar treatment between two groups [n (%)]

表 5. 两组瘢痕治疗 30 d 内不良反应发生率情况比较[例(%)]

组别	瘙痒	色素沉着	疼痛
A 组($n = 48$)	23(47.92)	38(79.17)	7(14.58)
B 组($n = 48$)	18(37.50)	26(54.17)	11(22.92)
χ^2 值	1.064	6.750	1.094
P 值	0.302	0.009	0.296

6) 比较两组患者治疗 30 d 满意度: A 组满意度(87.50%)高于 B 组(54.17%), 组间差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 见表 6。

Table 6. Comparison of satisfaction between two groups 30 days after treatment [n (%)]

表 6. 两组治疗 30 d 后满意度比较[例(%)]

组别	非常满意	满意	一般	不满意	满意度
A 组($n = 48$)	4(8.33)	26(54.17)	12(25.00)	6(12.50)	42(87.50)
B 组($n = 48$)	0(0.00)	5(10.42)	21(43.75)	22(45.83)	26(54.17)
χ^2 值					12.908
P 值					< 0.001

7) 典型病例: A 组典型病例见图 2、图 3; B 组典型病例见图 4、图 5。



Figure 2. Group A before treatment
图 2. A 组治疗前



Figure 3. Group A at 30 days after treatment
图 3. A 组治疗 30 d



Figure 4. Group B before treatment
图 4. B 组治疗前



Figure 5. Group B at 30 days after treatment
图 5. B 组治疗 30 d

4. 讨论

凹陷性痤疮瘢痕的形成机制复杂,包括但不限于强烈的炎症反应和过高的 TGF- β 1 信号传导使表皮增生显著减少、组织重塑、胶原蛋白合成失衡、皮肤屏障功能损伤、皮肤微生物群落失衡、环境因素、生活方式和遗传等多种因素的共同影响[2] [13]-[15]。由于病因多样,当前临床上已发展出多种治疗方式与联合治疗手段。传统的机械磨削术,随着磨头精细化程度的提升,以及其在治疗效果与经济方面的优势,被视为激光治疗的替代选择。在本研究中,第一次治疗后,A 组的治疗效果明显优于 B 组,瘢痕恢复面积更高,且患者满意度也显著高于 B 组($P < 0.05$),提示机械磨削术在改善凹陷性痤疮瘢痕方面的临床效果优于 CO₂ 点阵激光。造成上述差异的可能原因之一,是 CO₂ 点阵激光在中重度凹陷性瘢痕的治疗中受限于能量和参数设定,其疗效通常需多次治疗(3 次及以上)才能达到较高的患者满意度[16],本实验因数据有限,仅治疗一次的疗效并不理想。相比之下,机械磨削术操作灵活,磨削深度可控,尤其适用于对激光反应不佳或期望快速改善的患者。本研究采用的磨头相较于传统器械更为精细,在减小对正常组织损伤的同时,通过对表皮及浅层真皮的精准去除,可有效刺激真皮中残留的上皮细胞迁移与再生。同时,毛囊、皮脂腺及汗腺

等皮肤附属器作为再生基底,可迅速形成新生表皮,加快创面愈合过程,从而使皮肤表面更加平整光滑[17]。高速旋转的磨头在手术过程中还能清除毛孔内堆积的皮脂、角质及污物,柔化瘢痕边缘,使其在视觉上更为平滑、自然,有助于提升面部整体美观度。若操作得当且未穿透网状真皮层,术后一般不会形成新的瘢痕[18]。术后联合表皮生长因子与氨甲环酸,可以进一步降低感染、瘢痕增生以及色素沉着等不良反应的发生率[19]。需要注意的是,机械磨削术应在痤疮活动期结束后进行,且对术者的技术水平和经验要求较高。治疗后 A 组创口结痂、脱痂时间均高于 B 组, A 组出现色素沉着概率高于 B 组($P < 0.05$),可能原因是机械磨削术的操作深度通常较 CO₂ 点阵激光更深,可达到真皮浅层,从而形成更广泛、表面更粗糙的创面。这种更深层次的组织破坏,导致胶原蛋白重构所需的时间延长,延缓了创面修复过程。当磨削深度过大时,还可能在组织修复过程中引发黑素细胞活性增强,从而增加术后色素沉着的风险。相比之下, CO₂ 点阵激光通过高能量激光束对皮肤表层及部分真皮层进行精确汽化,具有较高的治疗精度。在创伤控制方面,其热效应能够促使小血管收缩,减少出血,同时破坏黑素细胞的生存环境,从而减轻局部炎症反应并缩短愈合时间。这些特性降低了术后色素沉着的发生率[18]。有研究表明,促进创口湿性愈合、避免结痂及减弱炎症反应可加速创面修复过程[20]。本研究还发现治疗后 A 组 POSAS 评分、瘙痒与疼痛发生率均与 B 组数据差异均无统计学意义($P > 0.05$),可能与疼痛和瘙痒作为患者的主观感受有关。炎症反应早期常伴随神经末梢敏感性升高,导致患者在创面修复初期普遍有不适感。由于两种治疗方式均涉及对表皮和部分真皮的损伤,并均可刺激胶原蛋白新生,因此其在恢复过程中导致相关评分无显著差异。

通过实验证明,精细磨头的机械磨削术可以磨削至瘢痕基底部分,延长愈合时间,提高治疗效果与面部瘢痕恢复面积,患者满意度更高,值得临床应用。

作者贡献声明

田琪: 酝酿和设计实验、治疗操作、采集数据、分析数据、文章撰写; 席俊杰: 采集数据、分析数据、临床随访; 张明海: 参与选题设计、论文修改、经费支持。

基金项目

- 1) 申报批次: 2024 年度安徽省高校科研项目(自科, 重点/重大);
- 2) 项目名称: Foxo1 促进 Th9 细胞分化参与慢性难治性荨麻疹发病的研究;
- 3) 项目类别: 重点项目;
- 4) 依托单位: 安徽医科大学;
- 5) 所属学科: 临床医学, II 类高峰学科;
- 6) 项目批准号: 安徽省重点研发计划(2024AH050771)。

利益冲突

所有作者申明无利益冲突。

参考文献

- [1] Lee, W.J., Jung, H.J., Lim, H.J., Jang, Y.H., Lee, S. and Kim, D.W. (2011) Serial Sections of Atrophic Acne Scars Help in the Interpretation of Microscopic Findings and the Selection of Good Therapeutic Modalities. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, **27**, 643-646. <https://doi.org/10.1111/j.1468-3083.2011.04330.x>
- [2] Moon, J., Yoon, J.Y., Yang, J.H., Kwon, H.H., Min, S. and Suh, D.H. (2019) Atrophic Acne Scar: A Process from Altered Metabolism of Elastic Fibres and Collagen Fibres Based on Transforming Growth Factor- β 1 Signalling. *British Journal of Dermatology*, **181**, 1226-1237. <https://doi.org/10.1111/bjd.17851>
- [3] Tunca, M., Balik, Z.B., Uncu, H.B. and Botsali, A. (2024) Stigmatization and Psychosocial Burden in Acne Patients.

- Journal of Cosmetic Dermatology*, **24**, e16678. <https://doi.org/10.1111/jocd.16678>
- [4] Jin, W., Jin, Q., Nan, M., Li, Z., Liu, J., Jin, Z., *et al.* (2025) Atrophic Acne Scar: A Novel 4-Step Treatment Approach Using the Ultra-Pulse Fractional CO₂ Laser. *Lasers in Medical Science*, **40**, Article No. 345. <https://doi.org/10.1007/s10103-025-04603-8>
 - [5] Jia, X., Zheng, L., Huang, L., *et al.* (2025) Safety and Efficacy Study of Nd: YAG 1064 nm/532 nm Picosecond Laser in the Comprehensive Treatment of Facial Atrophic Acne Scars. *Journal of Craniofacial Surgery*, **36**, e1154-e1158. <https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000011790>
 - [6] 杨松, 余晴, 陈丽娜, 等. 超脉冲点阵 CO₂ 激光及舒敏保湿特护霜联合小针刀皮下剥离术治疗痤疮凹陷性瘢痕[J]. 中国美容医学, 2023, 32(9): 100-103.
 - [7] Zare, S., Zeinali, R., Nouri, M., Dehghani, A., Zare, S., Khatib, S., *et al.* (2025) Comparison Combination of Autologous Fibroblast Cells Plus Platelet Rich Plasma (PRP) with PRP Alone in Treatment of Atrophic Acne Scars, a Split-Face Pilot Study with Biometric Assessment. *Journal of Cosmetic Dermatology*, **24**, e70413. <https://doi.org/10.1111/jocd.70413>
 - [8] Gkouvi, A., Tsiogka, A., Corbo, A., Tsimpidakis, A. and Gregoriou, S. (2025) Efficacy of Heterologous Type I Collagen Injections in Treating Atrophic Acne Scars: A Prospective Study. *Skin Appendage Disorders*, **11**, 316-319. <https://doi.org/10.1159/000544166>
 - [9] Niimi, T., Furukawa, H., Kitagawa, K., Sakuma, C. and Natsume, N. (2025) Dermabrasion Using Surface Anesthesia for Post-Cleft Lip Surgery Scars. *Cureus*, **17**, e88329. <https://doi.org/10.7759/cureus.88329>
 - [10] Jin, Q., Dong, R., Zhi, J., Yin, H., Nan, M., Jin, Z., *et al.* (2025) Evaluation of the Therapeutic Efficacy of Moist Wound Healing after Fractional CO₂ Laser Surgery. *Journal of Cosmetic Dermatology*, **24**, e70079. <https://doi.org/10.1111/jocd.70079>
 - [11] Kim, S., Rainer, B.M., Qi, J., Brown, I., Ogurtsova, A., Leung, S., *et al.* (2022) Clinical and Molecular Change Induced by Repeated Low-Dose Visible Light Exposure in Both Light-Skinned and Dark-Skinned Individuals. *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*, **39**, 204-212. <https://doi.org/10.1111/phpp.12819>
 - [12] Bjørklund, G., Shanaida, M., Hangan, T., Kassym, L., Kussainova, A., Semenova, Y., *et al.* (2025) The Role of Trace Elements for the Function and Health of the Skin. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, **89**, Article ID: 127674. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2025.127674>
 - [13] Kohlhauser, M., Mayrhofer, M., Kamolz, L. and Smolle, C. (2024) An Update on Molecular Mechanisms of Scarring—A Narrative Review. *International Journal of Molecular Sciences*, **25**, Article No. 11579. <https://doi.org/10.3390/ijms252111579>
 - [14] Niedzwiedzka, A., Micallef, M.P., Biazzo, M. and Podrini, C. (2024) The Role of the Skin Microbiome in Acne: Challenges and Future Therapeutic Opportunities. *International Journal of Molecular Sciences*, **25**, Article No. 11422. <https://doi.org/10.3390/ijms252111422>
 - [15] Connolly, D., Vu, H.L., Mariwalla, K., *et al.* (2017) Acne Scarring—Pathogenesis, Evaluation, and Treatment Options. *The Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology*, **10**, 12-23.
 - [16] Qian, H., Lu, Z., Ding, H., Yan, S., Xiang, L. and Gold, M.H. (2012) Treatment of Acne Scarring with Fractional CO₂ Laser. *Journal of Cosmetic and Laser Therapy*, **87**, 162-165. <https://doi.org/10.3109/14764172.2012.699679>
 - [17] Huang, C., Du, Y., Nabzdyk, C.S., Ogawa, R., Koyama, T., Orgill, D.P., *et al.* (2016) Regeneration of Hair and Other Skin Appendages: A Microenvironment-Centric View. *Wound Repair and Regeneration*, **24**, 759-766. <https://doi.org/10.1111/wrr.12451>
 - [18] 张倩, 王焱, 赵亮, 等. 机械磨削术在皮肤外科的临床应用[J]. 中国美容医学, 2020, 29(4): 10-13.
 - [19] Ruchiati, K., Nuzuliyah, G., Rizqandaru, T., Yogya, Y., Puspitosari, D., Pangastuti, M., *et al.* (2025) The Comparable Efficacy between Tranexamic Acid Intradermal Injection and Pulsed Dye Laser for Treatment of Post-Acne Erythema: A Split-Face Therapy. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology*, **18**, 2039-2046. <https://doi.org/10.2147/ccid.s538930>
 - [20] Wichaiyo, S., Tachiki, K. and Igaue, T. (2024) Pyroxylin-Based Liquid Bandage Forms a Mechanically Active Protective Film to Facilitate Skin Wound Healing in Mice. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, **179**, Article ID: 117307. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2024.117307>