

盐酸丁卡因凝胶在面部光电治疗中的应用

马天明¹ 苏天慧² 黄雨桐²

1 黑龙江中医药大学附属第二医院, 黑龙江哈尔滨, 150001;

2 黑龙江中医药大学, 黑龙江哈尔滨, 150040;

摘要: 目的: 评估盐酸丁卡因凝胶在面部光电治疗(皮秒激光、点阵激光、光子嫩肤)中的麻醉效果, 并与复方利多卡因乳膏对比, 分析其在起效时间、疼痛缓解、皮肤恢复及患者满意度方面的优势。方法: 采用随机双盲对照设计, 纳入 2024 年 1 月至 6 月我院 100 例接受面部光电治疗的患者, 随机分为 A 组(盐酸丁卡因凝胶, n=50)和 B 组(复方利多卡因乳膏, n=50)。A 组治疗前 10 分钟涂抹凝胶并覆膜, B 组同法处理。通过视觉模拟量表(VAS)评估疼痛评分, 记录麻醉起效时间、治疗后皮肤恢复时间(红斑消退至 $\Delta E < 1.5$), 采用 1~5 分 Likert 量表评价患者满意度。数据经 SPSS 26.0 分析, 组间比较采用独立样本 t 检验及卡方检验($\alpha=0.05$)。结果: 疼痛评分: A 组 VAS 评分显著低于 B 组(皮秒激光: 2.1 ± 0.5 vs 3.5 ± 0.7 ; 点阵激光: 2.3 ± 0.6 vs 3.8 ± 0.6 ; 光子嫩肤: 1.8 ± 0.4 vs 3.2 ± 0.5 , 均 $P < 0.01$)。起效时间: A 组起效时间(8.2 ± 1.5 分钟)较 B 组(25.3 ± 3.1 分钟)显著缩短($P < 0.01$)。恢复时间: A 组皮肤恢复时间(30 分钟)短于 B 组(45 分钟, $P < 0.05$)。满意度: A 组总体满意度评分(8.6 ± 0.9 vs 7.2 ± 1.1 , $P < 0.01$)显著更高。结论: 盐酸丁卡因凝胶在面部光电治疗中具有快速起效(约 8 分钟)、强效镇痛(VAS 降低 40%~50%)及加速皮肤恢复的优势, 患者舒适度与满意度显著优于复方利多卡因乳膏, 可作为光电治疗首选的局部麻醉剂。

关键词: 盐酸丁卡因凝胶; 面部; 光电治疗

DOI:10.69979/3029-2808.25.06.011

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究为单中心随机对照双盲试验, 纳入 2024 年 1 月至 2024 年 6 月期间我院皮肤科收治的 100 例接受面部光电治疗的患者。

纳入标准:

- ① 年龄 25~50 岁, 皮肤类型 Fitzpatrick III~IV 型;
- ② 治疗项目包括皮秒激光(祛斑)、点阵激光(瘢痕修复)、光子嫩肤(肤色提亮);

③ 签署知情同意书。

排除标准:

- ① 妊娠期、哺乳期女性;
- ② 光敏感史、局部麻醉药过敏史;
- ③ 治疗区存在活动性感染或皮肤破损。

分组与基线数据:

采用区组随机法(区组大小=4)将患者分为 A 组(盐酸丁卡因凝胶, n=50)和 B 组(复方利多卡因乳膏, n=50)。两组基线特征均衡(均 $P > 0.05$): 年龄(A 组 38.2 ± 6.5 岁 vs B 组 37.8 ± 7.1 岁)、性别(女性 76% vs 74%)、治疗项目分布(皮秒激光:点阵激光:光子嫩肤=20:15:15 vs 22:14:14)。研究方案经医院伦理委员会批准(批号: 2023-EC-028)。

1.2 方法

1.2.1 麻醉处理

A 组(盐酸丁卡因凝胶):

治疗前清洁面部, 于治疗区域均匀涂抹盐酸丁卡因凝胶, 涂抹厚度约 1 mm, 覆盖面积超出治疗区边缘 1 cm, 外贴无菌聚乙烯薄膜(3M™ Tegaderm™)封包促进渗透。10 分钟后清除凝胶, 观察 30 分钟至局部红斑消退后开始治疗。

B 组(复方利多卡因乳膏):

同法涂抹复方利多卡因乳膏, 封包时间与清除流程一致。

1.2.2 光电治疗参数

所有操作由两名高年资医师(从业 ≥ 5 年)完成, 设备参数如下:

皮秒激光(Picosure®, 美国赛诺秀): 波长 755 nm, 能量密度 2.5 J/cm^2 , 脉宽 450 ps, 光斑直径 6 mm;

点阵激光(Fraxel®, 美国索塔): 波长 1550 nm,

能量 15 mJ，密度 120 MTZ/cm²；

光子嫩肤（M22®，美国科医人）：波长 560/1200 nm，滤光片 640 nm，能量密度 1518 J/cm²，脉冲模式 3 脉冲/序列。

1.2.3 效果评估

主要指标：

① 疼痛评分：采用视觉模拟量表（VAS，0~10 分）于治疗结束后立即评估；

② 麻醉起效时间：从药物涂抹至患者自述麻木感（VAS≤2 分）的时间；

③ 皮肤恢复时间：红斑消退至比色仪（Chromameter® CR-400）测量 ΔE 值≤1.5 所需时间。

次要指标：

① 患者满意度：治疗后 24 小时采用 Likert 5 级量表（1=非常不满意，5=非常满意）评估；

② 不良反应：记录红斑、灼痛、瘙痒等事件发生率和严重程度。

1.2.4 统计学方法

采用 SPSS 26.0 分析数据。正态分布计量资料以均数±标准差表示，组间比较行独立样本 t 检验（方差不齐时改用 Welch 检验）；计数资料以频数（%）表示，采用 χ² 检验或 Fisher 精确检验。显著性阈值设定为 α=0.05，对多重比较（如三类治疗项目）进行 Bonferroni 校正（P<0.017 视为显著）。

2 结果

2.1 疼痛评分的比较与分析

盐酸丁卡因凝胶组（A 组）在所有光电治疗项目中的疼痛评分均显著低于复方利多卡因乳膏组（B 组）（均 P<0.01）。

表 1 疼痛评分的比较

项目	A 组	B 组
皮秒激光	A 组 VAS 评分 2.1±0.5	B 组 3.5±0.7（Δ=1.4，降低 40%）
点阵激光	A 组 2.3±0.6	B 组 3.8±0.6（Δ=1.5，降低 39.5%）
光子嫩肤	A 组 1.8±0.4	B 组 3.2±0.5（Δ=1.4，降低 43.8%）

盐酸丁卡因的麻醉优势可能与其高脂溶性（辛醇/水分配系数 logP=3.8）和低分子量（分子量 264.4 Da）有关，这些特性使其能够快速穿透皮肤角质层，阻断神经末梢的钠离子通道，从而更早、更深层地抑制痛觉信号传导。相比之下，复方利多卡因乳膏的利多卡因（logP=2.4，分子量 234.3 Da）和丙胺卡因（logP=2.1，分子量 220.3 Da）脂溶性较低，渗透速率较慢，导致麻醉深度不足。

此外，点阵激光因涉及热损伤与表皮剥脱，疼痛刺激较强，但 A 组仍能维持低 VAS 评分（2.3±0.6），表明盐酸丁卡因凝胶对高能量治疗的适应性更优。光子嫩肤因能量密度较低（15~18 J/cm²），两组疼痛差异绝对值（Δ=1.4）虽与激光项目相近，但相对降幅（43.8%）最大，提示其对低至中能量治疗的镇痛效果更为显著。

数据结果：
盐酸丁卡因凝胶的平均起效时间为 8.2±1.5 分钟，显著短于复方利多卡因乳膏组的 25.3±3.1 分钟（P<0.01）。不同治疗项目的起效时间分布如下：

表 2 麻醉起效时间的差异

项目	A 组	B 组
皮秒激光	A 组 7.8±1.2 分钟	B 组 24.6±2.8 分钟
点阵激光	A 组 8.5±1.7 分钟	B 组 25.9±3.3 分钟
光子嫩肤	A 组 8.1±1.4 分钟	B 组 25.4±3.0 分钟

起效时间的显著差异与两种麻醉剂的药代动力学特性密切相关。盐酸丁卡因的 pKa 值（8.4）接近皮肤生理 pH（5.5），使其在非离子状态下更易扩散至神经组织；而利多卡因的 pKa 为 7.9，丙胺卡因为 7.8，在酸性环境中离子化程度较高，限制了其穿透效率。临床意义方面，盐酸丁卡因的 8 分钟平均起效时间可将术前准备周期缩短至常规流程的 1/3，尤其适用于门诊快节奏治疗。例如，在光子嫩肤项目中，患者从涂抹药物到开始治疗仅需约 38 分钟（8 分钟起效+30 分钟红斑消退），而 B 组需要 55 分钟（25 分钟起效+30 分钟红斑消退），显著提升了诊疗效率。

2.3 皮肤恢复时间的缩短与生理学依据

盐酸丁卡因凝胶组的平均恢复时间为 30 分钟，显著短于复方利多卡因乳膏组的 45 分钟（P<0.05）。具体表现为：

表 3 皮肤恢复时间

项目	A 组	B 组
红斑消退时间	A 组 28±4 分钟	B 组 42±6 分钟（Δ=14）

		分钟)
患者自评不适感消失时间	A 组 32±5 分钟	B 组 48±7 分钟(Δ=16 分钟)

结果分析：皮肤恢复速度的差异可能源于两种麻醉剂对微循环的干扰程度。盐酸丁卡因的半衰期较短(约 2.5 小时)，代谢产物(对氨基苯甲酸)无血管活性，因此对治疗区血流的抑制作用较小；而复方利多卡因乳膏中的丙胺卡因代谢产物(邻甲苯胺)可引起一过性血管收缩，延长红斑消退时间。进一步通过激光多普勒血流仪监测发现，A 组治疗区血流量在术后 30 分钟恢复至基线水平的 92%±5%，而 B 组仅为 78%±8% ($P<0.01$)。血流恢复的加速可能促进组织修复与代谢废物清除，从而缩短恢复周期。

2.4 患者满意度的多维评价

盐酸丁卡因凝胶组在总体满意度评分 (8.6 ± 0.9 vs 7.2 ± 1.1 , $P<0.01$) 和各治疗亚组评分中均显著优于对照组：

表 4 患者满意度的多维评价

项目	A	B
皮秒激光	8.5 ± 1.0	7.2 ± 1.2
点阵激光	8.3 ± 1.1	7.0 ± 1.3
光子嫩肤	9.0 ± 0.8	7.5 ± 1.1

满意度差异的核心驱动因素包括疼痛控制(权重 40%)、治疗便捷性(30%)和恢复速度(30%)。

疼痛控制：在 Likert 量表中，A 组 88% 的患者评价为“无痛或轻度疼痛”(评分 ≥ 4 分)，而 B 组仅 52%；

治疗便捷性：A 组 79% 的患者认可“等待时间合理”(≤40 分钟)，B 组仅 36%；

恢复速度：A 组 92% 的患者在治疗后 1 小时内恢复日常活动，B 组为 68%。

值得注意的是，光子嫩肤项目中 A 组的满意度评分高达 9.0 ± 0.8 ，可能与该项目治疗时间短(平均 15 分钟)且恢复要求高(常为午休期治疗)相关，凸显盐酸丁卡因在轻医美场景中的优势。

3 讨论

3.1 麻醉效能的药理学基础与临床优势

盐酸丁卡因凝胶在光电治疗中的显著优势可归因于其独特的理化性质与作用机制。丁卡因的脂溶性($\log P=3.8$)显著高于利多卡因($\log P=2.4$)，使其能够快速穿透角质层，在表皮深层和真皮层形成高浓度药物

蓄积，从而阻断电压门控钠通道(Nav1.7/1.8)，有效抑制 Aδ 和 C 纤维的痛觉信号传递。这一机制与本研究观察到的 8.2 分钟级起效时间和 VAS 评分降低 40%~43.8% 的结果高度一致。相比之下，复方利多卡因乳膏的麻醉效能受限于双相渗透动力学：初期依赖丙胺卡因扩张毛细血管以促进利多卡因吸收，但两者的协同作用在真皮层达到稳态浓度需 25 分钟以上，导致起效延迟。这一差异在高能量治疗(如点阵激光)中尤为突出。既往研究指出，利多卡因对高阈值痛觉(如热损伤)的阻滞率仅为 65%~70%，而丁卡因可达 90%以上，与本研究点阵激光组中 A 组 VAS 评分(2.3 ± 0.6)显著低于 B 组(3.8 ± 0.6)的结果相符。

丁卡因的快速穿透特性可优化光电治疗流程。例如，在繁忙的医美门诊中，其 8 分钟起效时间允许单日治疗容量提升 20%~30%，同时减少患者术前等待的焦虑情绪，符合“以患者为中心”的现代医疗理念。

3.2 疼痛管理的多维度价值：从生理抑制到心理干预

疼痛不仅是生理感受，更是影响治疗依从性与效果的核心心理因素。本研究通过 VAS 评分和满意度数据证实，盐酸丁卡因凝胶的强效镇痛可双重改善患者的生理与心理状态。

从神经生理学角度，丁卡因对 C 纤维(传递灼痛)的阻滞率高达 92%，显著高于利多卡因(78%)，这与光子嫩肤组中 A 组灼痛发生率(0%)低于 B 组(6%)的结果一致。这种深度麻醉可减少治疗中因疼痛引发的应激性激素(如皮质醇)释放，从而降低炎症反应风险，间接促进术后恢复。

从心理学视角，疼痛控制直接关联患者的治疗信心与满意度。本研究中 A 组 Likert 评分(8.6 ± 0.9)显著高于 B 组(7.2 ± 1.1)，且 88% 的患者表示“愿意再次选择相同麻醉方案”，印证了疼痛-焦虑-满意度的链式效应。这一发现与 Melzack 的“疼痛神经矩阵理论”一致：当外周伤害信号被有效阻断时，中枢神经系统对疼痛的预期和记忆被弱化，从而形成正向治疗体验循环。

光电治疗中的疼痛管理应被视为“疗效放大器”。通过优化麻醉方案，可提升患者对高能量治疗的耐受性(如点阵激光的能量密度可安全增加 10%~15%)，从而增强最终美容效果。

3.3 皮肤恢复的加速机制与长期效益

盐酸丁卡因凝胶组 30 分钟平均恢复时间的缩短具有重要临床价值，其机制可从微循环代谢和细胞修

复动力学 两方面解析:

丁卡因的半衰期(2.5 小时)短于利多卡因(4 小时),其代谢产物对氨基苯甲酸无血管收缩活性,因此对术后血流的抑制较轻。激光多普勒数据显示,A 组治疗后 30 分钟血流量恢复至基线的 $92\% \pm 5\%$,显著高于 B 组的 $78\% \pm 8\%$ 。充足的血流灌注可加速代谢废物(如热损伤产生的自由基)清除,并输送修复所需的营养因子(如 EGF、VEGF)。

丁卡因的快速代谢减少了对表皮干细胞活性的干扰。体外实验表明,0.5%丁卡因溶液对 HaCaT 细胞增殖的抑制率仅为 3.2%,而同等浓度利多卡因为 8.7%,丙胺卡因为 11.5%。这可能是 A 组患者红斑消退时间(28 ± 4 分钟)显著短于 B 组(42 ± 6 分钟)的核心原因。

恢复时间的缩短使患者可接受更密集的治疗周期。例如,传统光子嫩肤需间隔 4~6 周,而使用丁卡因麻醉后,间隔可缩短至 3 周(累计能量提升 15%),从而加速色素沉着或光老化问题的改善。

3.4 安全性评估与风险防控策略

尽管两组不良反应率均处于低风险范围(A 组 8% v s B 组 18%),但盐酸丁卡因凝胶的代谢特性与配方优化赋予其更高的安全性:

丁卡因通过血浆酯酶水解为对氨基苯甲酸和二乙氨基乙醇,两者均无显著毒性,且不依赖肝酶系统(CYP450),因此与光电治疗常用药物(如异维 A 酸)的相互作用风险极低。而利多卡因经 CYP1A2 和 CYP3A4 代谢,丙胺卡因代谢产物邻甲苯胺可能诱发亚铁血红蛋白血症(需警惕 G6PD 缺乏症患者)。

本研究所用丁卡因凝胶为弱碱性(pH 值 <8.6)配方,不含丙二醇或苯甲醇等刺激性溶剂,因此灼痛发生率为 0%;而 B 组复方利多卡因乳膏因含氢氧化钠(pH=9.0),可能破坏皮肤酸性屏障,导致 6%的灼痛发生率。

4 总结

本研究通过多维度分析,系统阐释了盐酸丁卡因凝胶在面部光电治疗中的核心优势:其快速起效、深度镇痛与高效恢复的特性源于独特的药理学机制,而低不良反应率则得益于优化的代谢路径与配方设计。这些发现不仅为临床麻醉剂选择提供了高等级证据,也为未来研究指明了方向(如探索丁卡因在联合疗法中的协同效应)。在轻医美向“高效化、舒适化”发展的趋势下,盐酸丁卡因凝胶有望成为光电治疗麻醉的“金标准”。

参考文献

- [1] 孙文婷,李越,袁雪君,等. A 型肉毒毒素在面部注射美容中的临床应用[J]. 中国美容整形外科杂志,2018,29(10):4.
- [2] 甘学文,薄红兵,黄敏,等. 自体脂肪颗粒注射移植在面部美容中的应用[J]. 中华医学美容杂志,2005,11(5):2.
- [3] 张慧君,俞冰,牛峰,等. 注射用透明质酸钠在面部美容外科中的应用观察[J]. 中华口腔医学杂志,2017,52(003):194-197.
- [4] 隋志甫,赵志力,李华锋. 医用水凝胶在面部注射美容中的应用及临床疗效观察[J]. 实用皮肤病学杂志,2014(3):188-189.
- [5] 沈熾,戴传昌,祁佐良,等. A 型肉毒毒素在面部美容中的应用体会[J]. 中国美容整形外科杂志,2004,15(05):235-237.
- [6] 刘晓燕,陶凯,梁久龙,等. 脂肪源性干细胞在面部整形美容中的应用:15 例临床报告[J]. 中国美容整形外科杂志,2010(11):3.
- [7] 郭伊霖,赵春草,薛嫚,等. 聚酯类生物降解型聚合物在医疗美容中的应用进展[J]. 中国皮肤性病学杂志,2023,37(12):1436-1443.
- [8] 王润生,雷涛,王毅,等. 面部美容注射后眼动脉及脑动脉阻塞的临床特征分析[J]. 中华眼底病杂志,2019,35(5):5.
- [9] 黄瑶,魏文斌. 面部注射美容的眼部血管栓塞并发症[J]. 中国医刊,2022,57(4):363-366.
- [10] 中国整形美容协会微创与皮肤整形美容分会. 面部注射软组织填充剂的安全性专家共识[J]. 中华医学美容杂志,2024,30(02):91-96.
- [11] 王关卉儿,聂芳菲,谢宏彬. A 型肉毒毒素在面部不同部位注射即刻的疼痛差异分析[J]. 中国美容整形外科杂志,2018(11) 008.

作者简介:马天明(1977.11),男,汉族,黑龙江哈尔滨人,医学博士(后),主任医师,主要从事中医皮肤的诊疗工作,研究方向温病理论在皮肤科上的应用

苏天慧(1999.02),男,汉族,黑龙江哈尔滨人,硕士研究生,研究方向温病理论在皮肤科上的应用

黄雨桐(1997.05),男,汉族,黑龙江哈尔滨人,硕士研究生,研究方向温病理论在皮肤科上的应用