

经上皮准分子激光治疗性角膜切削术治疗复发性角膜上皮糜烂的安全性及有效性

杨柳 祁文洁 路晓晓 刘慧 李斐 黄悦 赵少贞

天津医科大学眼科医院 天津医科大学眼视光学院 天津医科大学眼科研究所 国家眼耳鼻喉疾病临床医学研究中心天津分中心 天津市视网膜功能与疾病重点实验室,天津 300384

通信作者:赵少贞,Email:zhaosz1997@sina.com

【摘要】 目的 评估经上皮准分子激光治疗性角膜切削术(trans-PTK)治疗复发性角膜上皮糜烂(RCE)的安全性及有效性。方法 采用回顾性病例系列观察研究,纳入2021年1月至2023年6月在天津医科大学眼科医院行trans-PTK治疗的RCE患者38例38眼。记录患眼术前及术后5 d、1个月、3个月、6个月主观症状评分、裸眼远视力(UDVA)、最佳矫正远视力(CDVA)、等效球镜度(SE)、角膜内皮细胞密度,评估术后安全性和有效指数、复发率、角膜上皮愈合及角膜上皮雾状混浊(haze)的发生情况。结果 手术前后不同时间点患眼主观症状评分、UDVA、CDVA总体比较差异均有统计学意义($F=128.634, 3.292, 22.845$, 均 $P<0.05$),其中术后各时间点主观症状评分均低于术前,UDVA、CDVA均优于术前,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。手术前后不同时间点患眼SE和角膜内皮细胞密度总体比较差异均无统计学意义($F=1.534, 0.058$, 均 $P>0.05$)。术后6个月,安全性和有效性指数分别为 3.06 ± 2.65 和 0.76 ± 0.75 。术后1个月,仅1眼(占2.63%)出现角膜上皮延迟愈合;3眼(占7.89%)出现0.5级haze,经局部糖皮质激素治疗后角膜光滑、透明。随访期间未出现复发病例。结论 trans-PTK治疗RCE具有较好的安全性及有效性。

【关键词】 角膜疾病;角膜上皮;激光治疗;复发性角膜上皮糜烂;经上皮准分子激光治疗性角膜切削术;有效性;安全性

基金项目: 国家自然科学基金青年项目(82301181);天津市医学重点学科建设项目(TJYXZDXK-3-004A-2)

DOI:10.3760/ema.j.cn115989-20250125-00025

Safety and efficacy of trans-epithelial phototherapeutic keratectomy in the treatment of recurrent corneal erosion

Yang Liu, Qi Wenjie, Lu Xiaoxiao, Liu Hui, Li Fei, Huang Yue, Zhao Shaozhen

Tianjin Key Laboratory of Retinal Functions and Diseases, Tianjin Branch of National Clinical Research Center for Ocular Disease, Eye Institute and School of Optometry, Tianjin Medical University Eye Hospital, Tianjin 300384, China

Corresponding author: Zhao Shaozhen, Email: zhaosz1997@sina.com

【Abstract】 **Objective** To evaluate the safety and efficacy of trans-epithelial phototherapeutic keratectomy (trans-PTK) for treating recurrent corneal erosion (RCE). **Methods** A retrospective case series study was conducted. Thirty-eight patients (38 eyes) diagnosed with RCE who underwent trans-PTK at Tianjin Medical University Eye Hospital were enrolled from January 2021 to June 2023. Subjective symptom score, uncorrected distance vision (UDVA), best corrected distance vision (CDVA), spherical equivalent (SE), and corneal endothelial cell count were recorded before surgery and at 5 days, 1 month, 3 months, and 6 months after surgery. The postoperative safety index and efficacy index, recurrence rate, corneal epithelial healing status, and presence of corneal haze were evaluated. This study followed the Declaration of Helsinki, and the research protocol was approved by the Ethics Committee of Tianjin Medical University Eye Hospital (No. 2020KY[L]-67). All patients signed the written informed consent prior to the surgery. **Results** There were statistically significant overall differences in subjective symptom score, UDVA and CDVA at different time points before and after surgery ($F=128.634, 3.292, 22.845$; all $P<0.05$). Compared with the preoperative levels, postoperative subjective symptom scores at all follow-up time points were lower and postoperative UDVA and CDVA at all follow-up time points were better, with statistically significant differences (all $P<0.05$). There were no significant differences in SE or corneal endothelial cell count ($F=1.534, 0.058$; both $P>$

0.05)。At 6 months after surgery, the safety index and efficacy index were 3.06 ± 2.65 and 0.76 ± 0.75 , respectively. At 1 month after surgery, only 1 eye (accounting for 2.63%) developed delayed healing of corneal epithelium, 3 eyes (accounting for 7.89%) developed grade 0.5 haze, with corneas turning smooth and transparent after topical glucocorticoid treatment. No recurrence occurred during the follow-up period. **Conclusions** Trans-PTK has good safety and efficacy in the treatment of RCE.

[Key words] Corneal diseases; Corneal epithelium; Laser therapy; Recurrent corneal erosion; Trans-epithelial phototherapeutic keratectomy; Efficacy; Safety

Fund program: National Natural Science Foundation of China Youth Project (82301181); Tianjing Key Medical Discipline Construction Project (TJYXZDXK-3-004A-2)

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20250125-00025

复发性角膜上皮糜烂 (recurrent corneal erosion, RCE) 为角膜上皮反复剥脱形成缺损或糜烂, 表现为眼痛、畏光、流泪、睁眼困难及视物模糊等症状, 给患者工作及生活带来极大不便和痛苦, 部分患者甚至出现心理障碍。RCE 多继发于角膜外伤或角膜上皮基底膜营养不良, 通常以局部药物点眼、患眼包扎、佩戴角膜绷带镜、角膜上皮清创术和角膜浅基质针刺术等治疗为主, 严重者需行羊膜覆盖术, 但对于顽固性病例, 上述治疗方法仍存在复发率高、治疗周期长、治疗效果欠佳等问题。近年来, 经上皮准分子激光治疗性角膜切削术 (trans-epithelial phototherapeutic keratectomy, trans-PTK) 已被应用于治疗 RCE^[1], 然而目前关于 trans-PTK 治疗 RCE 的系统研究相对较少; 且对手术安全性及有效性的评估尚不充分。本研究旨在通过回顾性分析 trans-PTK 治疗 RCE 的临床疗效及安全性, 为优化 RCE 的临床治疗策略提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用回顾性病例系列观察研究, 收集 2021 年 1 月至 2023 年 6 月在天津医科大学眼科医院接受 trans-PTK 治疗的 RCE 患者 38 例 38 眼, 其中男 19 例 19 眼, 女 19 例 19 眼; 右眼 18 例, 左眼 20 例; 年龄 24~71 岁, 平均 (46.34 ± 13.17) 岁; 术前主观症状评分为 (8.87 ± 2.13) 分; 球镜度为 $-7.75 \sim +1.00$ D, 平均 (-2.65 ± 2.20) D; 柱镜度为 $-3.00 \sim 0.00$ D, 平均 (-0.89 ± 0.75) D; 等效球镜度 (spherical equivalent, SE) 为 $-8.38 \sim +0.88$ D, 平均 (-3.10 ± 2.39) D; 裸眼远视力 (uncorrected distance visual acuity, UDVA) 平均为 1.12 ± 0.53 (本研究中视力均以最小分辨角对数视力记录); 最佳矫正远视力 (corrected distance visual acuity, CDVA) 平均为 0.32 ± 0.27 ; 角膜内皮细胞密度为 ($2\,562.15 \pm 230.72$) 个/ mm^2 ; 角膜厚度为 (536.39 ± 33.62) μm ; 病变深度为 (82.39 ± 35.94) μm 。纳入标

准: (1) 符合 RCE 诊断标准^[2], 经局部点眼、包扎、佩戴角膜绷带镜、角膜清创术及浅基质针刺术等治疗后, 累计发作 3 次以上的 RCE 患者; (2) 可按时完成随访者。排除标准: (1) 眼部处于感染状态者; (2) 患有引起视力下降的其他眼部疾病者; (3) 眼压控制不佳的青光眼患者; (4) 患有严重面神经麻痹或眼睑缺损等导致的眼睑闭合不全者; (5) 患有结缔组织病、糖尿病及免疫性疾病等全身疾病者; (6) 患有重度焦虑、抑郁等精神、心理疾病者。初次引发角膜上皮剥脱的原因分别为: 指甲/手指戳伤者 6 例, 占 15.79%; 外物划伤者 3 例, 占 7.89%; 其他诱因包括用力揉眼者 4 例, 占 10.53%; 干眼者 13 例, 占 34.21%; 3 个月内行眼部手术者 2 例, 占 5.26%; 诊断为角膜上皮基底膜营养不良者 9 例, 占 23.68%; 无其他明确诱因者 1 例, 占 2.63% (表 1)。本研究遵循《赫尔辛基宣言》, 研究方案经天津医科大学眼科医院伦理委员会审核批准 [批文号: 2020KY(L)-67]。所有患者术前均签署手术知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 术前检查 所有患者均完成主观症状评估及客观检查。(1) 主观症状包括眼痛、畏光、流泪和异物感, 根据程度分 4 个等级: 无症状为 0 分、轻度为 1 分、中度为 2 分、重度为 3 分, 计算总分^[3]。(2) 客观检查包括采用对数视力表行 UDVA 和 CDVA 检查、显然验光、裂隙灯显微镜观察病变范围及深度、非接触眼压计 (FT-1000, 日本 Tomey 公司) 测量眼压、角膜内皮细胞计 (SP-1P, 日本 Topcon 公司) 测量角膜内皮细胞密度、频域光学相干断层扫描 (optical coherence tomography, OCT) 仪 (iVueOCT, 美国 Optovue 公司) 行眼前节模式扫描以测量角膜病变深度。

1.2.2 手术方法 术前 3 d, 给予加替沙星滴眼液点眼, 4 次/d。手术当日给予 0.4% 盐酸奥布卡因表面麻醉, 常规消毒铺巾, 开睑器撑开眼睑, 采用准分子激光

系统 (Amaris 1050RS, 德国 SCHWIND 公司, 波长 193 nm) 进行手术, 使用配套 CAM 软件中的 trans-PTK 模块进行手术设计, 以角膜顶点为中心设计圆形治疗区, 系统默认上皮消融厚度为中央 55 μm、周边 65 μm。为预防远视漂移, 设定较大的光学区。中央区消融直径为 8.5~9.0 mm, 过渡区直径 0.5 mm, 依据眼前节 OCT 测定的病变深度进行消融深度设定, 中央消融深度为 70~145 μm, 平均 (98.76±19.33) μm, 系统自动设置不同深度的周边消融, 消融深度不超过角膜厚度的 1/3^[4], 残余角膜基质床厚度大于 250 μm^[5]。术中消融时间为 27~67 s, 平均 (43.16±10.79) s。术毕佩戴角膜绷带镜 (Acuvue 型, 美国强生公司)。手术均由同一资深术者完成。

1.2.3 术后随访 记录所有患者术后 5 d、1 个月、3 个月及 6 个月的主观症状评分及客观指标。客观指标包括: UDVA、CDVA、屈光度、眼压、角膜内皮细胞密度、角膜荧光素染色评估角膜上皮愈合情况、角膜上皮雾状混浊 (haze) 发生率及 RCE 复发情况, 并计算手术安全性指数及有效性指数。安全性指数 = 术后 CDVA/术前 CDVA, 有效性指数 = 术后 UDVA/术前 CDVA^[6]。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 25.0 统计学软件进行统计分析。计量资料数据经 Kolmogorov-Smirnov 检验证实呈正态分布, 以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 术前及术后不同时间点各指标总体差异比较采用重复测量单因素方差分析, 组间两两比较采用 LSD-*t* 检验。计数资料以频数和百分比表示。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 手术前后不同时间点 RCE 患者主观症状评分比较

患者术后症状明显好转, 术后主观症状评分随时间推移呈持续下降趋势, 至术后 6 个月趋于稳定。手术前后不同时间点患者主观症状评分总体比较, 差异有统计学意义 (F=128.634, P<0.001), 其中术后各时间点主观症状评分均低于术前, 术后 1、3、6 个月主观症状评分均低于术后

5 d, 术后 6 个月主观症状评分低于术后 3 个月, 差异均有统计学意义 (均 P<0.05); 术后 3 个月主观症状评分略高于术后 1 个月, 差异无统计学意义 (P>0.05) (表 2)。

2.2 RCE 患者术后角膜上皮愈合情况

术后 5 d, 34 眼 (占 89.47%) 角膜荧光素染色阴性, 愈合良好。3 眼 (占 7.89%) 术后第 10 天角膜荧光素染色阴性; 1 眼 (占 2.63%) 术后第 21 天角膜荧光素染色阴性。术后 1 个月所有患眼角膜荧光素染色均为阴性, 角膜上皮愈合良好。

2.3 手术前后不同时间点 RCE 患者 UDVA、CDVA 和 SE 比较

术后 5 d, UDVA、CDVA 较术前明显提升, 至术后 1 个月, 趋于稳定。手术前后不同时间点 UDVA、CDVA 总体比较, 差异均有统计学意义 (F=3.292, P=0.012; F=22.845, P<0.001), 其中术后各时间点 UDVA、CDVA 较术前明显提升, 差异均有统计学意义 (均 P<0.05)。术后早期屈光状态表现为轻度远视漂移, 随时间推移逐渐恢复至术前水平。手术前后不同时间点 SE 总体比较, 差异无统计学意义 (F=1.534, P=0.194) (表 2)。

表 1 纳入患者术前基线资料
Table 1 Preoperative baseline data of included patients

初次发病原因	眼数 [n (%)]	年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	男/女 (n)	累计发作次数 ($\bar{x} \pm s$, 次)
指甲/手指戳伤	6 (15.79)	49.50±16.62	3/3	4.00±0.89
外物划伤	3 (7.89)	34.67±9.02	2/1	3.33±0.58
用力揉眼	4 (10.53)	49.00±17.38	3/1	4.75±0.96
干眼	13 (34.21)	51.00±10.93	4/9	4.60±1.34
3 个月内行眼部手术	2 (5.26)	51.00±2.83	2/0	4.50±0.71
角膜上皮基底膜营养不良	9 (23.68)	45.44±10.39	5/4	3.89±1.17

表 2 手术前后不同时间点 RCE 患者手术疗效相关指标比较 ($\bar{x} \pm s$)
Table 2 Comparison of related indicators of surgical efficacy in RCE patients at different time points before and after surgery ($\bar{x} \pm s$)

时间	眼数	主观症状评分 (分)	UDVA	CDVA	SE (D)
术前	38	8.87±2.13	1.12±0.53	0.32±0.27	-3.10±2.39
术后 5 d	38	3.76±1.82 ^a	0.83±0.56 ^a	0.08±0.29 ^a	-1.97±2.11
术后 1 个月	38	1.32±0.66 ^{ab}	0.74±0.55 ^a	-0.02±0.06 ^{ab}	-3.02±2.42
术后 3 个月	38	1.92±1.42 ^{ab}	0.77±0.54 ^a	-0.02±0.18 ^{ab}	-3.00±2.70
术后 6 个月	38	0.68±0.62 ^{abc}	0.73±0.56 ^a	-0.06±0.59 ^{ab}	-3.16±2.56
F 值		128.634	3.292	22.845	1.534
P 值		<0.001	0.012	<0.001	0.194

注: 与术前相比, ^aP<0.05; 与术后 5 d 相比, ^bP<0.05; 与术后 3 个月相比, ^cP<0.05 (重复测量单因素方差分析, LSD-*t* 检验) RCE: 复发性角膜上皮糜烂; UDVA: 裸眼远视力; CDVA: 最佳矫正远视力; SE: 等效球镜度

Notes: Compared with preoperative, ^aP<0.05; compared to 5 days postoperatively, ^bP<0.05; compared to 3 months postoperatively, ^cP<0.05 (Repeated measures one-way ANOVA, LSD-*t* test) RCE: recurrent corneal erosion; UDVA: uncorrected distance visual acuity; CDVA: best corrected distance visual acuity; SE: spherical equivalent

2.4 RCE 患者手术治疗的安全性及有效性

术后 5 d、1 个月、3 个月、6 个月的安全性指数分别为 2.23 ± 1.73 、 2.84 ± 2.59 、 2.95 ± 2.64 和 3.06 ± 2.65 。术后 6 个月, 3 眼 (占 7.89%) CDVA 较术前无改变, 10 眼 (占 26.32%) 提高 1~2 行, 13 眼 (占 34.21%) 提高 3~4 行, 12 眼 (占 31.58%) 提高 4 行以上, 未见 CDVA 下降 (表 3)。

术后 5 d、1 个月、3 个月、6 个月的有效性指数分别为 0.62 ± 0.69 、 0.74 ± 0.73 、 0.71 ± 0.73 和 0.76 ± 0.75 。术后 6 个月, 3 眼 (占 7.89%) UDVA 较术前无改变, 16 眼 (占 42.11%) 提高 1~2 行, 5 眼 (占 13.16%) 提高 3~4 行, 14 眼 (占 36.84%) 提高 4 行以上, 未见 UDVA 下降 (表 4)。

2.5 手术前后不同时间点 RCE 患者角膜内皮细胞密度比较

术前和术后 5 d、1 个月、3 个月、6 个月角膜内皮细胞术前和密度分别为 ($2\ 562.15 \pm 230.72$)、($2\ 561.63 \pm 227.49$)、($2\ 557.60 \pm 217.08$)、($2\ 565.29 \pm 238.59$) 和 ($2\ 543.18 \pm 197.09$) 个/mm², 总体比较差异无统计学意义 ($F=0.058, P=0.994$) (图 1)。

2.6 RCE 患者术后并发症及复发情况

术后 1 个月, 3 眼 (占 7.89%) 出现 0.5 级 haze, 经局部糖皮质激素局部点眼治疗后, 术后 3 个月角膜光滑、透明。术后 6 个月, 所有病例未见 RCE 复发。

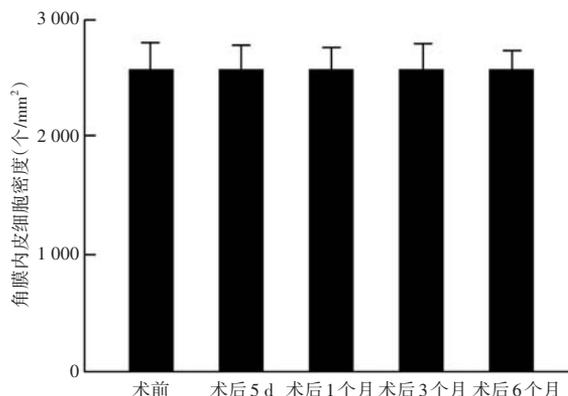


图 1 手术前后不同时间点复发性角膜上皮糜烂患者角膜内皮细胞密度比较 (重复测量单因素方差分析, $n=38$) $F=0.058, P=0.994$
 Figure 1 Comparison of corneal endothelial cell density in patients with recurrent corneal erosion at different time points before and after surgery (Repeated measures one-way ANOVA, $n=38$) $F=0.058, P=0.994$

3 讨论

RCE 以角膜上皮反复糜烂或缺损、眼痛、畏光等症状为特征, 其发病与角膜上皮基底膜附着异常密切相关^[7-8], 长期反复发作不仅严重影响患者视觉质量与生活质量, 还可能进展为角膜基质瘢痕, 增加治疗难度。传统治疗如局部点眼、角膜绷带镜、角膜上皮清创术等虽能暂时缓解症状, 但难以从根本上修复上皮基底膜结构缺陷, 因此病情较易复发^[9]。trans-PTK 通过准分子激光精准去除病变区, 同时刺激角膜上皮基底膜重构, 为 RCE 治疗提供新的微创选择^[10]。本研究

回顾性分析 38 例 RCE 患者临床资料, 从症状改善、视功能提升、安全性及有效性等方面观察 trans-PTK 的治疗效果。

文献报道, 45%~64% 的 RCE 由外伤引起, 19%~29% 的 RCE 由角膜上皮基底膜营养不良引起。RCE 好发年龄为 30~80 岁, 其中 30~40 岁人群患病率最高。干眼、糖尿病、睑缘炎及眼部玫瑰痤疮等均为 RCE 发病的高危因素^[11-12]。本研究纳入患者的平均发病年龄为 (46.34 ± 13.17) 岁, 病因均成中外伤相关因素引起 RCE 者占 39.47% (包括指甲/手指戳伤、外物划伤等), 角膜上皮基底膜营养不良引起 RCE 者占 23.68%, 合并干眼者占 34.21%, 这与既往的文献报道基

表 3 术后不同时间点 RCE 患者 CDVA 变化情况 [n (%)]
 Table 3 Changes of CDVA in patients with RCE at different time points after surgery [n (%)]

时间	眼数	视力下降>1 行	视力下降 1 行	无变化	视力提高 1~2 行	视力提高 3~4 行	视力提高>4 行
术后 5 d	38	0(0.00)	1(2.63)	7(18.42)	14(36.84)	5(13.16)	11(28.95)
术后 1 个月	38	0(0.00)	0(0.00)	2(5.26)	17(44.74)	9(23.68)	10(26.32)
术后 3 个月	38	1(2.63)	0(0.00)	3(7.89)	11(28.95)	13(34.21)	10(26.32)
术后 6 个月	38	0(0.00)	0(0.00)	3(7.89)	10(26.32)	13(34.21)	12(31.58)

注: RCE: 复发性角膜上皮糜烂; CDVA: 最佳矫正远视力
 Note: RCE: recurrent corneal erosion; CDVA: best corrected distance visual acuity

表 4 术后不同时间点 RCE 患者 UDVA 变化情况 [n (%)]
 Table 4 Changes of UDVA in patients with RCE at different time points after surgery [n (%)]

时间	眼数	视力下降>1 行	视力下降 1 行	无变化	视力提高 1~2 行	视力提高 3~4 行	视力提高>4 行
术后 5 d	38	1(2.63)	1(2.63)	7(18.42)	12(31.58)	8(21.05)	9(23.68)
术后 1 个月	38	0(0.00)	0(0.00)	3(7.89)	16(42.11)	6(15.79)	13(34.21)
术后 3 个月	38	0(0.00)	0(0.00)	3(7.89)	16(42.11)	5(13.16)	14(36.84)
术后 6 个月	38	0(0.00)	0(0.00)	3(7.89)	16(42.11)	5(13.16)	14(36.84)

注: RCE: 复发性角膜上皮糜烂; UDVA: 裸眼远视力
 Note: RCE: recurrent corneal erosion; UDVA: uncorrected distance visual acuity

本一致^[11-12]。从机制上看,外伤和角膜上皮基底膜营养不良是 RCE 发生的常见病因,外伤后角膜上皮细胞-基底膜界面发生改变,引起上皮基底膜的炎症性损伤,基底膜与前弹力层黏附不牢,引起 RCE 的发生;而角膜上皮基底膜营养不良患者则由于成熟的角膜上皮被基底膜片状异常区域捕获,无法移行至角膜表面,且角膜上皮与基底膜的黏附性降低,进而导致 RCE^[13]。

RCE 所致角膜上皮屏障损伤,可能增加细菌感染的发生风险^[14],虽然本研究中未观察到感染病例,但术前患者 CDVA 为 0.32 ± 0.27 ,考虑因反复角膜上皮剥脱和多次的角膜上皮修复导致角膜浅基质层混浊,进而引起的视力下降。此外,RCE 发作的不可预测性及剧烈的疼痛、撕裂感或拉扯感常引发严重的焦虑或抑郁情绪^[15]。本研究中患者术前主观症状评分高达 (8.87 ± 2.13) 分,且晨起时症状更易发生,考虑由于睁眼瞬间产生的剪切力导致与基底膜结合不佳的角膜上皮撕脱,该症状可持续数分钟至数小时^[16-17]。值得注意的是,部分患者虽无明显的角膜上皮缺损,仅表现为角膜上皮松弛,但仍有明显刺激症状,临床对此类体征隐匿的患者应予以足够重视。

准分子激光治疗性角膜切削术 (phototherapeutic keratectomy, PTK) 采用 20% 乙醇去除角膜上皮,激光对前弹力层及浅基质层进行消融,从而达到减轻症状、促进角膜上皮再生及重建基底膜的目的,是治疗 RCE 的有效手段^[9]。PTK 可大面积去除病灶,尤其适合角膜上皮基底膜营养不良导致的 RCE。既往文献报道,对于接受常规治疗(如局部药物、佩戴角膜绷带镜或浅基质针刺术)无效且累计发作次数超过 3 次的 RCE 患者可行 PTK^[4]。然而,传统 PTK 手术通常需采用 20% 乙醇辅助并手动去除上皮,这一过程增加对角膜组织的化学和机械刺激,手工刮除可能会使基质表面凹凸不平,激光打在不平的表面上,其消融精准度受限,消融过浅可能会导致病情复发,消融过深可能会出现 haze、远视漂移和最佳矫正视力下降等^[18]。Meta 分析数据表明,PTK 治疗 RCE 眼复发率为 18% (95% CI: 13% ~ 24%), haze 发生率为 13% (95% CI: 6% ~ 21%)、远视漂移发生率为 20% (95% CI: 11% ~ 28%) 和最佳矫正视力下降发生率为 11% (95% CI: 5% ~ 16%)^[4]; Dedes 等^[19] 的研究进一步指出,对 89 眼 RCE 行 PTK 治疗后,复发率高达 28.09%,其中 16.85% 的患者需再次进行 PTK 治疗,这些结果提示临床需寻求更精准、损伤更小的手术方式。

相比之下,trans-PTK 无需手动去除上皮,全程采

用激光治疗,一次性切削角膜上皮、前弹力层和浅层基质,目前已应用于 RCE、角膜变性、角膜营养不良、角膜瘢痕等多种浅层角膜病变^[1,10]。本研究采用 SCHWIND CAM 软件的 trans-PTK 模块及 SPT 智能脉冲技术,对切削部位的深度及轮廓进行自主设计,使激光脉冲分布更加均匀,从而获得更为光滑的角膜基质床,这种平滑的界面对角膜上皮和伤口愈合起着重要作用,本研究结果证实了该技术的优势。本研究手术消融过程基本在 1 min 之内完成,极大地降低对患者术中配合度的要求,术后随访显示,89.47% (34/38) 的患者在术后 5 d 时角膜上皮愈合良好,术后主观症状评分较术前明显降低,有效减轻了角膜刺激症状,表明 trans-PTK 在减轻术后早期症状方面具有显著优势。

尽管 trans-PTK 优势明显,但对角膜基质消融,不可避免地带来角膜变平导致的远视漂移、视力下降或出现 haze 的风险^[18]。针对这一问题,本研究在手术设计上改进,采用较大的光学区并增加过渡区,这一设计有效缓解中央区角膜消融后的曲率变化,从而改善远视漂移。随访数据显示,虽然术后早期存在暂时性轻度远视漂移,这可能与术后早期角膜上皮尚未完全重塑有关,但在术后 1 个月时,UDVA、CDVA 基本维持稳定,屈光度恢复至术前水平;至术后 6 个月时,未发生 UDVA、CDVA 下降,且所有病例未观察到 RCE 复发及角膜内皮细胞丢失,这一长期稳定的结果与既往报道 trans-PTK 治疗外伤性 RCE 的研究结果一致^[20]。研究结果有力证明,在优化切削参数设计下,trans-PTK 治疗 RCE 具有良好的安全性及有效性。

本研究存在一定局限性:本研究为单中心回顾性研究,纳入的样本量相对偏小,且未依据 RCE 的病因学特征(如外伤、角膜营养不良等)进行分层分析。后续应扩大样本量,开展多中心前瞻性随机对照研究,并延长随访周期,系统评估 trans-PTK 治疗 RCE 的长期疗效稳定性及远期复发风险,为临床制定个体化治疗策略提供循证依据。

综上所述,trans-PTK 治疗 RCE 能显著改善患者主观症状、有效降低复发率,且通过大光学区设计,患者可获得稳定的术后视力。作为一种安全、有效的微创治疗手段,trans-PTK 值得在 RCE 中推广应用。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 杨柳:参与研究设计、研究实施、收集数据、分析数据、起草文章、论文修改;祁文洁、路晓晓:实施研究、收集数据、解释数据;刘慧、李斐、黄悦:参与研究选题、分析数据、起草文章;赵少贞:参与研究设计、论文内容修改和审核及定稿

参考文献

- [1] Bizrah M, Shunmugam M, Ching G, et al. Transepithelial

- phototherapeutic keratectomy for treatment-resistant recurrent corneal erosion syndrome [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2024, 262(10): 3253-3260. DOI: 10.1007/s00417-024-06482-1.
- [2] 刘家琦, 李凤鸣. 实用眼科学: 第 3 版[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2010: 102.
- [3] 葛佳佳, 刘晴, 周金燕, 等. 不同非甾体类抗炎药物对超声乳化白内障吸除联合 IOL 植入术后抗炎效果的随机对照研究[J]. *中华实验眼科杂志*, 2024, 42(3): 256-263. DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20220309-00094.
- Ge JJ, Liu Q, Zhou JY, et al. A randomized controlled study of anti-inflammatory effects of different non-steroidal anti-inflammatory drugs in the postoperative stage of phacoemulsification combined with intraocular lens implantation surgery[J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2024, 42(3): 256-263. DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20220309-00094.
- [4] Chen S, Chu X, Zhang C, et al. Safety and Efficacy of the phototherapeutic keratectomy for treatment of recurrent corneal erosions: a systematic review and meta-analysis [J]. *Ophthalmic Res*, 2023, 66(1): 1114-1127. DOI: 10.1159/000533160.
- [5] Ayres BD, Rapuano CJ. Excimer laser phototherapeutic keratectomy [J]. *Ocul Surf*, 2006, 4(4): 196-206. DOI: 10.1016/s1542-0124(12)70166-0.
- [6] 瞿佳, 王勤美, 周翔天. 中国屈光手术安全性和有效性的多中心协同研究初步分析[J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2008, 10(5): 321-324. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1008-1801.2008.05.001.
- Qu J, Wang QM, Zhou XT. Primary analysis on the safety and efficacy study of refractive surgery through multi-centers cooperative investigation [J]. *Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci*, 2008, 10(5): 321-324. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1008-1801.2008.05.001.
- [7] Jadczyk-Sorek K, Garczorz W, Bubała-Stachowicz B, et al. Matrix metalloproteinases and the pathogenesis of recurrent corneal erosions and epithelial basement membrane dystrophy [J]. *Biology (Basel)*, 2023, 12(9): 1263. DOI: 10.3390/biology12091263.
- [8] Kasparova EA, Kasparova EA, Marchenko NR, et al. Recurrent herpetic erosion of the cornea: diagnosis, treatment and prevention of recurrences [J]. *Vestn Oftalmol*, 2024, 140(2. Vyp. 2): 102-108. DOI: 10.17116/oftalma2024140022102.
- [9] 林兰若, 朱思泉. 复发性角膜上皮糜烂治疗方法的临床选择[J]. *中华实验眼科杂志*, 2022, 40(2): 187-192. DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20200331-00228.
- Lin LR, Zhu SQ. Clinical choice of treatment regimens for recurrent corneal erosion [J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2022, 40(2): 187-192. DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20200331-00228.
- [10] Holzer MP, Auffarth GU, Specht H, et al. Combination of transepithelial phototherapeutic keratectomy and autologous serum eyedrops for treatment of recurrent corneal erosions [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2005, 31(8): 1603-1606. DOI: 10.1016/j.jcrs.2005.01.014.
- [11] Dursun D, Kim MC, Solomon A, et al. Treatment of recalcitrant recurrent corneal erosions with inhibitors of matrix metalloproteinase-9, doxycycline and corticosteroids [J]. *Am J Ophthalmol*, 2001, 132(1): 8-13. DOI: 10.1016/s0002-9394(01)00913-8.
- [12] Reidy JJ, Paulus MP, Gona S. Recurrent erosions of the cornea: epidemiology and treatment [J]. *Cornea*, 2000, 19(6): 767-771. DOI: 10.1097/00003226-200011000-00001.
- [13] Balal S, Ansari AS, Sim PY, et al. The incidence and prevalence of recurrent corneal erosion syndrome in London, UK [J]. *Eye (Lond)*, 2023, 37(15): 3213-3216. DOI: 10.1038/s41433-023-02490-3.
- [14] Pham-Vang S, Hardten DR. Recurrent corneal erosions causing bacterial keratitis [J]. *Optometry*, 2008, 79(9): 505-511. DOI: 10.1016/j.optm.2007.11.012.
- [15] Rubinfeld RS. Corneal micropuncture in recurrent erosion syndromes. In: Krachmer JH, Mannis JM, Holland EJ. *Cornea: fundamentals, diagnosis, and management* [M]. 3rd ed. New York: Mosby-Elsevier, 2011: 1081-1091.
- [16] Watson SL, Leung V. Interventions for recurrent corneal erosions [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2018, 7: CD001861. DOI: 10.1002/14651858.CD001861.pub4.
- [17] Miller DD, Hasan SA, Simmons NL, et al. Recurrent corneal erosion: a comprehensive review [J]. *Clin Ophthalmol*, 2019, 13: 325-335. DOI: 10.2147/OPHTH.S157430.
- [18] Suri K, Kosker M, Duman F, et al. Demographic patterns and treatment outcomes of patients with recurrent corneal erosions related to trauma and epithelial and Bowman layer disorders [J]. *Am J Ophthalmol*, 2013, 156(6): 1082-1087. DOI: 10.1016/j.ajo.2013.07.022.
- [19] Dedes W, Faes L, Schipper I, et al. Phototherapeutic keratectomy (PTK) for treatment of recurrent corneal erosion: correlation between etiology and prognosis - prospective longitudinal study [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2015, 253(10): 1745-1749. DOI: 10.1007/s00417-015-2990-6.
- [20] Zhang R, Wang Q, Li J, et al. Transepithelial phototherapeutic keratectomy for post-traumatic recurrent corneal erosions [J]. *Indian J Ophthalmol*, 2022, 70(4): 1186-1189. DOI: 10.4103/ijo.IJO_234_0_21.

(收稿日期:2025-07-11 修回日期:2025-12-19)

(本文编辑:骆世平 刘艳)

读者·作者·编者

本刊对来稿中计量单位的使用要求

计量单位 计量单位的使用执行 GB 3100/3101/3102-1993《国际单位制及其应用/有关量、单位和符号的一般原则/（所有部分）量和单位》的有关规定,具体执行可参照中华医学会杂志社编写的《法定计量单位在医学上的应用》第 3 版(人民军医出版社 2001 年出版)。作者在撰写论文时应注意单位名称与单位符号不可混用。组合单位符号中表示相除的斜线为 2 条时本刊采用 ng/(kg·min) 的形式,而不用 ng/kg/min 的形式。应尽可能使用单位符号,也可以与非物理单位(如:人、次、台等)的汉字构成组合形式的单位,如:次/min。在叙述中请先列出法定计量单位数值,括号内写旧制单位数值;如果同一计量单位反复出现,可在首次出现时注明法定计量单位与旧制单位的换算系数,然后只列出法定计量单位数值。参量及其公差均需附单位,当参量与其公差的单位相同时,单位可只写 1 次,即加圆括号将数值组合,置共同单位符号于全部数值之后。例如:“75.4 ng/L±18.2 ng/L”可以表示为“(75.4±18.2)ng/L”。量的符号一律用斜体字,如吸光度(旧称光密度)的符号为 A。

根据国家质量技术监督局和卫生部联合发出的质技监局量函[1998]126 号文件《关于血压计量单位使用规定的补充通知》,凡是涉及人体及动物体内的压力测定,可以使用毫米汞柱(mmHg)或厘米水柱(cmH₂O)为计量单位,但首次使用时应注明 mmHg 或 cmH₂O 与 kPa 的换算系数(1 mmHg=0.133 kPa, 1 cmH₂O=0.098 kPa)。

(本刊编辑部)