

铒激光辅助治疗种植体周炎的疗效及机制初探

程 赓^{1,2,3}, 陈 武^{1,2,3}

[摘要] 目的 评估 Er, Cr: YSGG 激光辅助治疗种植体周炎 (peri-implantitis, PI) 的临床疗效, 初步探索种植体周炎治疗前后炎症因子的水平差异。方法 本研究选取种植体周炎患者 19 例, 共 22 颗种植体, 随机分为 3 组。SRP 组采用钛刮治器进行机械清创; SRPL1 组采用钛刮治器进行机械清创后, 使用 1.5 W Er, Cr: YSGG 激光进行辅助治疗; SRPL2 组采用钛刮治器进行机械清创后, 使用 2.0 W Er, Cr: YSGG 激光进行辅助治疗。术前和术后 1、3 个月分别记录并比较 3 组种植体周临床指标, 包括探诊深度 (probing depth, PD)、改良龈沟出血指数 (modified sulcus bleeding index, mSBI)、改良菌斑指数 (modified plaque index, mPLI); 同时收集种植体周围龈沟液, ELISA 检测炎症因子白介素 (interleukin, IL)-17、血管内皮生长因子 (vascular endothelial growth factor, VEGF)、IL-1ra 表达水平, 并分析临床指标及炎症因子的相关性; 术后 2 h 通过视觉模拟量表 (visual analogue scale, VAS) 记录受试者疼痛程度。结果 3 组术后 PD 和 mSBI 均较术前明显改善 ($P < 0.05$), mPLI 无明显改善, 且组间差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 术后 1 个月, SRPL1 组、SRPL2 组 PD、mSBI 均明显低于 SRP 组 ($P < 0.05$), 但 SRPL1 组、SRPL2 组间差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 术后 3 个月, 与 SRP 组相比, SRPL1 组、SRPL2 组仅 PD 明显降低 ($P < 0.05$), 2 组间差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。术后 1、3 个月, 3 组 IL-17 和 VEGF 水平较术前明显下降 ($P < 0.05$), IL-1ra 水平明显上升 ($P < 0.05$); 术后 1 个月, 与 SRP 组相比, SRPL1 组、SRPL2 组 IL-17 和 VEGF 水平明显下降 ($P < 0.05$), IL-1ra 水平明显上升 ($P < 0.05$); 术后 3 个月, 3 组间差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。各组中 IL-17、VEGF 与 PD 均呈正相关 ($P < 0.05$), IL-1ra 与 PD、mSBI 均呈负相关 ($P < 0.05$)。SRP 组 VAS 评分明显高于 SRPL1 组、SRPL2 组 ($P < 0.05$)。结论 Er, Cr: YSGG 激光辅助 SRP 治疗种植体周炎在改善临床指标、调控炎症因子水平和减轻术后疼痛方面表现优异, 种植体周围龈沟液中 IL-17、VEGF 和 IL-1ra 水平可为种植体周炎的疗效评价提供有效信息。

[关键词] Er, Cr: YSGG 激光; 种植体周炎; 临床疗效; 炎症因子

[中图分类号] R781.4 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-9872(2025)12-0927-05

[doi] 10.13591/j.cnki.kqyx.2025.12.009

Efficacy and preliminary mechanisms of Er, Cr: YSGG laser-assisted therapy for peri-implantitis

CHENG Chang, CHEN Wu. (Department of Periodontology, The Affiliated Stomatological Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China)

Abstract Objective To evaluate the clinical efficacy of Er, Cr: YSGG laser-assisted treatment for peri-implantitis (PI) and to preliminarily explore the differences in the levels of inflammatory factors before and after treatment. **Methods** This study included 19 patients with peri-implantitis, involving a total of 22 implants, which were randomly divided into three groups. The SRP group received subgingival debridement with a titanium scaler; the SRPL1 group underwent subgingival debridement followed by 1.5 W Er, Cr: YSGG laser-assisted treatment; and the SRPL2 group received subgingival debridement followed by 2.0 W Er, Cr: YSGG laser-assisted treatment. Clinical parameters, including probing depth (PD), modified sulcus bleeding index (mSBI), and modified plaque index (mPLI), were recorded and compared before treatment and 1 and 3 months post-treatment. Peri-implant sulcular fluid was collected for ELISA detection of inflammatory factors, including interleukin (IL)-17, vascular endothelial growth factor (VEGF), and IL-1ra, and the correlations between clinical parameters and inflammatory factors were analyzed. Pain levels were recorded using the visual analogue scale (VAS) at 2 h after treatment. **Results** All three groups showed significant improvement in PD and mSBI at post-treatment compared to pre-treatment values ($P < 0.05$). However, there was no significant improvement in mPLI, and no differences were observed among the groups ($P > 0.05$). At 1 month post-treatment, both the SRPL1 and SRPL2 groups had significantly lower PD and mSBI values than the SRP group ($P < 0.05$), but no statistically significant difference was found between the SRPL1 and SRPL2 groups ($P > 0.05$). At 3 months post-treatment, only PD was significantly lower in the SRPL1 and SRPL2 groups compared to the SRP group ($P < 0.05$). No significant difference was observed between the two groups ($P > 0.05$). One and three months post-treatment, IL-17 and VEGF levels were significantly reduced ($P < 0.05$). At 1 month post-treatment, compared to the SRP group, the SRPL1 and SRPL2 groups showed a

基金项目: 江苏省科教能力提升工程——江苏省研究型医院 (YJXYJSDW4), 江苏省医学创新中心 (CXZX202227)

作者单位: 1 南京医科大学附属口腔医院牙周病科, 江苏南京 (210029); 2 口腔疾病研究及防治国家级重点实验室培育点, 江苏南京 (210029); 3 江苏省口腔转化医学工程研究中心, 江苏南京 (210029)

通信作者: 陈 武 E-mail: dentischenwu@126.com

significant decrease in IL-17 and VEGF levels ($P<0.05$) and a significant increase in IL-1ra levels ($P<0.05$). At 3 months post-treatment, no significant differences were observed among the three groups ($P>0.05$). PD were positively correlated with IL-17 and VEGF ($P<0.05$), while IL-1ra was negatively correlated with PD and mSBI ($P>0.05$). The VAS scores were significantly higher in the SRP group compared to the SRPL1 and SRPL2 groups ($P<0.05$). **Conclusion** Er, Cr: YSGG laser-assisted SRP treatment for peri-implantitis demonstrates excellent clinical outcomes, including improvements in clinical parameters, regulation of inflammatory factor levels, and reduced postoperative pain. The levels of IL-17, VEGF, and IL-1ra in peri-implant sulcular fluid can provide valuable information for the diagnosis, treatment, and evaluation of peri-implantitis.

Key words: Er, Cr: YSGG; peri-implantitis; clinical efficacy; inflammatory factors

Stomatology, 2025, 45(12): 927-931

种植体周炎(peri-implantitis, PI)主要由菌斑聚集引起,是影响种植修复成功率和留存率的主要并发症^[1]。生物膜的存在不仅会降低种植体的耐腐蚀性,还会影响种植体周围骨组织和免疫反应,损害种植体周围软组织整合,增加感染风险,进而影响种植体的长期稳定性和功能^[2]。单纯机械清创难以彻底去除菌斑生物膜,且无法有效促进创面愈合^[3]。牙科激光作为牙周辅助治疗方法,具有抑制微生物活性、止血、破坏和消融生物膜及病变组织、治疗微创、患者术后反应较轻等优势^[4]。其中钕激光 Er, Cr: YSGG 波长 2 780 nm,接近水吸收峰值,通过流体动力学将激光能量传递至同轴水-空气混合物,雾化的水微粒在吸收激光能量后迅速膨胀并加速,排列形成高能量水束。该水束可高效清洁种植体表面微观结构,且无机械损伤^[5]。目前,有关 Er, Cr: YSGG 激光辅助治疗种植体周炎的疗效及机制研究较少。本研究拟探讨 Er, Cr: YSGG 激光辅助治疗前后临床指标和炎症因子水平变化及相关性,以期为临床应用提供理论数据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

本研究经南京医科大学附属口腔医院机构伦理委员会批准(批准文号 PJ2023-138-001),所有患者知情同意。选取 2023 年 5 月至 2023 年 12 月于南京医科大学附属口腔医院牙周病科就诊的 19 例种植体周炎患者,男 11 例,女 8 例,共 22 颗种植体。

纳入标准:①年龄 18~80 岁;②符合种植体周炎诊断标准^[6];③种植体可以行使功能;④骨水平种植体;⑤种植体颈部平台转移设计;⑥种植体表面处理方式为大颗粒喷砂酸蚀处理。

排除标准:①3 个月内曾使用抗生素、非甾体抗炎药和免疫抑制剂;②6 个月内接受过牙周治疗及种植体周炎治疗;③患有其他口腔黏膜疾病;④怀孕、哺乳或计划怀孕;⑤吸烟史;⑥有糖尿病等可能影响治疗效果的全身系统性病史;⑦种植体周无角

化龈;⑧诊断为牙周炎,从未接受过牙周基础治疗。

1.2 试验分组

将患者随机分为 SRP 组($n=6$)、SRPL1 组($n=8$)、SRPL2 组($n=5$)。SRP 组患者仅接受钛刮治器机械治疗;SRPL1 组、SRPL2 组除接受机械治疗外,还接受不同参数 Er, Cr: YSGG 激光辅助治疗。

1.3 治疗方法和临床检查

首次就诊时对所有患者进行口腔卫生宣教,完成全口天然牙基础治疗和种植体龈上菌斑、牙石清除 1 周后,再对种植体周围炎症区域进行临床检查,记录种植体改良菌斑指数^[7](modified plaque index, mPLI)(0=无菌斑;1=探针尖轻划种植体光滑颈部可发现菌斑;2=肉眼可见菌斑;3=大量菌斑积聚)、改良龈沟出血指数(modified sulcus bleeding index, mSBI)(0=沿种植体龈缘探诊无出血;1=散在的点状出血;2=出血位于龈沟内呈线状;3=重度或自发出血)、探诊深度(probing depth, PD)。对所有患病种植体采用钛刮治器进行局麻下龈下清创,SRPL1 组、SRPL2 组患者进一步行 Er, Cr: YSGG 激光(waterlase MD, biolase, 美国)辅助治疗,激光工作尖材质为氧化锆,使用 H 模式,脉冲频率为 20 Hz, 50% 水, 50% 气。SRPL1 组激光功率为 1.5 W, SRPL2 组激光功率为 2 W。将工作尖沿袋壁进入袋底,呈“S”形移动路径,水平方向移动的同时往冠向移动至龈缘,每个治疗位点照射 60 s。治疗后 1 周, SRPL1 组与 SRPL2 组采用上述相同方法重复 1 次激光治疗。

术后 1、3 个月患者复诊时,再次检查并记录 PD、mSBI 和 mPLI。

1.4 龈沟液收集

术前和术后 1、3 个月收集患者种植体周围龈沟液。收集龈沟液前擦干牙面,隔湿,轻吹牙龈,将灭菌后的滤纸条插入种植体颊(唇)侧近远中、舌(腭)侧近远中龈沟内,以轻微有阻力为宜,停留 1 min 后取出,有血液或唾液污染者弃去,-80℃保存备用。

1.5 ELISA 检测

样本复温后,加入 PBS 洗脱,10 000 r/min 离心 5 min,收集上清液。按照白介素(interleukin, IL)-17、血管内皮生长因子(vascular endothelial growth factor, VEGF)、IL-1ra(上海酶联生物、中国)说明书进行操作。使用酶标仪(赛默飞,美国)检测 450 nm 波长下各孔光密度值,计算样本浓度。

1.6 术后疼痛比较

术后 2 h,通过视觉模拟量表(visual analogue scale, VAS)记录受试者疼痛程度,使用一条 10 cm 的水平连续线,“0”表示无痛和不适,“10”表示非常剧烈的疼痛不适,让患者在线上进行标记,并记录数据。

1.7 统计学分析

所有数据采用 IBM SPSS 26.0 软件进行统计分析,符合正态分布的计量资料用均值±标准差表示,采用单因素方差分析、两因素重复测量方差分析进行统计。不符合正态分布的数据用中位数(四分位数)表示,单时间点组间比较用 Kruskal-Wallis 秩和检验,组内比较用 Friedman 检验,事后均采用 Bonferroni 法校正。计数资料以频数(百分比)表示,采用卡方检验进行比较。依据数据类型选择 Pearson 或 Spearman 相关性分析进行相关分析。 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结 果

2.1 一般资料

SRP 组患者共 6 例,男 3 例,女 3 例,平均年龄

(60.83±13.09)岁,共 8 颗种植体。SRPL1 组患者共 8 例,男 5 例,女 3 例,平均年龄(56.25±9.65)岁,共 8 颗种植体。SRPL2 组共 5 例,男 3 例,女 2 例,平均年龄(58.40±10.53)岁,共 6 颗种植体。3 组患者性别、年龄差异无统计学意义,数据具有可比性($P>0.05$)。

2.2 3 组临床指标比较

3 组间术前 PD、mSBI、mPLI 均差异无统计学意义($P>0.05$)。术后 1、3 个月,3 组患者 PD、mSBI 均较术前明显降低($P<0.05$),mPLI 与术前无明显差异($P>0.05$)。

术后 1 个月,SRPL1 组和 SRPL2 组的 PD、mSBI 显著低于 SRP 组($P<0.05$),但 SRPL1 组与 SRPL2 组间差异无统计学意义($P>0.05$)。术后 3 个月,SRPL1 组和 SRPL2 组仅 PD 显著低于 SRP 组($P<0.05$),mSBI 与 SRP 组相比无明显差异($P>0.05$)。术后 3 组间 mPLI 无明显差异($P>0.05$)(表 1~3)。

表 1 3 组治疗前后 PD 的比较

Tab.1 The comparison of PD before and after treatment in three groups				mm	
组别	术前	术后 1 个月	术后 3 个月	<i>F</i>	<i>P</i>
SRP 组	6.63±1.51	4.88±0.99 ^a	4.63±0.52 ^a	11.043	0.004
SRPL1 组	6.13±0.99	3.75±0.71 ^{ab}	3.25±0.71 ^{ab}	14.889	0.001
SRPL2 组	5.83±0.75	3.17±0.75 ^{ab}	2.50±1.05 ^{ab}	11.273	0.004
<i>F</i>	1.978	9.110	13.445		
<i>P</i>	0.372	0.011	0.001		

a:与术前比较, $P<0.05$;b:与 SRP 组比较, $P<0.05$ 。

表 2 3 组治疗前后 mSBI 的比较

Tab.2 The comparison of mSBI before and after treatment in three groups					
组别	术前	术后 1 个月	术后 3 个月	χ^2	<i>P</i>
SRP 组	2.00(2.00,2.75)	1.00(1.00,1.75) ^a	1.00(1.00,1.00) ^a	12.091	0.002
SRPL1 组	2.00(2.00,2.75)	1.00(0,1.00) ^{ab}	0(0,1.00) ^a	14.000	0.001
SRPL2 组	2.00(1.75,3.00)	0.50(0,1.00) ^{ab}	0(0,1.00) ^a	9.500	0.009
<i>H</i>	0.547	6.776	5.926		
<i>P</i>	0.761	0.034	0.052		

a:与术前比较, $P<0.05$;b:与 SRP 组比较, $P<0.05$ 。

表 3 3 组治疗前后 mPLI 的比较

Tab.3 The comparison of mPLI before and after treatment in three groups					
组别	术前	术后 1 个月	术后 3 个月	χ^2	<i>P</i>
SRP 组	1.00(0.25,1.00)	1.00(0,1.00)	0.50(0,1.00)	1.500	0.472
SRPL1 组	1.00(0,1.00)	0.50(0,1.00)	0(0,1.00)	1.500	0.472
SRPL2 组	1.00(0.75,1.00)	0(0,1.00)	0(0,1.00)	6.000	0.050
<i>H</i>	0.747	1.114	0.434		
<i>P</i>	0.688	0.573	0.805		

2.3 3 组治疗前后 IL-17、VEGF、IL-1ra 的比较

术前 3 组间 IL-17、VEGF、IL-1ra 差异无统计学意义($P>0.05$)。与术前相比,术后 1、3 个月 3 组 IL-17、VEGF 水平均明显降低($P<0.05$),IL-1ra 水平

明显增高($P<0.05$)。与术后 1 个月相比,SRP 组术后 3 个月 IL-17 水平明显降低,其余各组术后 3 个月 IL-17、VEGF、IL-1ra 无明显变化($P>0.05$)。

治疗后 1 个月,与 SRP 组相比,SRPL1 组和 SR-

PL2 组 IL-17、VEGF 水平明显较低 ($P<0.05$), IL-1ra 水平明显较高 ($P<0.05$), SRPL1 组和 SRPL2 组间无显著差异 ($P>0.05$); 治疗后 3 个月, 3 组 IL-17、VEGF、IL-1ra 无明显差异 ($P>0.05$) (表 4~6)。

表 4 3 组治疗前后 IL-17 的比较

Tab.4 The comparison of IL-17 levels before and after treatment in three groups						pg/mL
组别	术前	术后 1 个月	术后 3 个月	<i>F</i>	<i>P</i>	
SRP 组	36.80±4.62	29.20±3.94 ^a	25.36±4.69 ^{ab}	21.851	<0.001	
SRPL1 组	34.34±6.59	23.26±3.60 ^{ac}	21.30±3.00 ^a	28.017	<0.001	
SRPL2 组	33.11±2.66	22.49±4.08 ^{ac}	20.34±4.66 ^a	20.097	<0.001	
<i>F</i>	0.981	6.794	3.065			
<i>P</i>	0.393	0.006	0.070			

a: 与术前比较, $P<0.05$; b: 与术后 1 个月比较, $P<0.05$; c: 与 SRP 组比较, $P<0.05$ 。

表 5 3 组治疗前后 VEGF 的比较

Tab.5 The comparison of VEGF levels before and after treatment in three groups						pg/mL
组别	术前	术后 1 个月	术后 3 个月	<i>F</i>	<i>P</i>	
SRP 组	55.37±3.19	43.40±9.88 ^a	37.32±4.65 ^a	18.865	<0.001	
SRPL1 组	56.20±5.56	33.92±5.07 ^{ab}	33.05±5.00 ^a	31.971	<0.001	
SRPL2 组	53.81±5.70	32.81±3.10 ^{ab}	31.71±7.31 ^a	21.716	<0.001	
<i>F</i>	0.418	5.307	2.009			
<i>P</i>	0.664	0.015	0.162			

a: 与术前比较, $P<0.05$; b: 与 SRP 组比较, $P<0.05$ 。

表 6 3 组治疗前后 IL-1ra 的比较

Tab.6 The comparison of IL-1ra levels before and after treatment in three groups						pg/mL
组别	术前	术后 1 个月	术后 3 个月	<i>F</i>	<i>P</i>	
SRP 组	356.12±39.22	492.07±40.19 ^a	559.44±98.47 ^a	25.989	<0.001	
SRPL1 组	332.62±107.75	599.34±87.59 ^{ab}	645.68±75.91 ^a	75.655	<0.001	
SRPL2 组	324.50±35.42	623.95±56.39 ^{ab}	657.11±54.27 ^a	67.780	<0.001	
<i>F</i>	0.380	8.542	3.302			
<i>P</i>	0.689	0.002	0.059			

a: 与术前比较, $P<0.05$; b: 与 SRP 组比较, $P<0.05$ 。

2.4 3 组 IL-17、VEGF、IL-1ra 与临床指标的相关性分析

SRP 组中 IL-17 和 PD、mSBI 正相关 ($P<0.05$), VEGF 与 PD 呈正相关 ($P<0.05$), IL-1ra 与 PD、mSBI 负相关 ($P<0.05$); SRPL1 组与 SRPL2 组中 IL-17、VEGF 与 PD、mSBI 正相关 ($P<0.05$), IL-1ra 与 PD、mSBI 负相关 ($P<0.05$) (表 7~9)。

表 7 SRP 组 IL-17、VEGF、IL-1ra 与临床指标的相关性分析

Tab.7 Correlation analysis of IL-17, VEGF, IL-1ra with clinical indicators in the SRP group						
变量	IL-17		VEGF		IL-1ra	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
PD	0.483	0.017	0.446	0.029	-0.459	0.024
mSBI	0.714	<0.001	0.352	0.092	-0.536	0.007

2.5 3 组治疗后 VAS 评分比较

SRP 组、SRPL1 组、SRPL2 组 VAS 评分分别为

表 8 SRPL1 组 IL-17、VEGF、IL-1ra 与临床指标的相关性分析

Tab.8 Correlation analysis of IL-17, VEGF, IL-1ra with clinical indicators in the SRPL1 group

变量	IL-17		VEGF		IL-1ra	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
PD	0.538	0.007	0.701	<0.001	-0.870	<0.001
mSBI	0.848	<0.001	0.513	0.010	-0.592	0.002

表 9 SRPL2 组 IL-17、VEGF、IL-1ra 与临床指标的相关性分析

Tab.9 Correlation analysis of IL-17, VEGF, IL-1ra with clinical indicators in the SRRL2 group

变量	IL-17		VEGF		IL-1ra	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
PD	0.689	0.002	0.710	0.001	-0.797	<0.001
mSBI	0.740	<0.001	0.675	0.002	-0.630	0.005

(5.50±0.93) 分、(3.50±0.76) 分、(3.00±0.89) 分。SRP 组明显高于 SRPL1 组和 SRPL2 组 ($P<0.05$); SRPL1 组和 SRPL2 组间无明显差异 ($P>0.05$)。

3 讨 论

种植体周炎的病因主要是菌斑聚集,可引起种植体周围软、硬组织炎症及破坏^[7],最终导致种植体松动脱落。治疗策略与牙周炎类似^[8],除机械性去除菌斑、控制感染外,Er, Cr: YSGG 激光近年来也被逐步应用于种植体周炎非手术治疗中^[9]。本研究在机械清创基础上,联合 Er, Cr: YSGG 激光辅助治疗种植体周炎,通过临床指标及炎症因子水平变化系统评估其疗效。

研究结果显示,机械清创单独或联合激光治疗均在术后获得了临床改善,且 Er, Cr: YSGG 激光辅助治疗后临床改善更明显,与以往研究结果相似^[10-11]。研究表明,与传统机械清创比较,激光的工作尖精细,与传统机械清创相比更容易到达种植体周袋的深处,同时具有较好的生物相容性,能够促进成纤维细胞和成骨细胞在种植体表面的附着和增殖,有助于骨组织再生^[9]。但 2.0 W Er, Cr: YSGG 激光辅助治疗并没有取得比 1.5 W 功率更好的效果,提示激光功率加大并不能获得更多的益处,且可能对种植体表面造成损伤^[12],因此治疗时应选择安全适宜的功率,在控制炎症、促进组织愈合方面的同时保留更多的种植体表面特性。

对炎症因子进行检测,不仅仅有助于揭示疾病的发病机制,还可以为早期诊断、疾病进展监控、风险评估和个性化治疗提供重要依据^[13]。本研究结果显示,与术前相比,术后龈沟液 IL-17 与 VEGF 水平均显著下降,而 IL-1ra 水平则明显升高,提示局部炎症状态得到缓解,同时可能激活了抗炎与组织修复机制^[14],这一变化可能与激光治疗所具备的杀菌

与生物调节作用密切相关^[9,12]。IL-17 表达水平能够有效反映炎症的严重程度^[14],通过促进中性粒细胞的活化与募集,增强局部炎症反应,进而诱导骨吸收与组织破坏^[13,15-16]。VEGF 在种植体周炎组织中呈高表达,诱导血管舒张,增强血管通透性^[17]。IL-1ra 作为 IL-1 信号通路的拮抗因子,能够有效阻断 IL-1 β 介导的炎症反应,发挥抗炎与组织保护作用^[18]。本研究结果显示,治疗后 1 个月,Er, Cr: YSGG 激光辅助较机械清创可进一步降低炎症因子水平,提高抗炎因子表达。有研究表明,使用 Er, Cr: YSGG 激光能够有效去除种植体表面的细菌污染,尤其是革兰氏阴性菌^[19],减少细菌毒性产物,抑制炎症因子表达。但术后 3 个月,机械清创单独或辅助激光治疗间 IL-17、VEGF、IL-1ra 表达无明显差异,可能与促炎细胞因子和抗炎因子的表达趋于平衡以及菌斑生物膜重新形成相关。另外,各治疗方法中 PD、mSBI 与 IL-17、VEGF 均呈正相关,IL-1ra 与 PD 和 mSBI 均呈负相关,提示这 3 种细胞因子可作为监测种植体周炎症变化的潜在指标。

本研究中 VAS 评分结果显示,仅进行机械清创患者术后疼痛程度高于激光辅助治疗患者,可能与传统器械对软组织创伤大和激光可杀菌、封闭毛细血管减少渗出、抑制免疫和炎症反应等作用有关^[20],提示 Er, Cr: YSGG 激光治疗能够提高患者治疗后的舒适度。患者舒适度是评估治疗效果的重要指标之一,也是影响患者长期依从性的关键因素。

综上所述,Er, Cr: YSGG 辅助 SRP 治疗种植体周炎在改善临床指标、调控炎症因子水平和减轻术后疼痛方面有良好表现,种植体周围龈沟液中 IL-17、VEGF 和 IL-1ra 的水平与临床参数密切相关,有作为预测种植体周围组织健康指标的潜力。

[参 考 文 献]

- [1] Salvi GE, Cosgarea R, Sculean A. Prevalence of periimplant diseases[J]. *Implant Dent*, 2019, 28(2): 100-102.
- [2] 刘宇涵, 孟艳艳. 生物膜在种植体表面的形成及其对种植稳态的影响[J]. *口腔医学*, 2025, 45(8): 637-640.
- [3] Aoki A, Mizutani K, Schwarz F, *et al.* Periodontal and peri-implant wound healing following laser therapy [J]. *Periodontol* 2000, 2015, 68(1): 217-269.
- [4] Lin GH, Suárez López Del Amo F, Wang HL. Laser therapy for treatment of peri-implant mucositis and peri-implantitis: An American Academy of Periodontology best evidence review[J]. *J Periodontol*, 2018, 89(7): 766-782.
- [5] Takagi T, Aoki A, Ichinose S, *et al.* Effective removal of calcified deposits on microstructured titanium fixture surfaces of dental implants with erbium lasers[J]. *J Periodontol*, 2018, 89(6): 680-690.
- [6] Schwarz F, Alcoforado G, Guerrero A, *et al.* Peri-implantitis: Summary and consensus statements of group 3. The 6th EAO Consensus Conference 2021 [J]. *Clin Oral Implants Res*, 2021, 32 (S21): 245-253.
- [7] Schwarz F, Derks J, Monje A, *et al.* Peri-implantitis [J]. *J Clin Periodontol*, 2018, 45(S20): S246-S266.
- [8] Smeets R, Henningsen A, Jung O, *et al.* Definition, etiology, prevention and treatment of peri-implantitis: A review [J]. *Head Face Med*, 2014, 10: 34.
- [9] Shiba T, Ho K, Ma XH, *et al.* Effect of Er, Cr: YSGG laser irradiation on the surface modification and cell adhesion on titanium discs: An *in vitro* study [J]. *Materials*, 2024, 17(19): 4899.
- [10] Srinivasan M, Kamnoedboon P, Papi P, *et al.* Efficacy of non-surgical laser therapy for the management of peri-implantitis: A systematic review and meta-analysis [J]. *J Dent*, 2025, 154: 105562.
- [11] Alpaslan Yayli NZ, Talmac AC, Keskin Tunc S, *et al.* Erbium, chromium-doped; Yttrium, scandium, gallium, garnet and diode lasers in the treatment of peri-implantitis: Clinical and biochemical outcomes in a randomized-controlled clinical trial [J]. *Lasers Med Sci*, 2022, 37(1): 665-674.
- [12] Yao WL, Lin JCY, Salamanca E, *et al.* Er, Cr: YSGG laser performance improves biological response on titanium surfaces [J]. *Materials*, 2020, 13(3): 756.
- [13] Moaven H, Giacaman A, Beltrán V, *et al.* Biomarker expression of peri-implantitis lesions before and after treatment: A systematic review [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19(21): 14085.
- [14] Darabi E, Kadkhoda Z, Amirzargar A. Comparison of the levels of tumor necrosis factor- α and interleukin-17 in gingival crevicular fluid of patients with peri-implantitis and a control group with healthy implants [J]. *Iran J Allergy Asthma Immunol*, 2013, 12 (1): 75-80.
- [15] de Araújo MF, Filho AFL, da Silva GP, *et al.* Evaluation of peri-implant mucosa: Clinical, histopathological and immunological aspects [J]. *Arch Oral Biol*, 2014, 59(5): 470-478.
- [16] Farhad SZ, Rezazadeh F, Mohammadi M. Interleukin-17 and interleukin-10 as inflammatory and prevention biomarkers in periimplant diseases [J]. *Int J Prev Med*, 2019, 10(1): 137.
- [17] Niklander S, Bordagaray MJ, Fernández A, *et al.* Vascular endothelial growth factor: A translational view in oral non-communicable diseases [J]. *Biomolecules*, 2021, 11(1): 85.
- [18] Steemers E, Talbi WMI, Hogervorst JMA, *et al.* IL-1 receptor antagonist anakinra inhibits the effect of IL-1 β mediated osteoclast formation by periodontal ligament fibroblasts [J]. *Biology*, 2025, 14(3): 250.
- [19] Alagl AS, Madi M, Bedi S, *et al.* The effect of Er, Cr: YSGG and diode laser applications on dental implant surfaces contaminated with *Acinetobacter baumannii* and *Pseudomonas aeruginosa* [J]. *Materials*, 2019, 12(13): 2073.
- [20] Mikami R, Mizutani K, Sasaki Y, *et al.* Patient-reported outcomes of laser-assisted pain control following non-surgical and surgical periodontal therapy: A systematic review and meta-analysis [J]. *PLoS One*, 2020, 15(9): e0238659.

(收稿日期:2025-06-26)

(本文编辑:汪悦)