

低强度激光联合引导组织再生术治疗慢性牙周炎 临床研究

冯 辉, 黎佳灵, 陈 一, 吕宗凯, 罗智宇

首都医科大学附属北京安贞医院南充医院·南充市中心医院口腔科, 四川 南充 637000

【摘要】 目的 探讨低强度激光治疗联合引导组织再生术(GTR)对慢性牙周炎患者炎症因子调控及临床疗效的协同作用。**方法** 94例慢性牙周炎患者以随机数字表法分为对照组和观察组各47例,对照组行GTR,观察组在此基础上加以低强度激光治疗,疗程7天。比较两组疗程结束后3个月疗效、治疗前及术前24h,术后1、3、7d疼痛评分(VAS)、治疗前及治疗后牙周袋深度、菌斑指数、临床附着水平(CAL)、牙龈出血指数(BI)、治疗前及治疗后白细胞介素(IL)-6、IL-8、肿瘤坏死因子 α (TNF- α)及出院时满意度。**结果** 观察组总有效率显著高于对照组($P<0.05$)。GTR前24h两组VAS均较入组时明显下降($P<0.05$),对照组术后1dVAS得分与GTR前24h无显著改变($P>0.05$),术后3、7d均显著低于GTR术前24h;观察组术后1、3、7d均显著低于术前24h,且术后1、3、7d观察组VAS得分均低于对照组($P<0.05$)。两组治疗后牙周袋深度、菌斑指数得分、CAL、BI、IL-6、IL-8及TNF- α 水平均较治疗前降低,且观察组低于对照组($P<0.05$)。观察组主观满意度得分更高($P<0.05$),两组不良反应比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 低强度激光治疗联合GTR通过抑制炎症因子及促进组织再生,显著提高慢性牙周炎疗效,兼具局部抗炎与改善患者满意度潜力。

【关键词】 低强度激光;引导组织再生术;慢性牙周炎;联合治疗;光生物调节

【中图分类号】 R782.3 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1672-6170(2026)02-0160-05

Clinical study on low-intensity laser combined with guided tissue regeneration for the treatment of chronic periodontitis FENG Hui, LI Jia-ling, CHEN Yi, LV Zong-kai, LUO Zhi-yu *Department of Stomatology, Beijing Anzhen Nanchong Hospital, Capital Medical University & Nanchong Central Hospital, Nanchong 637000, China*

【Abstract】 Objective To investigate the synergistic effects of low-level laser therapy (LLLT) combined with guided tissue regeneration (GTR) on the regulation of inflammatory factors and clinical efficacy in patients with chronic periodontitis. **Methods** Ninety-four patients with chronic periodontitis were divided into a control group and an observation group using a random number table method, 47 in each group. The control group received guided tissue regeneration (GTR). The observation group received additional low-level laser therapy (LLLT) based on GTR. The treatment course was 7 days. The efficacy after 3 months of the treatment, pain scores (VAS) before treatment, 24 hours before surgery, and after 1, 3 and 7 days of surgery, periodontal indicators such as periodontal pocket depth, plaque index, clinical attachment level (CAL), and gingival bleeding index (BI) before and after treatment, and inflammatory factors such as IL-6, IL-8 and TNF- α before and after treatment were compared between the two groups. Satisfaction degree at discharge were also compared between the two groups. **Results** The total effective rate in the observation group was significantly higher than that in the control group ($P<0.05$). The VAS scores of both groups were decreased significantly in the first 24 hours of GTR compared to the time of enrollment ($P<0.05$). In the control group, the VAS score on postoperative day 1 showed no significant

[15] Wooding DJ, Field TS, Schwarz SKW, et al. Current recommendations for perioperative brain health: a scoping review[J]. J Neurosurg Anesthesiol, 2023, 35(1): 10-18.

[16] Rudolph JL, Marcantonio ER. Review articles; postoperative delirium: acute change with long-term implications[J]. Anesth Analg, 2011, 112(5): 1202-1211.

[17] Cui F, Zhao W, Mu DL, et al. Association between cerebral desaturation and postoperative delirium in thoracotomy with one-lung ventilation: a prospective cohort study[J]. Anesth Analg, 2021, 133(1): 176-186.

[18] Mansutti I, Saiani L, Palese A. Delirium in patients with ischaemic and haemorrhagic stroke: findings from a scoping review[J]. Eur J Cardiovasc Nurs, 2019, 18(6): 435-448.

[19] Kant IMJ, de Bresser J, van Montfort SJT, et al. MRI markers of neurodegenerative and neurovascular changes in relation to postoperative delirium and postoperative cognitive decline[J]. Am J Geriatr Psychiatry, 2017, 25(10): 1048-1061.

[20] Bondareva O, Rodríguez-Aguilera JR, Oliveira F, et al. Single-cell profiling of vascular endothelial cells reveals progressive organ-specific vulnerabilities during obesity[J]. Nat Metab, 2022, 4(11): 1591-1610.

[21] Dixon AE, Peters U. The effect of obesity on lung function[J]. Expert Rev Respir Med, 2018, 12(9): 755-767.

[22] Sebastian JC. Respiratory physiology and pulmonary complications in obesity[J]. Best Pract Res Clin Endocrinol Metab, 2013, 27(2): 157-161.

[23] Carbone C, Maramotti R, Balloni E, et al. Cognitive reserve in young-onset cognitive impairment [J]. Brain Cogn, 2025, 186: 106297.

(收稿日期:2025-08-19;修回日期:2026-03-04)

(本文编辑:侯晓林)

change compared to 24 hours before GTR ($P>0.05$). The scores on postoperative days 3 and 7 were significantly lower than those 24 hours before GTR. In the observation group, the VAS scores on postoperative days 1, 3 and 7 were all significantly lower than the score 24 hours before surgery, and the VAS scores in the observation group on postoperative days 1, 3 and 7 were all lower than those in the control group ($P<0.05$). After treatment, the periodontal pocket depth, plaque index score, CAL, BI, and the levels of IL-6, IL-8, and TNF- α were all lower than before treatment, and these indexes in the observation group were lower than those in the control group ($P<0.05$). The subjective satisfaction score was higher in the observation group ($P<0.05$). There was no statistically significant difference in adverse reactions between the two groups ($P>0.05$). **Conclusions** LLLT combined with guided tissue regeneration significantly improves the efficacy of chronic periodontitis by inhibiting inflammatory factors and promoting tissue regeneration. It has a potential for local anti-inflammatory. It also improves the patient satisfaction.

【Key words】 Low-intensity laser; Guided tissue regeneration; Chronic periodontitis; Combination therapy; Photo-biomodulation

慢性牙周炎的核心病理机制涉及宿主免疫失调导致的促炎因子如白细胞介素 6 (interleukin-6, IL-6)、白细胞介素 8 (interleukin-8, IL-8)、肿瘤坏死因子 α (tumor necrosis factor α , TNF- α) 过度表达,上述改变可直接驱动牙槽骨吸收^[1]。尽管引导组织再生术 (guided tissue regeneration, GTR) 利用生物相容性的屏障膜,通过物理屏障隔离牙龈上皮和牙龈结缔组织细胞,从而为牙周膜细胞和骨细胞的生长创造空间,促进牙周组织的再生,但其术后疼痛与亚临床炎症复发问题仍待解决^[2]。近年研究表明,低强度激光治疗 (low-intensity laser therapy, LLLT) 可通过光生物调节作用抑制核因子 κ B (nuclear factor kappa-B, NF- κ B) 通路,减少促炎因子释放^[3],但其单用疗效争议较大,报道称 LLLT 治疗慢性牙周炎总有效率仅 68%^[4]。本研究旨在通过分析 GTR 联合 LLLT 治疗对牙周炎患者炎症因子动态变化的影响,以弥补单一疗法的不足,为此类患者的治疗提供新思路。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择 2022 年 1 月至 2024 年 3 月我院收治的 94 例慢性牙周炎患者。纳入标准:①符合 III~IV 级慢性牙周炎的相关诊断^[5],单颗患牙,患牙为第一/二磨牙或第一/二前磨牙;②出现垂直型骨吸收;③经基础治疗牙周炎得到控制,符合 GTR 手术适应证;④已获患者知情同意。排除标准:①无牙周手术禁忌证;②不能配合检查及治疗;③恶性肿瘤患者;④近 1 个月内曾接受抗菌药物及免疫抑制剂治疗者;⑤因暴力损伤而致牙齿松动或畸形者;⑥合并有牙髓炎等其他口腔疾病者;⑦妊娠期及哺乳期女性;⑧合并其他可影响牙周炎预后的全身性疾病患者;⑨吸烟者。患者用随机数字表法分为两组各 47 例。对照组年龄 32~61 岁 [(45.04 \pm 7.02) 岁];探诊深度 5~9 mm [(6.72 \pm 1.03) mm];男 26 例,女 21 例;龈沟出血指数 4~5 分 [(4.52 \pm 0.74) 分];病程 1~6 年 [(3.27 \pm 1.04) 年];牙齿松动程度: I 度 12 颗, II 度 35 颗。观察组年龄 33~59 岁 [(41.72 \pm 9.03) 岁];探诊深度 5~10 mm [(6.88 \pm

1.12) mm];男 25 例,女 22 例;龈沟出血指数 4~5 分 [(4.49 \pm 0.68) 分];病程 1~5 年 [(3.11 \pm 0.93) 年];牙齿松动程度: I 度 13 颗, II 度 34 颗。两组基线资料比较,差异无统计学意义 ($P>0.05$)。本研究已获得我院伦理委员会审核通过 (编号:2024189)。

1.2 方法 入组后两组均行常规消除菌斑、龈上洁治、龈下刮治、根面平整等牙周炎基础治疗。待急性炎症得到控制后进行手术治疗,以 X 射线检查以明确患牙牙根及牙槽骨吸收情况,明确患牙后行局部浸润麻醉,常规消毒、铺巾。对照组再行 GTR (由同一资深术者完成):操作者头戴显微放大镜,以显微器械在患牙唇侧或舌侧打开一个 1~2 cm 的沟内切口,翻瓣使牙槽嵴暴露,以缺损区域为操作中心注意避免损伤两侧牙龈乳头,延伸切口至牙间间隙,在放大镜辅助下对缺损部位行龈下刮治、根面平整,取适量骨粉分次植入,视病损区形态修整生物膜,置入生物膜使其覆盖缺损区域外缘 2~3 mm,龈瓣复位并以水平或垂直方向行褥式缝合,压迫止血后外敷牙周塞治剂 5~10 min 使固化,7 d 后拆除。观察组在此基础加以 LLLT:GTR 操作同对照组,压迫止血后外敷牙周塞治剂,待硬化后以德国 Fotona LW 公司生产的 GaAlAs 半导体激光对患牙的牙颊、舌侧牙槽黏膜进行低强度激光照射,参数设置:波长:860 nm,能量密度 8 J/cm²,1 次/天,30 s/次。疗程 7 天。

1.3 观察指标

1.3.1 疗效评价标准^[6] 疗程结束后 3 个月用以下标准评价疗效:显效:临床症状与体征均已消退,牙周外观及个体感受大体基本复常;有效:症状体征较治疗前缓解,牙周外观及自身感受均明显改善;无效:症状、体征、牙周外观及主观感受未见改善甚至加重。总有效=显效+有效。

1.3.2 疼痛情况 治疗前 (入组时) 及术前 24 h,术后 1、3、7 d 用视觉模拟评分^[7] (VAS) 评估患者疼痛情况,该评分总分 0~10 分,得分高者疼痛明显。

1.3.3 牙周指标 治疗前 (入组时) 及治疗后 (疗程结束后 3 个月) 检测并比较 2 组牙周袋深度、菌斑指数、临床附着水平 (CAL)、牙龈出血指数 (BI)。

①牙周袋深度:治疗前后以牙周探诊对患牙颊舌向 6 个位点进行探诊,以最大值为牙周袋深度。②菌斑指数^[8]:治疗前后用以下标准评估牙菌斑情况:0 分:龈缘部位未见明显菌斑;1 分:龈缘部位可见有不明薄的菌斑;2 分:龈缘及患牙相邻牙面均可见有中等量菌斑;3 分:龈缘及患牙相邻牙面均可见有大量菌斑。③CAL^[5]:以牙周探针测量牙周袋底部至釉牙骨质界距离为 CAL 水平。④BI^[5]:0 分:牙龈无炎症表现且探诊不出血;1 分:龈缘有轻度炎症表现,但探诊不出血;2 分:牙龈颜色改变但未出现水肿,探诊后有轻微渗血;3 分:牙龈除颜色改变外还伴有轻度水肿,探诊出血且溢于龈沟内;4 分:牙龈红肿明显,探诊出血并溢出龈沟;5 分:牙龈红肿明显,可见溃疡并自动出血。

1.3.4 牙周炎症指标 治疗前(入组时)及治疗后(疗程完成 24 h 内)在 GTR 治疗的患牙处各选择颊侧中央与舌侧中央 2 个位点,以 35 号吸潮纸收集龈沟液,采用酶联免疫法(R&D Systems, USA)测量龈沟液中炎症因子 IL-6、IL-8、TNF- α 。

1.3.5 主观满意度 在患者出院时采用自制问卷对患者咀嚼功能、整体美观及牙龈健康方面满意度进行评估,各项得分分别为 100 分,<70 分者为不满

意;70~79 分者为基本满意; ≥ 80 分者为满意。

1.3.6 不良反应 记录并比较两组治疗期间不良反应发生情况。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 22.0 软件进行统计分析。计数资料以例数(%)表示,采用 χ^2 检验;计量资料以均数 \pm 标准差表示,组间比较行独立样本 t 检验,组内比较行配对 t 检验,多时间点的比较采用重复测量方差分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组临床疗效比较 观察组总有效率高于对照组($\chi^2 = 6.021, P < 0.05$)。见表 1。

表 1 两组临床疗效比较 [n(%)]

组别	n	显效	有效	无效	总有效
对照组	47	21(44.68)	18(38.30)	8(17.02)	39(82.98)
观察组	47	32(68.09)	14(29.79)	1(2.13)	46(97.87)

2.2 两组疼痛及牙周指标比较 GTR 前 24 h 两组 VAS 均较入组时明显下降($P < 0.05$),两组间比较差异均无统计学意义($P > 0.05$);对照组术后 1 d VAS 得分与 GTR 前 24 h 无显著改变($P > 0.05$),术后 3、7 d 均显著低于 GTR 前 24 h;观察组术后 1、3、7 d 均显著低于术前 24 h,且术后 1、3、7 d 观察组 VAS 得分均低于对照组($P < 0.05$)。见表 2。

表 2 两组疼痛程度 VAS 评分比较(分)

组别	n	入组时	术前 24 h	术后 1 d	术后 3 d	术后 7 d
对照组	47	7.11 \pm 1.83	4.81 \pm 0.92*	4.93 \pm 0.68*	3.27 \pm 0.55**	2.97 \pm 0.41**
观察组	47	7.16 \pm 2.11	4.77 \pm 0.88*	4.41 \pm 0.63**	2.88 \pm 0.51**	2.45 \pm 0.33**
t		-0.123	0.215	3.846	3.565	6.773
P		0.903	0.830	<0.001	<0.001	<0.001

* 与入组时比较, $P < 0.05$;#与术前 24 h 比较, $P < 0.05$

2.3 两组牙周指标比较 治疗后牙周袋深度、菌斑指数得分、CAL 及 BI 均较治疗前降低,且观察组低于对照组($P < 0.05$)。见表 3。

表 3 两组牙周指标比较

组别	n	牙周袋深度(mm)		菌斑指数		CAL(mm)		BI	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
对照组	47	6.93 \pm 1.64	3.07 \pm 0.81*	2.47 \pm 0.65	1.31 \pm 0.33*	4.97 \pm 0.78	3.22 \pm 0.54*	3.72 \pm 0.81	2.04 \pm 0.53*
观察组	47	7.02 \pm 1.77	1.82 \pm 0.49*	2.45 \pm 0.71	0.91 \pm 0.17*	4.91 \pm 0.81	2.73 \pm 0.41*	3.77 \pm 0.69	1.72 \pm 0.36*
t		-0.256	9.052	0.142	7.387	0.366	4.955	-0.322	3.424
P		0.799	<0.001	0.887	<0.001	0.715	<0.001	0.748	<0.001

* 与治疗前比较, $P < 0.05$

2.4 两组牙周炎症指标比较 治疗后两组 IL-6、IL-8 及 TNF- α 水平均较治疗前降低,且观察组各指标均低于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表 4。

表 4 两组牙周炎症指标比较 (ng/L)

组别	n	IL-6		IL-8		TNF- α	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
对照组	47	89.14 \pm 13.07	39.01 \pm 9.15*	24.02 \pm 7.11	13.94 \pm 3.03*	8.92 \pm 2.37	4.74 \pm 1.18*
观察组	47	88.37 \pm 12.81	18.42 \pm 3.71*	23.87 \pm 6.90	7.71 \pm 2.13*	9.01 \pm 2.41	2.16 \pm 0.65*
t		0.288	14.297	0.104	11.532	-0.183	13.129
P		0.774	0.000	0.918	0.000	0.856	0.000

* 与治疗前比较, $P < 0.05$

2.5 两组患者主观满意度比较 出院时观察组咀嚼功能、整体美观、牙龈健康方面满意度得分均高于对照组 ($P < 0.05$)。见表 5。

表 5 两组患者主观满意度比较 (分)

组别	n	咀嚼功能	整体美观	牙龈健康
对照组	47	78.11±13.04	74.29±14.22	77.28±15.93
观察组	47	88.27±13.19	85.07±17.38	86.13±13.32
t		-3.755	-3.291	-2.922
P		0.000	0.001	0.004

2.6 两组不良反应比较 对照组共出现 3 例不良反应,牙龈水肿 1 例,牙根敏感 2 例;观察组出现 1 例不良反应,牙龈水肿 1 例,差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

3 讨论

牙周致病菌代谢产物,可激活炎性因子进而损害牙周组织,病情恶化时,可能导致牙齿脱落,影响咀嚼功能和面部美观^[9]。牙周炎除常规的治疗措施外,还需采取恰当措施促进牙周组织再生,以尽可能恢复牙周组织的正常结构与功能。因牙周组织结构复杂,牙周炎致病因素繁多,特别是在严重牙周缺损情况下,牙周组织再生术仍难以完全控制口腔炎症并恢复菌群平衡^[10]。因此,治疗牙周病还需关注口腔炎症的缓解和菌群平衡,增强牙齿表面清洁力,减少牙齿受损及敏感问题。尽管常规的龈上清洁与龈下刮除等牙周基础疗法能治疗局部感染但复发率较高。本研究疗效比较结果显示,观察组疗效优于对照组,提示 LLLT 联合 GTR 可提高疗效,这可能与低强度激光技术则凭借光化学、热效应等多重作用而促进了病灶区牙周组织重建并能促进周围组织血管舒张,改善牙周血液循环,并可抑制微生物生长,促进菌群平衡的恢复^[11,12]。

对比两组牙周状况及疼痛感受的进一步分析显示:经治疗后观察组在缓解疼痛、改善牙周指标的表现优于对照组。在采用 GTR 进行清创时,去除受感染的根面牙骨质、暴露根面是常规操作,上述操作可引起牙本质敏感而出现疼痛^[13]。加上牙周刮治、手术切口都可是引起患者出现术后疼痛的原因。观察组在组织引导再生术基础上结合 LLLT,低强度激光可穿透至痛觉感受器并对神经末梢、皮下组织中神经及交感神经作用而缓解疼痛^[14]。同时,激光还能促进牙髓牙本质修复而改善牙本质过敏减轻痛感。另外,低强度激光因能被黑色素有效吸收并经氧合血红蛋白利用,对牙龈中常见的有害菌群如卟啉单细胞菌、伴放线杆菌及中间普氏菌等具有良好的杀灭作用,进而降低了菌斑指数;同时在

低强度激光可清除患牙牙周袋壁上皮,提升根面牙骨质的附着效率。激光照射牙周袋内部,还可促进牙龈成纤维细胞中的胰岛素生长因子、血管内皮细胞生长因子及转化生长因子- β 的 mRNA 表达,加速了牙周组织修复,降低牙周袋深度^[15]。

目前关于激光联合组织引导再生术治疗慢性牙周炎的研究虽有报道^[16,17],但观察指标多为牙周状况指标,本研究结果与过往研究基本一致,联合治疗可有效改善患者牙周相关指标,但上述文献均未就两种疗法对患者炎症因子的影响进行分析,但单纯依赖传统临床指标评估疗效存在局限性。牙周组织的临床愈合并不等同于炎症微环境的完全调控,而慢性牙周炎的核心病理机制恰与宿主免疫反应失调导致的促炎因子过度表达密切相关。LLLT 联合 GTR 通过双重机制改善慢性牙周炎,主要基于以下三方面考量:①炎症因子是牙周组织破坏的“分子开关”,研究已证实,IL-8、TNF- α 、IL-6 等促炎因子可通过激活破骨细胞、诱导基质金属蛋白酶分泌等途径,直接导致牙槽骨吸收和结缔组织降解^[18]。若仅关注机械性清创带来的短期临床改善,而忽视对炎症网络的系统性调控,可能导致亚临床炎症持续存在,增加疾病复发风险。②联合疗法的协同机制需在分子层面验证。低强度激光除具有杀菌作用外,其光生物调节效应可抑制 NF- κ B 信号通路,减少促炎细胞因子释放;而 GTR 通过物理屏障作用隔离炎性浸润的同时,其支架材料还可负载抗炎因子^[19]。两种疗法可能通过不同途径形成抗炎级联反应,但现有研究尚未通过检测龈沟液或血清炎症标志物证实这一理论协同效应。本研究结果显示观察组龈沟炎症因子改善优于对照组,低强度激光因其对血红蛋白的高效吸收特性,适宜于牙周袋等含血液环境,特别是能深入牙周袋底部及根面复杂凹陷区域^[19]。借助激光的光热与生物激励效应,它能迅速产生极高温度,促使生物组织蛋白质变性并凝固,甚至达到组织气化的效果,有效封闭毛细血管,控制出血,并助力炎症的吸收,优化局部血液循环^[20]。激光疗法还能调控牙周组织中成纤维细胞、间充质干细胞释放的细胞因子,借此间接调整免疫细胞活性,从而缓解炎症反应;此外,激光治疗还能激活如吞噬细胞等免疫细胞,进一步提升机体的免疫防御能力加速炎症缓解^[21,22]。

满意度方面,观察组咀嚼功能、整体美观、牙龈健康方面满意度得分均高于对照组,这可能与 LLLT 具有生物刺激效应,可以促进牙周膜细胞的增殖和

再附着,有效减少根分叉区的骨质丧失;GTR 则通过放置屏障膜等材料,为牙周组织的再生提供空间,促进新骨和牙周组织的形成;两者联合应用,可以更有效地促进牙周组织的修复和再生,从而恢复患者的咀嚼功能有关。美观方面 LLLT 可以促进牙龈组织的修复和再生,减少牙龈退缩的程度;GTR 也有助于恢复牙龈的正常形态和高度,进一步提升口腔美观。同时 LLLT 可以促进牙龈组织的愈合和修复,减少术后出血和水肿,这有助于患者更快地恢复牙龈健康,减少不适感。

综上所述,LLL联合 GTR 较单独使用 GTR 可有效提高慢性牙周炎患者疗效,缓解疼痛,改善牙周指标、牙周炎症指标及主观满意度。本研究在探讨 LLLT 联合 GTR 对慢性牙周炎患者的影响方面取得了一定的成果,但仍存在样本量有限可能存在偏倚,研究周期较短,尚缺乏长期随访数据,可能存在某些患者因牙菌斑控制不良从而导致牙周炎活动期复发影响疗效评估;另外,本研究评估指标较少,尚未对本研究疗法对全身炎症状态影响情况进行分析。未来开展多中心研究,扩大样本量、增加长期随访、评估骨再生稳定性、全身炎症指标等方面进行进一步深入研究。

【参考文献】

- [1] 陈斌,李艳芬,陈日新,等. 欧洲牙周病学学会Ⅳ期牙周炎治疗 S3 级临床指南解读[J]. 中华口腔医学杂志,2022,57(12):1195-1201.
- [2] Jiang Y, Feng J, Du J, et al. Clinical and biochemical effect of laser as an adjunct to non-surgical treatment of chronic periodontitis[J]. Oral Dis,2022,28(4):1042-1057.
- [3] Silveira GR, de Lima DC, Cintra LT, et al. Systemic and local effects of doxycycline and low-intensity laser treatment on periodontitis in rats[J]. J Periodontal Implan,2021,52(1):39-42.
- [4] Pamuk F, Lütüoğlu M, Paksoy T, et al. Impact of low-level laser therapy as an adjunct to non-surgical periodontal treatment on the levels of tissue plasminogen activator and plasminogen activator inhibitor 1 in Stage 3-4, Grade C periodontitis patients: a split-mouth, randomized control study[J]. Clin Oral Invest,2023,27(11):6439-6449.
- [5] 中华口腔医学会牙周病学专业委员会. 重度牙周炎诊断及特殊人群牙周病治疗原则的中国专家共识[J]. 中华口腔医学杂志,2017,52(2):67-71.
- [6] Zhao H, Hu J, Zhao L. The effect of low-intensity laser therapy as an adjunct to periodontal surgery in the management of postoperative pain and wound healing: a systematic review and meta-analysis[J]. Lasers Med Sci,2021,36(1):175-187.
- [7] Liu Y, Guo L, Li X, et al. Challenges and tissue engineering strategies of periodontal-guided tissue regeneration[J]. Tissue Eng Part Methods,2022,28(8):405-419.
- [8] Ebada SO, Nassar HA, Elkilani NS. Evaluation of bio-stimulatory effect of low intensity laser on platelet rich fibrin system and bone graft in treatment of infra-bony defect[J]. Al-Azhar Dental Journal for Girls,2020,7(2-B):263-271.
- [9] 廖英,宋红敏. 清胃滋肾固齿汤联合米诺环素局部用药治疗慢性牙周炎 32 例[J]. 中国中医药科技,2023,30(5):1008-1010.
- [10] Agarwal A, Saxena A, Gummaluri SS, et al. Clinical and microbiological evaluation of 940-nm diode laser as an adjunct to modified Widman flap for the management of chronic periodontitis: a 6-month randomized split-mouth clinical trial[J]. J Dent Res,2021,15(2):133-139.
- [11] 龚晓雪,郑涵予,刘春. Nd:YAG 激光辅助治疗牙周炎对患者骨代谢及牙周相关指标的影响[J]. 中国美容医学,2024,33(5):137-140.
- [12] 杨婷,郭涛,许音,等. Er:YAG 激光联合 SRP 治疗牙周炎的疗效及对牙周相关指标的影响[J]. 口腔材料器械杂志,2023,32(2):125-129.
- [13] Varma SR, AlShayeb M, Narayanan J, et al. Applications of lasers in refractory periodontitis: a narrative review[J]. J Int Soc Prev Community Dent,2020,10(4):384-393.
- [14] 王冠超,马俐丽,李丹,等. 低强度激光联合口腔正畸对牙周病致前牙移位患者疼痛及龈沟液 ALP、AST、sICAM-1 水平的影响[J]. 川北医学院学报,2024,39(7):892-895.
- [15] Cho YD, Kim KH, Lee YM, et al. Periodontal wound healing and tissue regeneration: a narrative review[J]. Pharmaceuticals,2021,14(5):456-459.
- [16] 卢海宾,万蕾,容明灯,等. Er:YAG 激光联合引导骨组织再生术治疗种植体周围炎骨缺损的临床效果[J]. 口腔疾病防治,2017,25(7):430-434.
- [17] 万蕾,卢海宾,张雪洋,等. Er:YAG 激光联合引导组织再生术治疗后牙区牙周炎骨缺损的临床效果[J]. 临床医学工程,2017,24(8):1033-1034.
- [18] da Silva RC, da Silva LG, Martins AA, et al. Adjunctive photobiomodulation to basic periodontal therapy using different low-power laser application techniques: a systematic review and meta-analysis[J]. Lasers Med Sci,2024,39(1):207-221.
- [19] Bayer Alinca S, Sağlam E, Zengin Celik T, et al. Is low level laser therapy or ozone therapy more effective for bone healing? Understanding the mechanisms of HIF-1 α , RANKL and OPG[J]. Biotech Histochem,2020,95(8):597-604.
- [20] Mylona V, Anagnostaki E, Chiniforush N, et al. Photobiomodulation effects on periodontal ligament stem cells: a systematic review of in vitro studies[J]. Curr Stem Cell Res T,2024,19(4):544-558.
- [21] Cui A, Sun Y, Zhu K, et al. low-intensity laser therapy alleviates periodontal age-related inflammation in diabetic mice via the GLUT1/mTOR pathway[J]. Laser Med Sci,2024,39(1):36-42.
- [22] Nammour S, El Mobadder M, Maalouf E, et al. Clinical evaluation of diode (980 nm) laser-assisted nonsurgical periodontal pocket therapy: a randomized comparative clinical trial and bacteriological study[J]. Photobiomod Photomed,2021,39(1):10-22.

(收稿日期:2025-09-22;修回日期:2025-12-16)

(本文编辑:侯晓林)