

# 基于半导体激光的口腔修复软组织管理的临床策略

邹浩南 王琪

口腔疾病防治全国重点实验室 国家口腔医学中心 国家口腔疾病临床医学研究中心  
四川大学华西口腔医院修复科 成都 610041

**[摘要]** 口腔修复软组织管理是决定修复体功能与美学效果的关键，其中固定修复涉及排龈、牙龈修整及牙冠延长术；在活动修复中主要强调微创系带修整与前庭沟成形；而种植修复则侧重于种植二期手术、软组织塑形及种植体周围炎的治疗。半导体激光具有独特的生物效应，能与口腔软组织发生相互作用，展现出显著的修复临床优势。相较于传统机械切割或电刀手术，半导体激光能减少术中出血、减轻术后疼痛并缩短愈合时间，从而提升患者舒适度与修复效果。通过深入了解半导体激光在口腔修复软组织中的应用原理和临床效果，能进一步优化治疗方案，提高治疗效果，为患者提供更加安全、舒适和高效的口腔修复治疗。本综述旨在解释半导体激光的基本原理、生物效应及其与口腔软组织的相互作用，并介绍其在口腔修复软组织管理中治疗模式和策略的选择，推动半导体激光在口腔修复中的广泛应用。

**[关键词]** 半导体激光；口腔修复；软组织管理；光热效应

**[中图分类号]** Q631 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/gjkq.2025078



开放科学（资源服务）  
标识码（OSID）

## Clinical strategies of diode laser in prosthodontic soft tissue management

Zou Haonan, Wang Qi

State Key Laboratory of Oral Diseases & National Clinical Research Center for Oral Diseases & Dept. of Prosthodontics, West China Hospital of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China

Supported by: National Natural Science Foundation of China (82470985); Natural Science Foundation of Sichuan Province (2024NSFSC0548)

Correspondence: Wang Qi, Email: wqinno8751@gmail.com

**[Abstract]** Soft tissue management is a critical aspect in prosthodontics. It includes revision and contouring of gingival, mucosal, ligament, and peri-implant soft tissues. Diode laser, as an efficient and precise minimally invasive tool, demonstrates significant advantages in soft tissue management. It interacts with oral soft tissues by emitting photon energy to achieve precise cutting, hemostasis, and tissue contouring, as well as to promote healing and anti-inflammatory effects. Compared with traditional mechanical cutting or electrosurgery, diode laser can reduce intraoperative bleeding, postoperative pain, complications, and healing time, thereby improving patient comfort and restorative outcomes. This article reviews the basic principles and biological effects of diode laser in oral soft tissue management and provides a detailed overview of parameter selection and clinical strategies in prosthodontics.

**[Key words]** diode laser; prosthodontics; soft tissue management; photothermal effect

[收稿日期] 2025-02-24; [修回日期] 2025-05-14

[基金项目] 国家自然科学基金 (82470985); 四川省自然科学基金 (2024NSFSC0548)

[作者简介] 邹浩南, 硕士, Email: 1010667844@qq.com

[通信作者] 王琪, 教授, 博士, Email: wqinno8751@gmail.com

激光技术自20世纪60年代进入口腔医学领域，其作为一种高效、精准且微创的工具，近年来在口腔临床的应用日益广泛，为口腔软硬组织的管理提供了一种新的治疗方案<sup>[1]</sup>。半导体激光具有独特的生物效应，能与组织发生相互作用，这使其在口腔软组织处理方面展现出巨大的潜力<sup>[2]</sup>。口腔

修复是口腔医学中的重要领域,旨在恢复患者的口腔美学和功能。在口腔修复中,软组织管理是至关重要的一环,其质量直接影响修复效果及长期预后。软组织管理涉及牙龈、黏膜、系带及种植体周围软组织的修整和塑形,其目的在于满足修复治疗的美学和功能需求,并提供稳定的生物学环境<sup>[1]</sup>。传统的机械切割和电刀技术存在创伤大、出血多、术后疼痛明显等局限性。半导体激光可通过准确发射能量对组织进行精确切割,能显著减少术中出血和术后疼痛并促进组织愈合,有利于提高手术效率和患者满意度<sup>[4]</sup>。随着激光技术的不断发展,口腔修复相关软组织管理正朝着更加微创和高效的方向迈进。半导体激光有望成为口腔修复领域的重要工具,为患者提供更优质的治疗体验和长期稳定的修复效果。

## 1 半导体激光的基本原理

半导体激光器又称二极管激光器,是用半导体材料作为工作物质的激光器<sup>[5]</sup>。半导体激光器通过激励原理进行工作,利用半导体物质,如镓(Ga)、砷(As)、铟(In)、磷(P)等组成谐振腔,放大光的辐射并输出激光<sup>[6]</sup>。半导体激光通过精确释放一定数量的光子能量产生特定的波长,范围一般在440~1 064 nm。其中635~1 064 nm波段的激光因在近红外区域具有较高的组织穿透性和安全性,广泛应用于口腔临床<sup>[7]</sup>。近年来,450 nm波长附近的蓝色半导体激光因其更小的热损伤和更高切割精度,逐渐成为研究热点<sup>[8]</sup>。相比其他激光,半导体激光具有体积小、易于操作和成本低等优点。其输出模式灵活,可实现连续或脉冲输出,常用接触或非接触模式以适应不同口腔修复临床的要求<sup>[9]</sup>。

## 2 半导体激光在口腔修复软组织管理中的应用原理

半导体激光进行口腔修复相关软组织管理的原理是与口腔软组织的相互作用及其生物效应。与口腔修复相关的软组织主要是牙龈、黏膜、系带及种植体周围软组织<sup>[10]</sup>。

对半导体激光与组织相互作用及生物效应的了解有助于医生提供更恰当的激光治疗并减少不良反应的发生。

### 2.1 半导体激光与口腔软组织的相互作用

半导体激光可与口腔组织发生吸收、穿透和反射等相互作用<sup>[2]</sup>。在口腔修复软组织管理中主要通过口腔组织吸收光子发挥作用。吸收光子的物质被称为色素,而口腔组织中主要吸光物质为黑色素及血红蛋白,其吸收峰值与半导体激光的波长范围相近,因此能精确作用于口腔软组织,发挥治疗作用<sup>[11]</sup>。半导体激光应用于口腔组织中也可产生穿透作用,使激光作用于更深层的组织,但相对于吸收作用其治疗效果有限<sup>[12]</sup>。半导体激光的反射作用则提示医生在操作过程中注意自身、患者以及助理的防护。

### 2.2 半导体激光的生物效应

当半导体激光照射到口腔软组织上时,会产生光热效应、光机械效应、光生物调节效应、光化学效应等生物效应<sup>[13]</sup>。光热效应及光生物调节效应是半导体激光作用于口腔软组织,发挥治疗作用的主要效应。口腔组织吸收半导体激光能量后,大部分转变为热能,导致靶组织温度升高,发生烧灼、熔融和气化<sup>[14]</sup>。接触半导体激光光纤时,口腔软组织会被加热,而当温度达到110 °C时,由于光热效应,口腔软组织将会出现气化现象。加热温度超过200 °C则会发生组织的碳化,从而完成闭合血管及精确切割的作用<sup>[15]</sup>。部分低功率激光则直接照射至口腔软组织,不会对组织造成直接损伤,而是通过促进组织生长、加速修复和血液循环等光生物调节效应发挥杀菌、止痛及促进愈合等作用<sup>[16]</sup>。研究<sup>[17]</sup>表明:半导体激光可通过调节局部免疫反应,减少促炎细胞因子,如肿瘤坏死因子(tumor necrosis factor, TNF)- $\alpha$ 和白细胞介素(interleukin, IL)-1 $\beta$ 的分泌,抑制炎症反应。半导体激光还可提高线粒体呼吸链复合物的活性,进而促进成纤维细胞的增殖和胶原蛋白的合成<sup>[18]</sup>。此外,研究<sup>[19]</sup>还发现:半导体激光可通过促进血管生成和血管扩张改善局部微循环,减轻组织水肿和炎症。

## 3 半导体激光在口腔修复软组织处理中的治疗模式

### 3.1 半导体激光的波长

口腔修复软组织管理中,常用的半导体激光波长为635~1 064 nm,其中,较低波长段(635~660 nm)可发挥杀菌及组织愈合的作用<sup>[20]</sup>。波长

范围810~980 nm的半导体激光与水的反应较轻，但在黑色素、血红蛋白及其他色素中吸收良好，也不与牙齿等硬组织相互作用，可发挥精确切割作用<sup>[21]</sup>。不同波长的半导体激光均能发挥对口腔组织的治疗效果，但使用时应注意规范操作以免造成组织的热损伤。蓝色半导体激光是近年来开始应用于口腔的半导体激光，其波长较短，通常在430~488 nm。相较于近红外波段的半导体激光，蓝色激光对口腔软组织的穿透深度较小，邻近组织对激光的吸收较少，对靶组织作用更集中，切割精度更高，造成的热损伤小，安全性好<sup>[22]</sup>。有研究<sup>[23]</sup>表明：相比于980 nm的半导体激光，445 nm的蓝色激光止痛作用更好，术后组织愈合更快，但是其在口腔修复临床的应用仍需进一步研究。因此，了解半导体激光在各项口腔修复相关软组织处理所需的最佳波长可充分发挥与组织的相互作用，从而发挥最好的生物效应，最大限度减轻手术损伤和并发症。

### 3.2 半导体激光的功率

根据使用的功率，半导体激光治疗可分为2种。低能量激光治疗在临床应用中的输出功率小于0.5 W，使用时通常不直接接触口腔软组织，主要依靠激光照射发挥止痛、抗炎及杀菌作用<sup>[24]</sup>。输出功率高于0.5 W时通常称为高能量激光治疗，主要利用半导体激光的光热效应切除口腔软组织<sup>[25]</sup>。使用前需要对光纤尖端进行引发处理，使激光能量集中，发挥治疗作用<sup>[26]</sup>。

### 3.3 半导体激光输出模式

#### 3.3.1 连续波模式 半导体激光应用于口腔治疗

时通常有2种模式。连续波模式表明激光能量在连续、稳定发射，并与口腔组织产生持续的相互作用<sup>[27]</sup>。临床医生通常倾向于使用半导体激光连续波模式进行软组织管理。这是因为常见的医用半导体激光治疗仪功率有限，连续波模式有助于减少操作时间<sup>[28]</sup>。有研究<sup>[29]</sup>表明，连续波模式止血效果更好。但连续波模式可能对周围组织造成较大损伤，因此，口腔医生选择该模式应避免长时间操作，增加间隔使用时间，避免产生热损伤。

3.3.2 半导体激光脉冲模式 脉冲模式下半导体激光以脉冲形式断断续续的输出能量。使用时可设定一个较高的峰值功率，但平均功率较低<sup>[30]</sup>。相较于连续波模式，脉冲模式下邻近组织所受的损伤较小<sup>[31]</sup>。尽管临床医生操作时间相对更长，脉冲模式下患者疼痛度小，舒适度高，耐受性更好<sup>[28]</sup>。文献<sup>[32]</sup>表明，脉冲模式的激光更有利于促进伤口愈合。

## 4 半导体激光在口腔修复软组织管理中的临床策略

相较于传统方法，半导体激光的应用更有利于口腔医生取得稳定、良好的修复效果。

### 4.1 治疗策略分类与参数选择

根据修复类型，半导体激光进行口腔修复软组织管理可分为3类：固定修复相关、活动修复相关和种植修复相关。其治疗核心目标与半导体激光参数的选择各不相同。表1统计了半导体激光在修复相关软组织管理中的各种临床选择。

表 1 半导体激光行修复相关软组织管理的临床治疗目标及参数选择

Tab 1 Treatment goal and parameter selection for prosthodontic soft tissue management with diode laser

修复类型	治疗目标	参数选择	参考文献
固定修复	精准暴露预备体边缘，重塑牙龈形态	波长：810~980 nm，连续波模式；功率：0.8~1.5 W	[33-35]
活动修复	改善义齿固位与稳定，增强适应性	波长：810~980 nm，连续波模式；功率：1.5~2.5 W	[36-38]
种植修复	维持种植体周围的健康，改善美观效果	波长：450~980 nm，连续波或脉冲模式；功率：1~2 W（连续波），0.1~1 W（脉冲）	[39-42]

### 4.2 半导体激光应用于口腔修复软组织管理的临床优势

4.2.1 固定修复相关软组织管理 在固定修复中，牙龈管理直接影响修复体的功能和美学效果。通过排龈、牙龈切除术、牙龈成形术以及牙冠延长术等软组织处理，能为修复体或天然牙提供健康、稳定的软组织基础，从而有利于最终修复体的功能和美观<sup>[43]</sup>。然而，传统方法普遍存在操作耗时较长、术中出血较多、患者不适感强、愈合周期

漫长以及术后牙龈退缩等弊端<sup>[44-45]</sup>。

相较而言，半导体激光可有效止血，清晰显露预备体边缘，极大地缩短了修复医生的操作时长，在固定修复相关软组织管理中展现出显著优势<sup>[34,46]</sup>。临床对照试验<sup>[47-48]</sup>的结果显示：与传统的机械排龈方法相比，半导体激光排龈术中出血少，术后牙龈退缩程度小，组织愈合速度快，更有利于牙龈健康。半导体激光在牙龈切除及牙龈成形术中也得到了广泛应用。与电刀切龈相比，半导

体激光造成的牙龈碳化范围及组织学损伤更小<sup>[49]</sup>。一项系统评价<sup>[9]</sup>显示:使用半导体激光行牙龈修整及牙龈切除术能够减少术中出血,减轻牙龈炎症及患者疼痛。随机对照试验<sup>[50]</sup>显示:使用半导体激光行牙冠延长术可以精确地去除软组织,术后炎症反应轻,组织愈合也更好。

**4.2.2 活动修复相关软组织管理** 患者因系带附着位置异常、牙槽嵴软组织部分增生或前庭深度不足,无法进行活动修复时,需要进行相应的软组织处理以创造良好的口腔条件<sup>[51-52]</sup>。传统方法采用手术刀进行软组织处理,创伤较大,出血较多,通常需要严密缝合,术后水肿反应较为严重,愈合速度缓慢<sup>[53]</sup>。半导体激光的特性能够为活动修复相关软组织管理提供有效的优化解决方案。在一项关于上唇系带修整手术的系统评价<sup>[54]</sup>中,对比了手术刀、电刀及半导体激光3种手术方法,结果发现:半导体激光在手术时间、止血效果、疼痛程度、水肿情况、炎症反应和伤口愈合等方面均有明显优势。随机对照试验<sup>[55]</sup>也表明:与传统手术刀相比,使用半导体激光行唇系带修整术操作时间短,边缘干净,术中无出血现象,患者疼痛感小,并通常无需缝合,治疗更安全、有效。

此外,半导体激光也广泛应用于牙槽嵴软组织成形术和前庭沟成形术。一项病例报告<sup>[37]</sup>显示:使用半导体激光能够重建牙槽嵴软组织形态和适当的前庭深度,手术简便、快捷,术中出血少,可视性好,术后反应小,显著增强了活动修复体的固位、稳定和美观效果。随机对照试验<sup>[36]</sup>表明:使用半导体激光行前庭沟成形术操作精确,创伤小,术后反应轻,伤口愈合良好。若术后伤口面积较大,可考虑行低能量激光治疗来增强手术效果<sup>[56]</sup>。

**4.2.3 种植修复相关软组织管理** 种植修复相关软组织管理涵盖种植二期手术、种植体周围软组织塑形及种植体周围炎的治疗等方面<sup>[57]</sup>。半导体激光在种植修复相关软组织管理中也有明显优势。半导体激光应用于种植二期手术可降低手术创伤,减少麻醉药物用量,并且能够消除术后不适<sup>[58-59]</sup>。一项病例报告<sup>[60]</sup>显示:对口服抗凝药的患者使用半导体激光行种植二期手术,术中及术后均无明显出血,患者无疼痛不适,种植体周围组织愈合状况良好。此外,使用半导体激光治疗种植体周围炎可充分发挥其杀菌、抗炎及促进愈合的作用。随机对照研究<sup>[61-62]</sup>发现:采用半导体激光非接触照

射方式辅助治疗种植体周围炎,术后种植体周围软组织临床附着水平、探诊深度和探诊出血情况均得到有效缓解。

## 5 结语

半导体激光在口腔修复相关软组织管理中展现出显著的临床意义。它可以实现对口腔软组织的精确消融与切割,同时最大限度地减少对周围组织的损伤。相较于传统方法,半导体激光具有更加良好的止痛和止血效果,能提高患者的治疗舒适度,缩短操作时间。此外,半导体激光具有一定的抗炎、杀菌作用,能促进组织愈合,有利于最终修复治疗的完成。尽管半导体激光具有这些优势,但其也存在一定的局限性,需要口腔医生投入额外的设备成本并接受相关培训。使用过程中需要选择正确的参数并遵循规范的操作流程,以防止不必要的损伤。

为了确保半导体激光在不同临床情况下的应用效果和长期预后,需要进一步研究不同情况下波长、功率和输出模式等参数的选择。通过对治疗模式和参数的灵活调控,使其在固定、活动及种植修复中均展现出高效止血、操作微创以及快速愈合的优势,显著提升患者舒适度与修复成功率,不断优化疗效并减少不确定性和不良反应。未来半导体激光在口腔修复领域的应用将更加广泛。

利益冲突声明:作者声明本文无利益冲突。

## 6 参考文献

- [1] Coluzzi DJ. Fundamentals of dental lasers: science and instruments[J]. Dent Clin North Am, 2004, 48(4): 751-770, v.
- [2] Muqit MM, Henson DB, Young LB, et al. Laser tissue interactions[J]. Ophthalmology, 2010, 117(10): 2039, 2039.e1.
- [3] Bennani V, Ibrahim H, Al-Harhi L, et al. The periodontal restorative interface: esthetic considerations [J]. Periodontol 2000, 2017, 74(1): 74-101.
- [4] Alsulaimani R, Al Nemer SN, AlSudairi M, et al. Utilization of soft tissue dental lasers in esthetic dentistry: a systematic review[J]. Ann Dent Spec, 2023, 11(2): 62-69.

- [5] Wendt-Nordahl G, Huckele S, Honeck P, et al. 980-nm diode laser: a novel laser technology for vaporization of the prostate[J]. *Eur Urol*, 2007, 52(6): 1723-1728.
- [6] Ahn N, Livache C, Pinchetti V, et al. Colloidal semiconductor nanocrystal lasers and laser diodes[J]. *Chem Rev*, 2023, 123(13): 8251-8296.
- [7] Tehrani MR, Nazary-Moghadam S, Zeinalzadeh A, et al. Efficacy of low-level laser therapy on pain, disability, pressure pain threshold, and range of motion in patients with myofascial neck pain syndrome: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Lasers Med Sci*, 2022, 37(9): 3333-3341.
- [8] Sobouti F, Moallem Savasari A, Aryana M, et al. Maxillary labial frenectomy: a randomized, controlled comparative study of two blue (445 nm) and infrared (980 nm) diode lasers versus surgical scalpel[J]. *BMC Oral Health*, 2024, 24(1): 843.
- [9] Maboudi A, Fekrazad R, Shiva A, et al. Gingivectomy with diode laser versus the conventional scalpel surgery and nonsurgical periodontal therapy in treatment of orthodontic treatment-induced gingival enlargement: a systematic review[J]. *Photobiomodul Photomed Laser Surg*, 2023, 41(9): 449-459.
- [10] Ivanovski S, Lee R. Comparison of peri-implant and periodontal marginal soft tissues in health and disease[J]. *Periodontol 2000*, 2018, 76(1): 116-130.
- [11] Lesniewski A, Estrin N, Romanos GE. Comparing the use of diode lasers to light-emitting diode phototherapy in oral soft and hard tissue procedures: a literature review[J]. *Photobiomodul Photomed Laser Surg*, 2022, 40(8): 522-531.
- [12] Cui AM, Sun YZ, Zhu KJ, et al. Low-level laser therapy alleviates periodontal age-related inflammation in diabetic mice via the GLUT1/mTOR pathway[J]. *Lasers Med Sci*, 2024, 39(1): 36.
- [13] 刘程程, 孟姝, 丁一. 激光辅助牙周手术治疗原理与操作常规[J]. *中华口腔医学杂志*, 2023, 58(5): 497-504.  
Liu CC, Meng S, Ding Y. Principle and routine operation of laser assisted periodontal surgery[J]. *Chin J Stomatol*, 2023, 58(5): 497-504.
- [14] Katalinić I, Budimir A, Bošnjak Z, et al. The photo-activated and photo-thermal effect of the 445/970 nm diode laser on the mixed biofilm inside root canals of human teeth *in vitro*: a pilot study[J]. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, 2019, 26: 277-283.
- [15] Sánchez-Martos R, Kronkah NA, Arias-Herrera S. Comparison of photothermal and photodynamic diode laser therapy in patients with peri-implant mucositis: a systematic review[J]. *J Clin Exp Dent*, 2023, 15(9): e760-e772.
- [16] Zhao PF, Song XX, Wang Q, et al. Effect of adjunctive diode laser in the non-surgical periodontal treatment in patients with diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis[J]. *Lasers Med Sci*, 2021, 36(5): 939-950.
- [17] Zhao PF, Song XX, Nie L, et al. Efficacy of adjunctive photodynamic therapy and lasers in the non-surgical periodontal treatment: a Bayesian network meta-analysis[J]. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, 2020, 32: 101969.
- [18] Nowak-Terpiłowska A, Zeyland J, Hryhorowicz M, et al. Influence of three laser wavelengths with different power densities on the mitochondrial activity of human gingival fibroblasts in cell culture[J]. *Life (Basel)*, 2023, 13(5): 1136.
- [19] 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.
- [20] Carosi P, Jr AB, Lorenzi C, et al. Diode laser as an adjunct to nonsurgical chronic periodontitis therapy: a review[J]. *J Biol Regul Homeost Agents*, 2020, 34 (3 Suppl 1): 45-54.
- [21] Hanna R, Pawelczyk-Madalińska M, Sălăgean T, et al. A novel concept of combined high-level-laser treatment and transcutaneous photobiomodulation therapy utilisation in orthodontic periodontal interface management[J]. *Sensors (Basel)*, 2022, 22(6): 2263.
- [22] Braun A, Kettner M, Berthold M, et al. Efficiency of soft tissue incision with a novel 445-nm semiconductor laser[J]. *Lasers Med Sci*, 2018, 33(1): 27-33.
- [23] Meisgeier A, Heymann P, Ziebart T, et al. Wound healing after therapy of oral potentially malignant

- disorders with a 445-nm semiconductor laser: a randomized clinical trial[J]. *Clin Oral Investig*, 2023, 28(1): 26.
- [24] Pan WT, Yan SW, Li TT, et al. A preliminary investigation into the effect of low-energy lasers on dental pulp stem cell proliferation and the associated mechanism[J]. *Front Biosci (Landmark Ed)*, 2024, 29(6): 211.
- [25] Sant'Anna EF, Araújo MTS, Nojima LI, et al. High-intensity laser application in orthodontics[J]. *Dental Press J Orthod*, 2017, 22(6): 99-109.
- [26] Pourrat F. Diode laser in orthodontics: clinical applications and perspectives[J]. *Orthod Fr*, 2023, 94(2): 387-421.
- [27] Palaia G, Renzi F, Pergolini D, et al. Histological *ex vivo* evaluation of the suitability of a 976 nm diode laser in oral soft tissue biopsies[J]. *Int J Dent*, 2021, 2021: 6658268.
- [28] Michalik M, Szymańczyk J, Stajnke M, et al. Medical applications of diode lasers: pulsed versus continuous wave (cw) regime[J]. *Micromachines (Basel)*, 2021, 12(6): 710.
- [29] Movaniya PN, Desai NN, Makwana TR, et al. Effectiveness of diode laser in intraoral soft tissue surgeries—an evaluative study[J]. *Ann Maxillofac Surg*, 2023, 13(2): 167-172.
- [30] Byer RL. Diode laser: pumped solid-state lasers[J]. *Science*, 1988, 239(4841): 742-747.
- [31] Ma YJ, Zhou WJ, Chang H, et al. Laser-induced interference to infrared detector using continuous wave and short-pulse lasers[J]. *Sensors (Basel)*, 2024, 24(15): 4885.
- [32] Glass GE. Photobiomodulation: the clinical applications of low-level light therapy[J]. *Aesthet Surg J*, 2021, 41(6): 723-738.
- [33] 杨贝贝, 郜珍燕, 安虹, 等. 两种排龈方法排龈效果的数字化分析[J]. *口腔医学*, 2021, 41(7): 618-622. Yang BB, Gao ZY, An H, et al. Digital analysis of gingival retraction effects following two methods [J]. *Stomatology*, 2021, 41(7): 618-622.
- [34] Farista S, Kalakonda B, Koppolu P, et al. Comparing laser and scalpel for soft tissue crown lengthening: a clinical study[J]. *Glob J Health Sci*, 2016, 8(10): 55795.
- [35] Dalvi S, Lingala S, Khetal N, et al. Utilisation of an 810 nm diode laser for surgical management of oral soft tissues related to orthodontic treatment: a case series[J]. *J Orthod*, 2022, 49(2): 221-227.
- [36] 宋文尚, 刘子略, 蔡世新, 等. 半导体激光联合树脂暂基托行唇、颊系带修整及前庭沟加深术在全口义齿修复中的应用[J]. *临床和实验医学杂志*, 2023, 22(2): 206-209. Song WS, Liu ZL, Cai SX, et al. Application of semiconductor laser combined with resin temporary base for lip and buccal frenulum trimming and vestibular furrow deepening in complete denture restoration[J]. *J Clin Exper Med*, 2023, 22(2): 206-209.
- [37] Romeo U, Lollobrigida M, Palaia G, et al. Soft tissue management and prosthetic rehabilitation in a tongue cancer patient[J]. *Case Rep Dent*, 2013, 2013: 475186.
- [38] Akhil KP, Paramashiviah R, Venkatesh Prabhuji ML. Vestibuloplasty following denture hyperplasia resection with diode laser[J]. *J Indian Soc Periodontol*, 2020, 24(6): 583-587.
- [39] 蒋立玉, 陈武. 激光在种植体周围炎治疗中的应用[J]. *中国激光医学杂志*, 2019, 28(4): 229-234. Jiang LY, Chen W. Application of laser in treating peri-implantitis[J]. *Chin J Laser Med Surg*, 2019, 28(4): 229-234.
- [40] Estrin NE, Romanos GE. Dental diode lasers for implant uncovering: a case series[J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2023(7): s78-s85.
- [41] Bassetti M, Schär D, Wicki B, et al. Anti-infective therapy of peri-implantitis with adjunctive local drug delivery or photodynamic therapy: 12-month outcomes of a randomized controlled clinical trial [J]. *Clin Oral Implants Res*, 2014, 25(3): 279-287.
- [42] 朱康剑, 王琪. 半导体激光在种植体周围病中的应用及研究进展[J]. *口腔医学*, 2023, 43(3): 252-255. Zhu KJ, Wang Q. Application and research progress of diode laser in the treatment of peri-implant diseases[J]. *Stomatology*, 2023, 43(3): 252-255.
- [43] Alhumaidan A, Al-Qarni F, AlSharief M, et al. Surgical guides for esthetic crown lengthening procedures: periodontal and prosthetic aspects[J]. *J Am Dent Assoc*, 2022, 153(1): 31-38.
- [44] Imber JC, Kasaj A. Treatment of gingival recession:

- when and how[J]. *Int Dent J*, 2021, 71(3): 178-187.
- [45] Wadia R. Pink aesthetics: gummy smiles and gingival recession[J]. *Prim Dent J*, 2023, 12(2): 37-45.
- [46] Diwan V, Chauhan MR, Tembhurne J, et al. Comparative evaluation of the effect of impregnated retraction cord versus laser on gingival attachment level and pain perception following retraction for subgingival margins—a prospective, split-mouth, controlled, clinical study[J]. *J Indian Prosthodont Soc*, 2024, 24(2): 136-143.
- [47] Kazakova R, Vlahova A, Tomov G, et al. A comparative analysis of post-retraction changes in gingival height after conventional and surgical gingival displacement: rotary curettage, diode and Er: YAG laser troughing[J]. *Healthcare (Basel)*, 2023, 11(16): 2262.
- [48] Melilli D, Mauceri R, Albanese A, et al. Gingival displacement using diode laser or retraction cords: a comparative clinical study[J]. *Am J Dent*, 2018, 31(3): 131-134.
- [49] Orozco J, Rico D, Barrios L, et al. Histological artifacts associated with laser and electroscalpel gingivectomy: case series[J]. *Biomedica*, 2023, 43(3): 315-322.
- [50] Abdelhafez RS, Rawabdeh RN, Alhabashneh RA. The use of diode laser in esthetic crown lengthening: a randomized controlled clinical trial[J]. *Lasers Med Sci*, 2022, 37(5): 2449-2455.
- [51] Messner AH, Walsh J, Rosenfeld RM, et al. Clinical consensus statement: ankyloglossia in children[J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2020, 162(5): 597-611.
- [52] Hochstedler JL, Finger IM. Preprosthetic surgery[J]. *Gen Dent*, 1998, 46(6): 626-630.
- [53] Rolek A, Pławecki P. Surgical methods of managing the upper lip frenulum—a literature review[J]. *Wiad Lek*, 2024, 77(6): 1291-1293.
- [54] Inchingolo AM, Malcangi G, Ferrara I, et al. Laser surgical approach of upper labial frenulum: a systematic review[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2023, 20(2): 1302.
- [55] Eroglu ZT, Babayigit O, Yarkac FU, et al. Evaluating diode laser and conventional scalpel techniques in maxillary labial frenectomy for patient perception, tissue healing, and clinical efficacy: six-month results of a randomized controlled study[J]. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 2025, 30(2): e256-e264.
- [56] Karas M, Gunpinar S. The use of low level laser therapy in conjunction with diode laser-assisted and conventional vestibuloplasty: comparison of wound healing and vestibular depth gain[J]. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*, 2023, 124(6): 101476.
- [57] Zhang X, Shao JJ, Wan QB, et al. Interimplant papilla reconstruction at second-stage surgery: a technique[J]. *J Prosthet Dent*, 2022, 128(4): 554-559.
- [58] da Silva Grigio G, Tateno RY, Palma LF, et al. High-power diode laser for second-stage implant surgery: a randomized pilot clinical trial[J]. *Res Soc Dev*, 2020, 9(7): e128974122.
- [59] Kaur M, Sharma YPD, Singh P, et al. Comparative evaluation of efficacy and soft tissue wound healing using diode laser (810 nm) versus conventional scalpel technique for second-stage implant surgery[J]. *J Indian Soc Periodontol*, 2018, 22(3): 228-234.
- [60] Tateno RY, Palma LF, Sendyk WR, et al. High-power diode laser for second-stage implant surgery in an anticoagulated patient: a clinical case letter[J]. *J Oral Implantol*, 2021, 47(2): 154-157.
- [61] Altindal D, Alkan EA, Calisir M. Evaluation of the effectiveness of diode laser therapy in conjunction with nonsurgical treatment of peri-implantitis[J]. *J Periodontal Implant Sci*, 2023, 53(5): 376-387.
- [62] Hashim D, Courvoisier D, Cionca N. A randomised clinical trial comparing a surgical approach for treatment of peri-implantitis to non-surgical debridement with adjunctive diode laser therapy[J]. *Clin Oral Investig*, 2025, 29(2): 142.

( 本文编辑 王姝 )