

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2025.03.015

文章编号: 1005-8982 (2025) 03-0091-08

临床研究·论著

半导体激光及超声荡洗应用于慢性根尖周炎 根管消毒中的疗效*

王娜娜, 张培娟, 陈旭兵

(阜阳市人民医院 口腔科, 安徽 阜阳 236100)

摘要: **目的** 探讨半导体激光及超声荡洗应用于慢性根尖周炎根管消毒中的临床效果。**方法** 选取2022年1月—2023年6月在阜阳市人民医院口腔科就诊的120例慢性根尖周炎患者为研究对象,按照随机数字表法分为对照组、超声组及激光组,每组40例。对照组进行常规根管预备及化学冲洗;超声组在常规治疗基础上使用超声荡洗进行消毒;激光组在常规治疗基础上使用半导体激光进行消毒。对比3组治疗前后根管内细菌数量、术后24 h记录3组患者舒适度评分、术后24及72 h随访根管约诊间疼痛(EIAP)发生率。术前及术后1周分别采用酶联免疫吸附试验检测患者血清C反应蛋白水平(CRP)。治疗前及治疗后6个月复诊评价患牙,摄片记录3组患者患牙根尖骨灰度值。治疗后12个月复诊评价患牙治疗效果。**结果** 超声组和激光组消毒前后根管内厌氧菌数量的差值均高于对照组($P < 0.05$)。超声组和激光组简化舒适状况量表评分均高于对照组($P < 0.05$),且激光组高于超声组($P < 0.05$)。3组患者术后24 h EIAP发生率比较,差异有统计学意义($P < 0.05$)。3组患者术后72 h EIAP发生率比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。超声组、激光组治疗前后CRP水平的差值均高于对照组($P < 0.05$)。超声组和激光组患牙治疗前及治疗后6个月根尖骨密度的差值均高于对照组($P < 0.05$)。3组术后12个月治疗有效率比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。**结论** 超声荡洗及半导体激光辅助根管消毒使用可降低根管内细菌含量,缓解术后疼痛,提高治疗有效率。

关键词: 慢性根尖周炎;根管治疗;根管消毒;半导体激光;超声荡洗

中图分类号: R781.34

文献标识码: A

Efficacy of semiconductor laser and ultrasonic irrigation in root canal disinfection for chronic apical periodontitis*

Wang Na-na, Zhang Pei-juan, Chen Xu-bing

(Department of Stomatology, Fuyang People's Hospital, Fuyang, Anhui 236100, China)

Abstract: **Objective** To evaluate the clinical effects of semiconductor laser and ultrasonic irrigation in root canal disinfection for chronic apical periodontitis. **Methods** A total of 120 patients diagnosed with chronic apical periodontitis who visited the Department of Stomatology, Fuyang People's Hospital, between January 2022 and June 2023 were selected for the study and randomly divided into three groups: a control group, an ultrasonic group, and a laser group, with 40 patients in each group. Patients in the control group underwent standard root canal preparation and chemical irrigation. In the ultrasonic group, disinfection was performed using ultrasonic irrigation in addition to standard treatment, while in the laser group, semiconductor laser disinfection was used alongside standard treatment. The bacterial count in the root canal before and after treatment was compared among the three groups. Patient comfort scores were recorded 24 hours after treatment, and the incidence of endodontic interappointment pain

收稿日期: 2024-10-13

* 基金项目: 安徽省卫生健康科研项目(No: AHWJ2023A20467)

[通信作者] 陈旭兵, E-mail: 1980901364@qq.com; Tel: 13305585436

(EIAP) was monitored at 24 and 72 hours postoperatively. Serum C-reactive protein (CRP) levels were assessed using ELISA one week before and after treatment. Apical bone density was evaluated via radiographs before treatment and six months post-treatment. Treatment outcomes were assessed 12 months after the procedures. **Results** The reduction in anaerobic bacterial count in the root canal was significantly higher in both the ultrasonic and laser groups compared to the control group ($P < 0.05$). Both the ultrasonic and laser groups showed higher comfort scores compared to the control group ($P < 0.05$), with the laser group scoring higher than the ultrasonic group ($P < 0.05$). There was a significant difference in the incidence of EIAP among the three groups at 24 hours postoperatively ($P < 0.05$), but no significant difference was observed at 72 hours ($P > 0.05$). The reduction in CRP levels in the ultrasonic and laser groups was significantly greater than in the control group ($P < 0.05$). The increase in apical bone density in the ultrasonic and laser groups from baseline to six months post-treatment was significantly greater than in the control group ($P < 0.05$). There was no significant difference in treatment efficacy among the three groups at the 12-month follow-up ($P > 0.05$). **Conclusion** Both ultrasonic irrigation and semiconductor laser disinfection are effective in reducing intracanal bacterial load, alleviating postoperative pain, and improving treatment outcomes in patients with chronic apical periodontitis.

Keywords: chronic apical periodontitis; root canal therapy; root canal disinfection; semiconductor laser; ultrasonic irrigation

慢性根尖周炎作为口腔常见疾病之一,是由根管内致病微生物感染根尖周围组织而引起的炎症疾病,主要治疗方法为根管治疗(root canal therapy, RCT)^[1]。RCT成功要点在于彻底清除位于复杂根管系统内的致病微生物及其代谢产物,数据显示,RCT的有效率为82%~95%^[1-2],意味着有部分患牙虽经RCT治疗后仍面临较高的再治疗或拔除风险^[3]。根管消毒是根管治疗的关键步骤之一,常规根管消毒方式难以清除特殊区域如牙本质小管深层或侧枝根管内的感染物,文献显示,感染根管分离的细菌大部分为厌氧菌如粪肠球菌^[4]。疼痛是根管治疗后的常见症状之一,据报道,约12%的慢性根尖周炎患者经根管治疗术后身体会出现不同程度的疼痛。引起疼痛的原因包括机械、化学及微生物刺激,其中残留及挤出根尖的微生物与其代谢产物饰演关键角色。因此有效的根管消毒可通过控制根管内感染物来提高根管治疗的有效率,减少患者诊间疼痛。

临床为了减少根管内致病微生物数量,通常采用化学冲洗联合机械预备方式,然而牙本质小管深层仍会滞留致病微生物,大大降低了根管治疗的有效率。长期以来临床使用常规消毒法进行根管消毒,随着口腔医疗事业的不断发展,超声荡洗及半导体激光逐渐应用于临床。超声荡洗是通过超声声波激活冲洗液,提高根管消毒效率^[5]。近年来,半导体激光因其良好的抑菌消毒能力也被逐渐应用于根管消毒过程中^[6]。本研究对常规消

毒、超声荡洗及半导体激光这3种消毒方式进行比较,以期为其临床应用提供一定依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取2022年1月—2023年6月在阜阳市人民医院口腔科就诊的120例慢性根尖周炎患者(单根管前牙)为研究对象,其中,男性61例,女性59例;年龄20~55岁。纳入单根管前牙为上颌中切牙(11/21)56颗及下颌中切牙(31/41)64颗。纳入患者及患牙标准^[7]:①经临床及影像学检查符合慢性根尖周炎诊断(根尖透射影范围面积 $\leq 3\text{ mm} \times 3\text{ mm}$);②患牙既往无根管治疗史,不伴随牙周炎,影像学无明显牙根内外吸收及根管钙化不同及根折;③近2周内未曾使用抗炎镇痛药物;④不伴随严重系统及传染病史,非妊娠期及哺乳期。本研究在治疗前已向所有患者充分告知治疗程序、治疗方案,连同告知复诊的必要性。本研究经医院伦理委员会审查(No:[2022]053),所有参与者知情同意。研究对象按照随机数字表法分为3组,分别为对照组(常规机械化学预备)、超声组(常规机械化学预备后使用超声荡洗根管)、激光组(常规机械化学预备后使用半导体激光消毒),每组40例。

1.2 方法

1.2.1 对照组 ①术区消毒,安放橡皮障、开髓拔髓,使用15#锉疏通根管,使用根管测量仪确定根管长度,用无菌吸潮纸尖插入根管内放置60 s,提

取根尖部微生物^[8]作为初检样本;②使用机用镍钛锉(常州益锐医疗器材有限公司)配合17%乙二胺四乙酸(ethylene diamine tetraacetic acid, EDTA)凝胶润滑,按照冠向下法行机械预备至F3,根管预备过程中采用1%次氯酸钠NaClO溶液冲洗根管,EDTA及NaClO交替使用时使用灭菌蒸馏水冲洗;③预备完成后干燥根管,用无菌吸潮纸尖取样作为复检样本;④根管内使用氢氧化钙糊剂^[9][朗力生物医药(武汉)有限公司]封药,玻璃离子(日本富士公司)暂封。

1.2.2 超声组 ①②步骤同对照组;③干燥根管后,使用35#超声根管工作锉(法国赛特力P5超声治疗仪,根管工作模式)放入根管内至根尖孔处,结合次氯酸钠冲洗液行充分荡洗消毒60 s,干燥后用无菌吸潮纸尖取样作为复检样本;④步骤同对照组。

1.2.3 激光组 ①②步骤同对照组;③干燥根管后,使用激光光纤(武汉博激世纪科技有限公司DENTALS-10MB),设置参数波长980 nm,功率1.5 W,频率20 Hz,根管工作模式,将工作尖放置于根管内距离根尖孔上方3 mm处,自下而上提拉照射,每个根管照射20 s,间隔10 s,重复3次,总体照射时间为60 s,干燥后用无菌吸潮纸尖取样作为复检样本;④步骤同对照组。

术后24、72 h电话随访,记录3组患者术后疼痛反应情况及术后舒适度;1周后复诊,抽血检测血清C反应蛋白(C-reactive protein, CRP)水平,无明显不适及临床症状时,使用热牙胶系统(常州八颗牙医疗技术有限公司)行根管充填,树脂修复^[10];术后6个月复诊摄片测量根尖骨密度;术后12个月进行复诊并摄片评价根管治疗有效率。在术后12个月观察期内与患者保持电话联络(除治疗过程中必要随访),每2个月与患者沟通1次,询问其有无症状,交代相关注意事项。

1.3 评价指标

1.3.1 消毒前后根管内菌落计数 将3组根管消毒前后取样的样品送至检验科复苏,在厌氧箱内进行充分震荡并均匀,对样品进行10倍稀释并将菌液涂布于脑心浸液肉汤培养平板上(英国OXOID公司),厌氧培养条件下(80% N₂, 10% H₂和10% CO₂)培养48 h,记录生长菌落数量,以每毫升

菌液中菌落形成单位(CFU/mL)统计微生物数量。

1.3.2 术后患者治疗舒适度 使用简化舒适状况量表^[11]对患者诊疗舒适度进行评价,术后24 h电话咨询,对患者生理、心理、社会文化及环境4项进行评分,记录总分,满分为120分。得分越高,提示患者舒适程度越高,满意度也相对较高。

1.3.3 约诊间疼痛(endodontic interappointment pain, EIAP) 术后24、72 h行电话随访询问是否出现EIAP。治疗前由治疗医生告知患者相应疼痛判断标准,使用视觉模拟评分法(visual analogue scale, VAS)将患者的不适程度分为4个等级:①0分为无疼痛,未出现任何不适反应等;②1~3分为轻度疼痛,治疗牙伴轻度疼痛或进食时不明显咬合疼痛,无需使用止痛药;③4~7分为中度疼痛,局部疼痛明显但可以忍受,伴叩痛及咬合不适无需使用抗炎镇痛药物;④7~10分为重度疼痛,伴明显自发痛及咬合疼痛,需口服消炎镇痛药物缓解^[12]。

1.3.4 血清CRP水平 于治疗前及治疗后1周抽取3组患者静脉血,采用酶联免疫吸附试验检测血清CRP水平。

1.3.5 根尖骨密度 3组患者于治疗前及术后6个月随访时拍摄根尖X射线片,记录患牙根尖病变中央区域骨质灰度值(bone gray value, BGV),代表患牙根尖骨密度值,测量3次,取平均值。

1.3.6 根管充填后12个月的临床疗效 所有患者于完善根充后12个月进行复诊,询问期间有无牙龈肿痛、患牙咬合不适等,临床检查患牙牙体及牙周状况,摄片观察根尖透射影范围的面积变化^[13-14]。根充后12个月治疗效果评价标准:①成功为患牙咬合正常,叩诊检查阴性,摄片示原根尖低密度区消失;②改善为患牙咬合正常,影像学检查提示根尖仍存在低密度影像但较前缩小;③失败为伴随咬合及进食不适,牙龈肿痛伴根尖窦道形成,影像学提示原根尖低密度区无变化或低密度区面积较前增大。治疗有效率=(牙齿成功数+牙齿改善数)/本组治疗牙齿总数×100%。

1.4 统计学方法

数据分析采用SPSS 25.0统计软件。计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,比较用方差分析,两两比较用Bonferroni法;计数资料以构成比或率(%)表示,比较用 χ^2 检验;等级资料以等级表示,比较

用 H 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 3组患者基本资料比较

对照组、超声组、激光组患者的性别构成、年龄及牙位构成比较,经 χ^2 或 t 检验,差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。见表 1。

表 1 3组患者基本资料比较 ($n = 40$)

组别	男/女/例	年龄/ (岁, $\bar{x} \pm s$)	牙位 例	
			上颌	下颌
对照组	19/21	46.28 \pm 3.44	20	20
超声组	22/18	45.75 \pm 3.98	19	21
激光组	20/20	46.03 \pm 3.56	17	23
χ^2 / t 值	0.467	0.205	0.469	
P 值	0.850	0.815	0.849	

2.2 3组患者消毒前后根管内厌氧菌数量的变化

对照组、超声组、激光组消毒前后根管内厌氧菌数量的差值分别为 (4.43 \pm 0.22) CFU/mL、(5.47 \pm

0.18) CFU/mL、(5.73 \pm 0.22) CFU/mL,经方差分析,差异有统计学意义 ($F = 434.519, P = 0.000$);超声组和激光组消毒前后根管内厌氧菌数量的差值均高于对照组 ($P < 0.05$)。

2.3 3组治疗结束后 24 h 简化舒适状况量表评分比较

对照组、超声组、激光组结束后 24 h 简化舒适状况量表评分分别为 (80.03 \pm 3.68) 分、(95.05 \pm 4.41) 分、(107.95 \pm 12.20) 分,经方差分析,差异有统计学意义 ($F = 441.019, P = 0.000$);超声组和激光组简化舒适状况量表评分均高于对照组 ($P < 0.05$),激光组简化舒适状况量表评分高于超声组 ($P < 0.05$)。

2.4 3组患者术后 EIAP 比较

对照组、超声组、激光组患者术后 24 h EIAP 发生率比较,经 H 检验,差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。对照组、超声组、激光组患者术后 72 h EIAP 发生率比较,经 H 检验,差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。见表 2。

表 2 3组患者术后 EIAP 比较 [$n = 40$, 例(%)]

组别	术后 24 h				术后 72 h			
	无痛	轻度	中度	重度	无痛	轻度	中度	重度
对照组	20(50.0)	11(27.5)	8(20.0)	1(2.5)	31(77.5)	6(15.0)	3(7.5)	0(0.0)
超声组	30(75.0)	6(15.0)	4(10.0)	0(0.0)	35(87.5)	4(10.0)	1(2.5)	0(0.0)
激光组	34(85.0)	5(12.5)	1(2.5)	0(0.0)	37(92.5)	3(7.5)	0(0.0)	0(0.0)
H 值	13.255				4.079			
P 值	0.001				0.130			

2.5 3组患者治疗前后血清 CRP 水平的变化

对照组、超声组、激光组治疗前及治疗后 1 周血清 CRP 水平的差值分别为 (4.02 \pm 2.49) ng/L、(7.19 \pm 3.91) ng/L、(11.31 \pm 2.64) ng/L,经方差分析,差异有统计学意义 ($F = 56.279, P = 0.000$);超声组和激光组治疗前后 CRP 水平的差值均高于对照组 ($P < 0.05$)。

2.6 3组患者治疗前及治疗后 6 月骨密度改变

对照组、超声组、激光组治疗前及治疗后 6 个月骨密度的差值分别为 (31.68 \pm 11.03) mg/cm³、(47.04 \pm 12.17) mg/cm³、(55.77 \pm 11.32) mg/cm³,经方差分析,差异有统计学意义 ($F = 44.851, P = 0.000$);超声组和激光组治疗前及治疗后 6 个月骨密度的差值均高于对照组 ($P < 0.05$)。

2.7 3组患者术后 12 个月有效率比较

对照组、超声组、激光组术后 12 个月有效率分别为 87.5% (35/40)、92.5% (37/40) 和 97.5% (39/40),经 χ^2 检验,差异无统计学意义 ($\chi^2 = 2.770, P = 0.293$) (见表 3)。3 组患者治疗术后影像学图片见图 1 ~ 3。

表 3 3组患者术后 12 个月疗效比较 [$n = 40$, 例(%)]

组别	成功	改善	失败
对照组	10(25.0)	25(62.5)	5(12.5)
超声组	15(37.5)	22(55.0)	3(7.5)
激光组	17(42.5)	22(55.0)	1(2.5)

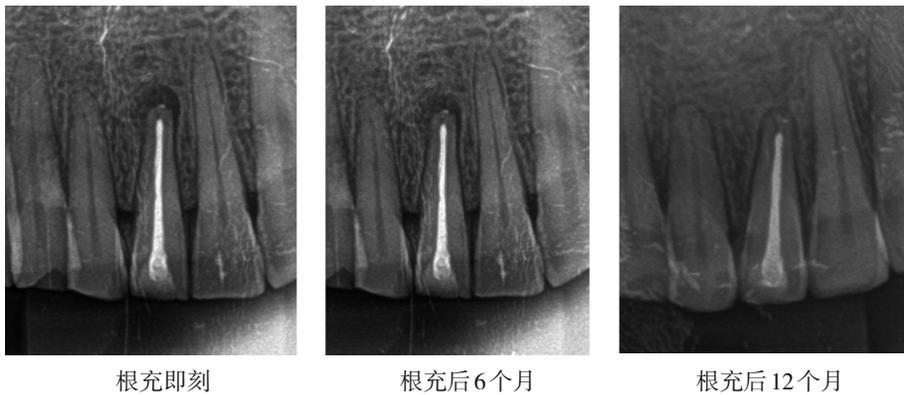


图 1 对照组患牙治疗过程影像学变化

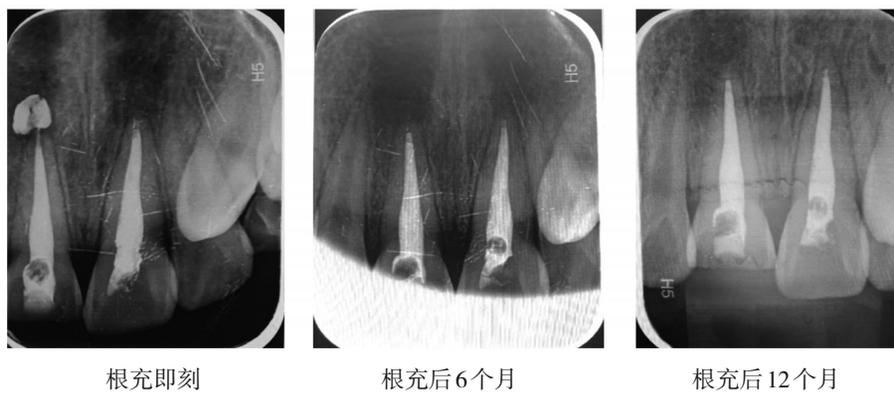


图 2 超声组患者治疗过程变化

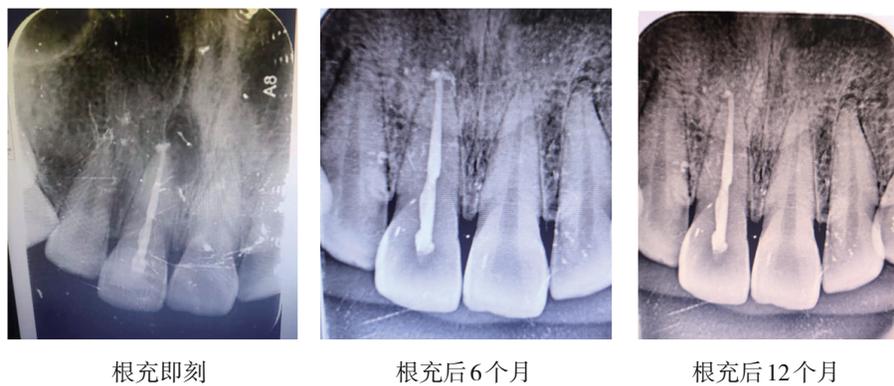


图 3 激光组患者治疗过程变化

3 讨论

根管治疗的目的是使用机械预备及化学冲洗尽可能彻底清除根管内感染,完成良好的根尖及冠方封闭,预防再感染。然而,根管治疗有效率并不能达到 100%,其中失败的主要原因为继发及持续性的根管感染,目前尽可能实现根管的彻底消毒成为预防根管再感染的重要手段^[15-16]。单纯行根管机械预备后仍有 50%的根管壁面积未被预备到,因此化学冲洗可适当弥补这一不足,NaClO 结合 EDTA

使用目前被认为是根管清洁的标准方法,研究发现二者使用时渗入牙本质小管深度依旧有限,无法彻底清除致病微生物从而影响治疗效果^[17]。本研究在常规根管机械、化学预备及 1%NaClO 冲洗基础上分别使用超声荡洗及半导体激光进行根管消毒,选择单根管前牙,研究人群限于无严重系统疾病的健康患者,以尽可能消除偏倚。

无论是哪种治疗方式均无法完全清除根管内微生物及生物膜,有研究发现,根管预备后使用

1%NaClO结合超声荡洗60 s可完全清除深达140~150 μm 根管壁上的粪肠球菌^[18]，本研究中超声组较对照组在消毒后细菌检出率明显降低，支持常规预备配合超声荡洗可有效清除根管内细菌这一论点，同时，该结果与胡西娜^[19]等研究结果一致。超声荡洗通过其空穴、化学及声流作用可使冲洗液循环，避免因冲洗液冠根上下移动而引起冲洗液及根尖感染物质溢出根尖孔。其通过高频率振荡活化冲洗液，使液体到达传统锉无法到达的区域，增加杀菌效果。CHALUB等^[20]研究结果表明，使用超声振荡配合传统根管预备及消毒对根管的清理效果优于单纯化学冲洗。本研究结果还发现激光组清除细菌能力强于对照组和超声组，周强强等^[21]于体外建立感染根管模型，发现半导体激光联合NaClO可杀死98.4%的粪肠球菌，与本研究结果一致，但该研究同时发现单纯激光的杀菌率仅为34%。因此，半导体激光需联合NaClO及ETCA共同行根管消毒，治疗效果更佳。LATIFA等^[22]使用共聚焦显微镜观察半导体激光及超声清除细菌的效果，结果发现半导体激光较超声振荡对化学冲洗剂的活化作用更强。半导体激光可进入牙本质小管1 000 μm 处，而普通化学消毒剂仅能传统的深度约为100~130 μm ，半导体激光利用其这一特性可去除玷污层并杀死牙本质中的细菌^[23-24]。有实验室结果提示，810~980 nm的半导体激光对牙髓感染相关的标准细菌菌株具有抗菌作用^[25]。梅笑寒^[26]等在体外建立根管感染模型，评估不同根管冲洗技术的效果，发现半导体激光杀菌效果优于超声振荡。本研究中激光组和超声组治疗前后血清CRP水平的差值均高于对照组，这一结果同样支持上述论点。本试验使用半导体激光，其光纤仅位于根尖孔上方3 mm处，确保足够的冲洗液流过根管，并有助于避免冲洗液和碎屑挤出根尖孔。因此，结合本研究及上述等研究，笔者认为，采用半导体激光作为传统根管治疗的辅助手段是一种有效的治疗方式，临床操作中，为避免热损伤的出现，需按照厂家提供方法，控制相关参数。

根管治疗后疼痛，包括根尖区牙龈肿痛及咬合疼痛，是慢性根尖周炎根管治疗后的常见并发症，疼痛产生的主要原因是机械及化学预备或微

生物的刺激，使用非甾体抗炎止痛药可作为缓解方式，但药物的使用可能会导致一些副作用，因此亟待研究其他减轻疼痛的方法^[27]。本研究结果显示，相较于对照组和超声组，激光组24 h EIAP发生率明显降低，提示半导体激光能有效缓解患者术后疼痛症状。且术后24 h评估其治疗舒适度，结果发现激光组和超声组舒适度得分明显高于对照组，提示患者对前两种治疗方式的满意度较高。牙髓治疗术后疼痛主要发生在术后2~3 d，并随着时间的推移而减少。如本研究结果所示，3组患者疼痛在24 h后最为普遍，72 h疼痛率明显下降，这一结果与ISMAIL等^[12]一致。国内外研究^[8, 13, 28]发现，与传统根管治疗相比，辅助半导体激光可以降低局部前列腺素及5-羟色胺（一种疼痛神经递质）含量，一方面可消除组织水肿，另一方面能够降低术后疼痛。目前，半导体激光降低疼痛的机制仍存在争议，可能是通过减少微生物含量这一抗菌机制，也有可能是诱导神经活动改善疼痛感知，关于此方面仍需要进一步探究。

根管治疗成功的关键在于根管内玷污层的去除。已有研究表明，半导体激用于根管消毒可提高根管内玷污层清除效果，封闭牙本质小管^[29-30]。牛杏雨等^[31]使用常规根管消毒方式，或联合半导体激光辅助根管消毒，术后半年评估二者疗效，发现两种根管消毒方式均能改善根尖周炎症，差异无统计学意义。申林等^[32]发现半导体激光可加快慢性根尖周炎窦道愈合时间。炎症的控制与局部炎症因子水平关系密切，慢性根尖周炎主要是由于细菌感染导致单核巨噬细胞活性增强，从而引起CRP等炎症因子活化。本试验发现，治疗术后1周3组患者血清CRP水平存在差异，间接反映根管内感染控制程度不一。许雯倩等^[33]发现常规根管治疗可降低血清中CRP水平，孙振兴等^[34]使用盐酸米诺环素行慢性根尖周炎根管消毒，发现血清炎症因子水平也有一定的下降。汪勇等^[35]使用双波长激光进行慢性根尖周炎患牙根管消毒，发现治疗后血清CRP水平显著降低，与本试验结果相符。

本研究设置术后半年复诊检测患牙根尖骨密度改变，发现3组患牙根尖骨密度均得到增加，但激光组和超声组的改善水平显著优于对照组。汪勇等^[35]使用双波长激光进行慢性根尖周炎患者根管

消毒,比较半年后根尖骨密度改变,发现激光组较对照组改善明显。牛杏雨等^[1]观察半导体激光治疗慢性根尖周炎患牙,发现术后6个月复诊时,患牙根尖低密度影同样得到明显改善。此外,术后1年复诊,通过临床检查、患者主诉及影像学检查评估牙体及根尖周情况,结果发现3组有效率无差异,但从数据来看,超声组和激光组有效率均高于对照组,笔者认为出现这一现象原因可能是病例数有限及观察时间不足,下一步拟增加病例数、延长随访时间继续探究。

综上所述,超声振荡及半导体激光辅助常规根管消毒治疗慢性根尖周炎可获得良好的临床效果。无论从抑制细菌数量、提升患者术后舒适度还是远期有效率来说,超声及半导体激光都值得在根管治疗中推广,而较超声振荡来说,半导体激光更胜一筹。

参 考 文 献 :

- [1] TIBÚRCIO-MACHADO C S, MICHELON C, ZANATTA F B, et al. The global prevalence of apical periodontitis: a systematic review and meta-analysis[J]. *Int Endod J*, 2021, 54(5): 712-735.
- [2] LÓPEZ-VALVERDE I, VIGNOLETTI F, VIGNOLETTI G, et al. Long-term tooth survival and success following primary root canal treatment: a 5- to 37-year retrospective observation[J]. *Clin Oral Investig*, 2023, 27(6): 3233-3244.
- [3] STUELAND H, ØRSTAVIK D, HANDAL T. Treatment outcome of surgical and non-surgical endodontic retreatment of teeth with apical periodontitis[J]. *Int Endod J*, 2023, 56(6): 686-696.
- [4] GAETA C, MARRUGANTI C, ALI I A A, et al. The presence of *Enterococcus faecalis* in saliva as a risk factor for endodontic infection[J]. *Front Cell Infect Microbiol*, 2023, 13: 1061645.
- [5] MEIRE M A, BRONZATO J D, BOMFIM R A, et al. Effectiveness of adjunct therapy for the treatment of apical periodontitis: a systematic review and meta-analysis[J]. *Int Endod J*, 2023, 56 Suppl 3: 455-474.
- [6] GHORBANZADEH A, BAHADOR A, SARRAF P, et al. *Ex vivo* comparison of antibacterial efficacy of conventional chemomechanical debridement alone and in combination with light-activated disinfection and laser irradiation against *Enterococcus faecalis* biofilm[J]. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, 2020, 29: 101648.
- [7] 周学东,陈智,岳林.牙体牙髓病学[M].第5版.北京:人民卫生出版社,2020.
- [8] 刘欣,吴楠,冯景路,等.半导体激光在慢性根尖周炎根管消毒中的临床疗效[J].*现代口腔医学杂志*,2023,37(6):381-385.
- [9] 李婧,王蝶,薛明.氢氧化钙糊剂与根管内感染控制[J].*中国实用口腔科杂志*,2022,15(3):265-268.
- [10] 孙铖铖,肖聪,程玉叶,等.年轻恒牙根管治疗后直接树脂充填和树脂冠修复临床效果的比较[J].*南通大学学报(医学版)*,2023,43(3):294-295.
- [11] PARSELIUNAS A, PASKAUSKAS S, SIMATONIENE V, et al. Adaptation and validation of the Carolinas Comfort Scale: a questionnaire-based cross-sectional study[J]. *Hernia*, 2022, 26(3): 735-744.
- [12] ISMAIL H H, OBEID M, HASSANIEN E. Efficiency of diode laser in control of post-endodontic pain: a randomized controlled trial[J]. *Clin Oral Investig*, 2023, 27(6): 2797-2804.
- [13] 吕珊珊,佟玲,梁保刚.半导体激光对老年人C型根管消毒效果的临床应用研究[J].*中华老年口腔医学杂志*,2020,18(6):321-326.
- [14] BURNS L E, KIM J, WU Y X, et al. Outcomes of primary root canal therapy: an updated systematic review of longitudinal clinical studies published between 2003 and 2020[J]. *Int Endod J*, 2022, 55(7): 714-731.
- [15] ALMEIDA-JUNIOR L A, de CARVALHO M S, ALMEIDA L K Y, et al. TNF- α -TNFR1 signaling mediates inflammation and bone resorption in apical periodontitis[J]. *J Endod*, 2023, 49(10): 1319-1328.e2.
- [16] 陈彦任,邓淑丽,陈卓.慢性根尖周炎根周微生物分布特征及致病机制的研究进展[J].*中国基层医药*,2024,31(4):622-626.
- [17] TSAI A C, GEORGE R, WALSH L J. Evaluation of the effect of various endodontic irrigants and medicaments on dentine fluorescence[J]. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, 2022, 37: 102651.
- [18] HARRISON A J, CHIVATXARANUKUL P, PARASHOS P, et al. The effect of ultrasonically activated irrigation on reduction of *Enterococcus faecalis* in experimentally infected root canals[J]. *Int Endod J*, 2010, 43(11): 968-977.
- [19] 胡西娜尔·艾尼瓦尔,阿达来提·阿布力米提,叶琴.应用水激光和超声进行单根管消毒的效果对比[J].*安徽医药*,2020,24(10):1966-1969.
- [20] CHALUB L O, NUNES G P, STRAZZI-SAHYON H B, et al. Antimicrobial effectiveness of ultrasonic irrigation in root canal treatment: a systematic review of randomized clinical trials and meta-analysis[J]. *Clin Oral Investig*, 2023, 27(4): 1343-1361.
- [21] 周强强,韦晓玲,谢玉,等.高功率半导体激光对复杂根管消毒效果的体外研究[J].*口腔材料器械杂志*,2022,31(3):186-191.
- [22] ABDELGAWAD L M, ASMAIL N, LATIF S A, et al. Efficacy of diode laser and sonic agitation of chlorhexidine and silver-nanoparticles in infected root canals[J]. *Braz Dent Sci*, 2020, 23(3): 7.
- [23] FAHIM S Z, GHALI R M, HASHEM A A, et al. The efficacy of 2780 nm Er,Cr:YSGG and 940 nm diode laser in root canal disinfection: a randomized clinical trial[J]. *Clin Oral Investig*, 2024, 28(3): 175.
- [24] BOTU R K, RACHURI P, MARTHA S, et al. Comparative evaluation of the efficacy of chlorhexidine, diode laser, and saline in reducing the microbial count in primary teeth root

- canals: an *in vivo* study[J]. *Int J Clin Pediatr Dent*, 2023, 16(3): 459-463.
- [25] PELOZO L L, SILVA-NETO R D, SALVADOR S L, et al. Adjuvant therapy with a 980-nm diode laser in root canal retreatment: randomized clinical trial with 1-year follow-up[J]. *Lasers Med Sci*, 2023, 38(1): 77.
- [26] 梅笑寒, 刘瑾, 程小刚, 等. 超声、声波、激光辅助根管冲洗技术在体外根管感染模型中消毒作用的研究[J]. *中国实用口腔科杂志*, 2021, 14(6): 686-692.
- [27] 江煜, 石磊, 蔡佳. 超声冲洗结合氯己定在牙髓炎根管治疗中的应用效果评价[J]. *上海口腔医学*, 2024, 33(2): 170-174.
- [28] BRITO M H, NOGUEIRA C Q, COTRIN P, et al. Efficacy of low-level laser therapy in reducing pain in the initial stages of orthodontic treatment[J]. *Int J Dent*, 2022, 2022: 3934900.
- [29] HOSHYARI N, MESGARANI A, SHEIKHI M M, et al. Comparison of antimicrobial effects of 445 and 970 nm diode laser irradiation with photodynamic therapy and triple antibiotic paste on *Enterococcus faecalis* in the root canal: an *in vitro* study[J]. *Maedica (Bucur)*, 2024, 19(1): 57-65.
- [30] CHUNIKHIN N A, BAZIKYAN E A, CHUNIKHIN A A, et al. Morphological assessment of the effect of nanosecond diode laser radiation with a wavelength of 1265 nm on periodontal tissue in the treatment of apical periodontitis: an experimental study[J]. *J Lasers Med Sci*, 2021, 12: e43.
- [31] 牛杏雨. 半导体激光辅助治疗窦道型慢性根尖周炎效果评价[J]. *中国实用口腔科杂志*, 2019, 12(5): 296-299.
- [32] 申林, 于淑玲, 苏阳, 等. 半导体激光用于治疗窦道型慢性根尖周炎的临床效果观察[J]. *现代口腔医学杂志*, 2020, 34(6): 352-356.
- [33] 许雯倩, 周敏, 王舒舒. 一次和多次根管治疗对根尖周炎患者牙槽骨骨密度及CRP、IL-2、IL-6的影响[J]. *现代医学与健康研究电子杂志*, 2020, 4(15): 125-126.
- [34] 孙振兴. 盐酸米诺环素软膏治疗慢性根尖周炎患者的临床疗效及其对炎症因子水平的影响[J]. *中国药物经济学*, 2018, 13(10): 95-97.
- [35] 吴声, 汪涌, 左露露, 等. 双波长激光辅助一次性根管治疗磨牙慢性根尖周炎的疗效观察[J]. *贵州医科大学学报*, 2024, 49(2): 267-272.

(张西倩 编辑)

本文引用格式: 王娜娜, 张培娟, 陈旭兵. 半导体激光及超声荡洗应用于慢性根尖周炎根管消毒中的疗效[J]. *中国现代医学杂志*, 2025, 35(3): 91-98.

Cite this article as: WANG N N, ZHANG P J, CHEN X B. Efficacy of semiconductor laser and ultrasonic irrigation in root canal disinfection for chronic apical periodontitis[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2025, 35(3): 91-98.