

[DOI] 10.12016/j.issn.2096-1456.2021.10.001

· 专家论坛 ·

显微根尖手术的全周期管理

黄湘雅, 蔡艳玲, 韦曦

中山大学光华口腔医学院·附属口腔医院牙体牙髓病科, 广东省口腔医学重点实验室, 广东 广州(510055)



【通信作者简介】 韦曦, 教授, 主任医师, 博士生导师, 教育部新世纪优秀人才, 国际牙医师学院中国区院士。现任中山大学光华口腔医学院·附属口腔医院牙体牙髓病科主任, 中华口腔医学会牙体牙髓病学专业委员会副主任委员, 广东省口腔医学会牙体牙髓病学专业委员会副主任委员, 中国卫生信息与健康医疗大数据学会口腔医学专业委员会常委, 国家医师资格考试口腔类别试题开发专家委员会委员, 《中华口腔医学研究(电子版)》、《上海口腔医学》、《口腔疾病防治》编委, Journal of Endodontics 杂志科学顾问委员会委员。主要从事牙体牙髓疾病的临床防治及研究。主持国家级、省部级科研项目17项, 荣获省部级科技成果奖7项。发表学术论文150余篇, 其中SCI收录60余篇。主编、副主编《牙体牙髓病病例精解》、《显微牙髓治疗学》、《牙体牙髓病学临床前培训课程》等专著, 参编专著及国家卫计委规划教材8部。

【摘要】 显微根尖手术是实现疑难根尖周病患牙保存的有效手段。本文提出显微根尖手术的全周期管理理念, 针对患者的全身情况和患牙的局部特点制定全面的检查、治疗和复查方案, 以达到预期手术疗效, 有效保留天然牙。全周期管理包括术前通过对患者的全身评估和口腔术区评估, 针对患牙情况选择合适方法进行显微根尖手术; 术中应用激光技术、骨窗技术、动静态导航等技术手段, 使术式设计多样化, 手术更趋于精细、微创; 术后根据病史、临床表现及影像学标准评定治疗效果, 并对近远期疗效进行解读。

【关键词】 显微根尖手术; 临床管理; 根尖周炎; 激光技术; 骨窗技术;
靶向显微根尖手术; 3D影像学预后评估; 远期随访

【中图分类号】 R78 【文献标志码】 A 【文章编号】 2096-1456(2021)10-0649-07

【引用著录格式】 黄湘雅, 蔡艳玲, 韦曦. 显微根尖手术的全周期管理[J]. 口腔疾病防治, 2021, 29(10): 649-655. doi: 10.12016/j.issn.2096-1456.2021.10.001.

Full-cycle management of endodontic microsurgery HUANG Xiangya, CAI Yanling, WEI Xi. Department of Operative Dentistry and Endodontics, Hospital of Stomatology, Guanghua School of Stomatology, Sun Yat-sen University, Guangdong Provincial Key Laboratory of Stomatology, Guangzhou 510055, China

Corresponding author: WEI Xi, Email: weixi@mail.sysu.edu.cn, Tel: 86-20-83880049

【Abstract】 Contemporary endodontic microsurgery has emerged as a significant treatment modality in the retention of teeth with persistent apical periodontitis. This article proposes the concept of the full-cycle clinical management of endodontic microsurgery based on the condition of the patient and tooth, attempting to develop a comprehensive strategy for the examination, treatment and follow-up to save natural teeth. Full-cycle clinical management included preoperative consideration of the general condition and surgical site and selection of cases for endodontic microsurgery; intraoperative application of techniques such as lasers, "bone window" technique and targeted endodontic microsurgery to make



开放科学(资源服务)标识码(OSID)

【收稿日期】 2021-02-16; 【修回日期】 2021-04-01

【基金项目】 国家自然科学基金项目(81800960); 广东省财政高水平医院建设专项资金项目(174-2018-XMZX-0001-03-0125/A-01、174-2018-XMZX-0001-03-0125/D-04)

【作者简介】 黄湘雅, 副主任医师, 博士, Email: hxxyang@mail.sysu.edu.cn

【通信作者】 韦曦, 教授, 主任医师, 博士, Email: weixi@mail.sysu.edu.cn, Tel: 86-20-83880049

the surgical approaches more varied and the operation minimally invasive; postoperative outcome assessment according to the history, clinical and radiographic examination; and analysis of the short- and long-term outcomes.

【Key words】 endodontic microsurgery; clinical management; apical periodontitis; laser technique; "bone window" technique; targeted endodontic microsurgery; 3D radiographic outcome assessment; long-term follow-up

J Prev Treat Stomatol Dis, 2021, 29(10): 649-655.

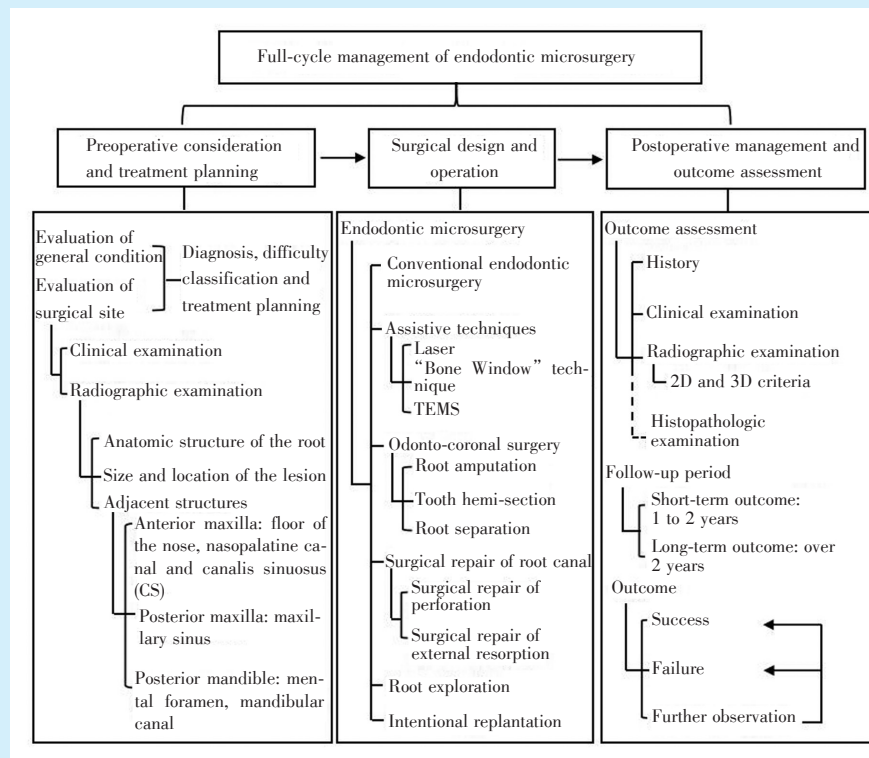
【Competing interests】 The authors declare no competing interests.

This study was supported by the grants from National Natural Science Foundation of China(No. 81800960) and Guangdong Financial Fund for High-Caliber Hospital Construction(No. 174-2018-XMZC-0001-03-0125/A-01 and No. 174-2018-XMZC-0001-03-0125/D-04).

自20世纪90年代以来,手术显微镜开始应用于根尖手术。随着显微手术器械、超声治疗仪、锥形束CT(cone beam CT, CBCT)及3D打印等技术的进步,根尖手术逐步发展为精确、微创的显微根尖手术^[1-2],包括常规显微根尖手术、牙根外科(截根术、半切术和分根术)、根管外科修补术(穿孔外科修补术,外吸收外科修补术)、牙根探查术、意向再植术等。其中显微根尖手术是最常采用的显微外科技术,较传统根尖手术具有更多优势,如去骨范围微创、根尖定位精确、根尖切除角度小等,结合超声根尖倒预备和生物陶瓷材料根尖倒充填,可

获得良好的临床效果。Kim等^[3]报道显微根尖手术一年随访成功率为85%~97%,显著高于传统根尖手术的成功率(40%~90%)。

显微根尖手术的全周期管理指在显微根尖手术的术前、术中和术后全过程中,针对患者的全身情况和患牙的局部特点制定全面的检查、治疗和复查方案,以达到预期手术疗效,有效保留天然牙。显微根尖手术的全周期管理流程包括术前评估与治疗计划的制定、术式设计与手术实施以及术后随访与疗效评定(图1)。



2D: periapical radiography; 3D: cone-beam CT; TEMS: targeted endodontic microsurgery

Figure 1 Full-cycle management of endodontic microsurgery

图1 显微根尖手术的全周期管理

1 术前评估和治疗计划

术前评估是选择手术适应证、形成治疗决策的重要环节,对拟手术病例进行全身状况评估和口腔术区评估,通过病史、临床检查和影像学检查,进一步明确诊断,根据难度评级制定合理的治疗计划。

1.1 全身状况评估

显微根尖手术前需全面了解患者的全身情况,排除系统性疾病的存在,如要注意有无既往或现在用药史、过敏史以及血液病、传染性疾病、糖尿病、心血管疾病、癌症等病史。显微根尖手术过程会造成一过性菌血症,对于风湿热、心内膜炎、心脏瓣膜发育异常或受损、器官移植、使用假体如人工关节的患者,术前应预防性使用抗生素^[4],必要时需内科会诊。

1.2 口腔术区评估

口腔术区的评估可根据患者的主诉和病史进行相应的临床检查和影像学检查,以确定病因、明确诊断。

临床检查包括牙体状况、牙周袋位置和深度、附着龈宽度、所及术区牙的根分叉情况及牙间乳头的结构和健康状况等。对患牙的牙周情况进行评估是术前检查的重要内容,对确认为牙周牙髓联合病变或根尖周病损伴颊侧骨板完全丧失(apical marginal periodontitis)的病例,手术的预后相对较差,需在术前进行牙周系统治疗以及术中结合引导组织再生术(guided tissue regeneration, GTR)促进牙周组织愈合^[2]。

影像学检查包括X线片检查和CBCT检查,X线片检查可提供术区牙根长度、数目、形态及弯曲情况、根尖闭合情况、根管充填情况、根尖周病损类型和大小及牙槽骨解剖外形等初步信息^[5]。采用CBCT评估能够从矢状面、冠状面和轴面进行准确测量和分析,确定遗漏根管,定位牙根外吸收及其范围,清楚辨识根尖组织及其与邻近组织的相互关系,如颞孔、下颌神经管、上颌窦、腭大孔、切牙孔和鼻底等,对手术中可能涉及上述解剖结构的病例,有利于提高手术的安全性^[6]。

2 显微根尖手术的适应证

通过术前全身评估和口腔术区评估,可针对患牙情况选择合适的病例进行显微根尖手术,具体适应证包括^[5]:①根管治疗或再治疗失败,根管治疗失败且不适合根管再治疗,如患牙有良好的

桩冠修复体、无法取出的折断器械或根管超填物、非手术治疗无法修补的根管壁侧穿、无法重建根管通道到达根尖止点的台阶等;②严重的根管解剖变异,牙根重度弯曲、根管重度钙化和根管分叉等解剖因素使根管治疗器械和充填材料无法达到根管工作长度;③需要通过手术探查明确诊断。

3 术式设计和手术实施

3.1 显微根尖手术的术式设计

显微根尖手术的常规术式步骤包括切开翻瓣、去骨、根尖刮治、切除、倒预备和倒充填、瓣膜复位缝合以及术后拆线,通过根尖区的处理严密封闭根尖、控制感染以促进根尖周病损的愈合,长期保存天然牙。对于无法建立根尖手术通路(如上下颌第二磨牙)、邻近重要解剖结构(如上颌窦和下牙槽神经)的患牙,以及存在明显解剖发育畸形如上颌侧切牙畸形侧沟的患牙等,可采用显微意向再植术^[2,7-8]。对怀疑牙根纵裂的患牙,早期影像学特征不典型者,可考虑牙根探查手术,以确定牙根是否发生纵裂^[9]。

3.2 显微根尖手术的技术进展

近年来一些新的技术手段应用于显微根尖手术,如激光、骨窗技术、动静态导航等,使术式设计呈现多样化,手术更精细、微创,有助于提高疗效的预见性,同时提升患者的就医体验。

3.2.1 激光技术 激光具有热效应、压力效应、较强穿透力等特点,口腔治疗常用的激光有二氧化碳激光(carbon dioxide, CO₂)、二极管激光(diode)、钕激光(Er:YAG)、钕-铬激光(Er,Cr:YSGG)、钕激光(Nd:YAG)和氩激光(argon laser)等。近年来,激光逐渐应用于显微根尖手术的特定步骤,包括根尖切除、根尖倒预备、根切表面杀菌和切口区的软组织理疗^[10]。

与常用的高速手机和裂钻相比,使用激光技术进行根尖切除时,对术周软组织损伤小、局部振动小,患者感觉更舒适,电镜结果显示根切表面更光滑,玷污层和碎屑较少,牙本质渗透性减小,可提高根尖封闭性^[11-12];但根切表面产生的裂纹两种技术相比无显著差异^[13]。

Er:YAG根尖倒预备与传统超声倒预备方法孰优孰劣尚无定论。有研究显示激光根尖倒预备后,无机三氧化物聚合物(mineral trioxide aggregate, MTA)和Biodentine倒充填材料与牙本质的粘接强度与超声倒预备无显著差异^[14-15]。在抗折能

力方面,Er:YAG根尖切除及倒预备与碳化钨裂钻根尖切除及碳化钨球钻根尖倒预备相比较,对根管治疗牙的抗折能力无明显影响^[16]。

激光对牙根表面具有杀菌作用,将光敏剂亚甲蓝(0.01% Chimilux)涂布于根尖切除表面及倒预备根管腔,二极管激光($\lambda=660\text{ nm}$, $P=40\text{ mW}$, $E=7.2\text{ J}$)分别照射3 min,细菌量分别降低70.4%和67.5%,其中链球菌分别降低77.3%和64%,随访12~21个月,93%的病例达到完全愈合^[17]。

术后即刻对牙龈切口进行低强度激光理疗(low-level laser therapy, LLLT)有利于软组织愈合^[18]。LLLT采用镓-铝-砷化物二极管激光(gallium-aluminum-arsenide (GaAlAs) diode laser),波长810 nm,输出功率129 mW,能量密度3.87 J/cm²,研究显示术后7 d内每天照射术区颊、腭侧牙龈黏膜各5 min,可促进根尖手术后软组织的愈合,减少术后早期的疼痛肿胀,提高患者的生活质量。

3.2.2 骨窗技术("Bone Window" technique) 大范围病变的根尖手术常需额外去除完整的皮质骨板,而皮质骨不易再生,因此可能导致愈合延迟或不满意愈合。对这类患牙能否保留皮质骨板以促进术后愈合是学者们关注的焦点之一。近年来,骨窗技术的应用为这类病例的手术治疗提供了有效途径^[19-23]。骨窗技术主要适用于:①骨质缺损超过10~15 mm的大范围病变且颊舌(腭)侧骨板完整的根尖周病变;②手术入路涉及2个牙根的大范围病变;③需要完整摘除的大面积囊性病变。其操作要点是翻瓣后采用超声骨刀制备适宜大小的骨窗,并将皮质骨板保存于Hank's溶液中,待完成根尖软硬组织的处理后,将骨板复位^[21,23]。骨窗技术的优点在于手术视野清晰,方便操作,可保留健康完整的皮质骨作为自体骨移植材料,避免去骨后大范围的骨缺损。

骨窗技术要求患牙术区的皮质骨板厚度至少1 mm,因此术前需根据CBCT进行准确测量和评估,包括骨窗边缘的邻近解剖结构以及皮质骨板的厚度,后者常用的测量水平有三个平面:根尖周病变区域的最底端(最低处)、根尖和根尖冠向3 mm水平^[23]。

术后骨板需正确复位并足够稳定,方能促进骨质修复愈合。为此,临床上常在骨腔内填塞骨替代材料(如Bio-Oss等)、胶原材料(如Bio-Gide、Foundation等)以及自体血小板浓缩物(autologous platelet concentrates, APC)。

骨板与皮质骨之间的缝隙亦可填塞APC或Bio-Gide辅助固位^[21,23]。目前对于采用骨窗技术的病例,骨腔植入材料的必要性及其对疗效的影响尚不清楚。Hirsch等^[19]报道2例前牙根侧病变,骨腔内未填塞材料,术后12、18个月X线片显示完全愈合。Popowicz等^[20]对前磨牙病例在3D打印导板的引导下使用环钻去骨,完成根尖处理后将术前制备的富血小板纤维蛋白(platelet-rich fibrin, PRF)膜植入骨腔,然后将骨片放回原位,并覆盖PRF膜进行固定,随访7~8个月,CBCT显示根尖周病损完全愈合。APC常用于外科手术后促进软硬组织的再生,第一代APC是富血小板血浆(platelet-rich plasma, PRP),目前已发展至第二代APC,即PRF和富含白细胞和血小板的纤维蛋白(leukocyte- and platelet-rich fibrin, LPRF)^[24]。目前LPRF的研究多集中在体外实验,显示LPRF可释放生长因子,控制炎症,促进干细胞增殖分化,快速引导组织再生(7~14 d)^[25-26]。而Meschi等^[22]在随机对照临床研究中纳入50例根尖手术病例,术后一年复查显示,骨腔内放置LPRF对促进骨质愈合无明显作用,而使用膜性材料(Bio-Gide)可加速骨质愈合。可见对于骨腔植入材料的选择及其疗效仍需要大样本量的前瞻性临床研究和长期随访观察。

3.2.3 靶向显微根尖手术(targeted endodontic microsurgery, TEMS) TEMS是CBCT结合CAD/CAM和3D打印技术制作而成的3D打印导板(3D-printed surgical guides, 3DSGs)导航下,使用环钻精准去骨、切除根尖及病变软组织的显微根尖手术,适用于上颌第二磨牙腭根(腭侧入路)、上颌第一磨牙远颊根和腭根融合(颊侧入路)、以及下颌第二前磨牙根尖邻近颊孔或颊神经等解剖复杂的病例^[27]。

手术导板的制作过程分为四个步骤^[28]:①CBCT扫描牙槽骨、牙根、神经血管,确定手术导板的范围,推荐CBCT的视野范围80 mm×80 mm,层间距0.3 mm或0.08 mm;②口内扫描牙和软组织,印模,数字化倒模;③融合前两步所得数据,三维重建虚拟模型;④设计TEMS通路的深度、直径和角度,获得去骨量及根尖切除量信息。环钻导板的直径通常较环钻直径大0.15 mm,环钻工作路径距离神经、血管及其他重要解剖结构2 mm。

导板靶向技术可精准定位根尖,减少去骨量,达到骨板-根尖-病变组织一体化切除效果,有效降低医源性损伤的风险。Hawkins^[29]通过体外研究

比较TEMS与常规显微根尖手术的手术时间、根尖切除体积、根尖切除长度和角度,结果发现牙髓专科医师体外施行显微根尖手术时也存在损伤邻牙牙根、根尖过度切除或切除不完全的情况,而TEMS能显著缩短手术时间,使操作更加精准和微创。Antal等^[30]对14颗根尖周病损患牙进行TEMS,随访6个月,所有手术患牙均无临床症状或异常体征,未出现手术相关并发症。将术前术后CBCT资料匹配至同一坐标系中测量根尖切除角度精确性,结果显示根尖切除角度偏移 3.95° ,实际切除根尖长度与计划切除根尖长度之间的误差为0.19 mm,去骨深度误差为0.37 mm,证实TEMS的临床安全性和精确性,同时研究者强调使用带止动片的环钻能更加准确地把控手术入路的深度,避免不必要的去骨。

基于计算机辅助设计和导板引导,TEMS避免了自由手操作可能导致的过度去骨或根尖切除不佳,去骨、根尖切除和根尖刮治可同步完成,因此具有微创、精准、高效的优点^[20,28]。环钻切除的皮质骨还可作为自体移植物,而切除的组织块保留了骨组织、根尖及软组织间的关系,有助于病因学分析^[28]。目前TEMS多为病例报道,仍需要大样本量的前瞻性临床研究和长期随访观察。随着动态导航技术的发展,靶向技术在复杂病例的显微根尖手术中将具有更加广泛的应用前景。

4 术后随访和疗效评定

显微根尖手术的术后随访与疗效评定,需依据一定的标准,在不同的复查时间对病例的转归作出评判。疗效评定通常包括病史、临床表现和影像学检查。临床评估复诊内容包括患者主观感觉、患牙功能、叩诊及松动度变化、牙周情况、窦道愈合等。

4.1 疗效评估的2D、3D影像学标准

疗效评估的影像学标准,长期以来最常采用的是Rud等^[31]与Molven等^[32]的2D根尖片标准,评定为完全愈合(complete healing)、不完全愈合(incomplete healing)、不确定愈合(uncertain healing)和不满意愈合(unsatisfactory healing)。近年来CBCT的临床应用为根尖手术疗效的影像学评估提供了有利的方法,Von Arx等^[33]进行了2D根尖片和3D CBCT影像学疗效的一致性分析,结果显示2D和3D的一致性仅达到59.6%,建议制定针对3D影像学的术后评估标准。2017年美国宾夕法尼亚大学

学者提出了Penn 3D CBCT评估标准,评定为完全愈合、不完全愈合和不满意愈合^[34]。根尖片显示完全愈合和不完全愈合为成功,不确定愈合和不满意愈合为失败;CBCT显示完全愈合和不完全愈合为成功,不满意愈合为失败^[35]。

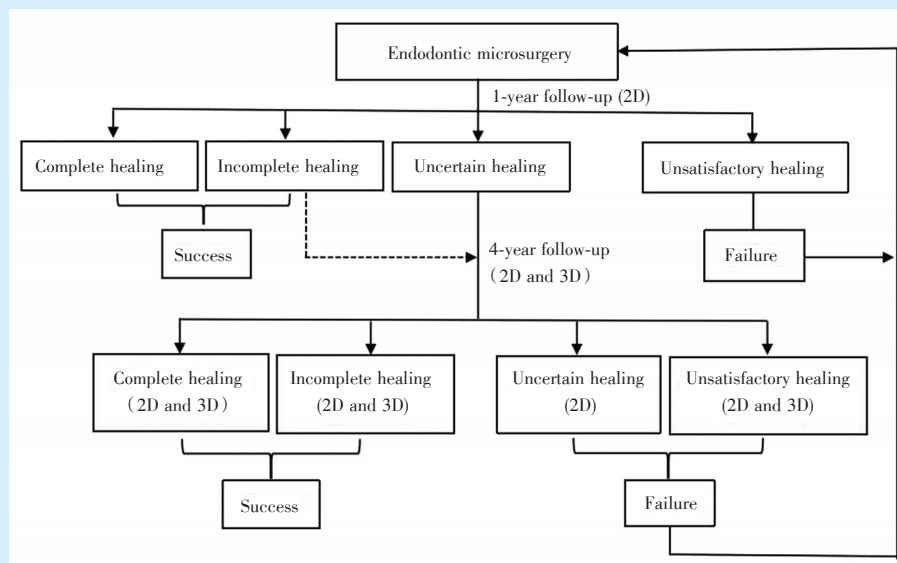
目前2D和3D疗效标准的可比性尚缺乏相关报道, Lee等^[23]指出非骨窗技术的根尖手术1年以内CBCT难以观察到明显的骨质愈合,1年内采用3D影像学标准可能低估手术成功率。Safi等^[35]对243颗患牙进行显微根尖手术,平均随访15个月后采用2D和3D标准评定成功率,分别为93.3%和85%。笔者认为由于CBCT可能把瘢痕组织愈合(2D标准的不完全愈合)评估为不满意愈合,故3D标准存在低估成功率的风险。

4.2 近远期疗效的解读

显微根尖手术的疗效评估根据复查的时间可分为近期疗效(1~2年)和远期疗效(2年以上)。远期疗效评定更能体现以患者为中心(patient-centered outcome),因导致手术失败的原因如根折、冠折、修复体缺陷、牙周炎、龋病等往往于长期随访过程中发现^[36-37]。2020年Pinto就显微根尖手术疗效进行系统回顾和Meta分析^[38],评估术后2~13年的远期疗效,其中随机对照临床研究的453例患牙手术成功率为91.3%,前瞻性临床研究的839例患牙手术成功率为78%,同一时期患牙存留率为79%~100%。通过对近远期疗效的比较发现93.8%近期(1~2年)完全愈合或瘢痕愈合的病例随访至5~9年仍为愈合,43.8%近期(1~2年)不确定愈合的病例随访至5~9年转为完全愈合或瘢痕愈合。1~2年内不确定愈合的病例远期疗效变化较大,需延长复查时间^[39]。Lee等^[23]建议不确定愈合的病例需随访观察至4年。2006年欧洲牙髓病学会建议手术病例术后随访至少1年,若根尖周透射影为术中去骨导致的缺损或根尖片示瘢痕愈合(不完全愈合)的患牙,则需要继续随访至术后4年^[40]。严格掌握手术适应证、规范化使用根尖倒充填材料、提高术前非手术再治疗的质量,以及避免继发龋和牙外伤等非手术因素,可提高显微根尖手术的远期疗效,建议对于不完全愈合的患牙需随访至术后4年以上(图2)。

5 小结

显微根尖手术是保存天然牙的重要而有效的手段,医师对每一个病例进行“术前评估与治疗计



2D: periapical radiography; 3D: cone-beam CT

Figure 2 The follow-up of endodontic microsurgery

图2 显微根尖手术后随访流程图

划-术式设计 与手术实施-术后随访与疗效评定”的全周期流程管理,将有利于正确选择适应证;审慎开展新技术,以及规范术后随访和获取疗效数据,使患者通过手术最大程度受益,为显微根尖手术的发展提供循证依据。

【Author contributions】 Huang XY wrote and revised the article. Cai YL collected the references and wrote the article. Wei X wrote and reviewed the article. All authors read and approved the final manuscript as submitted.

参考文献

- [1] Floratos S, Kim S. Modern endodontic microsurgery concepts: a clinical update[J]. Dent Clin North Am, 2017, 61(1): 81-91. doi: 10.1016/j.cden.2016.08.007.
- [2] Kratchman S, Kim S. Microsurgery in endodontics[M]. Wiley Blackwell, 2018: 231.
- [3] Kim S, Kratchman S. Modern endodontic surgery concepts and practice: a review[J]. J Endod, 2006, 32(7): 601-623. doi: 10.1016/j.joen.2005.12.010.
- [4] Berman LH, Hargreaves KM. Cohen's Pathway of the Pulp[M]. Elsevier, 2020.
- [5] 周学东. 牙体牙髓病学[M]. 5版. 北京: 人民卫生出版社, 2020: 251.
- [6] 凌均荣. 显微牙髓治疗学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2014: 150.
- [7] Tan XE, Zhang L, Zhou W, et al. Palatal radicular groove morphology of the maxillary incisors: a case series report[J]. J Endod, 2017, 43(5): 827-833. doi: 10.1016/j.joen.2016.12.025.
- [8] Becker BD. Intentional replantation techniques: a critical review [J]. J Endod, 2018, 44(1): 14-21. doi: 10.1016/j.joen.2017.08.002.
- [9] Rotstein I, Ingle JI. Endodontics[M]. 7th ed. Raleigh, North Carolina: PMPH U S A, 2019.
- [10] Stájer A, Kajári S, Gajdács M, et al. Utility of photodynamic therapy in dentistry: current concepts[J]. Dent J (Basel), 2020, 8(2): 43. doi: 10.3390/dj8020043.
- [11] Mohammadi Z, Jafarzadeh H, Shalavi S, et al. Lasers in apicoectomy: a brief review[J]. J Contemp Dent Pract, 2017, 18(2): 170-173. doi: 10.5005/jp-journals-10024-2010.
- [12] Negi S, Adhikari HD, Mazumder D, et al. Comparative evaluation of microleakage after root-end resection by Erbium, Chromium: Yttrium-scandium-gallium-garnet (Er, Cr: YSGG) laser and carbide bur with or without placement of mineral trioxide aggregate: an *in vitro* study[J]. J Conserv Dent, 2019, 22(4): 391-395. doi: 10.4103/JCD.JCD_48_19.
- [13] Aydemir S, Cimilli H, Mumcu G, et al. Crack formation on resected root surfaces subjected to conventional, ultrasonic, and laser root-end cavity preparation[J]. Photomed Laser Surg, 2014, 32(6): 351-355. doi: 10.1089/pho.2013.3696.
- [14] Wadhwa H, Mahajan P, Monga P, et al. Comparative evaluation of push-out bond strength of root-end filling materials in root-end cavities prepared by laser or ultrasonic technique: an *in vitro* study [J]. J Conserv Dent, 2019, 22(4): 396-400. doi: 10.4103/JCD.JCD_545_18.
- [15] Kadić S, Baraba A, Miletić I, et al. Influence of different laser-assisted retrograde cavity preparation techniques on bond strength

- of bioceramic-based material to root dentine[J]. *Lasers Med Sci*, 2020, 35(1): 173-179. doi: 10.1007/s10103-019-02835-z.
- [16] Ayrancı F, Ayrancı LB, Özdoğan A, et al. Resistance to vertical root fracture of apicoectect teeth using different devices during two root canal irrigation procedures[J]. *Lasers Med Sci*, 2018, 33(8): 1685-1691. doi: 10.1007/s10103-018-2517-6.
- [17] Vieira G, Antunes HS, Pérez AR, et al. Molecular analysis of the antibacterial effects of photodynamic therapy in endodontic surgery: a case series[J]. *J Endod*, 2018, 44(10): 1593 - 1597. doi: 10.1016/j.joen.2018.06.012.
- [18] Metin R, Tatli U, Evlice B. Effects of low-level laser therapy on soft and hard tissue healing after endodontic surgery[J]. *Lasers Med Sci*, 2018, 33(8): 1699-1706. doi: 10.1007/s10103-018-2523-8.
- [19] Hirsch V, Kohli MR, Kim S. Apicoectomy of maxillary anterior teeth through a piezoelectric bony-window osteotomy: two case reports introducing a new technique to preserve cortical bone[J]. *Restor Dent Endod*, 2016, 41(4): 310-315. doi: 10.5395/rde.2016.41.4.310.
- [20] Popowicz W, Palatyńska-Ulatowska A, Kohli MR. Targeted endodontic microsurgery: computed tomography -based guided stent approach with platelet-rich fibrin graft: a report of 2 cases[J]. *J Endod*, 2019, 45(12): 1535-1542. doi: 10.1016/j.joen.2019.08.012.
- [21] Nagy E, Fráter M, Antal M. [Guided modern endodontic microsurgery by use of a trephine bur][J]. *Orv Hetil*, 2020, 161(30): 1260-1265. doi: 10.1556/650.2020.31778.
- [22] Meschi N, Vanhoenacker A, Strijbos O, et al. Multi-modular bone healing assessment in a randomized controlled clinical trial of root-end surgery with the use of leukocyte- and platelet-rich fibrin and an occlusive membrane[J]. *Clin Oral Investig*, 2020, 24(12): 4439-4453. doi: 10.1007/s00784-020-03309-1.
- [23] Lee SM, Yu YH, Wang Y, et al. The application of "bone window" technique in endodontic microsurgery[J]. *J Endod*, 2020, 46(6): 872-880. doi: 10.1016/j.joen.2020.02.009.
- [24] Miron RJ, Zucchelli G, Pikos MA, et al. Use of platelet-rich fibrin in regenerative dentistry: a systematic review[J]. *Clin Oral Investig*, 2017, 21(6): 1913-1927. doi: 10.1007/s00784-017-2133-z.
- [25] Dohan ED, Pinto NR, Pereda A, et al. The impact of the centrifuge characteristics and centrifugation protocols on the cells, growth factors, and fibrin architecture of a leukocyte- and platelet-rich fibrin (L-PRF) clot and membrane[J]. *Platelets*, 2018, 29(2): 171-184. doi: 10.1080/09537104.2017.1293812.
- [26] Castro AB, Cortellini S, Temmerman A, et al. Characterization of the leukocyte- and Platelet-Rich fibrin block: release of growth factors, cellular content, and structure[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2019, 34(4): 855 - 864. doi: 10.11607/jomi.7275.
- [27] Giacomino CM, Ray JJ, Wealleans JA. Targeted endodontic microsurgery: a novel approach to anatomically challenging scenarios using 3-dimensional-printed guides and trephine burs-a report of 3 cases[J]. *J Endod*, 2018, 44(4): 671 - 677. doi: 10.1016/j.joen.2017.12.019.
- [28] Ray JJ, Giacomino CM, Wealleans JA, et al. Targeted endodontic microsurgery: digital workflow options[J]. *J Endod*, 2020, 46(6): 863-871. doi: 10.1016/j.joen.2020.02.006.
- [29] Hawkins TK, Wealleans JA, Pratt AM, et al. Targeted endodontic microsurgery and endodontic microsurgery: a surgical simulation comparison[J]. *Int Endod J*, 2020, 53(5): 715 - 722. doi: 10.1111/iej.13243.
- [30] Antal M, Nagy E, Braunitzer G, et al. Accuracy and clinical safety of guided root end resection with a trephine: a case series[J]. *Head Face Med*, 2019, 15(1): 30. doi: 10.1186/s13005-019-0214-8.
- [31] Rud J, Andreassen JO, Jensen JE. Radiographic criteria for the assessment of healing after endodontic surgery[J]. *Int J Oral Surg*, 1972, 1(4): 195-214. doi: 10.1016/s0300-9785(72)80013-9.
- [32] Molven O, Halse A, Grung B. Observer strategy and the radiographic classification of healing after endodontic surgery[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 1987, 16(4): 432-439. doi: 10.1016/s0901-5027(87)80080-2.
- [33] Von Arx T, Janner SF, Hänni S, et al. Agreement between 2D and 3D radiographic outcome assessment one year after periapical surgery[J]. *Int Endod J*, 2016, 49(10): 915 - 925. doi: 10.1111/iej.12548.
- [34] Schloss T, Sonntag D, Kohli MR, et al. A comparison of 2- and 3-dimensional healing assessment after endodontic surgery using cone - beam computed tomographic volumes or periapical radiographs[J]. *J Endod*, 2017, 43(7): 1072 - 1079. doi: 10.1016/j.joen.2017.02.007.
- [35] Safi C, Kohli MR, Kratchman SI, et al. Outcome of endodontic microsurgery using mineral trioxide aggregate or root repair material as root-end filling material: a randomized controlled trial with cone - beam computed tomographic evaluation[J]. *J Endod*, 2019, 45(7): 831-839. doi: 10.1016/j.joen.2019.03.014.
- [36] Von Arx T, Jensen SS, Janner S, et al. A 10-year follow-up study of 119 teeth treated with apical surgery and root-end filling with mineral trioxide aggregate[J]. *J Endod*, 2019, 45(4): 394-401. doi: 10.1016/j.joen.2018.12.015.
- [37] Truschnegg A, Rugani P, Kirnbauer B, et al. Long-term follow-up for apical microsurgery of teeth with core and post restorations[J]. *J Endod*, 2020, 46(2): 178-183. doi: 10.1016/j.joen.2019.11.002.
- [38] Pinto D, Marques A, Pereira JF, et al. Long-term prognosis of endodontic microsurgery - a systematic review and meta - analysis[J]. *Medicina (Kaunas)*, 2020, 56(9): 447. doi: 10.3390/medicina56090447.
- [39] Huang S, Chen NN, Yu V, et al. Long-term success and survival of endodontic microsurgery[J]. *J Endod*, 2020, 46(2): 149 - 157. doi: 10.1016/j.joen.2019.10.022.
- [40] European Society of Endodontology. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology[J]. *Int Endod J*, 2006, 39(12): 921 - 930. doi: 10.1111/j.1365-2591.2006.01180.x.

(编辑 周春华,曾雄群)



官网



公众号