

[DOI] 10.12016/j.issn.2096-1456.2021.10.012

· 综述 ·

3D打印在微创牙髓治疗中应用的研究进展

李玉姣¹, 钱飞², 张倩霞¹, 王丹¹, 王艺蓉¹, 田宇¹

1. 军事口腔医学国家重点实验室 国家口腔疾病临床医学研究中心 陕西省口腔医学重点实验室 第四军医大学口腔医院牙体牙髓病科, 陕西 西安(710032); 2. 军事口腔医学国家重点实验室 国家口腔疾病临床医学研究中心 陕西省口腔医学重点实验室 第四军医大学口腔医院修复科, 陕西 西安(710032)

【摘要】 微创牙髓治疗(minimally invasive endodontics, MIE)能够较大程度保存牙体组织, 提高牙髓治疗成功率, 受到越来越多的关注。3D打印技术是一种以数字模型为基础, 运用粉末状金属、塑料等材料, 通过逐层打印的方式来构造物体的技术。本文对3D打印技术在微创牙髓治疗中的应用进行综述, 为今后3D打印技术应用于临床微创牙髓治疗提供参考。近年来, 3D打印技术已广泛应用于颌面外科、修复学和正畸学等领域。通过利用锥形束CT(cone beam CT, CBCT)、口腔扫描仪等获取精确的牙齿内外部结构数据, 结合3D打印制作牙齿诊断模型、开髓导板, 能够精准定位根管位置, 为微创牙髓治疗提供新方式。目前, 3D打印技术在微创牙髓治疗领域中主要用于引导开髓通路、辅助畸形牙和钙化根管的微创治疗、辅助根尖外科手术等方面, 但其精确性以及临床预后效果仍需要大量临床病例来验证。

【关键词】 3D打印; 牙髓病学; 微创牙髓治疗; 数字化; 导板; 数字口腔医学; 计算机辅助设计; 计算机辅助制作; 锥形束CT

【中图分类号】 R78 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 2096-1456(2021)10-0716-05

【引用著录格式】 李玉姣, 钱飞, 张倩霞, 等. 3D打印在微创牙髓治疗中应用的研究进展[J]. 口腔疾病防治, 2021, 29(10): 716-720. doi:10.12016/j.issn.2096-1456.2021.10.012.



开放科学(资源服务)标识码(OSID)

Research progress on 3D printing in minimally invasive endodontics LI Yujiao¹, QIAN Fei², ZHANG Qianxia¹, WANG Dan¹, WANG Yirong¹, TIAN Yu¹. 1. State Key Laboratory of Military Stomatology & National Clinical Research Center for Oral Diseases & Shaanxi Key Laboratory of Stomatology & Department of Operative Dentistry and Endodontics, School of Stomatology, the Fourth Military Medical University, Xi'an 710032, China; 2. State Key Laboratory of Military Stomatology & National Clinical Research Center for Oral Diseases & Shaanxi Key Laboratory of Stomatology & Department of Prosthodontics, School of Stomatology, the Fourth Military Medical University, Xi'an 710032, China

Corresponding author: TIAN Yu, Email: tianyu@fmmu.edu.cn, Tel: 86-29-84772615

【Abstract】 Minimally invasive endodontics (MIE) can preserve dental tissue to a greater extent and improve the success rate of endodontics and has thus attracted increasing attention. 3D printing is a technology that is based on a digital model and uses powdered metal, plastic and other materials to construct objects by printing layer by layer. This article reviews the application of 3D printing technology in minimally invasive endodontics to provide a reference for the application of 3D printing technology in clinical minimally invasive endodontics in the future. In recent years, 3D printing technology has been widely used in various professional fields of stomatology, such as maxillofacial surgery, prosthodontics, and orthodontics. Using cone beam computed tomography (CBCT) and oral scanners to obtain accurate data on the internal and external structures of teeth combined with 3D printing to construct a tooth diagnostic model and pulp open-

【收稿日期】 2020-12-21; **【修回日期】** 2021-03-15

【基金项目】 国家口腔疾病临床医学研究中心重点基金项目(LCA202012); 陕西省科技计划项目基金项目(2019ZDLSF01-08); 2019年空军军医大学口腔医院新技术新业务重点培育类项目基金项目(41742921209)

【作者简介】 李玉姣, 硕士研究生, Email: 18336380801@163.com

【通信作者】 田宇, 副主任医师, 博士, Email: tianyu@fmmu.edu.cn, Tel: 86-29-84772615

ing guide plate, we can accurately locate the position of the root canal and provide a new method for minimally invasive endodontics. At present, 3D printing technology is mainly used to guide the pulp opening pathway, assist in the minimally invasive treatment of malformed teeth and calcified root canals, and assist with apical surgery in the field of minimally invasive endodontics. However, its accuracy and clinical prognosis still need to be verified with a large number of clinical cases.

【Key words】 3D printing; endodontics; minimally invasive endodontics; digitalization; guide plate; digital stomatology; computer aided design; computer aided manufacture; cone beam CT

J Prev Treat Stomatol Dis, 2021, 29(10): 716-720.

【Competing interests】 The authors declare no competing interests.

This study was supported by the grants from Key Foundation Project of National Clinical Medical Research Center for Oral Diseases (No.LCA202012), Fund Project of Science and Technology Plan of Shaanxi Province (No.2019ZDLSF01-08) and 2019 Key Training Project of New Technology and New Business in Stomatological Hospital of Air Force military Medical University (No. 41742921209).

微创牙髓治疗(minimally invasive endodontics, MIE)因能够较大程度保存牙体组织,提高牙髓治疗后牙齿的抗折性率,受到了广大临床医师和学者的关注,但是微创牙髓治疗的临床应用技术敏感性高,操作要求严格等使得微创牙髓治疗的临床应用普及受到了一定限制^[1]。在科技进步及数字化精准医疗的大趋势下,将3D打印技术引入微创牙髓治疗领域,将给微创牙髓治疗技术的发展及应用带来更广阔的前景。

1 微创牙髓治疗

牙髓病和根尖周病是牙体牙髓病中常见的造成患者疼痛的两种疾病^[2-3],其致病因素复杂,治疗周期长,严重影响患者口腔健康。牙髓治疗的目的是通过对根管系统进行适当的修整、消毒和充填,充分清除根管内坏死组织及细菌,以达到根尖周愈合。多种因素会导致牙髓治疗的失败,主要包括:①根管治疗入路的偏差:开髓的方向不正确、开髓口不全、根管口暴露的不充分以及髓室底穿、根管壁侧穿、遗漏根管或者C形根的遗漏等;②预备根管偏差:根管扩大过多、有台阶形成、器械分离及根管未清理干净等;③根管充填的偏差:超填、欠填、充填时用力过大或者角度不对导致牙根裂纹等^[4]。此外,即使顺利完成牙髓治疗过程,牙齿的抗折性也会降低,而关于抗折性降低的原因,各个学者观点不一。Karteva等^[5]通过对未接受过牙髓治疗和已行牙髓治疗的牙齿的冠、根部牙本质标本进行热分析和气相色谱-质谱分析,结果得出牙髓治疗可以促进牙本质中胶原基质的改变,并影响牙本质矿化组织的微观结构。然而,Nagae-

va等^[6]通过进行体外实验,对经过根管预备及冲洗后的根管内牙本质组织结构、有机物进行光镜和扫描电镜观察,结果发现真空喷射冲洗根管后牙本质小管网状结构发达,管周和管间基质完整,即牙本质结构无明显损害。Zhang等^[7]认为根管预备后牙齿的牙体组织剩余量与结构的完整性是保持牙齿抗折性的重要因素。综上所述,精确地引导开髓和根管入路,以及尽可能保留多的健康牙体组织对于牙髓治疗的成功以及治疗后牙齿的长期存留十分重要。基于这一理念,现代牙体牙髓病学逐步提出了微创牙髓治疗的概念。

微创牙髓治疗是指在牙髓病和根尖周病的诊断、治疗到最后修复的整个过程,始终贯彻最大限度保存牙体组织这一理念的牙髓治疗。Gutmann^[8]对微创牙髓治疗赋予了新的内涵:牙髓和根尖周疾病的预防和管理,以及牙齿的保留,是MIE的主要目标,即在现代牙髓与根尖周病诊疗过程中最大限度地保存健康牙体组织结构,强调在保证阻止病变发生或阻断已有病变发展的基础上,通过更好地保存牙体结构的完整性提高患牙远期保存率。在MIE的这个框架内,需要更多地保存牙齿结构以及支撑组织,特别是它健全的颈周牙本质。颈周牙本质是指位于牙槽嵴上下4 mm的牙本质,其在保护牙体结构以及支撑剩余的牙体组织方面有着积极作用,尽可能多地保留颈周牙本质无论是对牙齿的后期修复还是提高牙齿本身存留几率都十分重要^[9]。微创牙髓治疗的方式有很多,比如采用锥形束CT(cone beam CT, CBCT)定位、利用术者经验微孔开髓等,但是随着数字化时代的来临,3D打印技术应用于微创牙髓治疗领域

得到了越来越多学者的认可。

2 3D打印技术

2.1 3D打印技术的定义

近几十年以来,3D打印技术能将人体数字化影像资料转变成三维实体,还原真实的解剖结构,被广泛用于医学领域。3D打印技术又被称为“增材制造”,美国试验和材料学会(American society for testing and materials, ASTM)将“增材制造”定义为:从三维模型数据中加入材料来制作物体的一种快速成型制造方法^[10]。3D打印技术首次应用在医学领域是在1990年,开发者利用CT扫描获取的颅骨解剖数据,成功地复制出了3D打印版颅骨解剖模型^[11]。到目前为止,3D打印技术的发展和其医学应用不仅允许医师可视化人体内部组织器官,而且还可以模拟、重建和精准创伤性手术等^[12-14]。3D打印技术与口腔医学的结合,无论是对3D打印市场的发展还是口腔医学专业技术的进步都有很大程度的推动,故3D打印技术现已广泛应用于颌面外科学、修复学、正畸学、牙体牙髓病等口腔医学的各个专业领域^[15]。其中将3D打印技术引入牙体牙髓病学领域,为微创牙髓治疗提供了新方式,使复杂的牙髓治疗过程也能朝数字化方向发展。

2.2 3D打印技术在微创牙髓治疗中的应用流程

首先采用CBCT、口腔扫描仪等工具对牙齿进行扫描,获取牙齿内外三维数据。其中,CBCT具有扫描时间较短、图像分辨率高、空间要求低等优点^[16-17]。将收集的牙齿数据放入软件中进行个性化处理和模型设计^[18],常用的三维设计软件有Mimics、3Ds Max software、Unigraphics NX等。将处理完成的数据导入3D打印机中,便可得到实物模型。这种实物模型重现了牙齿的三维立体结构,为医师进行临床诊疗提供了可靠的参考依据。

3 3D打印技术在微创牙髓治疗中的应用

不少学者对微创牙髓治疗中3D打印导板的精确性进行了验证。Zehnder等^[19]利用离体牙评价了3D打印导板的精确性,结果表明术前计划和实际根管入路的偏差很低,在钻头的底部的不同方面的平均值为0.16~0.21 mm,在钻头的尖端为0.17~0.47 mm,角度的平均值偏差为1.81°。Buchgreitz等^[20]利用3D打印导板进行微创开髓治疗,结果显示实际钻孔路径与目标路径的平均距离显著

低于0.7 mm。以上体外实验结果与目前临床上利用打印导板治疗根管钙化的成功病例报道都说明了3D打印技术在微创牙髓治疗中的可行性与价值。因此,3D打印技术使得微创牙髓治疗的开展更加高效,在微创牙髓治疗中已有了广泛应用^[21-22]。

3.1 辅助诊断及制定治疗计划

牙齿根管系统具有复杂性与多样性,准确了解根管解剖形态及其变异对于成功的病因诊断和微创治疗至关重要。Lee等^[23]通过采用三维数字重建和计算机辅助快速成型技术,成功完成了含有3个远中根的右下颌第一磨牙的牙髓治疗,这在传统牙髓治疗技术下是很困难的。Krug等^[24]通过计算机断层扫描和3D打印技术,精确获得了I型牙本质发育不良合并根管钙化牙齿的复杂根管路径,从而帮助医师做出了迅速准确的诊断及微创治疗。3D打印技术可视化以及在体外还原真实解剖结构的能力在医师作出诊断及制定治疗计划方面起到了重要的辅助作用。

3.2 引导开髓通路,辅助微创开髓

牙体组织的丧失会导致牙体本身抗折性的减弱^[25],在牙髓治疗的过程中应尽量保存更多的牙体组织。因此,一种新的利用导板引导进行髓腔制备和根管定位方法应运而生,即微创引导牙髓治疗学^[19]。通过3D打印技术打印三维导板,可以直接引导开髓路径从骀面到达确切的根管口区域,更多地保留了牙体组织。Connert等^[26]在3D打印开髓导板的引导下对60颗离体牙进行髓腔预备,结果所设计的根管通路与实际预备的入路偏差较小,不同部位的平均偏差为0.12~0.13 mm,提高了开髓的准确性,同时降低了因牙本质破坏过多或侧穿而导致的医源性损伤的风险。利用3D打印技术引导开髓通路进行开髓符合微创牙髓治疗的理念,有利于微创地获取髓腔通路和准确定位根管,最大限度保留牙体组织。

3.3 辅助畸形牙的微创治疗

牙内陷(dens invaginatus, DI)是由于牙齿发育过程中,矿化前牙冠或者牙根表面内陷而引起的牙齿发育异常。由于其复杂的内部结构,传统的根管治疗方式很难准确识别内部根管位置,而利用3D打印导板便可以对内部结构精准定位,从而成功治疗患牙。Zubizarreta-Macho等^[27]利用CBCT和光学扫描获得牙内陷患牙的内部结构数据,通过3D打印软件制作了导板,成功对一颗患有慢性

根尖周脓肿的Ⅱ型牙内陷左上颌侧切牙进行了根管再治疗和根尖外科手术,在之后6、12、18个月的随访中发现根尖周病变缩小,无明显临床症状。Ali等^[28]在利用CBCT和光学扫描获取牙内陷患牙的结构数据后打印三维树脂模型,对一颗出现牙髓坏死和慢性根尖周脓肿并伴有双DI(Oehler's Ⅱ型)的左上颌侧切牙实现了微创进入双DI和主根管以及根管治疗和三氧化矿物骨料密封双DI的治疗,一年后随访时发现:X线片显示根尖病变已完全愈合。这些成功案例均证实了3D打印技术用于治疗畸形牙齿的可行性与精确性,为临床医师对畸形复杂牙齿的诊疗提供帮助。

3.4 钙化根管的定位

牙髓的血液循环障碍会造成牙髓组织的营养不良,出现细胞变性、钙盐沉积,最后形成小块或大块的钙化物。牙髓钙化的形成因素可以是创伤、龋病、牙周病等外界刺激,也可以是增龄性变化,随着继发性或修复性牙本质的沉积,根管变得很细小甚至发生完全钙化闭锁^[29]。寻找钙化的根管口十分具有挑战性,而且钙化牙齿的牙髓治疗过程中意外也很多,比如侧穿、遗漏根管、过度磨除牙体组织等^[30]。利用3D打印技术制定计划和导板引导的微创根管入路可以帮助保存更多的牙体组织以及避免穿孔从而改善牙齿的长期预后。Connert等^[30]报道了通过使用3D微创导向牙髓技术成功治疗下颌切牙牙髓钙化和根尖周炎的病例,患牙在治疗两周后便已无明显疼痛。因此,利用3D打印技术不仅降低了钙化根管高发侧穿、器械分离等并发症的风险,还更多地保存了健康牙体组织,使得钙化根管牙齿治疗的预后更佳。

3.5 根尖外科的导板制作

根尖外科手术是指在牙髓保守治疗困难或者无效的情况下,通过彻底地刮除根尖周围的病变组织,同时修整根尖部位残端,以达到促进根尖周围疾病愈合的一种根管治疗外科方法。根尖部位涉及到神经、血管和上颌窦等特殊解剖结构,术区覆盖的骨质厚而且完整,准确定位患牙根尖非常困难,直接去钻磨术区骨质很可能会伤及上述特殊解剖结构或者去除过多骨质而误伤邻牙。3D打印导板的应用为解决这种困境提供了新的思路。有学者对研究3D打印导板引导牙髓根尖手术定位准确率的文献进行了系统回顾和Meta分析,结果显示3D打印导板引导根尖定位的准确率是传统显微牙髓根尖手术的27倍,对根尖外科手术的定位

具有较高的精确度^[31]。这种运用3D打印技术进行的微创根尖手术精准地切除了根尖病变部位,最大程度地减少了对周围骨组织的创伤,同时缩短了术中治疗时间,大大提高了患者的舒适度及治疗效果。

4 展 望

3D打印技术作为一种精准、高效的新兴技术,给微创牙髓治疗提供了新方向。目前,3D打印技术在微创牙髓治疗中的应用仍有一定局限性,如3D打印设备昂贵使得治疗成本增加,后牙使用导板操作空间有限,导板引导开髓的精确性及临床预后效果仍需要大量临床病例验证等。

【Author contributions】 Li YJ wrote the article. Qian F, Zhang QX, Wang D and Wang YR revised the article. Tian Y reviewed the article. All authors read and approved the final manuscript as submitted.

参考文献

- [1] Allen C, Meyer CA, Yoo E, et al. Stress distribution in a tooth treated through minimally invasive access compared to one treated through traditional access: a finite element analysis study[J]. J Conserv Dent, 2018, 21(5): 505-509. doi: 10.4103/JCD.JCD_260_18.
- [2] Gj F, Brennan DS, Gomes MS, et al. Association between pulp and periapical conditions and dental emergency visits involving pain relief: epidemiological profile and risk indicators in private practice in Australia[J]. Int Endod J, 2020, 53(7): 887 - 894. doi: 10.1111/iej.13293.
- [3] Karunakaran JV, Abraham CS, Karthik AK, et al. Successful non-surgical management of periapical lesions of endodontic origin: a conservative orthograde approach[J]. J Pharm Bioallied Sci, 2017, 9(Suppl 1): S246-S251. doi: 10.4103/jpbs.JPBS_100_17.
- [4] Bhuvu B, Ikram O. Complications in endodontics[J]. Prim Dent J, 2020, 9(4): 52-58. doi: 10.1177/2050168420963306.
- [5] Karteva E, Manchorova N, Petrova N, et al. Effect of ageing and endodontic treatment on the thermal stability of human dentin[J]. Biomed Mater Eng, 2019, 30(2): 145 - 156. doi: 10.3233/BME-191040.
- [6] Nagaeva MO, Kuratov IA, Timokhina TK, et al. [The influence of endodontic rinsing liquids activation methods on the root dentin structure and effectiveness of root canal cleaning][J]. Stomatologia (Mosk), 2020, 99(4): 15-20. doi: 10.17116/stomat20209904115.
- [7] Zhang Y, Liu Y, She Y, et al. The effect of endodontic access cavities on fracture resistance of first maxillary molar using the extended finite element method[J]. J Endod, 2019, 45(3): 316-321. doi: 10.1016/j.joen.2018.12.006.
- [8] Gutmann JL. Minimally invasive dentistry (Endodontics)[J]. J Conserv Dent, 2013, 16(4): 282-283. doi: 10.4103/0972-0707.114342.
- [9] Makati D, Shah NC, Brave D, et al. Evaluation of remaining dentin

- thickness and fracture resistance of conventional and conservative access and biomechanical preparation in molars using cone-beam computed tomography: an *in vitro* study[J]. J Conserv Dent, 2018, 21(3): 324-327. doi: 10.4103/JCD.JCD_311_17.
- [10] Van Noort R. The future of dental devices is digital[J]. Dent Mater, 2012, 28(1): 3-12. doi: 10.1016/j.dental.2011.10.014.
- [11] Mankovich NJ, Cheeseman AM, Stoker NG. The display of three-dimensional anatomy with stereolithographic models[J]. J Digit Imaging, 1990, 3(3): 200-203. doi: 10.1007/BF03167610.
- [12] Birbara NS, Otton JM, Pather N. 3D modelling and printing technology to produce Patient-Specific 3D models[J]. Heart Lung Circ, 2019, 28(2): 302-313. doi: 10.1016/j.hlc.2017.10.017.
- [13] Sanchez-Tena M, Alvarez-Peregrina C, Santos-Arias F, et al. Application of 3D printing technology in scleral cover shell prosthesis [J]. J Med Syst, 2019, 43(6): 149. doi: 10.1007/s10916-019-1280-y.
- [14] Tejo-Otero A, Buj-Corral I, Fenollosa-Artés F. 3D printing in medicine for preoperative surgical planning: a review[J]. Ann Biomed Eng, 2020, 48(2): 536-555. doi: 10.1007/s10439-019-02411-0.
- [15] 许雄程, 钟泉, 骆凯. 3D打印技术在牙周组织再生支架制备中的应用[J]. 口腔疾病防治, 2019, 27(3): 189-193. doi: 10.12016/j.issn.2096-1456.2019.03.009.
- Xu XC, Zhong Q, Luo K. Application of 3D printing technology in preparation of scaffolds for periodontal tissue regeneration[J]. J Prev Treat Stomatol Dis, 2019, 27(3): 189-193. doi: 10.12016/j.issn.2096-1456.2019.03.009.
- [16] Gallichan N, Albadi S, Dixon C, et al. Trends in CBCT current practice within three UK paediatric dental departments[J]. Eur Arch Paediatr Dent, 2020, 21(4): 537-542. doi: 10.1007/s40368-020-00526-w.
- [17] Tschanner S, Marterer R, Nagy E, et al. Experiences with image quality and radiation dose of cone beam computed tomography (CBCT) and multidetector computed tomography (MDCT) in pediatric extremity trauma[J]. Skeletal Radiol, 2020, 49(12): 1939-1949. doi: 10.1007/s00256-020-03506-9.
- [18] Anderson J, Wealleans J, Ray J. Endodontic applications of 3D printing[J]. Int Endod J, 2018, 51(9): 1005-1018. doi: 10.1111/iej.12917.
- [19] Zehnder MS, Connert T, Weiger R, et al. Guided endodontics: accuracy of a novel method for guided access cavity preparation and root canal location[J]. Int Endod J, 2016, 49(10): 966-972. doi: 10.1111/iej.12544.
- [20] Buchgreitz J, Buchgreitz M, Mortensen D, et al. Guided access cavity preparation using cone-beam computed tomography and optical surface scans-an *ex vivo* study[J]. Int Endod J, 2016, 49(8): 790-795. doi: 10.1111/iej.12516.
- [21] Lara-Mendes SO, Barbosa CM, Machado VC, et al. A new approach for minimally invasive access to severely calcified anterior teeth using the guided endodontics technique[J]. J Endo, 2018, 44(10): 1578-1582. doi: 10.1016/j.joen.2018.07.006.
- [22] Torres A, Shaheen E, Lambrechts P, et al. Microguided endodontics: a case report of a maxillary lateral incisor with pulp canal obliteration and apical periodontitis[J]. Int Endod J, 2019, 52(4): 540-549. doi: 10.1111/iej.13031.
- [23] Lee SJ, Jang KH, Spangberg LS, et al. Three-dimensional visualization of a mandibular first molar with three distal Roots using computer-aided rapid prototyping[J]. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2006, 101(5): 668-674. doi: 10.1016/j.tripleo.2005.06.013.
- [24] Krug R, Volland J, Reich S, et al. Guided endodontic treatment of multiple teeth with dentin dysplasia: a case report[J]. Head Face Med, 2020, 16(1): 27. doi: 10.1186/s13005-020-00240-4.
- [25] Saber SM, Hayaty DM, Nawar NN, et al. The effect of access cavity designs and sizes of root canal preparations on the biomechanical behavior of an endodontically treated mandibular first molar: a finite element analysis[J]. J Endod, 2020 (20): S0099-2399(20) 30451-9. doi: 10.1016/j.joen.2020.06.040.
- [26] Connert T, Zehnder MS, Weiger R, et al. Microguided endodontics: accuracy of a miniaturized technique for apically extended access cavity preparation in anterior teeth[J]. J Endod, 2017, 43(5): 787-790. doi: 10.1016/j.joen.2016.12.016.
- [27] Zubizarreta-Macho Á, Ferreiroa A, Agustín-Panadero R, et al. Endodontic re-treatment and restorative treatment of a dens invaginatus type II through new technologies[J]. J Clin Exp Dent, 2019, 11(6): e570-e576. doi: 10.4317/jced.55840.
- [28] Ali A, Arslan H. Guided endodontics: a case report of maxillary lateral incisors with multiple dens invaginatus[J]. Restor Dent Endod, 2019, 44(4): e38. doi: 10.5395/rde.2019.44.e38.
- [29] Llaquet PM, Vidal C, Mercadé M, et al. Guided endodontics for managing severely calcified canals[J]. J Endod, 2021, 47(2): 315-321. doi: 10.1016/j.joen.2020.11.026.
- [30] Connert T, Zehnder MS, Amato M, et al. Microguided endodontics: a method to achieve minimally invasive access cavity preparation and root canal location in mandibular incisors using a novel computer-guided technique[J]. Int Endod J, 2018, 51(2): 247-255. doi: 10.1111/iej.12809.
- [31] Zubizarreta-Macho Á, Castillo-Amature C, Montiel-Company JM, et al. Efficacy of computer-aided static navigation technique on the accuracy of endodontic microsurgery. A systematic review and meta-analysis[J]. J Clin Med, 2021, 10(2): 313. doi: 10.3390/jcm10020313.

(编辑 周春华)



官网



公众号