

[DOI]10.12016/j.issn.2096-1456.2019.06.013

· 综述 ·

根管冲洗剂对树脂类封闭剂与牙本质粘接强度的影响

刘畅, 刘亚丽, 李霞

山西医科大学口腔医学院·口腔医院, 山西 太原 (030001)

【摘要】 根管充填时,使用具有粘接性的树脂类封闭剂与牙本质形成的牢固粘接不仅能减少根尖微渗漏,增强牙齿的抗折性,还能抵抗桩道预备的机械破坏,从而提高根管治疗的成功率。但在根管治疗过程中,冲洗剂的使用可能会改变牙本质的组织结构、牙本质的润湿性,进而影响树脂类封闭剂与牙本质的粘接强度。本文就近年来国内外学者对传统根管冲洗剂及几种新型冲洗剂对树脂类封闭剂与牙本质粘接强度的影响作一综述,结果表明:传统根管冲洗剂 NaClO 作为最终冲洗剂降低了树脂类封闭剂与牙本质的粘接强度;EDTA 会影响根部牙本质的生物力学特性,清除效率低,会影响树脂类封闭剂与牙本质的粘接强度;EDTA 与 NaClO 联合使用并作为最终冲洗剂可提高粘接强度;氯己定亦可增加封闭剂与牙本质的粘接强度,可作为最终冲洗剂;新型冲洗剂 MTAD 对树脂类封闭剂与牙本质粘接强度产生负面影响;QMix 和马来酸去除玷污层效率和牙本质粘接强度与 EDTA 相同或更高,可代替 EDTA 作为最终冲洗剂。

【关键词】 根管冲洗剂; 树脂类封闭剂; 粘接强度; 牙本质润湿性; 玷污层; 微渗漏

【中图分类号】 R783.1 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 2096-1456(2019)06-0404-05

【引用著录格式】 刘畅,刘亚丽,李霞.根管冲洗剂对树脂类封闭剂与牙本质粘接强度的影响[J].口腔疾病防治,2019,27(6):404-408.

Effect of root canal irrigants on the bond strength between resin sealants and dentin LIU Chang, LIU Yali, LI Xia. School and Hospital of Stomatology, Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China

Corresponding author: LI Xia, Email: lixia6881@163.com, Tel: 0086-351-4690305

【Abstract】 When the root canal is filled, the use of the adhesive resin-based sealant to form a strong bond with the dentin reduces microleakage of the apex, enhances the bending resistance of the tooth, and resists the mechanical damage of the pile preparation, thus improving the success rate of root canal treatment. However, during root canal treatment, the use of a rinsing agent may change the tissue structure of the dentin and the wettability of the dentin, thereby affecting the bonding strength between the resin sealing agent and the dentin. In this paper, the effects of a traditional root canal irrigant and several new rinsing agents on the bonding strength of resin sealant and dentin are reviewed. The results show that the traditional root canal rinsing agent NaClO is reduced as the final rinsing agent. The bonding strength of resin sealant to dentin; EDTA affects the biomechanical properties of root dentin, and the removal efficiency is low, which will affect the bond strength between the resin sealant and dentin. EDTA combined with NaClO as a final rinsing agent can improve the bonding strength. Chlorhexidine can also increase the bonding strength between the blocking agent and dentin and can be used as the final rinsing agent. The new rinsing agent MTAD has a negative impact on the resin sealing agent and dentin bond strength. QMix and maleic acid remove smear efficiency with dentin bond strengths greater than or equal to EDTA and can replace EDTA as the final rinse.

【Key words】 Root canal irrigant; Resin based sealer; Bonding strength; Dentin wettability; Smear layer; Microleakage

【收稿日期】 2018-10-29; **【修回日期】** 2018-12-04

【基金项目】 山西省科技攻关项目(20150313010-3); 山西医科大学口腔医院科技创新基金项目(KY201608)

【作者简介】 刘畅, 医师, 硕士研究生在读, Email: 826668097@qq.com

【通信作者】 李霞, 副教授, 博士, Email: lixia6881@163.com, Tel: 0086-351-4690305

根管治疗过程中,彻底去除根管内的感染物质及严密的充填根管是其成功的关键。根管充填时,使用具有粘接性的树脂类封闭剂能提高封闭剂与根部牙本质的适应性,使封闭剂与牙本质紧密粘接从而严密充填根管。根管冲洗剂在去除根管内感染物质等方面的作用不容忽视。研究指出,根管冲洗剂除了去除根管内玷污层和微生物(尤其是粪肠球菌)的作用外,还会改变牙本质的组织结构、牙本质的润湿性,从而影响树脂类封闭剂与根部牙本质的粘接强度^[1]。因此,研究不同冲洗剂对树脂类封闭剂与牙本质粘接强度的影响有重要临床意义。

1 粘接强度及意义

根管充填材料与根部牙本质的紧密结合对维持根管充填的完整性具有重要意义。使用具有粘接性的树脂类封闭剂能提高充填材料与牙本质的适应性,消除二者间的空隙,减少微渗漏,同时还能增加剩余牙齿的抗力性,降低牙根折裂的风险。此外,对于根管充填后桩冠修复的患牙,封闭剂与牙本质较高的粘接强度可抵抗桩道预备时机械应力造成的粘接界面的破坏,减少微渗漏,提高修复成功率^[2]。

2 树脂类封闭剂

树脂类封闭剂因其良好的理化特性在临床上广泛使用,按其主要成分的不同可分为环氧树脂类封闭剂和甲基丙烯酸酯类封闭剂。

AH-Plus 是环氧树脂类封闭剂的代表,它是一种基于环氧-胺树脂的双组份根管封闭剂。该封闭剂的流动性好,更易进入根管内的不规则区域及牙本质小管内。在其固化过程中,AH-Plus 中的环氧基与牙本质胶原网络中暴露的胺基形成共价键从而产生化学粘接,形成的树脂突可进入牙本质小管,且固化后存在轻微体积膨胀,可增加封闭剂与根管壁的挤压力,从而增加粘接强度。国外学者 Tedesco 等^[3]通过共聚焦激光扫描显微镜观察到 AH-Plus 渗入到牙本质小管深部。但 AH-Plus 具有疏水性,这会影响其与牙本质的润湿性。有研究指出^[4],70%和100%乙醇处理牙本质后可改善 AH-Plus 封闭剂在其表面的润湿性。

第四代甲基丙烯酸酯类封闭剂的代表为 Real-Seal SE 和 Epiphany SE。该类封闭剂中的稀释剂增加了流动性,且具有亲水性,这有利于封闭剂进入

牙本质小管。有学者^[5]指出 RealSeal SE 比 AH-Plus 渗入牙本质小管的深度更深。研究表明,自粘封闭剂中含有的酸性单体4-甲基丙烯酰氧乙基偏苯三酸酐具有酸蚀性,可增强封闭剂与根管壁的粘接强度^[6]。但根管内过多水分会影响该类封闭剂的转化效率和固化;其自身的聚合收缩亦会导致封闭剂与根管壁间间隙的产生,降低粘接强度,形成微渗漏。

树脂类封闭剂与牙本质粘接力的主要来源是其在牙本质表面形成的混合层和树脂突产生的微机械固位,其中,混合层是影响粘接强度的主要因素。根管冲洗剂除了去除玷污层的作用外,还会改变牙本质的组织结构及润湿性,从而降低封闭剂与牙本质的粘接强度。其中,润湿性是表示一种液体在固体表面的铺展能力,润湿性越好,二者的适应性越好,其粘接强度越高^[7]。

3 根管冲洗剂对树脂类封闭剂与牙本质粘接强度的影响

理想的根管冲洗剂在根管冲洗后应达到杀灭根管内微生物、溶解残留的坏死组织、去除玷污层等目的,并且具有对牙周组织无毒性 and 低过敏性等特性。但目前尚无一种单一的冲洗剂能满足以上要求,在临床中通常将多种冲洗剂联合使用。

3.1 传统根管冲洗剂

3.1.1 次氯酸钠(sodium hypochlorite, NaClO) NaClO 具有较强的抗菌作用,并能溶解根管内残留的牙髓和牙本质玷污层中的有机部分;但 NaClO 对口腔黏膜有一定刺激性,推出根尖孔会对根尖周组织产生毒性,使用 NaClO 冲洗根管后会改变牙本质胶原蛋白结构、降低牙本质力学性能^[8]。

研究指出,使用 NaClO 作为最终冲洗剂时降低了 AH-Plus 与牙本质的粘接强度^[9]。这可能是因为 NaClO 在溶解有机组织的过程中会分解释放氯化钠和具有高阻聚作用的氧,抑制了树脂类封闭剂的聚合反应降低了粘接强度。尽管 NaClO 产生的富氧层会降低牙本质粘接强度,但其强大的溶解有机物的能力使之在根管冲洗方案中不可或缺,却不能作为最终冲洗剂。

天然衍生抗氧化剂包括抗坏血酸钠、绿茶提取物和葡萄籽提取物(grape seed extract, GSE),能在不损伤生物组织的前提下对胶原蛋白进行修饰,还能改善牙本质特性,恢复 NaClO 处理根管后受损牙本质的粘接强度^[2, 10]。但 2017 年 Cecchin

等^[11]研究显示,5%NaOCl+17%EDTA处理根管后使用天然衍生抗氧化剂(葡萄籽提取物和绿茶)冲洗1 min对AH-Plus与牙本质的粘接强度没有影响。这可能是由于在实验中NaClO是作为初始冲洗剂而EDTA作为最终冲洗剂,从而影响了抗氧化剂的作用效果。这提示我们调整根管冲洗剂的使用顺序,可能会对各冲洗剂的作用效果产生影响,这有待更多的实验研究来证实这一想法。

在临床中NaClO不单独使用,常与其他冲洗剂联合以彻底去除玷污层,虽然使用NaClO后用抗氧化剂处理可以提高与牙本质的粘接强度,但增加了冲洗步骤,故一般不使用NaClO作为最终冲洗剂。

3.1.2 乙二胺四乙酸(ethylenediamine tetraacetic acid, EDTA) EDTA常与NaClO联合使用以彻底去除根管内玷污层,其主要作用是去除根管内的无机物,并使下方无机物脱矿,并具有一定的抗菌作用。但EDTA的使用时间超过1min会影响根部牙本质的生物力学特性,且其对于根尖1/3玷污层清除效率低^[12]。此外,当EDTA与无机物发生螯合反应时可使牙本质的钙、磷水平发生变化,这些改变可能会影响树脂类封闭剂与牙本质的粘接强度。

EDTA与NaClO联合使用可增加树脂类封闭剂与牙本质的粘接强度。Vilanova等^[13]研究发现,单独使用1%NaClO时Epiphany与AH-Plus与牙本质粘接强度较低,当与EDTA联合使用时可提高粘接强度。这可能是因为EDTA与NaClO联合使用能够彻底去除玷污层,开放牙本质小管,有助于封闭剂进入牙本质小管以提高粘接强度。Neelakantan等^[9]指出,与17%EDTA+3%NaClO相比,使用3%NaClO+17%EDTA冲洗AH Plus与牙本质的粘合强度更高,即将EDTA作为最终冲洗剂可提高粘接强度。Uzunoglu等^[14]研究指出提高17%EDTA的温度(从22℃提到37℃)可增加粘接强度。

因此,EDTA与NaClO联合使用并将EDTA作为最终冲洗剂,或适当提高EDTA的温度可提高树脂类封闭剂与牙本质的粘接强度。

3.1.3 氯己定(chlorhexidine, CHX) CHX为广谱抗菌剂,有较强杀菌抑菌作用且效果持久,还能有效抑制粪肠球菌的活性^[15]。研究指出^[16],CHX可抑制牙本质中内源性基质金属蛋白酶的活性,从而阻止树脂牙本质混合层内胶原纤维的降解,维持混合层的长期完整性,避免粘接强度的下降。但CHX无法去除根管内玷污层。

CHX可改善封闭剂与牙本质表面润湿性,增

强牙本质粘接强度。有学者使用3%NaClO与去离子水预先处理根管,然后对比17%EDTA、2%CHX牙本质表面处理后AH Plus与iRoot SP的润湿性,其结果均显示2%CHX处理后牙本质表面润湿性较好^[7]。在使用17%EDTA后再用2%CHX冲洗根管可提高AH Plus与牙本质的粘合强度^[17]。

CHX可发挥持久的抗菌效果,提高牙本质润湿性,从而增加封闭剂与牙本质的粘接强度。CHX可作为根管最终冲洗剂,但增加了冲洗步骤。

3.2 新型根管冲洗剂

3.2.1 MTAD MTAD是由3%多西环素、4.25%枸橼酸和0.5%聚山梨醇酯80混合形成的新型冲洗剂。具有生物相容性,细胞毒性小;能有效杀灭根管内多种细菌,尤其是粪肠球菌^[18]。与EDTA相比,MTAD可有效地去除根管内大部分玷污层而不影响牙本质的结构及物理性能,但管壁仍会残留部分有机物质^[19]。MTAD与NaClO联合使用时可彻底去除根管内玷污层,特别是根尖1/3处的玷污层^[20]。但会在根管内产生氧化还原反应,使得根管内牙本质发生着色。

Ertas等^[21]对比了盐水、MTAD、17%EDTA、1%NaClO、1%NaClO+17%EDTA及2%CHX根管冲洗后AH-Plus与根部牙本质的粘接强度,其结果显示使用MTAD冲洗后牙本质粘接强度最低,甚至低于盐水冲洗组。这与Ravikumar^[22]的研究结果一致。Bodrumlu等^[23]研究指出,使用NaClO+EDTA或NaClO+MTAD冲洗后Epiphany SE与根部牙本质的粘接强度无明显差异。出现这种差异的原因可能与封闭剂的亲水性有关,即MTAD可降低疏水性环氧树脂类封闭剂AH-Plus的粘接强度,而对于亲水性甲基丙烯酸树脂类封闭剂Epiphany SE的粘接强度则无明显影响。

虽然NaClO+MTAD比NaClO+EDTA能更有效去除根尖区的玷污层,但使用MTAD会对树脂类封闭剂与牙本质的粘接强度产生负面影响,且考虑到其对牙本质着色作用,故而不建议使用。

3.2.2 QMix (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, USA) QMix是一种可去除玷污层的新型根管冲洗剂,由EDTA、CHX和表面清洁剂组成,用它作为最终冲洗剂可兼具去除无机物、抗菌和增加表面润湿性作用。使用3%NaClO+QMix冲洗与3%NaClO+17%EDTA相比,去除玷污层的效果相同甚至更好^[14,24]。

研究发现,3%NaClO+QMix冲洗后AH-Plus与牙本质的粘接强度比3%NaClO+17%EDTA高^[9]。

而 Aranda-Garcia 等^[25]指出,与 17% EDTA 相比, QMix 并没有增加 AH-Plus 与牙本质的粘接强度。Souza^[1]的研究中首先用 2.5% NaClO+17% EDTA 去除根管内玷污层并高压灭菌接种粪肠球菌,再分别使用生理盐水、2% CHX、QMix 和 6.5% GSE 冲洗根管,测定对粪肠球菌杀菌效果和 AH-Plus 充填后与牙本质的粘接强度,结果显示除盐水外的其他三组有类似的杀菌效果,但没有明显增加封闭剂与牙本质的粘接强度。

由此得出, QMix 兼具 EDTA 和 CHX 的作用,其玷污层的去除效率和牙本质粘接强度与 EDTA 相同或更高,还简化了冲洗步骤,临床中可使用 QMix 代替 EDTA 作为最终冲洗剂。

3.2.3 马来酸(Maleic Acid, MA) MA 是一种有机酸, 7% MA 的 pH 值为 1.05, 与 17% EDTA 相比,细胞毒性较小,且能更有效去除根管特别是根尖区的玷污层,同时, 7% MA 可增加根管内牙本质的表面粗糙程度,从而改善树脂类封闭剂与牙本质的润湿性^[26]。

Ravikumar^[22]对比了 NaClO + EDTA、NaClO + MA、NaClO + MTAD 根管冲洗后 AH-Plus 与牙本质的粘接强度,其结果显示 NaClO+MA 冲洗后粘接强度最高。有研究指出^[27], MA 与 CHX 或表面活性剂(cetrimide, CTR)联合使用可对粪肠球菌发挥有效的抗菌效果。Ballal^[28]对比了 7% MA, 7% MA+CTR, 7% MA+CTR+CHX 冲洗后去除玷污层的能力及对 AH-Plus 与牙本质的润湿性的影响,他们发现 7% MA+CTR+CHX 组去除玷污层的能力比其他两组差,还降低了 AH-Plus 与牙本质的润湿性。

因此,可使用 MA 代替 EDTA 作为最终冲洗剂可增加粘接强度,其与 CHX 联合虽有显著的抗菌效果,但会影响 AH-Plus 与牙本质的润湿性,降低与牙本质的粘接强度。

3.2.4 二氧化氯(Chlorine dioxide, ClO₂) 近年来研究的根管冲洗剂 ClO₂兼具溶解有机和无机物的能力。ClO₂主要以气体的形式溶解与水中,与 NaClO 相比, ClO₂有较好的细菌穿透性,能与微生物存活的四种必需氨基酸(半胱氨酸,蛋氨酸,酪氨酸和色氨酸)结合发挥广谱抗微生物作用;能够有效去除根管内的粪肠球菌并防止再感染; ClO₂毒性较低且具有挥发性,超出根尖孔可迅速挥发并不留任何残留物^[29]。

Kamalasanan^[30]对比了 3% NaClO+17% EDTA, 5% ClO₂+17% EDTA 及 5% ClO₂根管冲洗后 AH-Plus

与牙本质的粘接强度,其结果显示三组的牙本质粘接强度相当。研究表明,冲洗剂的 pH 值与其组织溶解时间成反比^[31]。上述实验中 5% ClO₂的 pH 值 4.67 远低于 NaClO (pH 值 12),因而溶解组织能力相对较差。Nishikiori 等^[32]在 ClO₂中加入氢氧化钠将其 pH 值提高到 12 时,其溶解牛牙髓的能力与 NaClO 相似。但增加氢氧化钠以提高 pH 值可能会影响 ClO₂去除玷污层的能力进而影响牙本质粘接强度。

新型根管冲洗剂 ClO₂凭借其良好的杀菌效果、玷污层去除能力及低毒性等特性,单独使用即可代替 NaClO+EDTA 经典组合并达到与之相同的牙本质粘接强度,且冲洗步骤简单,但文献中关于这方面的研究仍较少,还需大量的实验来验证。

4 小 结

综上所述,根管冲洗剂的使用会对树脂类封闭剂与牙本质的粘接强度产生不同影响,国内外学者已通过大量实验来研究不同冲洗剂作用的相互叠加来增加牙本质粘接强度。NaClO+EDTA 仍是目前临床根管冲洗的经典组合,一些新型根管冲洗剂如 QMix 或 MA 可以替代经典组合中的 EDTA 并达到较高的牙本质粘接强度; MTAD 虽然能有效去除根管内的玷污层,却没能提高粘接强度;而 ClO₂单独使用就能去除根管内玷污层,且能达到较高的封闭剂与牙本质粘接强度,还能简化冲洗步骤、缩短就诊时间,但目前对其研究较少,仍需大量实验研究来验证其效果。

参考文献

- [1] Souza MA, Dalla Lana D, Gabrielli EA, et al. Effectiveness of final decontamination protocols against *Enterococcus faecalis* and its influence on bond strength of filling material to root canal dentin[J]. Photodiagnosis Photodyn Ther, 2017, 17(3): 92-97.
- [2] Fuzinatto RN, Farina AP, Souza MA, et al. Effects of an endodontic auxiliary chemical substance on the bond strength of two methacrylate-based endodontic sealers to dentin[J]. Microsc Res Tech, 2017, 80(6): 627-633.
- [3] Tedesco M, Chain MC, Bortoluzzi EA, et al. Comparison of two observational methods, scanning electron and confocal laser scanning microscopies, in the adhesive interface analysis of endodontic sealers to root dentine[J]. Clin Oral Investig, 2018, 22(6): 2353-2361.
- [4] Pantoja C, Silva D, Soares A J, et al. Influence of ethanol on dentin roughness, surface free energy, and interaction between AH Plus and root dentin[J]. Braz Oral Res, 2018, 32: e33.
- [5] Chen H, Zhao XY, Qiu Y, et al. The tubular penetration depth and

- adaption of four sealers: a scanning electron microscopic study[J]. Biomed Res Int, 2017; 2946524.
- [6] Schaefer E, Bering N, Buerklein S. Selected physicochemical properties of AH Plus, EndoREZ and RealSeal SE root canal sealers[J]. Odontology, 2015, 103(1): 61-65.
 - [7] 李志伟, 李劼, 刘艳, 等. 不同终末冲洗方案对根管封闭剂与根管壁牙本质润湿性能的影响[J]. 牙体牙髓牙周病学杂志, 2018, 28(5): 270-275.
 - [8] Cecchin D, Farina AP, Souza MA, et al. Evaluation of antimicrobial effectiveness and dentine mechanical properties after use of chemical and natural auxiliary irrigants[J]. J Dent, 2015, 43(6): 695-702.
 - [9] Neelakantan P, Sharma S, Shemesh HA. Influence of irrigation sequence on the adhesion of root canal sealers to dentin: a fourier transform infrared spectroscopy and push-out bond strength analysis[J]. J Endod, 2015, 41(7): 1108-1111.
 - [10] Pimentel Corrêa AC, Cecchin D, de Almeida JF, et al. Sodium thiosulfate for recovery of bond strength to dentin treated with sodium hypochlorite[J]. J Endod, 2016, 42(2):284-288.
 - [11] Cecchin D, Farina A, Bedranrusso A. The effects of endodontic substances and naturally reducing agents on the bond strength of epoxy resin-based sealer to root dentin[J]. J Conserv Dent, 2017, 20(5): 302-306.
 - [12] Ballal NV, Jain I, Tay FR. Evaluation of the smear layer removal and decalcification effect of QMix, maleic acid and EDTA on root canal dentine[J]. J Dent, 2016, 51: 62-68.
 - [13] Vilanova WV, Carvalho-Junior JR, Alfredo E, et al. Effect of intracanal irrigants on the bond strength of epoxy resin-based and methacrylate resin-based sealers to root canal walls[J]. Int Endod J, 2012, 45(1): 42-48.
 - [14] Uzunoglu E, Turker SA, Karahan S. The Effect of increased temperatures of QMix and EDTA on the push-out bond strength of an epoxy-resin based sealer[J]. J Clin Diagn Res, 2015, 9(7): ZC98-ZC101.
 - [15] Tartari T, Wichniewski C, Bachmann L, et al. Effect of the combination of several irrigants on dentine surface properties, adsorption of chlorhexidine and adhesion of microorganisms to dentine[J]. Int Endod J, 2018, 51(12): 1420-1433.
 - [16] Vallabhdas AK, Kumar C, Kabbinala P, et al. Evaluation of hybrid layer and bonding interface after water storage with and without the usage of 2% chlorhexidine: a scanning electron microscope study[J]. J Contemp Dent Pract, 2018, 19(1): 52-59.
 - [17] Prado M, Simao RA, Gomes BP. Effect of different irrigation protocols on resin sealer bond strength to dentin[J]. J Endod, 2013, 39(5): 689-692.
 - [18] Gupta S, Mittal R, Singla M, et al. Comparative evaluation of the antimicrobial efficacy of MTAD, oxytetracycline, sodium hypochlorite and chlorhexidine against *Enterococcus faecalis*: an ex-vivo study[J]. Saudi Endodontic J, 2013, 2(2): 70-74.
 - [19] Yogender K, Jitendra L, Sureka B, et al. Comparative evaluation of demineralization of radicular dentin with 17% ethylenediaminetetraacetic acid, 10% citric acid, and MTAD at different time intervals: an *in vitro* study[J]. J Int Soc Prev Community Dent, 2016, 6(1): 44-48.
 - [20] Charlie KM, Kuttappa MA, George L, et al. A scanning electron microscope evaluation of smear layer removal and antimicrobial action of mixture of tetracycline, acid and detergent, Sodium hypochlorite, ethylenediaminetetraacetic acid, and chlorhexidine gluconate: an *in vitro* study[J]. J Int Soc Prev Community Dent, 2018, 8(1): 62-69.
 - [21] Ertas H, Sagsen B. Comparison of the effect of MTAD and conventional irrigation agents on apical leakage and Push-Out bond strength of root canal filling[J]. Scanning, 2015, 37(6): 393-398.
 - [22] Ravikumar J, Bhavana V, Thatimatla C, et al. The effect of four different irrigating solutions on the shear bond strength of endodontic sealer to dentin-An In-vitro study[J]. J Int Oral Health, 2014, 6(1): 85-88.
 - [23] Bodrumlu E, Avsar A, Bodrumlu EH, et al. The effects of Calcium hydroxide removal methods on bond strength of epiphany SE with two irrigation protocols[J]. Acta Odontol Scand, 2013, 71(3/4): 989-993.
 - [24] Akman M, Eldeniz AU, Ince S, et al. Push-out bond strength of a new post system after various post space treatments[J]. Dent Mater J, 2016, 35(6): 876-880.
 - [25] Aranda-Garcia AJ, Kuga MC, Vitorino KR, et al. Effect of the root canal final rinse protocols on the debris and smear layer removal and on the push-out strength of an epoxy-based sealer[J]. Microsc Res Tech, 2013, 76(5): 533-537.
 - [26] Ballal NV, Tweeny A, Khechen KA, et al. Wettability of root canal sealers on intraradicular dentine treated with different irrigating solutions[J]. J Dent, 2013, 41(6): 556-560.
 - [27] Ferrer-Luque CM, González-Castillo S, Ruiz-Linares M, et al. Antimicrobial residual effects of irrigation regimens with maleic acid in infected root canals[J]. J Biol Res, 2015, 22(1): 1-5.
 - [28] Ballal NV, Ferrer-Luque CM, Sona M, et al. Evaluation of final irrigation regimens with maleic acid for smear layer removal and wettability of root canal sealer[J]. Acta Odontol Scand, 2018, 76(3): 199-203.
 - [29] Herczegh A, Palcsó B, Lohinai Z, et al. Tracking of the degradation process of chlorhexidine digluconate and ethylenediaminetetraacetic acid in the presence of hyper-pure chlorine dioxide in endodontic disinfection[J]. J Pharm Biomed Anal, 2019, 164: 360-364.
 - [30] Kamalasanan RR, Devarasanahalli SV, Rashmi K, et al. Effect of 5% chlorine dioxide irrigant on micro push out bond strength of resin sealer to radicular dentin: an *in vitro* study[J]. J Clin Diagn Res, 2017, 11(5): ZC49-ZC53.
 - [31] Christensen CE, Mcneal SF, Eleazer P. Effect of lowering the pH of sodium hypochlorite on dissolving tissue in vitro[J]. J Endod, 2008, 34(4): 449-452.
 - [32] Nishikiori R, Nomura Y, Sawajiri M, et al. Influence of chlorine dioxide on cell death and cell cycle of human gingival fibroblasts[J]. J Dent, 2008, 36(12): 993-998.

(编辑 罗燕鸿, 曾雄群)