论著

DOI:10.16016/j.1000-5404.201408208

iRoot SP 用于根管三维充填的封闭性研究

吴於芝[1,3],林居红[1,3],罗 俊[2,3] (401147 重庆,重庆医科大学附属口腔医院:儿童牙病科[1],牙体牙髓科[2],口腔疾病与生物医学重庆市重点实验室[3])

[摘要] **目的** 通过葡萄糖渗漏法和 micro-CT 三维扫描评价 iRoot SP 根管三维充填的封闭能力。**方法** 单根管下颌前磨牙 55 颗截去牙冠保留牙根 12 mm,机用镍钛预备根管至 30#,按随机数字表法将标本分为 3 个实验组(A 组:iRoot SP 直接注入根管充填;B 组:iRoot SP + 热牙胶充填;C 组:AH Plus + 热牙胶充填。$n=15$)和 2 个对照组[阴性对照组(D 组)、阳性对照组(E 组),$n=5$]。建立微渗漏葡萄糖定量分析模型,分别于第 1 天,第 1、2、3、4、5、6 周用葡萄糖氧化酶法检测从牙冠向牙根渗出的葡萄糖浓度。同时 micro-CT 三维扫描分析充填根管内存在的间隙。**结果** 在前 4 周,3 个实验组平均每天微渗漏量 <0.18 mmol/L,几乎没有微渗漏;第 5、6 周时,C 组平均微渗漏值 >0.18 mmol/L,有微渗漏发生,且 C 组与 A、B 组之间微渗漏量差异有统计学意义($P<0.05$)。micro-CT 三维扫描发现:A 组根管中上段无间隙,根尖 1 mm 见有间隙形成。B、C 组根管内有间隙形成。**结论** iRoot SP 用于根管三维充填,具有良好的封闭性,而且一元相充填操作简单,对牙周组织没有损伤,对形成根管三维充填有一定的优势。

[关键词] iRoot SP;micro-CT;根管充填;微渗漏;封闭性
[中图法分类号] R781.33;R783.1 [文献标志码] A

Sealing ability of iRoot SP in root canal three-dimensional obturation: an *in vitro* study

Wu Yuzhi[1,3], Lin Juhong[2,3], Luo Jun[1,3] ([1]Department of Pediatric Dentistry, [2]Department of Endodontics, [3]Chongqing Key Laboratory for Oral Diseases and Biomedical Sciences, the Affiliated Hospital of Stomatology, Chongqing Medical University, Chongqing, 401147, China)

[**Abstract**] **Objective** To evaluate the sealing ability of iRoot SP (a bioceramic material) in root canal obturation with a quantitative method using glucose and micro-computed tomography (micro-CT). **Methods** Fifty-five mandibular premolars with single root canal were decoronated to obtain 12-mm root segments. The root canals were instrumented using Protaper Files prepared to 30#. The roots were randomly divided into 3 experimental groups A, B and C ($n=15$), a negative control group D ($n=5$), and a positive control group E ($n=5$). The root canals of group A were directly filled with iRoot SP without a gutta-percha point. The root canals of group B were filled with iRoot SP using continuous wave of condensation technique. The root canals of group C were filled with AH Plus (root canal sealer) using continuous wave of condensation technique. Models were built to measure leakage with the quantitative method using glucose. The concentration of glucose leaked from the crown to the root was measured with a glucose oxidase-peroxidase method on the 1st day and in the 1st, 2nd, 3rd, 4th, 5th and 6th weeks during the experimental period. Voids in the root canal fillings were assessed using cross-section images from micro-CT scanning. **Results** During the 1st to 4th weeks, there was almost no glucose leakage in the 3 experimental groups, and the average daily leakage concentration was less than 0.18 mmol/L. In the 5th and 6th weeks, there was glucose

[通信作者] 罗 俊,E-mail: 21205173@qq.com
[优先出版] http://www.cnki.net/kcms/detail/51.1095.R.20141205.1133.041.html(2014-12-03)

leakage (>0.18 mmol/L) in group C, and there were significant differences between group C and group A, as well as differences between group C and group B ($P<0.05$). Micro-CT scanning found that voids were formed only at the apical part (1 mm) in group A, while voids are formed in the root canals in group B and group C. **Conclusion** iRoot SP as cement paste has excellent sealing ability in root canal three-dimensional obturation, and can realize primary monoblocks without damage to periodontal tissue.

[**Key words**] iRoot SP; micro-CT; obturation; leakage; sealing ability

Corresponding author: Luo Jun, E-mail: 21205173@qq.com

现代根管治疗学认为“消除根管内感染”和“严密三维充填根管”是防止根管治疗术后发生再感染的关键因素,是根管治疗远期成功的重要保证[1]。根管三维充填的“monoblock”概念由 Shipper 等[2]首先提出,强调充填体与根管壁之间形成“一体化”结构。根据充填体与根管壁之间界面的关系分为一元相、二元相、三元相充填,根管三维充填,尤其是一元相充填提高了根管的封闭性,增强了牙根的抗折性[3-4]。根管充填材料是影响根管治疗预后的一个重要因素[5],传统的根管充填材料金标准是牙胶尖与根管封闭剂的结合[6-7]。由于牙胶没有黏结性,根管充填后牙胶尖、封闭剂及根管壁之间存在间隙,易产生微渗漏。iRoot SP 是用于根管充填的新型生物陶瓷材料,可直接注入根管进行一元相根管充填,与牙胶结合进行二元相根管充填[8]。但目前对其作为一元相根管充填的材料相关研究较少见。

本实验通过采用葡萄糖定量分析法纵向测量葡萄糖渗漏浓度及利用 micro-CT 横向三维扫描分析充填根管内存在的间隙,评价 iRoot SP 一元相充填与 iRoot SP 和 AH Plus 根管封闭剂结合牙胶二元相充填根管的三维封闭能力,旨在为根管充填提供新的材料选择。

1 材料与方法

1.1 材料和器械

iRoot SP 根管封闭剂(Innovative BioCreamix Inc, Vancouver,加拿大),AH plus 根管封闭剂(Dentsply,瑞士),根管润滑剂 EDTA 凝胶、0.06 锥度的牙胶尖和纸尖、机用镍钛器械 Protaper、10#和 15#手用不锈钢 K 锉(Dentsply,瑞士),BL 热牙胶机(B&L Biotech, Inc,韩国),5.25% 的 NaClO 溶液、17% 的 EDTA 溶液、葡萄糖(分析纯,重庆和平制药有限公司),全自动生化分析仪、葡萄糖试剂(深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司,葡萄糖氧化酶法)。vivaCT40 显微 CT 仪(SCANCO Medical AG 公司,瑞士)。

1.2 样本的选择和预备

选择近 3 个月内拔除的前磨牙 55 颗,单根管,根管弯曲度 <10°,牙体无裂纹,根尖发育完好无破坏,牙根长度近似,用刮治器刮除牙周附着的软组织及结石,置于去离子水中保存备用。在釉牙骨质界截去牙冠,牙根长度约为 12 mm,机用 Protaper 镍钛预备至 30#,预备过程中辅助使用 EDTA 凝胶,每更换 1 次器械,均用 5.25% 的 NaClO 冲洗根管,预备完成后用 10 mL 的 17% EDTA 和 10 mL 的 5.25% NaClO 交替冲洗,去除玷污层。将处理好的标本编号,按随机数字表法分为 3 个实验组(A、B、C 组,$n=15$)及 2 个对照组[阴性对照组(D 组,$n=5$)、阳性对照组(E 组,$n=5$)],置于去离子水中保存备用。

1.3 根管充填

A 组:iRoot SP 直接注射充填。用 15#锉蘸少量封闭剂沿着根管壁涂 1 层,将根管内置针头置入根管最深部位,推压注射器针管轻轻地将 iRoot SP 充填至根尖孔,逐渐后退注射至根管口下 2 mm。B 组:iRoot SP + 热牙胶充填。采用 BL 热牙胶系统进行根管充填。首先选择比工作长度短 4 mm 且无约束力的 α 机工作尖,然后选择 0.06 锥度 30#的主牙胶尖,距工作长度 0.5 mm,回拉时有阻力。将所选择的主牙胶尖蘸取一定量的 iRoot SP 根管封闭剂放入根管内,α 机工作尖加压加热,进入根管内距工作长度 4 mm 处,停留 10 s 后,加压加热,迅速取出工作尖,用垂直加压器加压,β 机回填至距根管口 2 mm。C 组:AH plus + 热牙胶充填,方法同 B 组。D、E 组均只用冷牙胶侧压充填,不使用根管封闭剂。

所有标本根充完成后去除根管口多余材料,保持充填材料长度为 10 mm,拍摄颊舌向、近远中向根充后 X 线片,检查根管充填状况,确保每个标本均充填致密。根充后标本于 37 ℃、100% 湿度恒温箱中贮存 1 周,待封闭剂完全固化。

1.4 根管微渗漏的测定

实验组和阳性对照组标本(根尖孔、根管口除外)牙根表面涂 2 层指甲油,阴性对照组在牙根表面、根尖孔、根管口涂 2 层指甲油。建立葡萄糖微渗漏定量测定模型[9-10],将每颗牙固定于检测根管微渗漏的装置上,置于 37 ℃饱和湿度环境中,分别于第 1 天,第 1、2、3、4、5、6 周从玻璃瓶移取 500 μL 溶液,采用葡萄糖氧化酶比色法(glucose oxidase-peroxidase, GPD-POD)

在全自动生化分析仪上测定葡萄糖浓度，第1天的渗漏量>0.18 mmol/L，第2天渗漏量>0.36 mmol/L，依次类推，表示有根管微渗漏发生[11]。每次取样后均更换玻璃瓶内1 mL灭菌蒸馏水以及检测装置内的葡萄糖，此操作可减少液体蒸发或溶质析出所造成的测量误差。在正式实验前进行了预实验，阳性对照组从第1天检测出较高浓度的葡萄糖，说明该装置具有可行性。阴性对照组葡萄糖渗漏始终为0，说明该装置的封闭性良好。

1.5 micro-CT三维扫描根管

在完成上述实验后，从3组实验标本中选取每组中微渗漏最大的标本，保留从根尖到根管上段10 mm的牙根，用流动树脂包埋，保持各牙间牙体长轴相互平行并与包埋体底面垂直。等距离断层扫描：垂直牙长轴对样本包埋体进行薄层扫描。扫描条件：电压70 kV，电流112 μA，像素分辨率为10.5 μm，曝光时间为200 ms，图像矩阵为2 048×2 048。

1.6 统计学分析

用SAS 9.0统计软件进行数据分析，因葡萄糖浓度数据变量为非正态分布，采用多个样本比较的秩和检验(Kruskal-Wallis法)，检验水准为$\alpha=0.05$；若统计结果差异有显著性，则进行3组间的两两比较，采用调整α值的Bonferroni法，检验水准为$\alpha=0.017$。

2 结果

2.1 葡萄糖微渗漏检测

每次取样后均更换玻璃瓶内无菌蒸馏水，每次微渗漏浓度没有叠加，可更清楚每周微渗漏的变化。阴性对照组从第1天至第6周始终无葡萄糖渗出，显示该装置的封闭性良好；而阳性对照组从第1天开始葡萄糖渗出量明显高于3个实验组，说明该装置可以检测出葡萄糖微渗漏量。

表1显示，A、B组随时间延长各时间段内呈下降趋势，后期微渗漏量趋于稳定，而C组呈上升趋势。第1天、第2周3个实验组之间微渗漏量差异无统计学意义($P>0.05$)，其余时间点3组之间差异均有统计学意义($P<0.05$)。第1周，B组与A、C组比较差异有统计学意义($P<0.017$)。第3周开始，C组微渗漏量明显高于A、B组($P<0.017$)。前4周内，C组平均每天微渗漏量<0.18 mmol/L，几乎没有微渗漏；第5、6周，C组平均每天微渗漏量>0.18 mmol/L，有微渗漏发生。

2.2 micro-CT扫描分析

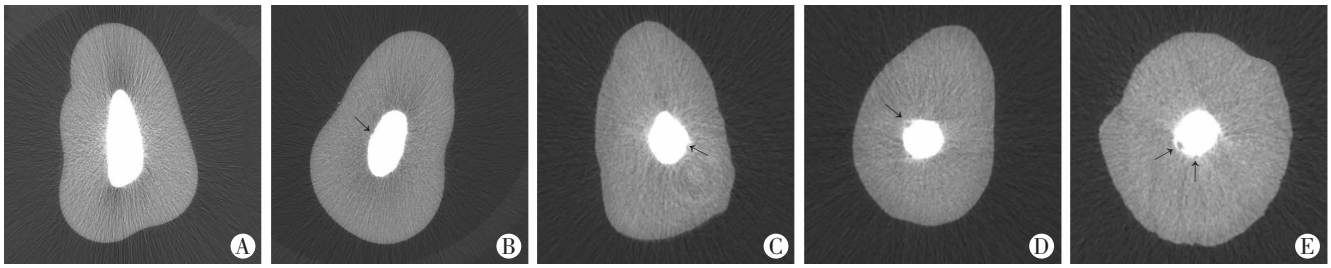
图1显示，A组：iRoot SP直接注射充填，根管中上段充填材料与根管壁之间几乎没有间隙形成；根尖1/3充填物与根管壁之间存在间隙，可能是由于iRoot SP流动性的原因或根尖区复杂的解剖结构造成。B组：iRoot SP+热牙胶充填，上段热牙胶充填，热牙胶冷却收缩后在充填材料与根管壁之间形成间隙；根尖1/3充填物与根管壁之间存在间隙，可能是由于封闭剂iRoot SP与牙胶结合不紧密或iRoot SP的流动性和渗透性决定的。C组：AH Plus+热牙胶充填，上段热牙胶充填，热牙胶冷却收缩后在充填材料与根管壁之间形成间隙；根尖1/3充填物与根管壁之间、充填材料之间明显存在间隙，可能是由于AH Plus为树脂类根管封闭剂，固化后收缩形成。

表1 各实验组在每个时间段内葡萄糖渗漏量的比较

(mmol/L，$n=15$，$\bar{x}\pm s$)

时间	A组 (iRoot SP)	B组 (iRoot SP+热牙胶)	C组 (AH plus+热牙胶)
第1天	0.649±0.706	0.161±0.160	0.245±0.302
第1周	0.264±0.252	0.049±0.047[a]	0.121±0.096
第2周	0.252±0.335	0.053±0.071	0.129±0.128
第3周	0.063±0.045[a]	0.042±0.062[a]	0.268±0.251
第4周	0.015±0.009[a]	0.031±0.020[a]	0.854±0.861
第5周	0.019±0.016[a]	0.021±0.008[a]	2.583±3.185
第6周	0.016±0.014[a]	0.029±0.014[a]	4.705±3.727

a：$P<0.017$，与C组比较



A、B：根管中上段影像；C～E：根管下1/3影像；A：iRoot SP充填；B：热牙胶充填；C：iRoot SP充填；D：iRoot SP+热牙胶充填；E：AH Plus+热牙胶充填；↑：示间隙

图1 各实验组根管micro-CT扫描影像

3 讨论

研究表明,根管治疗失败有近60%是由于根管封闭不完全造成的[12],严密的根管三维充填是患牙远期效果的重要保障。以往研究显示,根管微渗漏最常发生于充填材料与根管壁之间及充填材料本身之间的缝隙[13],任何影响充填材料和根管壁之间适应性的因素如根管预备、玷污层的处理、根管充填方式、根管封闭剂的理化性质等都会在一定程度上影响根管治疗的预后。根管三维充填强调根管充填后充填体与牙根共同构成整体,在结构上体现为充填材料与根管壁之间形成弥散性的无缝隙粘接,形成良好的根管封闭性,能明显降低根管微渗漏[2],提高根管治疗效果。

临床上根管充填的方式主要是连续波热垂直加压充填技术,能够与根管形态相适应,更好的形成三维充填,缺点是该技术依赖性强、对牙周组织产热有一定的损伤,对根管垂直向加压可能增加牙根折裂的风险,而且加热软化的牙胶在根管内冷却后可能发生体积收缩,形成间隙,产生微渗漏,难以形成"monoblock"。尤其是根尖1/3封闭不全,导致微渗漏的发生,可能导致根管治疗失败。因此探寻一种凝固后不收缩,操作方便的根管充填材料与技术是临床医师所期望的。

iRoot SP是最近市场上新出现的一种硅酸钙为基质的无铝根管充填材料,主要由硅酸钙、氧化锆、氧化钽、一价磷酸钙和填料组成。实验证明,其性能与MTA相似,具有良好的生物相容性、抑菌性及抗菌性等特点[14-15]。与MTA相比,具有更强的操作性,利用根管内或牙本质小管内的水分进行固化变硬,不收缩,而且流动性好。体外实验证明iRoot SP反应发生过程中可产生羟基磷灰石,与牙本质、牙胶形成良好的衔接结合,形成严密的封闭,可用于形成根管三维充填[13,16]。吸水性会诱导材料的膨胀,提高了材料和牙本质之间的封闭性,然而吸水性也可能增加了材料的孔隙度,可能增加了微渗漏[17]。因此有必要对iRoot SP直接注入根管内一元相充填、结合牙胶进行二元相充填的封闭性能进行研究。

检测根管充填质量的方法有多种,包括染料渗入法、葡萄糖渗漏法、液体滤过法、micro-CT扫描法等。各种方法都有一定的优点和局限性,目前没有统一的标准。本实验选择葡萄糖渗漏法,通过直接检测从根管冠方向根方渗出的葡萄糖浓度,对微渗漏进行定量分析,该方法可纵向评估根管的封闭性,检测方法灵敏、准确。同时采用micro-CT三维扫描进行定性分析,横向评估根充物与根管壁之间的封闭性,国外有学者利用micro-CT研究根管内间隙的存在,该方法可行,而且micro-CT分辨率高,能明显辨别根管壁和根管充填材料,不破坏牙体组织结构,实验结果受主观因素的影响小[18-19]。

本实验中,A组在第1天检测时微渗漏值较大,可能是由于iRoot SP未完全固化所致,根管过分干燥,凝固时间就会相对延长,而且体外实验不能完全模拟口内牙本质小管的湿度,可能延长iRoot SP的固化时间。随着时间延长,iRoot SP完全固化,微渗漏较小,封闭性能稳定,可能和iRoot SP的性能有关。iRoot SP是一种硅酸钙的复合物,利用根管内、牙本质中的水凝固变硬时不会收缩。第1周时,B组微渗漏量较小,与其余2组有统计学差异。可能是A组根管内iRoot SP较多,根充物中间部分未能完全固化,微渗漏较高;B组iRoot SP在凝固过程中产生的羟基磷灰石与牙本质、牙胶产生化学结合,形成良好的根管封闭。从第3周开始A、B组微渗漏减小趋于稳定,而C组随着时间的增加微渗漏值逐渐增大,且与前2组之间的微渗漏值有统计学差异,可能由于AH Plus是树脂类封闭剂,固化后有一定程度收缩,与根管壁、牙胶之间形成间隙,从而微渗漏增加。然而在前4周,3个实验组平均每天微渗漏量<0.18 mmol/L,几乎没有微渗漏,表示3个实验组在短期内封闭性相似。此结果与Zhang等[20]、Ersahan等[21]利用液体滤过法得到的结果一致,采用热牙胶根管充填技术短时间内观察iRoot SP与AH Plus微渗漏,两者封闭性短期内相似。在本实验中,实验开始4周后,用AH Plus+热牙胶进行根管充填的C组微渗漏值比前2组大,且平均每天微渗漏>0.18 mmol/L,有微渗漏发生,这可能是因为AH Plus随着时间增加,聚合收缩,在根尖段形成缝隙,根管上段的热牙胶冷却后收缩,产生微渗漏的量较前2组多。Micro-CT扫描发现根尖段A、B组根充物与根管壁之间间隙小,C组根尖段在根管壁与根充物之间,根充物内部有明显间隙形成,这都与两种根管封闭剂的特性有关。

本实验结合micro-CT进行三维扫描后发现,iRoot SP一元相直接充填根管只在根尖约1 mm见有间隙存在,一方面可能是由于根尖区根管解剖相对复杂,该区硬化牙本质较多,牙本质小管数量及直径减少,形态方向变异[22],根尖区的这些特点都可能使缺乏酸性单体的iRoot SP的牙本质小管渗透性能受到限制;另一方面根管下段玷污层难去除,封闭性能有限,iRoot SP充

填注射器不能完全到达根尖下段。iRoot SP一元相直接充填根管上段与根管壁之间未见间隙,与根管壁结合良好,A组葡萄糖微渗漏小与其有一定的关系。

iRoot SP用于根管一元相、二元相充填,具有良好的封闭性,体外Micro-CT扫描发现进行一元相充填时只在根尖下段1 mm存在不能完全封闭的间隙,而且操作简单、对牙周组织没有损伤,对形成根管三维充填有一定的优势,可在临床进一步推广应用。

参考文献:

[1] Bouillaguet S, Shaw L, Barthelemy J, *et al*. Long-term sealing ability of Pulp Canal Sealer, AH-Plus, GuttaFlow and Epiphany[J]. Int Endod J, 2008, 41(3): 219-226.

[2] Shipper G, Orstavik D, Teixeira F B, *et al*. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon)[J]. J Endod, 2004, 30(5): 342-347.

[3] Tay F R, Pashley D H. Monoblocks in root canals: a hypothetical or a tangible goal[J]. J Endod, 2007, 33(4): 391-398.

[4] Belli S, Eraslan O, Eskitascioglu G, *et al*. Monoblocks in root canals: a finite elemental stress analysis study[J]. Int Endod J, 2011, 44(9): 817-826.

[5] Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. Evaluation of root canal obturation: a three-dimensional *in vitro* study[J]. J Endod, 2009, 35(4): 541-544.

[6] Wolf M, Kupper K, Reimann S, *et al*. 3D analyses of interface voids in root canals filled with different sealer materials in combination with warm gutta-percha technique[J]. Clin Oral Investig, 2014, 18(1): 155-161.

[7] Michaud R A, Burgess J, Barfield R D, *et al*. Volumetric expansion of gutta-percha in contact with eugenol[J]. J Endod, 2008, 34(12): 1528-1532.

[8] Ersahan S, Aydin C. Dislocation resistance of iRoot SP, a calcium silicate-based sealer, from radicular dentine[J]. J Endod, 2010, 36(12): 2000-2002.

[9] Xu Q, Fan M W, Fan B, *et al*. A new quantitative method using glucose for analysis of endodontic leakage[J]. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2005, 99(1): 107-111.

[10] 杨军英, 王小燕, 张盛炎, 等. 改良葡萄糖微渗漏检测法评价3种根管封闭剂的封闭能力[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(34): 6367-6370.

[11] 徐琼, 樊明文, 范兵, 等. 热牙胶垂直加压技术充填根管的微渗漏研究[J]. 现代口腔医学杂志, 2006,19(5): 509-511.

[12] Lucena-Martin C, Ferrer-Luque C M, Gonzalez-Rodriguez M P, *et al*. A comparative study of apical leakage of Endomethasone, Top Seal, and Roeko Seal sealer cements[J]. J Endod, 2002, 28(6): 423-426.

[13] Zhang H, Shen Y, Ruse N D, *et al*. Antibacterial activity of endodontic sealers by modified direct contact test against Enterococcus faecalis[J]. J Endod, 2009, 35(7): 1051-1055.

[14] Ma J, Shen Y, Stojicic S, *et al*. Biocompatibility of two novel root repair materials[J]. J Endod, 2011, 37(6): 793-798.

[15] Özcan E, Yula E, Arslanoglu Z, *et al*. Antifungal activity of several root canal sealers against Candida albicans[J]. Acta Odontol Scand, 2013, 71(6): 1481-1485.

[16] Loushine B A, Bryan T E, Looney S W, *et al*. Setting properties and cytotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer[J]. J Endod, 2011, 37(5): 673-677.

[17] Karagoz-Kucukay I, Kucukay S, Bayirli G. Factors affecting apical leakage assessment[J]. J Endod, 1993, 19(7): 362-365.

[18] Zogheib C, Naaman A, Sigurdsson A, *et al*. Comparative micro-computed tomographic evaluation of two carrier-based obturation systems[J]. Clin Oral Investig, 2013, 17(8): 1879-1883.

[19] Jung M, Lommel D, Klimek J. The imaging of root canal obturation using micro-CT[J]. Int Endod J, 2005, 38(9): 617-626.

[20] Zhang W, Li Z, Peng B. Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability[J]. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2009, 107(6): e79-e82.

[21] Ersahan S, Aydin C. Solubility and apical sealing characteristics of a new calcium silicate-based root canal sealer in comparison to calcium hydroxide-, methacrylate resin- and epoxy resin-based sealers[J]. Acta Odontol Scand, 2013, 71(3/4): 857-862.

[22] Balguerie E, van-der-Sluis L, Vallaeys K, *et al*. Sealer penetration and adaptation in the dentinal tubules: a scanning electron microscopic study[J]. J Endod, 2011, 37(11): 1576-1579.

(**收稿**:2014-08-29;**修回**:2014-10-24)

(编辑 张 维)