

iRoot SP 根管封闭剂的研究

王旭,刘畅,缪婧,王秀梅

(哈尔滨医科大学附属第二医院牙体牙髓科,黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:根管治疗是牙髓病和根尖周病最有效的治疗方法,根管封闭的质量决定着根管治疗的成败,而根管封闭剂的选择对于根管系统的封闭至关重要。iRoot SP 作为一种硅酸钙根管封闭剂,因其具有良好的生物相容性、抗菌性及封闭性已广泛应用于根管充填、乳恒牙的盖髓术、根尖屏障术和根管内的侧穿和底穿的修补。本文就 iRoot SP 的理化性质和生物学特性两个方面作一综述,以为 iRoot SP 的临床研究和应用提供依据和思路。

关键词:生物相容性;封闭性;粘接性;理化性质

中图分类号:R781.3

文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.1006-1959.2020.10.009

文章编号:1006-1959(2020)10-0030-04

Study on iRoot SP Root Canal Sealer

WANG Xu,LIU Chang,MIAO Jing,WANG Xiu-mei

(Department of Endodontics,the Second Affiliated Hospital of Harbin Medical University,Harbin150086,Heilongjiang,China)

Abstract:Root canal treatment is the most effective treatment method for dental pulp disease and periapical disease. The quality of root canal sealing determines the success or failure of root canal treatment, and the choice of root canal sealing agent is crucial for the sealing of the root canal system. iRoot SP as a calcium silicate root canal sealer, has been widely used in root canal filling, pulp capping of permanent teeth, apical barrier surgery and repair of side and bottom penetration in the root canal because of its good bio-compatibility,antibacterial and sealing properties.This article reviews the physical and chemical properties and biological characteristics of iRoot SP in order to provide a basis and ideas for the clinical research and application of iRoot SP.

Key words:Bio-compatibility;Sealing;Adhesiveness;Physical and chemical properties

根管充填作为根管治疗的最后一步,其目的是为化学消毒和机械预备后的根管系统提供足够的封闭性,而根管封闭剂在三维根管封闭中具有重要作用。理想的根管封闭剂不仅具有稳定的理化性质,还应具有良好的生物相容性、抗菌性等生物学特性。iRoot SP 根管封闭剂是一种基于硅酸钙成分的生物陶瓷材料,由硅酸钙、磷酸二氢钙、氧化锆、氧化钽和填充剂组成,可以作为糊剂在预装注射器中使用,具有较强的密封性、抗菌和抗真菌活性。有研究表明^[1],硅酸钙生物陶瓷能够在体内外促进类骨磷灰石的形成具有良好的生物活性,提示 iRoot SP 具有人体组织的功能,又具有吸收和促进自然组织再生的能力。本文主要从 iRoot SP 的理化性质、生物学特性作一综述,旨在为临床应用提供参考。

1 理化性质

1.1 X 线阻射性 在口腔医学临床中,X 线阻射性是一种重要的物理特性,其可通过 X 线检查来评价根管充填材料封闭的质量。根据 YY0717-2009/ISO6876:2001^[2]的要求,根管封闭剂 X 线阻射值应不低于 3 mm 铝厚度(以 mm Al 表示),过高或过低的阻射性都可能影响临床医生对根管充填质量的客观评价。Candeiro GT 等^[3]利用传统胶片测出 iRoot SP

的 X 线阻射值为(3.84±0.35)mm Al;安智广等^[4]通过数字根尖片和相应图像分析软件测得 iRoot SP 的 X 线阻射值为(8.6±0.2)mm Al;Tanomaru-Filho M 等^[5]同样使用数字根尖片测得 iRoot SP 的 X 线阻射值为(6.15±0.39)mm Al。不同研究所测得的 iRoot SP 的 X 线阻射值的差异可能是由于不同的研究方法所致,但 iRoot SP 的 X 线阻射值均能满足临床标准。

1.2 溶解度 溶解度是评估根管封闭剂适合性的一个重要因素,它被定义为一种物质在另一种物质中溶解的能力,表示为前者的饱和溶液在后者中的浓度。按照 ISO 6876/2001 标准和 ANSI/ADA 规范第 57 号测定的要求,根管封闭剂在水中浸泡 24 h 后的溶解度不得超过 3%的质量分数^[6]。有研究发现^[7],iRoot SP 的溶解度在 0.90%-2.9%则符合 ISO 6876/2001 和 ANSI/ADA 对溶解度的要求。然而 Borges RP 等^[8]研究发现,iRoot SP 的平均溶解度为 20.64%;Poggio C 等^[9]研究测出 iRoot SP 的平均溶解度为 13.12%。两者的溶解度均超过 ISO 6876/2001 的要求,其原因可能与对样品进行溶解度测试后干燥所使用的方法有关,也可能是由于 iRoot SP 亲水纳米粒子增加其比表面积并允许更多液体分子与封闭剂接触的结果。iRoot SP 较高的溶解度有利于钙离子的释放和碱性 pH 的提高,从而增强 iRoot SP 的生物学和抗菌作用,但持续的溶解度可能影响 iRoot SP 防止根尖渗漏的能力。

1.3 凝固时间 理想的根管封闭剂需要缓慢的凝固时间以确保足够的操作时间来完成根管系统的充填。iRoot SP 具有凝固时间较短的特点,但其操作性

基金项目:1.黑龙江省领军人才梯队后备带头人资助项目(编号:黑人社函[2013]575号);2.哈尔滨市科技局科技创新人才资助项目(编号:2016RAXYJ094)

作者简介:王旭(1992.4-),男,黑龙江虎林人,硕士,主要从事牙体牙髓疾病的诊疗工作

通讯作者:王秀梅(1963.11-),女,黑龙江哈尔滨人,博士,主任医师,主要从事牙体牙髓病学和口腔鳞癌研究

能强,可以确保足够的操作时间。*iRoot SP* 是一种无水糊状物,在注射器中储存期间不会凝固,只有暴露在水环境中时才会凝固和硬化,因此,注射到根管的 *iRoot SP* 需要吸收根管及牙本质内的水分来启动和完成固化反应。*Loushine BA* 等^[10]通过对 *iRoot SP* 在不同含水量 (0~9 wt%) 存在下的凝固时间进行分析,结果发现在干燥条件下,*iRoot SP* 需要 240 h 才能完成固化;当 *iRoot SP* 中的水量逐渐增加时,凝固时间逐渐减少到 168 h,提示在干燥的根管内 *iRoot SP* 的凝固时间会延长。*Xuereb M* 等^[11]利用牙本质压力模型研究指出,*iRoot SP* 在 HBSS 溶液中凝固时间超过 22 h。*Zamparini F* 等^[12]研究指出,*iRoot SP* 在 (95±5)% 相对湿度下凝固时间达 52 h。*iRoot SP* 的凝固时间的差异可能是由于不同的研究方法和条件所致。

1.4 pH 和钙离子释放 *iRoot SP* 有较高的 pH 和较强的释放钙离子的能力,碱性 pH 有助于根管封闭剂的成骨潜力、生物相容性和抗菌能力,而钙离子的释放有利于环境中 pH 呈碱性,促进生化效应,加速修复过程^[13]。*Dudeja C* 等^[14]在用不同的封闭剂修复模拟牙根吸收腔的实验中,发现 *iRoot SP* 的 pH 值和钙离子释放量最高,表明矿化组织沉积促进修复的机制取决于材料的 pH 和释放钙离子的能力^[15]。因此,建议对于炎症性牙根吸收的治疗,先使用氢氧化钙根管内封药一周,然后用牙胶和 *iRoot SP* 封闭剂进行充填,是一种有效的可替代性治疗方式。*Can-deiro GT* 等^[3]采用 pH 计和原子吸收光谱仪分别对不同时间段的 pH 值和钙离子释放量进行测定,结果发现在各时间段 *iRoot SP* 的 pH 值和钙离子释放量均高于 *AH Plus*,并且在第 168 h 时 *iRoot SP* 的 pH 值和钙离子释放量最高,这可能与 *iRoot SP* 在潮湿介质中的终凝时间在 160~240 h 有关。以上研究说明 *iRoot SP* 的钙离子释放量和 pH 值均高于传统的封闭剂,这可能归因于纳米颗粒提供了均匀的混合物,高溶解度和良好的流动性。

1.5 封闭性 实现严密的三维根管充填是根管治疗的最终目的。研究表明根管充填不全、根尖封闭不良是导致根管治疗失败的主要原因之一。根管封闭剂的主要功能是在充填物和根管壁之间实现即时、持久的封闭,因此,具有良好封闭性能的根管封闭剂在实现根管三维充填中起着关键作用。一般认为 *iRoot SP* 与常规的根管封闭剂相比,有相似或更好的根尖封闭性。*Ballullaya SV* 等^[16]通过在体视显微镜下测量 *iRoot SP* 和 *AH Plus* 根尖染料渗漏值,结果发现 *iRoot SP* 比 *AH Plus* 显示更低的染料渗漏值。*Hegde V* 等^[17]也在研究中证明 *iRoot SP* 比 *AH Plus* 的染料渗漏值更少,但该研究中未发现两者的

根尖渗漏值的差异,可能是由于不同的实验方法所致。*iRoot SP* 与不同核心材料的结合使用可能会影响 *iRoot SP* 的封闭性,*Mohamed El Sayed MAA* 等^[18]研究发现,*iRoot SP* 与 *CPoint* 结合使用时,根尖染料渗漏量比与传统的牙胶结合使用时要少,这可能归因于 *CPoint* 在吸收根管内残余水分或牙本质小管中自然存在的水分的同时发生侧向膨胀的缘故。总之,*iRoot SP* 在充填物和牙本质之间可形成无间隙的界面,并且固化后无收缩。此外,*iRoot SP* 具有形成界面磷灰石层的能力,该界面导致封闭剂和牙本质之间形成化学键。*CPoint* 的侧向膨胀使得 *iRoot SP* 与根管牙本质的接触更为紧密,从而在两者之间形成化学键,提高 *iRoot SP* 的根尖封闭性,减少根尖微渗漏。

1.6 粘接性 根管封闭剂的粘接性是影响根管封闭剂性能的重要因素,理想的根管封闭剂必须与牙胶和根管牙本质形成粘接,且封闭根管间隙。然而粘接性也会受到诸多因素的影响,如充填技术、玷污层、根管冲洗液等。*iRoot SP* 与根管牙本质的粘接性易受根管充填技术的影响,有研究表明^[19],*iRoot SP* 联合单尖充填技术使用时粘接强度高于热垂直加压技术,这可能是由于高温可以加速 *iRoot SP* 的水化和羟基磷灰石的形成反应,快速固化会导致刚度增加,从而降低粘接强度;然而 *Al-Hiyasat AS* 等^[20]研究发现,单尖充填技术、冷侧加压技术和热垂直加压技术对 *iRoot SP* 和根管牙本质间的粘接强度均没有影响。*Razmi H* 等^[21]研究指出,去除玷污层会显著降低 *iRoot SP* 和根管壁间的粘接强度,增加微渗漏,其原因是 *iRoot SP* 是一种亲水性材料,牙本质小管中的水分可能不足以帮助固化材料,因此其需要利用玷污层中的水分来帮助固生成类羟基磷灰石材料并以化学方式附着在牙本质上,从而提高粘接强度。然而 *Shokouhinejad N* 等^[22]研究认为,玷污层的存在与否并不会影响 *iRoot SP* 的粘接强度。根管冲洗液的类型会影响 *iRoot SP* 和根管壁间的粘接强度,*Gun-dogar M* 等^[23]评价了 2.5% NaOCl、17% EDTA、2% CHX、QMix 2in1 四种不同根管冲洗液对 *iRoot SP* 和根管壁间粘接强度的影响后发现,使用 QMix 溶液冲洗后的 *iRoot SP* 的粘接强度高于其他根管冲洗液,可能是 QMix 溶液处理后的根管润湿性高,进而有利于 *iRoot SP* 亲水性颗粒的渗入,相应地提高了粘接强度。

2 生物学特性

2.1 抗菌活性 细菌及微生物是引起牙髓炎和根尖周炎的主要病因。根管内的细菌清除是通过化学消毒和根管系统的机械预备来实现的,尽管有各种各样可用的化学冲洗剂和机械预备方法,但依然不可

能完全清除根管系统中的微生物。因此,使用具有抗菌活性的根管封闭剂对于提高牙髓治疗的成功率具有重要的意义。目前有研究发现,iRoot SP 对粪肠球菌^[24],大肠杆菌^[25],乳杆菌^[25],铜绿假单胞菌^[25],金黄色葡萄球菌^[24]和白色念珠菌^[25]均有抑菌作用,其中粪肠球菌是一种革兰氏阳性兼性厌氧菌,在 4%~40%的原发性牙髓感染和 24%~77%的继发性牙髓感染中均有发现。因此,Alsubait S 等^[26]研究采用共聚焦激光扫描显微镜(CLSM)比较 iRoot SP 和 AH Plus 对牙本质小管中粪肠球菌生物膜的抗菌活性,结果表明 iRoot SP 的抗菌活性显著高于 AH Plus。而 Wang Z 等^[27]也同样采用了 CLSM 对其进行比较,结果表明 iRoot SP 对牙本质小管内粪肠球菌生物膜有抗菌作用,与 AH Plus 相似。Colombo M 等^[28]在直接接触试验中发现,iRoot SP 在接触时间 6、15 和 60 min 后显示出明显的抗菌活性,高于 AH Plus。总之,iRoot SP 与传统封闭剂相比具有更好或相似的抗菌效果,iRoot SP 较高的抗菌活性可归因于其碱性 pH、释放钙离子的能力及亲水性的特点。

2.2 生物相容性 在根管充填过程中,根管封闭剂可能会通过根尖孔挤出直接与牙周组织相互作用,若使用具有细胞毒性的封闭剂,可能会造成牙周组织的不可逆性损伤,从而导致根管治疗的失败。因此,使用具有生物相容性的根管封闭剂对根管治疗的效果至关重要。有研究发现^[29],牙周膜干细胞(PDLSCs)与根尖周炎的愈合有关。Rodriguez-Lozano FJ 等^[30]对 iRoot SP 和 AH Plus 在人牙周膜干细胞中的细胞相容性进行比较,结果表明 iRoot SP 比 AH Plus 具有更好的生物相容性,并能促进 PDLSCs 的增殖、黏附、活性、迁移和细胞附着。Camps J 等^[31]研究表明,iRoot SP 可以刺激 PDLSCs 分化为成骨细胞和成牙骨质细胞,从而将根管与周围组织隔离,促进受损根尖组织的愈合过程。Bosio CC 等^[32]利用 Wistar 大鼠的皮下结缔组织反应研究发现,iRoot SP 90 d 后没有出现严重的炎症反应,提示 iRoot SP 具有良好的生物相容性。此外,Yuan Z 等^[33]研究也证实,iRoot SP 在与巨噬细胞接触时表现出良好的生物相容性,诱导巨噬细胞极化,并在脂多糖(LPS)的诱导下促进巨噬细胞中促炎细胞因子的释放,进而促进根尖周炎症消退。Zordan-Bronzel CL 等^[34]研究也发现,iRoot SP 具有良好的生物相容性、诱导碱性磷酸酶(ALP)活性并在 Saos-2 中形成矿物结节,提示 iRoot SP 具有作为根管封闭剂的潜力。以上研究说明,iRoot SP 与传统的根管封闭剂相比具有更好的生物相容性,可能与 iRoot SP 固化反应生成的产物硅酸钙水凝胶有密切关系,但仍需进一步的动物模型研究或临床研究来验证 iRoot SP 的

潜在生物学特点。

3 总结

iRoot SP 封闭剂具有良好的理化性能和优越的生物学性能,可作为根管封闭剂的优先选择。尽管 iRoot SP 的 X 线阻射性、钙离子释放量、封闭性和粘接性较好,但其高溶解性仍然是一个重要的问题,还需进一步的体内、体外研究来评估该种材料的性能,并确认其在牙髓治疗中的应用。目前,国内外学者对于 iRoot SP 的研究热情日益高涨,相信未来经过更多的探讨及大量的临床对照研究,iRoot SP 与口腔临床的联系将越来越紧密,从而为硅酸钙封闭剂的临床研究提供参考意义,为推动口腔医学的发展奠定坚实的基础。

参考文献:

- [1]Zhao W,Wang J,Zhai W,et al.The self-setting properties and in vitro bioactivity of tricalcium silicate[J].Biomaterials,2005,26(31):6113-6121.
- [2]YY0717-2009/ISO6876:2001.中华人民共和国医药行业标准:牙科根管封闭材料[S].
- [3]Candeiro GT,Correia FC,Duarte MA,et al.Evaluation of radiopacity,pH,release of calcium ions,and flow of a bioceramic root canal sealer[J].J Endod,2012,38(6):842-845.
- [4]安智广,渠薇,白伟,等.根管封闭剂 X 线阻射性的实验研究[J].北京大学学报(医学版),2017,49(2):365-367.
- [5]Tanomaru-Filho M,Torres FFE,Chavez-Andrade GM,et al.Physicochemical Properties and Volumetric Change of Silicone/Bioactive Glass and Calcium Silicate-based Endodontic Sealers[J].J Endod,2017,43(12):2097-2101.
- [6]Poggio C,Lombardini M,Alessandro C,et al.Solubility of root-end-filling materials:a comparative study [J].J Endod,2007,33(9):1094-1097.
- [7]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.
- [8]Borges RP,Sousa-Neto MD,Versiani MA,et al.Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test[J].Int Endod J,2012,45(5):419-428.
- [9]Poggio C,Dagna A,Ceci M,et al.Solubility and pH of bioceramic root canal sealers:A comparative study[J].J Clin Exp Dent,2017,9(10):e1189-e1194.
- [10]Loushine BA,Bryan TE,Looney SW,et al.Setting properties and cytotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer[J].J Endod,2011,37(5):673-677.
- [11]Xuereb M,Vella P,Damidot D,et al.In situ assessment of the setting of tricalcium silicate-based sealers using a dentin pressure model[J].J Endod,2015,41(1):111-124.
- [12]Zamparini F,Siboni F,Prati C,et al.Properties of calcium silicate-monobasic calcium phosphate materials for endodontics containing tantalum pentoxide and zirconium oxide[J].Clin Oral

Investig,2019,23(1):445-457.

[13]Parirokh M,Torabinejad M.Mineral trioxide aggregate:a comprehensive literature review --Part I:chemical,physical,and antibacterial properties[J].J Endod,2010,36(1):16-27.

[14]Dudeja C,Taneja S,Kumari M,et al.An in vitro comparison of effect on fracture strength,pH and calcium ion diffusion from various biomimetic materials when used for repair of simulated root resorption defects[J].J Conserv Dent,2015,18(4):279-283.

[15]Okabe T,Sakamoto M,Takeuchi H,et al.Effects of pH on mineralization ability of human dental pulp cells [J].J Endod, 2006,32(3):198-201.

[16]Ballullaya SV,Vinay V,Thumu J,et al.Stereomicroscopic Dye Leakage Measurement of Six Different Root Canal Sealers [J].J Clin Diagn Res,2017,11(6):ZC65-ZC68.

[17]Hegde V,Arora S.Sealing ability of three hydrophilic single-cone obturation systems:An in vitro glucose leakage study [J]. Contemp Clin Dent,2015,6(Suppl 1):S86-S89.

[18]Mohamed El Sayed MAA,Al Hussein H.Apical dye leakage of two single-cone root canal core materials (hydrophilic core material and gutta-percha)sealed by different types of endodontic sealers:An in vitro study[J].J Conserv Dent,2018,21(2):147-152.

[19]DeLong C,He J,Woodmansey KF.The effect of obturation technique on the push-out bond strength of calcium silicate sealers[J].J Endod,2015,41(3):385-388.

[20]Al-Hiyasat AS,Alfirjani SA.The effect of obturation techniques on the push-out bond strength of a premixed bioceramic root canal sealer[J].J Dent,2019(89):103169.

[21]Razmi H,Bolhari B,Karamzadeh Dashti N,et al.The Effect of Canal Dryness on Bond Strength of Bioceramic and Epoxy-resin Sealers after Irrigation with Sodium Hypochlorite or Chlorhexidine[J].Iran Endod J,2016,11(2):129-133.

[22]Shokouhinejad N,Hoseini A,Gorjestani H,et al.The effect of different irrigation protocols for smear layer removal on bond strength of a new bioceramic sealer [J].Iran Endod J,2013,8(1): 10-13.

[23]Gundogar M,Sezgin GP,Erkan E,et al.The influence of the irrigant QMix on the push-out bond strength of a bioceramic endodontic sealer[J].Eur Oral Res,2018,52(2):64-68.

[24]Nirupama DN,Nainan MT,Ramaswamy R,et al.In Vitro Evaluation of the Antimicrobial Efficacy of Four Endodontic Bio-materials against Enterococcus faecalis,Candida albicans,and

Staphylococcus aureus[J].Int J Biomater,2014(2014):383756.

[25]Singh G,Elshamy FM,Homeida HE,et al.An in vitro Comparison of Antimicrobial Activity of Three Endodontic Sealers with Different Composition [J].J Contemp Dent Pract,2016,17(7):553-556.

[26]Alsubait S,Albader S,Alajlan N,et al.Comparison of the antibacterial activity of calcium silicate- and epoxy resin-based endodontic sealers against Enterococcus faecalis biofilms:a confocal laser-scanning microscopy analysis [J].Odontology,2019,107(4):513-520.

[27]Wang Z,Shen Y,Haapasalo M.Dentin extends the antibacterial effect of endodontic sealers against Enterococcus faecalis biofilms[J].J Endod,2014,40(4):505-508.

[28]Colombo M,Poggio C,Dagna A,et al.Biological and physico-chemical properties of new root canal sealers [J].J Clin Exp Dent,2018,10(2):e120-e126.

[29]Willershausen I,Wolf T,Kasaj A,et al.Influence of a bio-ceramic root end material and mineral trioxide aggregates on fibroblasts and osteoblasts [J].Arch Oral Biol,2013,58(9):1232-1237.

[30]Rodriguez-Lozano FJ,Garcia-Bernal D,Onate-Sanchez R E,et al.Evaluation of cytocompatibility of calcium silicate-based endodontic sealers and their effects on the biological responses of mesenchymal dental stem cells[J].Int Endod J,2017,50(1):67-76.

[31]Camps J,Jeanneau C,El Ayachi I,et al.Bioactivity of a Calcium Silicate-based Endodontic Cement(BioRoot RCS):Interactions with Human Periodontal Ligament Cells In Vitro [J].J Endod,2015,41(9):1469-1473.

[32]Bosio CC,Felippe G S,Bortoluzzi E A,et al.Subcutaneous connective tissue reactions to iRoot SP,mineral trioxide aggregate(MTA)Fillapex,DiaRoot BioAggregate and MTA [J].Int Endod J,2014,47(7):667-674.

[33]Yuan Z,Zhu X,Li Y,et al.Influence of iRoot SP and mineral trioxide aggregate on the activation and polarization of macrophages induced by lipopolysaccharide [J].BMC Oral Health,2018,18(1):56.

[34]Zordan-Bronzel CL,Tanomaru-Filho M,Rodrigues EM,et al.Cytocompatibility,bioactive potential and antimicrobial activity of an experimental calcium silicate-based endodontic sealer [J]. Int Endod J,2019,52(7):979-986.

收稿日期:2019-12-30;修回日期:2020-04-02

编辑/杜帆