

[DOI]10.12016/j.issn.2096-1456.2019.07.008

· 临床研究 ·

根管充填剂 GuttaFlow 和 AH Plus 对离体牙根尖封闭性的系统评价

袁曦玉¹, 从兆霞¹, 吴泽钰¹, 赵今^{1,2}

1. 新疆医科大学附属口腔医院牙体牙髓科, 新疆维吾尔自治区 乌鲁木齐(830054); 2. 新疆维吾尔自治区口腔医学研究所, 新疆维吾尔自治区 乌鲁木齐(830054)

【摘要】 目的 比较两种根管充填剂 GuttaFlow 和 AH Plus 的根尖封闭作用, 为临床提供参考。方法 采用 Cochrane 系统评价方法, 计算机检索 Cochrane 图书馆、EMbase、CBM、PubMed、CNKI、维普、万方数据库。同时手工检索相关期刊和会议论文, 收集相关随机对照试验。由两名评价者独立评价研究质量和提取数据, 对同质研究采用 RevMan5.3 软件进行 Meta 分析, 对同质性较差的研究采用描述性分析。结果 最终纳入 10 个随机对照试验, 共 398 颗离体牙。Meta 分析显示: GuttaFlow 组和 AH Plus 组在根管充填后 1 周 [MD = -0.13, 95%CI (-0.22, -0.04), $P = 0.007$] 和 3 个月 [MD = -1.27, 95%CI (-1.94, -0.60), $P = 0.000 2$] 根尖微渗漏值差异有统计学意义, GuttaFlow 组的根尖封闭作用优于 AH Plus 组; GuttaFlow 组和 AH Plus 组在根管充填后 6 个月 [MD = -0.10, 95%CI (-0.26, 0.06), $P = 0.23$] 根尖微渗漏值差异无统计学意义。结论 基于现有研究结果, GuttaFlow 在短期内 (≤ 1 周) 根尖封闭作用可能优于 AH Plus。受纳入研究时间、质量和研究方法的限制, 此结论还需要更多长期、高质量、大样本、多测量指标的随机对照试验来进一步验证。

【关键词】 GuttaFlow; AH Plus; 根管治疗; 根管充填; 微渗漏; Meta 分析

【中图分类号】 R781.05 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 2096-1456(2019)07-0451-06

【引用著录格式】 袁曦玉, 从兆霞, 吴泽钰, 等. 根管充填剂 GuttaFlow 和 AH Plus 对离体牙根尖封闭性的系统评价[J]. 口腔疾病防治, 2019, 27(7): 451-456.

Apical sealability in extracted teeth by the root canal filling agents GuttaFlow and AH Plus: a systematic review YUAN Xiyu¹, CONG Zhaoxia¹, WU Zeyu¹, ZHAO Jin^{1,2}. 1. Department of Endodontics, The Affiliated Stomatological Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830054, China; 2. Xinjiang Uygur Autonomous Region Institute of Stomatology, Urumqi 830054, China

Corresponding author: ZHAO Jin, Email: merryjin@sina.com, Tel: 86-991-4361216

【Abstract】 Objective To compare the apical sealing effects of two root canal fillers, GuttaFlow and AH Plus, for clinical reference. **Methods** The Cochrane system evaluation method was used to search the Cochrane Library, Embase, CBM, PubMed, CNKI, Weipu, and Wanfang databases. Additionally, relevant journals and conference papers were manually retrieved, and relevant randomized controlled trials were collected. Two reviewers independently evaluated the quality of each study and extracted the data. A meta-analysis was performed using the RevMan5.3 software for homogeneous studies, and a descriptive analysis was performed for studies with poor homogeneity. **Results** In total, 10 randomized controlled trials containing 398 isolated teeth were included. The meta-analysis results showed that the difference in apical microleakage was statistically significant at 1 week and 3 months [1 week: MD = -0.13, 95% CI (-0.22, -0.04), $P = 0.007$; 3 months: MD = -1.27, 95% CI (-1.94, -0.60), $P = 0.000 2$] but not at 6 months [MD = -0.10, 95% CI (-0.26, 0.06), $P = 0.23$]. **Conclusion** Based on existing research results, GuttaFlow may achieve better results than AH Plus in the short term (≤ 1 week). Because it is subject to limitations of time, quality, and research methods, this conclusion re-

【收稿日期】 2018-10-11; **【修回日期】** 2019-03-05

【基金项目】 国家自然科学基金项目(81760194)

【作者简介】 袁曦玉, 医师, 硕士研究生在读, Email: 378481223@qq.com

【通信作者】 赵今, 主任医师, 博士, Email: merryjin@sina.com, Tel: 86-991-4361216

quires more long-term, high-quality, large-sample, multimeasurement randomized controlled trials for further validation.

【Key words】 GuttaFlow; AH Plus; root canal therapy; root canal filling; microleakage; Meta-analysis

J Prev Treat Stomatol Dis, 2019, 27(7): 451-456.

根管系统内细菌等微生物感染是导致牙髓炎和根尖周炎发生的主要原因,而根管治疗术则是目前治疗牙髓炎和根尖周炎最常用、最有效的方法^[1]。根管充填为根管治疗过程中至关重要的步骤,完善的根管充填及有效的根尖封闭是根管治疗成功的重要保证,良好的根管充填材料和充填技术可明显降低根尖微渗漏的发生率,且决定着根管的充填质量。AH Plus 根管充填糊剂目前被认为是根管封闭系统中的黄金标准,它具有较强的粘合力、良好的生物相容性、热塑性及稳定性,并且有较好的止痛效果和治疗成功率^[2]。新型 GuttaFlow 常温流动根管充填系统是目前唯一采用微粒牙胶形式,并具有常温流动性能的根管充填剂,具有流动性良好、生物相容性、机械强度较好、低细胞毒性、发生微渗漏的程度低等优点^[3-4]。目前在临床应用中对于两种根管充填剂的根尖封闭性能还存在诸多的争议,因此,本研究旨在对两种根管充填剂 GuttaFlow 和 AH Plus 的根尖封闭作用进行系统综合评价,以期为其临床应用提供参考。

1 资料和方法

1.1 纳入与排除标准

1.1.1 研究类型 随机对照试验(randomized controlled trial, RCT)。

1.1.2 研究样本的纳入标准 ①单根管离体牙;②牙根完整、无龋,无裂纹,无畸形;③根尖发育完全且根管通畅;④牙根无弯曲根管无钙化及内吸收。

1.1.3 干预措施 试验组采用 Guttaflow 常温流动牙胶单尖法进行根管充填,对照组采用 AH Plus 加牙胶尖冷侧压法进行根管充填。

1.1.4 结局指标 ①充填后1周根尖微渗漏值;②充填后3个月根尖微渗漏值;③充填后6个月根尖微渗漏值;④根管充填后空隙发生率。

1.1.5 排除标准 ①非中、英文文献;②重复发表的文献;③通过各种方式无法获取原文;④数据不全无法利用的文献;⑤不符合纳入标准的研究。

1.2 文献检索策略

计算机检索 Cochrane 图书馆、EMbase、CBM、PubMed、CNKI、维普、万方数据库,搜集根管充填

剂 GuttaFlow 和 AH Plus 对根尖封闭作用的相关 RCT,检索时限均为建库至2018年9月。中文检索词包括:根管充填剂、根尖封闭性、根管充填、微渗漏、染料渗漏、空隙发生率。英文检索词包括:AH Plus、GuttaFlow、root canal pastes、sealability、micro leakage、dye leakage、the frequency of voids。

1.3 检索文献的筛选

两位研究者根据研究纳入和排除标准,独立筛选文献,对有分歧而难以确定是否纳入的研究,通过讨论解决或转交第三方裁决是否纳入。

1.4 纳入研究的质量评价

采用 Cochrane 系统评价手册 5.0 版针对 RCT 的偏倚风险评估工具进行评价。

1.5 资料提取

两位研究者按照一致的资料提取表独立提取资料,结束时交叉核对结果,若遇意见不统一则讨论解决。提取的资料主要包括:①纳入研究的基本特征:文题、发表年份、第一作者、原始文献出处、研究类型;②偏倚风险评价的关键要素;③研究对象的基线特征:样本的类型、样本数量;④具体干预措施和结果测量指标。

1.6 资料分析

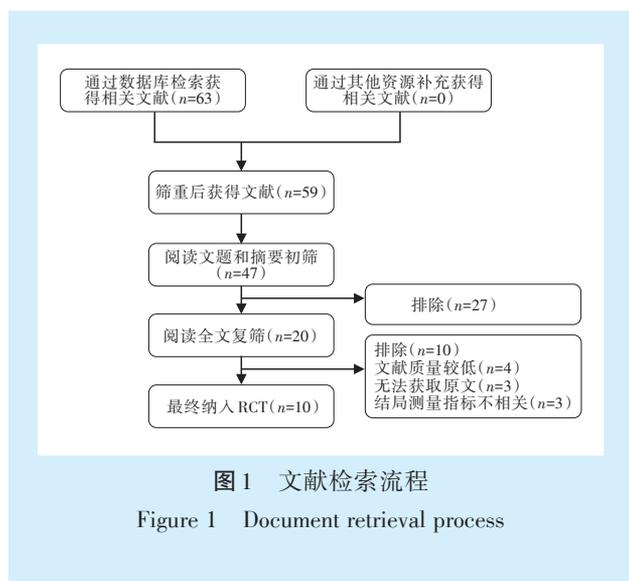
统计学分析使用 RevMan5.3 软件进行 Meta 分析。计量资料采用均数差为效应指标,各效应量均给出其点估计值及其 95%CI。纳入研究结果间的异质性检验采用 χ^2 检验(检验水准为 $\alpha = 0.05$),并且结合 I^2 值定量判断异质性大小。若研究间无统计学异质性($P > 0.1, I^2 < 50%$),则采用固定效应模型进行 Meta 分析;若研究间具有统计学异质性($P \leq 0.1, I^2 \geq 50%$),则进一步寻找异质性来源,针对可能出现的异质性因素进行亚组分析或敏感性分析等处理。如不能排除明显临床异质性可考虑采用随机效应模型 Meta 分析,异质性过大且不能判断异质性来源时只行描述性分析。

2 结果

2.1 文献检索流程

初检共获得相关文献 63 篇,包括中文文献 52 篇,英文文献 11 篇,经过逐层筛选,最终纳入 10 篇

RCT,包括6篇中文文献^[5-10],4篇英文文献^[11-14]。筛选流程及结果见图1。



2.2 纳入研究的基本特征

纳入研究的基本特征见表1,提取资料包括纳入研究的类型、研究对象、样本数量、干预措施、结局指标等。

2.3 偏倚风险评价结果

偏倚风险评价结果见表2,其中包括选择性偏倚的评估(随机分配方法、隐蔽分组),实施偏倚和测量偏倚的评估(盲法)等。

2.4 分析结果

2.4.1 根管充填后1周根尖微渗漏值 共纳入6个研究^[5-8,11-12],220颗离体牙。固定效应模型Meta分析结果显示 GuttaFlow组和AH Plus组根管充填后1周根尖微渗漏值比较差异有统计学意义[MD=-0.13,95%CI(-0.22,-0.04),P=0.007](图2)。表明 GuttaFlow组充填后1周的根尖封闭作用优于AH Plus组。

2.4.2 根管充填后3个月根尖微渗漏值 共纳入2个研究^[6,9],共80颗离体牙。随机效应模型Meta分

表1 纳入研究的基本特征

Table 1 Basic characteristics of the included studies

纳入研究	研究类型	研究对象	样本数量(T/C)	干预措施		渗透时间	结局指标
				T	C		
陈红 2015 ^[5]	RCT	离体单根管前牙	20/20	GuttaFlow	AH plus	1周	①
玛丽亚木古丽 2018 ^[6]	RCT	离体单根管前牙	20/20	GuttaFlow	AH plus	1周	①②
王茵 2015 ^[7]	RCT	离体单根管前牙	20/20	GuttaFlow	AH plus	1周	①③
吴林芮 2017 ^[8]	RCT	离体单根管恒牙	15/15	GuttaFlow	AH plus	1周	①
王小燕 2009 ^[9]	RCT	离体单根管前牙	20/20	GuttaFlow	AH plus	1周	②
周秀娟 2010 ^[10]	RCT	离体上、下颌前磨牙	19/19	GuttaFlow	AH plus	无	④
Patil P 2016 ^[11]	RCT	离体单根管前磨牙	20/20	GuttaFlow	AH plus	悬浮 72 h	①
Padmanabhan P 2017 ^[12]	RCT	离体下颌第一前磨牙	15/15	GuttaFlow	AH plus	离心 3 min	①
Anantula K 2011 ^[13]	RCT	离体单根管恒牙	20/20	GuttaFlow	AH plus	无	④
Elayouti A 2005 ^[14]	RCT	离体恒牙	30/30	GuttaFlow	AH plus	无	④

注 T:试验组;C:对照组;RCT:随机对照试验;①充填后1周根尖微渗漏值;②充填后3个月根尖微渗漏值;③充填后6个月根尖微渗漏值;④根管充填后空隙发生率=(该组有空隙切片的截面数÷该组切片截面总数)×100%

表2 纳入研究偏倚风险评价

Table 2 Bias risk assessment of the included studies

纳入研究	随机分配方法	隐蔽分组	盲法	结果数据的完整性	选择性报告	其他偏倚来源
陈红 2015 ^[5]	不明确	不清楚	否	是	否	不清楚
玛丽亚木古丽 2018 ^[6]	不明确	无	否	是	否	不清楚
王茵 2015 ^[7]	不明确	不清楚	否	是	否	不清楚
吴林芮 2017 ^[8]	不明确	不清楚	否	是	否	不清楚
王小燕 2009 ^[9]	随机数字表	不清楚	否	是	否	不清楚
周秀娟 2010 ^[10]	随机数字表	不清楚	否	是	否	不清楚
Patil P 2016 ^[11]	不明确	不清楚	否	是	否	不清楚
Padmanabhan P 2017 ^[12]	不明确	不清楚	否	是	否	不清楚
Anantula K 2011 ^[13]	不明确	不清楚	否	是	否	不清楚
Elayouti A 2005 ^[14]	不明确	不清楚	否	是	否	不清楚

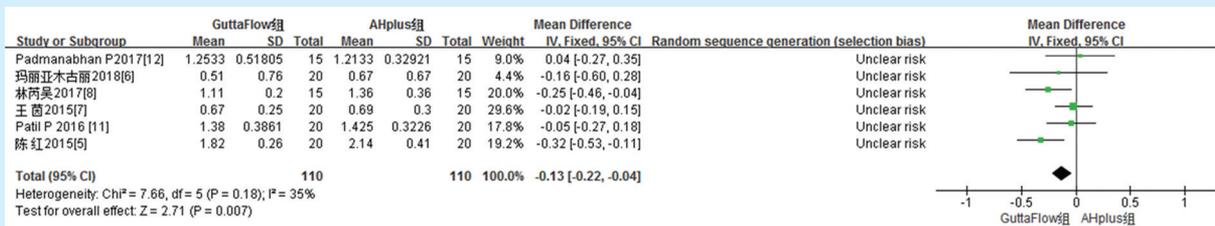


图2 GuttaFlow组和AH Plus组根管充填后1周根尖微渗漏值比较

Figure 2 Comparison of apical microleakage values at 1 week after root canal filling in the GuttaFlow and AH Plus groups

析结果显示 GuttaFlow 组和 AH Plus 组根管充填后 3 个月根尖微渗漏值比较差异有统计学意义 [MD = -1.27, 95% CI (-1.94, -0.60), P = 0.000 2] (图 3)。表明 GuttaFlow 组充填后 3 个月的根尖封闭作用优于 AH Plus 组。

2.4.3 根管充填后 6 个月根尖微渗漏值 纳入 1 个研究^[7], 共 40 颗离体牙。固定效应模型 Meta 分析结果显示 GuttaFlow 组和 AH Plus 组根管充填后 6 个月后根尖微渗漏值比较差异无统计学意义 [MD = -0.10, 95% CI (-0.26, 0.06), P = 0.23] (图 4)。

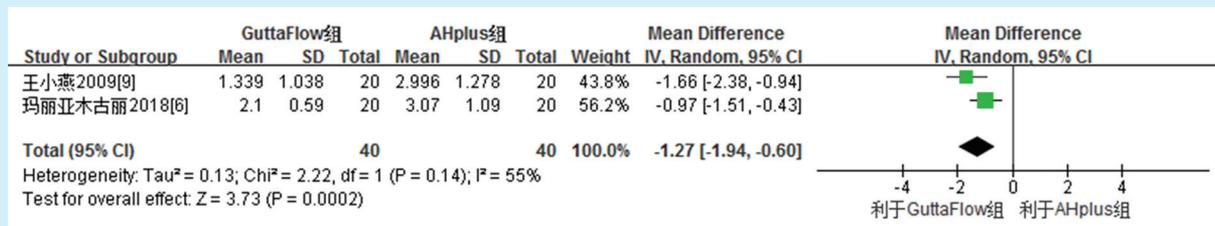


图3 GuttaFlow组和AH Plus组根管充填后3个月根尖微渗漏值比较

Figure 3 Comparison of apical microleakage values at 3 months after root canal filling in the GuttaFlow and AH Plus groups

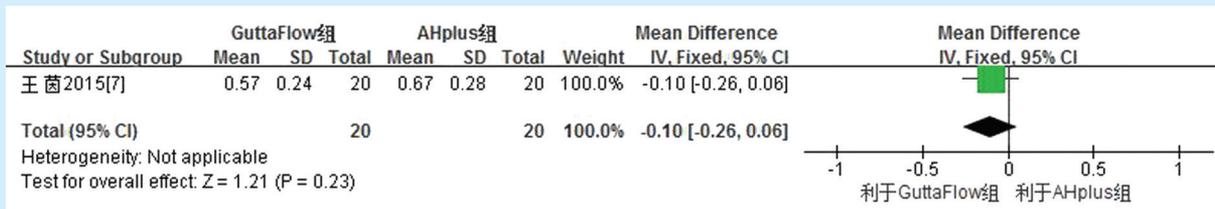


图4 GuttaFlow组和AH Plus组根管充填后6个月根尖微渗漏值比较

Figure 4 Comparison of apical microleakage values at 6 months after root canal filling in the GuttaFlow and AH Plus groups

2.4.4 根管充填后空隙发生率 共纳入 3 个研究^[10, 13-14], 共 138 颗离体牙, 根管充填后被制备成 1 669 个牙根切片。2 项研究^[13-14]报道两组根管充填后空隙发生率差异有统计学意义 (P < 0.05), 研究结果均显示 GuttaFlow 组根管充填后空隙发生率较 AH Plus 组大。另一项研究^[10]报道两组根管充填后空隙发生率比较差异无统计学意义 (P > 0.05)。由于纳入的 3 项研究结果数据均数差值较大且指标

测量方法不一导致研究间异质性较大, 分析异质性来源后认为异质性来源无法消除, 因此不进行数据合并 Meta 分析只行描述性分析 (表 1)。

3 讨论

牙髓疾病的本质是细菌感染, 而根管系统是一个复杂的三维空间, 根管治疗成功的关键在于彻底清理根管, 有效消毒根管 and 严密封闭根管。

在精心塑形和清洁根管后,高质量的冠根部的密封对牙齿感染根管的愈合具有重要作用。牙胶是最常用的根管充填核心材料,具有最小的毒性、变应原性和组织刺激性。而牙胶的缺点是它们缺乏对牙本质的粘附性^[15]。由于这种限制,在使用牙胶的同时必须使用根管充填剂密封并充填管壁牙本质和牙胶界面之间的空间^[16]。有研究发现在根管充填后充填材料间或材料与牙本质界面间还会留有空隙,空隙的存在会引起根尖微渗漏,使微生物重新定植于根管内导致根管治疗的失败^[17]。微渗漏是根管壁与充填材料以及充填材料与充填材料之间存在的一种能使微生物、液体和一些化学物质通过的微小空隙,是评价根管充填材料对根尖封闭效能的常用指标^[18]。而空隙发生频率则决定了根管充填的严密程度,进而可评价使用不同技术和材料进行根管充填的效果^[19]。因此本研究选用根尖微渗漏值和根充后空隙频率作为研究指标来比较两种根管充填剂 GuttaFlow 和 AH Plus 的根尖封闭作用。

国内外常用的评估根管充填材料和技术密封性的方法有体外微渗漏模型和体内犬模型^[20]。体外微渗漏模型包括染料渗透法、唾液渗透法、细菌渗透法、荧光测定法、葡萄糖渗透法等^[21]。本文所纳入的关于根管微渗漏值的研究均采用最简便、常用的染料渗透法。关于根管充填后1周、3个月根尖微渗漏值的 Meta 分析 I^2 分别为 35%、55%,寻找分析异质性来源后认为异质性来源于各研究的研究对象不一致及根管预备的器械和型号不统一,造成根管预备后锥度与直径差异较大。本文所纳入的关于根管充填后空隙发生率的研究存在较大的异质性,寻找分析异质性来源,认为异质性来源主要在于研究间试验方法的不同,研究^[10]使用切片机自冠方向根尖每间隔 1 mm 垂直于牙长轴制备牙根切片,而研究^[13]则间隔 1~2.5 mm,研究^[14]间隔 0.2 mm 且对切片冠根向两个横截面都进行空隙测量,造成研究间牙根切片量、结局指标等数据差值较大,导致整体异质性较大,但因无法消除异质性来源,则对根管充填后空隙发生率指标只进行系统评价不进行数据合并 Meta 分析。

本研究纳入的文献多数观察时间为1周,观察时间大于1周的研究较少。即本研究将小于或等于1周的观察时间视为短期。本文分析结果显示短期内(≤ 1 周)GuttaFlow 组根尖微渗漏值可能小

于 AH Plus 组,短期根尖封闭性能可能优于 AH Plus 组。分析原因可能在于:①GuttaFlow 根管充填剂除具有良好的根尖段适应性和材料的不溶解性外,还与它固化后体积不收缩反而有 0.2%轻度膨胀的特点有关^[22];② GuttaFlow 根管充填剂较 AH Plus 根管充填剂具有良好的流动性;③GuttaFlow 根管充填剂所需的凝固时间较短,且其固化不受根管内温度和湿度的影响^[23];④正常牙本质小管的直径为($> 1 \mu\text{m}$),GuttaFlow 根管充填剂因其较小的牙胶颗粒直径($< 0.9 \mu\text{m}$),使其更容易进入牙本质小管,与牙胶尖和牙本质壁有较好的粘合性^[24];⑤采用 GuttaFlow 根管充填剂无需对牙胶进行加压,由于其良好的流动性和适应性可完善充填根管及根管侧支。而采用冷牙胶侧向加压充填时,仍需通过对牙胶间进行侧向加压尽可能使充填物紧密,其整体稳定性不如 GuttaFlow 根管充填剂与牙胶构成的单一整体稳定。Meta 分析结果显示 GuttaFlow 组和 AH Plus 组根管充填后3个月根尖微渗漏值比较差异有统计学意义,而在充填后6个月两组比较差异无统计学意义。查阅文献,由于国内外学者针对两种根管充填剂长期根尖封闭性能的研究均较少,导致本文纳入的研究数量较缺乏,此结论并未得到合理的解释,仍需大量、高质量、长期的临床试验进一步证明。关于两组间根管充填后空隙发生率的比较,纳入研究中有2项显示 GuttaFlow 组根管充填后空隙发生率较 AH Plus 组高,分析原因可能在于 GuttaFlow 根管充填剂在根管充填时缺少侧向或垂直向充填压力才容易出现空隙。周秀娟等^[10]提出在使用 GuttaFlow 充填技术时虽不需做侧方加压,若应尽可能地插入副牙胶尖,则有可能改善充填的致密度。

本研究的局限性:①评价根尖微渗方法较多,染料渗透实验是评价根管充填剂根尖封闭性最常用的方法,但此方法存在缺乏再现性、存在不同的泄露模型、没有统一的标准等限制,使研究结果存在偏差;②本研究纳入的研究对象不统一,牙位不全相同,可能造成结果的局限性;③本文所纳入的研究大部分只提及了随机分配并未详细描述随机分配方法且未提及分配隐藏和盲法的运用,使整体研究的真实性受到影响;④本文纳入的文献质量参差不齐且研究的指标单一,研究的时间较短,大部分研究只测量了根充后1周的根尖微渗漏值,因缺乏长期大样本高质量研究,造成研究结果的局限性,未能对两种根管充填剂长期根尖封闭作

用进行评价。

综上所述,当前研究证据显示,在短期内(≤ 1 周)GuttaFlow 根管充填剂的短期根尖封闭作用可能优于 AH Plus 根管充填剂。受纳入研究时间、质量和研究方法的限制,此结论还需要更多长期、高质量、大样本、多测量指标的随机对照试验来进一步验证。

参考文献

- [1] Dainezi VB, Iwamoto AS, Martin AA, et al. Molecular and morphological surface analysis: effect of filling pastes and cleaning agents on root dentin[J]. J Appl Oral Sci, 2017, 25(1): 101-111.
- [2] Tan M, Chai Z, Sun C, et al. Comparative evaluation of the vertical fracture resistance of endodontically treated roots filled with Gutta-percha and Resilon: a meta-analysis of *in vitro* studies[J]. BMC Oral Health, 2018, 18(1): 107-119.
- [3] Taraslia V, Anastasiadou E, Lignou C, et al. Assessment of cell viability in four novel endodontic sealers[J]. Eur J Dent, 2018, 12(2): 287-291.
- [4] 黎景景, 李俊亮, 高雅凡, 等. 不同根充止点下预备根管对常温流动牙胶充填质量的影响[J]. 口腔疾病防治, 2018, 26(1): 26-30.
- [5] 陈红, 李风舟, 周薇, 等. 4种根管充填方法根尖封闭性能的体外研究[J]. 广东牙病防治, 2015, 23(12): 643-647.
- [6] 玛丽亚木古丽·帕塔尔, 牛巧丽, 艾山·依力哈木, 等. GuttaFlow 对根管充填封闭性能的体外研究[J]. 口腔医学, 2018, 38(2): 124-126.
- [7] 王茵, 宫琳, 伍小臻, 等. 三种根管封闭材料根尖封闭能力的远期评价[J]. 中国实验诊断学, 2015, 19(5): 754-757.
- [8] 吴林芮, 刘加荣. 4种根管管管充填剂根尖封闭效果的体外研究[J]. 华中科技大学学报: 医学版, 2017, 46(5): 608-611.
- [9] 王小燕. 两种微渗漏检测法评价 GuttaFlow 根充系统的封闭能力[D]. 广州: 中山大学, 2009.
- [10] 周秀娟, 董艳梅, 高学军. 三种根管充填技术根管系统充盈致密度的实验观察[J]. 中华口腔医学杂志, 2010, 45(8): 494-497.
- [11] Patil P, Rathore VP, Hotkar C, et al. A comparison of apical sealing ability between GuttaFlow and AH plus: an *in vitro* study[J]. J Int Soc Prev Community Dent, 2016, 6(4): 377-382.
- [12] Padmanabhan P, Das J, Kumari RV, et al. Comparative evaluation of apical micro leakage in immediate and delayed postspace preparation using four different root canal sealers: an *in vitro* study[J]. J Conserv Dent, 2017, 20(2): 86-90.
- [13] Anantula K, Ganta AK. Comparison of sealing ability of three different obturation techniques-lateral condensation. Obtura II and GuttaFlow: an *in vitro* study[J]. J Conserv Dent, 2011, 14(1): 57-61.
- [14] Elayouti A, Achleithner C, Lost C, et al. Homogeneity and adaptation of a new gutta-percha paste to root canal walls[J]. J Endod, 2005, 31(9): 687-690.
- [15] Huang Y, Celikten B, Vasconcelos KD, et al. Micro-CT and nano-CT analysis of filling quality of three different endodontic sealers [J]. Dentomaxillofac Radiol, 2017, 46(8): 223-230.
- [16] Mishra P, Sharma A, Mishra S, et al. Push-out bond strength of different endodontic obturation material at three different sites--*in vitro* study[J]. J Clin Exp Dent, 2017, 9(6): 733-737.
- [17] Dash AK, Farista S, Dash A, et al. Comparison of three different sealer placement techniques: an *in vitro* confocal laser microscopic study[J]. Contemp Clin Dent, 2017, 8(2): 310-314.
- [18] Lone MM, Khan FR, Lone MA. Evaluation of microleakage in single-rooted teeth obturated with thermoplasticized Gutta-Percha using various endodontic sealers: an *in vitro* study[J]. J Coll Physicians Surg Pak, 2018, 28(5): 339-343.
- [19] Castagnola R, Marigo L, Pecci R, et al. Micro-CT evaluation of two different root canal filling techniques[J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2018, 22(15): 4778-4783.
- [20] Li GH, Niu LN, Zhang W, et al. Ability of new obturation materials to improve the seal of the root canal system: a review[J]. Acta Biomater, 2014, 10(3): 1050-1063.
- [21] Mousavi S, Khademi A, Soltani P, et al. Comparison of sealing ability of ProRoot mineral trioxide aggregate, biodentine, and ortho mineral trioxide aggregate for canal obturation by the fluid infiltration technique[J]. Dent Res J, 2018, 15(5): 307-312.
- [22] Adhikari HD, Jain S. Scanning electron microscopic evaluation of marginal adaptation of AH-Plus, GuttaFlow, and RealSeal at apical one-third of root canals-Part II: core-sealer interface[J]. J Conserv Dent, 2018, 21(1): 90-94.
- [23] Tanomaru-Filho M, Esteves Torres FF, De Almeida M, 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.
- [24] Moon HJ, Lee JH, Ahn JH, et al. Temperature-dependent rheological property changes of thermoplastic gutta-percha root filling materials[J]. Int Endod J, 2015, 48(6): 556-563.

(编辑 张琳, 孙书昱)