

聚氨酯基抗菌根管充填材料的制备与性能研究*

王 尖,孙 斌,李玉宝,左 奕,邹 琴,林丽丽,李吉东

(四川大学 分析测试中心,纳米生物材料研究中心,成都 610064)

摘 要: 理想的根管充填材料应具有良好根管封闭性能与抗菌作用。通过在具有良好可调控性自固化聚氨酯中添加无机抗菌剂磷酸银,经先制备预聚体,再进一步聚合的方法制备新型载磷酸银聚氨酯基根管充填材料($\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$)。红外光谱分析表明,制得的聚氨酯预聚物由异氰酸根($-\text{NCO}$)封端, $-\text{NCO}$ 的转换率为75.2%,经进一步反应制得的聚氨酯高聚物中 $-\text{NCO}$ 转换率为96.8%。依照根管充填材料的ISO标准评价了材料理化性能,结果显示其理化性能符合ISO标准的要求;抑菌环、抗细菌粘附和抑菌率实验结果表明, $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ 能有效抑制细菌粘附和增殖,与细菌接触培养7 h后抑菌率 $>90\%$,是一种有应用潜力的新型抗菌根管充填材料。

关键词: 根管充填材料;聚氨酯;磷酸银;理化性能;抗菌性能

中图分类号: TB33

文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.1001-9731.2014.14.021

1 引 言

根管充填作为根管治疗的关键步骤,其意义在于消灭术后留下的死腔,杜绝感染及炎症的再发生,可有效预防和治疗牙髓与根尖周疾病^[1]。目前用于临床的根管充填材料仍存在不能完全封闭根管的问题^[2],如环氧树脂类材料(Epiphaney)以及热塑性根管充填糊剂(gutta-percha,GP)在聚合完成后会产生体积收缩,根尖部根管充填材料与管壁间微间隙的形成会造成根尖微渗漏,细菌及代谢产物易进入根尖组织,导致根管治疗失败^[3-4]。因此,理想的根管充填材料应具有良好的根管封闭性能(充填后不收缩)和抗菌作用,有效地控制根管感染^[5]。

聚氨酯是一种由软硬段组成的嵌段聚合物,具有结构灵活可调控的特点,近年来由于其优良的生物相容性和机械性能,被广泛用作生物医用材料^[6-7],但用于根管充填却未见报道。通过调控聚氨酯软硬段的组分和比例,可设计制备出满足临床要求的自固化可注射根管充填材料,添加抗菌剂可赋予其抗菌性能。

抗菌剂是指自身具有杀灭或抑制微生物生长的一

类新型功能材料,包括有机抗菌剂、无机抗菌剂和天然抗菌剂3类^[8],其被用于根充材料取得了一定的临床效果,但仍存在一些问题。有机抗菌剂为传统抗菌剂,杀菌力强,在医疗领域得到广泛应用,但毒性大、安全性不足^[9]。如酚类抗菌剂有细胞毒性,对根尖周组织产生刺激,可能使机体产生过敏反应^[10-11];甲硝唑、替硝唑类抗菌剂也存在一定的毒副作用^[12];近年来抗生素滥用导致耐药性菌株增多,使抗生素类药物的应用受到限制^[13]。相对于有机类、抗生素类抗菌剂,无机抗菌剂具有广谱抗菌、灭菌率高、安全性好、不产生耐药性和长效抗菌等特点,具有广阔的应用前景。作为无机抗菌剂杰出代表的 Ag^+ 抗菌能力强,毒副作用小,对细菌、真菌以及病毒都有显著的抑制作用。磷酸银(Ag_3PO_4)属水微溶无机物,释放出的 Ag^+ 在较低浓度下即可发挥良好的抗菌效果。

本文通过在具有良好可调控性的可注射自固化聚氨酯中添加无机抗菌剂 Ag_3PO_4 ,制备具有抗菌性能的聚氨酯基根管充填材料,以评价根管充填材料的ISO标准为依据,系统研究其理化性能;并通过抑菌环实验、抗细菌粘附实验和抑菌率实验,评价载磷酸银聚氨酯基根管充填材料的抗菌性能。

2 实 验

2.1 仪器与试剂

傅里叶变换红外光谱(FT-IR, Nicolet6700, USA);凝胶渗透色谱(GPC, Waters410);能量色散X射线光谱(EDX, INCA 250)。聚四氢呋喃醚二醇(PT-MEG),分子量2 000;聚乙二醇(PEG),分子量600;异佛尔酮二异氰酸酯(IPDI);辛酸亚锡;三乙醇胺;磷酸银粉末(Ag_3PO_4),以上试剂直接使用;1,4-丁二醇(BDO)在1 330 Pa、120 °C干燥箱中脱水1 h后使用。 Ag_3PO_4 购自百灵威试剂公司,其余试剂均为分析纯级,购自上海阿拉丁试剂公司。

2.2 $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ 的制备

组分A:取90 g PTMEG、23 g IPDI与3.39 g Ag_3PO_4 粉末(最终产物中 Ag_3PO_4 含量为3%(质量分数))加入三颈瓶,升温至70 °C于氮气保护下搅拌反应

* 基金项目:国家高技术研究发展计划(863计划)重点资助项目(2011AA030102);国家自然科学基金资助项目(51002099);四川省科技计划项目支撑计划资助项目(2012FZ0125)

收到初稿日期:2013-09-06

收到修改稿日期:2013-12-20

通讯作者:李吉东, E-mail: nic1979@scu.edu.cn

作者简介:王 尖 (1990-),男,陕西安康人,硕士,师承李吉东副教授,从事生物材料研究。

5 h后,加入 2 mL BDO,继续反应 2 h,制得异氰酸根封端的聚氨酯预聚体 A (Pre-Ag₃PO₄/PU)。组分 B:将分子量为 600 的聚乙二醇、辛酸亚锡与三乙醇胺按照质量比为 8:2:5 混合,制得组分 B。使用前将组分 A 与 B 按质量比 10:1 混合均匀,组分 A 中的一NCO 与组分

B 中聚乙二醇与三乙醇胺中的一OH 在室温下反应并固化,制备得到呈网状高度交联载磷酸银聚氨酯 (Ag₃PO₄/PU)。用相同方法制备不含 Ag₃PO₄ 纯聚氨酯预聚物 (Pre-PU) 及纯聚氨酯 (PU) 作为对照。图 1 为聚氨酯聚合反应示意图及反应中各成分的分子结构。

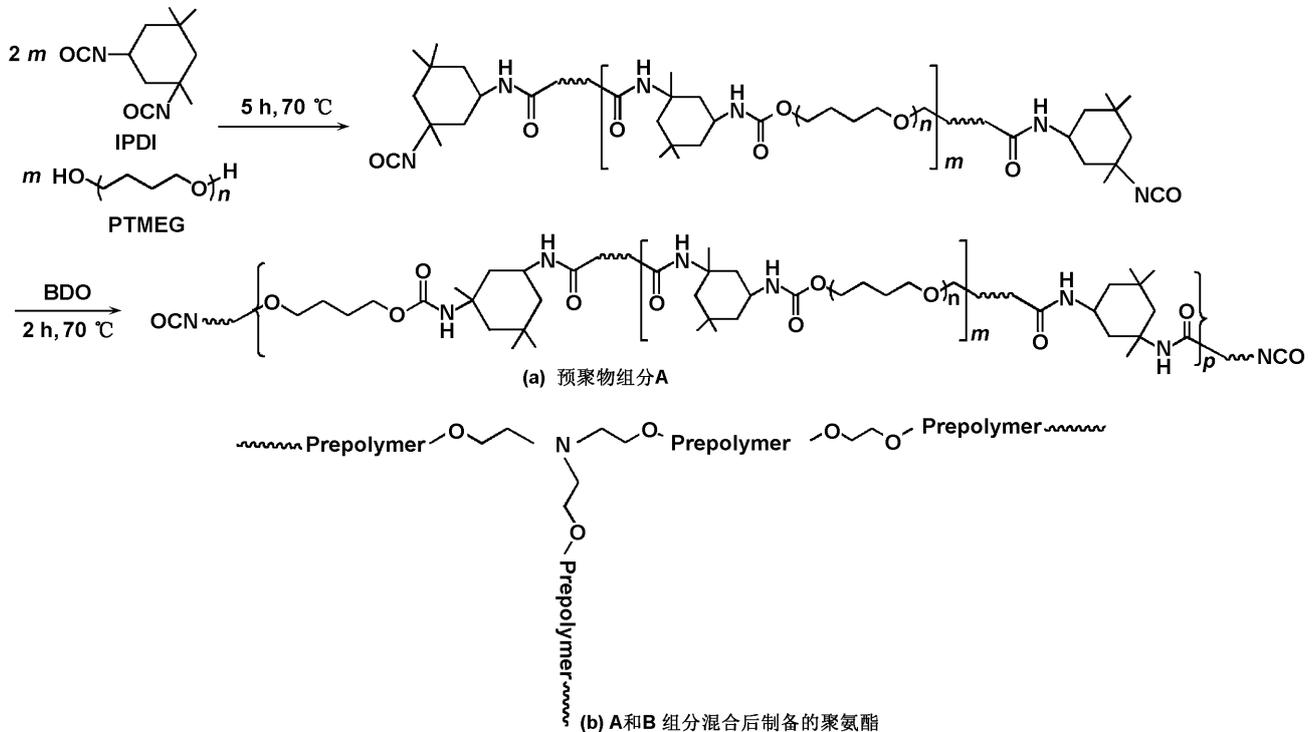


图 1 聚氨酯聚合反应示意图

Fig 1 Synthetic scheme of polyurethane

2.3 实验方法

2.3.1 理化性能表征

采用傅里叶变换红外光谱分析材料官能团及结构变化;凝胶渗透色谱分析材料的分子量及聚合度。能量色散 X 射线光谱分析 Ag₃PO₄ 在材料中的分布状况。根据根管充填材料评价标准 [ISO 6876: 2012 (E)] 表征材料相关理化性能。

2.3.2 Ag₃PO₄/PU 抑菌环实验

将金黄色葡萄球菌 (*S. aureus*, ATCC6538) 用 PBS 制成浓度约 10⁶ CFU/mL 菌悬液,取 0.1 mL 菌悬液均匀涂布于固化的营养琼脂培养基上。取 0.2 mL PU 和 Ag₃PO₄/PU 实验材料注射于培养基中央,37 °C 培养 24 h 后观察抑菌环并拍照。

2.3.3 Ag₃PO₄/PU 抗细菌粘附实验

选用具良好抗菌性能的根管充填产品 AH Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany) 和纯 PU 分别作为阳性和阴性对照组。将在 teflon 模具 (内径 5 mm, 高 3 mm) 中固化的材料用环氧乙烷灭菌,放入 2 mL 浓度约 10⁶ CFU/mL 的 *S. aureus* 菌悬液中培养 24 h。经处理后用 SEM 观察细菌在不同材料表面粘附情况。

2.3.4 Ag₃PO₄/PU 抑菌率实验

分别向 6 支试管中加入 200 μL 浓度为

10⁶ CFU/mL *S. aureus* 菌悬液。将在 teflon 模具中 (内径 5 mm, 高 3 mm) 固化的 Ag₃PO₄/PU 根充材料分别放入 3 支试管中,剩余 3 支试管为空白对照液。作用 1, 3, 7, 12 和 24 h 后,移取 100 μL~1 mL 生理盐水中,充分混匀,作适当稀释,取 2~3 个稀释度,分别移取 450 μL 置于两个平皿,用冷至 40~45 °C 的营养琼脂培养基 15 mL 作倾注,转动平皿,使其混合均匀,琼脂凝固后翻转平板,在 (37±1) °C 孵箱内培养 24 h 作活菌菌落计数。实验重复 3 次,按式(1)计算抑菌率(X)

$$X = \frac{(N_c - N_s)}{N_c} \times 100\% \quad (1)$$

式中, N_c 为对照液平均菌落数 (CFU/mL); N_s 为试样液平均菌落数 (CFU/mL)。

3 结果与讨论

3.1 FT-IR 及 GPC 分析

本文中聚氨酯合成反应为 PTMEG 中的一OH 与 IPDI 中的一NCO 发生缩合反应生成氨基甲酸酯高分子的过程。图 2 为 IPDI、PTMEG、Pre-PU、Pre-Ag₃PO₄/PU、PU 和 Ag₃PO₄/PU 的红外光谱。PTMEG 位于 3 475 cm⁻¹ 处—OH 特征吸收峰在反应生成预聚物 Pre-PU 和 Pre-Ag₃PO₄/PU 后强度变弱,随着反应进行,在最终产物 PU 和 Ag₃PO₄/PU 中消失。

说明随着聚合反应的进行, —OH 逐渐消耗。单体 IPDI 位于 $2\ 270\ \text{cm}^{-1}$ 的 —NCO 特征峰在反应生成 Pre-PU 和 Pre- $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ 仍存在, 其峰强度降低, 表明合成的 Pre-PU 与 Pre- $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ 是由 —NCO 封端的预聚体。在聚合生成 PU 和 $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ 后, —NCO 进一步反应消耗, 其吸收峰基本消失。 $1\ 730\ \text{cm}^{-1}$ 附近的峰是 PU 中羰基双键(C=O)的伸缩振动峰, 它是由 IPDI 中的 —NCO 与 PTMEG 的 —OH 基团相互作用形成的。在 Pre-PU、Pre- $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ 、PU 和 $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ 红外光谱中 $1\ 730$ 与 $1\ 540\ \text{cm}^{-1}$ 处的特征峰表明了脲基的存在, 说明该方法可成功制备聚氨酯。从红外图谱来看, 无机抗菌剂 Ag_3PO_4 的加入对聚合反应和聚氨酯结构没有明显影响, 表明 Ag_3PO_4 以物理共混的形式分散于聚合物中, 有利于 Ag^+ 的缓释。

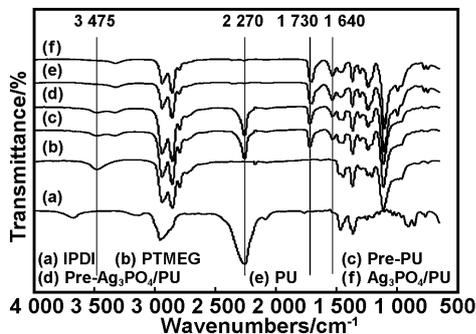


图 2 IPDI、PTMEG、Pre-PU、Pre- $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ 、PU 和 $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ 的红外光谱

Fig 2 FT-IR spectra of IPDI, PTMEG, Pre-PU Pre- $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$, PU, $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$

通过考察 —NCO 特征峰在反应过程中的衰减变化趋势, 可探讨聚合反应的进程。图 3 为 IPDI、Pre- $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ 和 $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ 中 —NCO 基团谱带叠加, 以 —NCO 特征峰半峰宽为基准计算谱峰面积对应 $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ 合成的两个阶段 —NCO 含量的变化趋势。

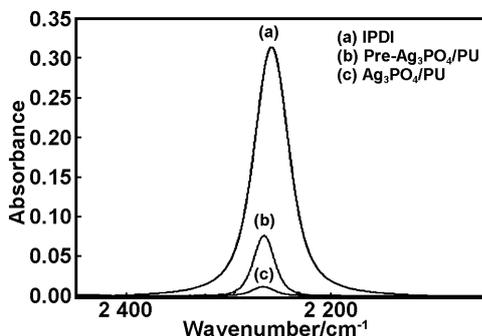


图 3 IPDI、Pre- $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ 与 $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ 的异氰酸根(—NCO)代表性红外光谱

Fig 3 The representative FT-IR spectra of IPDI, Pre- $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ and $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$

第一阶段 PTMEG 与 IPDI 发生缩合反应形成 —NCO 封端的预聚体, 消耗大量的 —NCO; 第二阶段预聚体组分 A 中的 —NCO 与组分 B 中三乙醇胺和聚乙二醇中的 —OH 发生反应, —NCO 进一步被消耗。

通过计算峰面积, Pre- $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ 和 $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ 中 —NCO 转化率分别为 75.2% 与 96.8%, 表明绝大部分小分子单体转化为高分子物质。由 GPC 分析可知, 聚氨酯预聚体与固化后聚氨酯高聚物的数均分子量分别为 13 658 和 37 161, 聚合度分别为 12.22 与 25.12, 表明聚合反应增强了聚氨酯的交联, 有助于充填材料固化成型, 封闭根管。

3.2 $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ 断面能谱分析

图 4 为 Ag 元素在 $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ 中的面扫描图, 表明通过原位聚合伴随一定机械搅拌, 磷酸银在材料中分布均匀。

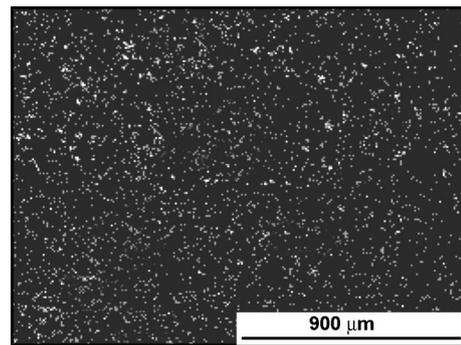


图 4 Ag 元素在 $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ 中的面分布图

Fig 4 EDX map of silver on the surface of $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$

3.3 $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ 理化性能测试

根据根充材料 ISO 标准评价 $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ 根管充填材料的固化时间、膜厚度和溶解性等。固化时间的测定在 $37\ ^\circ\text{C}$, 95% 相对湿度下进行; 其余实验在 $(23 \pm 2)\ ^\circ\text{C}$, $(50 \pm 5)\%$ 相对湿度下进行。选用已在临床上使用的 AH Plus 和 Apexit Plus (Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein) 根充材料作为阳性对照, 以纯 PU 为阴性对照。每组采用 5 个平行样, 结果以平均值加标准偏差表示。表 1 为 AH Plus、Apexit Plus、PU 和 $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ 4 种根充材料的理化性能。根充材料必须保证具有足够长的固化时间使得材料可以被放置于恰当的位置, 固化反应时间过长, 未反应完的化学基团可能会与组织发生作用, 造成负面影响。由表 1 可知, 与 PU 相比, $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ 固化时间变长, 其原因可能是添加 Ag_3PO_4 后阻碍了组分 A 与 B 间的反应, 降低了反应速率, 使固化时间变长, 但 $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ 的固化时间介于临床使用的 AH Plus 和 Apexit Plus 之间, 可满足临床使用的要求。

根充材料合适的流动性能使材料渗入不规则的根管和侧枝根管, 达到完全封闭根管的作用, 但过高的流动性有可能使材料渗出根尖孔, 产生过充, 对牙周组织产生刺激, 导致过敏和炎症反应。ISO 标准中膜厚度指标反映根管充填材料的流动性能, 由表 1 可知, 本文制备的 $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{PU}$ 膜厚度优于 AH Plus 和 Apexit Plus。相对于纯 PU, 添加 Ag_3PO_4 后材料的膜厚度略有增大, 但其仍能满足 ISO 标准的要求。

表 1 AH Plus、Apexit Plus、PU sealer 与 PU/Ag₃PO₄ 的理化性质
Table 1 Physicochemical properties of AH Plus, Apexit Plus and PU sealer

	AH Plus	Apexit Plus	PU sealer	PU/Ag ₃ PO ₄
Setting time/min	494±25	108±21	134±17	313±20
Film thickness/ μm	45.80±1.30	38.20±2.59	29.80±3.27	37.21±2.71
Solubility/%	0.39±0.21	0.56±0.27	0.13±0.07	0.34±0.11

本文设计制备的双组分均为液态,在混合初期具有良好的流动性和可注射性,因此能较好地满足根管充填材料对流动性的要求。根充材料的溶解稳定性即材料浸入纯水中一段时间后材料不被溶解的能力。Ag₃PO₄/PU 的溶解性为(0.34±0.11)%,小于标准规定的 3%,且比阳性对照组 AH Plus 和 Apexit Plus 材料小。但与纯 PU 相比,加入 Ag₃PO₄ 后溶解性略微增大,可能是样品表层的 Ag₃PO₄ 溶解所致。

3.4 Ag₃PO₄/PU 抑菌环实验

由图 5 可知,纯 PU 周围没有出现抑菌环,而

Ag₃PO₄/PU 周围出现了明显的抑菌环,说明 Ag₃PO₄/PU 中加入的 Ag₃PO₄ 在营养琼脂培养基中水的作用下会溶出 Ag⁺,抑制了材料周围细菌的生长。

3.5 Ag₃PO₄/PU 抗细菌粘附实验

由图 6 可以看出,在与菌悬液共培养 24 h 后,纯 PU 表面附着大量细菌,而具有抗菌功能的 AH Plus 表面粘附细菌较少,Ag₃PO₄/PU 表面仅有少量金葡萄菌粘附,说明 Ag₃PO₄/PU 具有较强的抗细菌粘附能力。

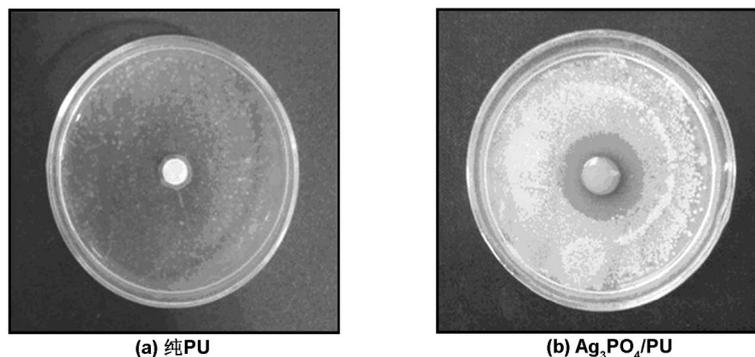


图 5 纯 PU 与 Ag₃PO₄/PU 对金葡萄的抑菌环照片

Fig 5 The photos of bacteriostatic annulus of PU sealer and Ag₃PO₄/PU sealer for *S. aureus*

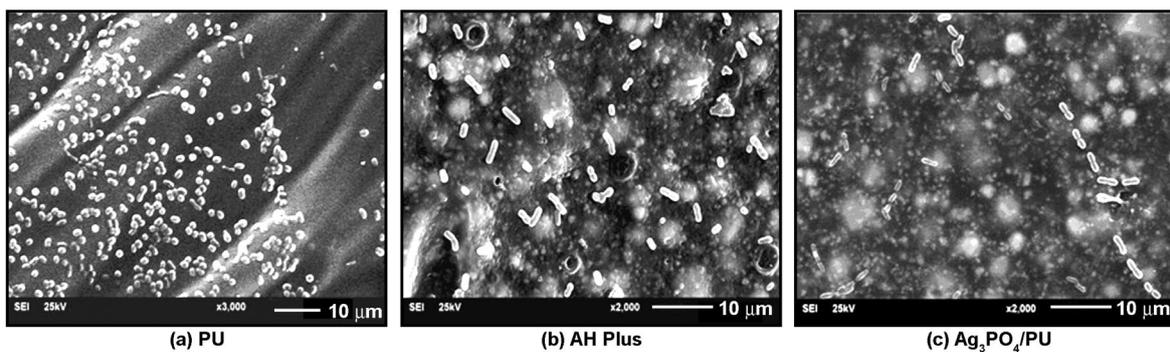


图 6 PU、AH Plus 和 Ag₃PO₄/PU 细菌粘附的 SEM 照片

Fig 6 SEM photos of bacteria adhesion on PU, AH Plus and Ag₃PO₄/PU surface

3.6 Ag₃PO₄/PU 抑菌率实验

Ag₃PO₄/PU 的抑菌率结果如图 7 所示,PU/Ag₃PO₄ 与菌悬液共培养 1,3,7,12 和 24 h 后,抑菌率分别为 73%,85.6%,92.3%,95.6%与 97.4%,随着时间的延长,抑菌率呈增大趋势,7 h 后,抑菌率即超过 90%以上,24 h 后,抑菌率达到 97.4%,说明其对金葡萄菌具有高效的抑制作用。尽管根管治疗时通过机械和化学的方法移除根管内的细菌等污染物,仍可能有病菌残留,此外微渗漏的发生也会使口腔内的细菌进入根管,因再感染而导致根管治疗失败。因此,根管充填

材料良好的抗菌性能可以大大降低细菌感染根管的风险,提高根管治疗的成功率。由于 Ag⁺ 抗菌能力强,同时对结构更复杂和高级的真核细胞毒性较小,已广泛运用于牙科、眼科等医学领域,其杀菌机理的多重性,如抑制细胞的呼吸链、改变细胞膜的渗透性、使核酸变性等机制,因此很少有对 Ag⁺ 耐受的细菌出现。本文通过在良好流动性和可注射性的 PU 中添加无机抗菌剂 Ag₃PO₄ 赋予材料良好的抗菌性能。抑菌环实验表明,制备的 Ag₃PO₄/PU 中 Ag⁺ 可从材料中溶出发挥抑菌作用,抗细菌粘附实验表明材料表面的抗菌

成分能有效抑制细菌粘附,发挥接触抗菌作用。

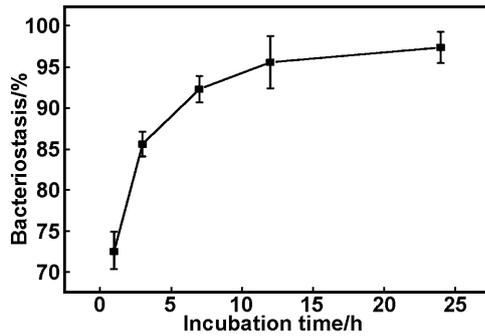


图7 Ag₃PO₄/PU的抑菌率曲线

Fig 7 The bacteriostatic rate of Ag₃PO₄/PU sealer for S. aureus

4 结 论

(1) 通过原位聚合制备异氰酸根封端的载磷酸银聚氨酯预聚物,然后再通过将预聚物与固化剂组分混合成功制备了可注射根充材料 Ag₃PO₄/PU。

(2) Ag₃PO₄/PU 的理化性能符合 ISO 标准的要求。材料中的无机抗菌剂 Ag₃PO₄ 通过表面接触抗菌和 Ag⁺ 溶出抗菌的双重机制使该材料具有高效抗菌作用。实验结果表明,Ag₃PO₄/PU 是一种有潜力的可注射、自固化抗菌根管充填材料。

参考文献:

- [1] Evanelos G., Kontakiotis, Giorgos N, et al. A 12-month longitudinal in vitro leakage study on a newsilicon-based root canal filling material (Gutta-Flow)[J]. Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology, 2007, 103:854-859.
- [2] Chen F, Liu C, Mao Y. Bismuth-doped injectable calcium phosphate cement with improved radiopacity and potent antimicrobial activity for root canal filling [J]. Acta Biomaterialia, 2010, 6(8): 3199-3207.
- [3] Liu F, He J W, Lin Z M, et al. Synthesis and character-

ization of dimethacrylate monomer with high molecular weight for root canal filling materials [J]. Molecules, 2006, 11: 953-958.

- [4] Gesi A, Raffaelli O, Goracci C, et al. Interfacial strength of Resilon and gutta-percha to intraradicular dentin [J]. Journal of Endodontics, 2005, 31(11): 809-813.
- [5] Kennedy J, Hussey D. The antimicrobial effects of root canal irrigation and medication [J]. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology, 2007, 103(4): 560-569.
- [6] Dickinson R B, Nagel J A, Proctor R A, et al. Quantitative comparison of shear-dependent staphylococcus aureus adhesion to three polyurethane ionomer analogs with distinct surface properties [J]. Journal of Biomedical Materials Research, 1997, 36(2): 152-162.
- [7] Jeong E H, Yang J, Youk J H. Preparation of polyurethane cationomer nanofiber mats for use in antimicrobial nanofilter applications [J]. Materials Letters, 2007, 61(18): 3991-3994.
- [8] Wang Qiong, Feng Qiming, Lu Hao, et al. Preparation and properties of magnetic Ag⁺/organic zeolite 5A composite antibacterial agent[J]. Journal of Functional materials, 2013, 44(15):2248-2252.
- [9] Long Quan, Zheng Baozhong, Zhou Yingkui, et al. Study on the antimicrobial activities to staphylococcus aureus and candida albicans[J]. Journal of Functional materials, 2006, 33(2):274-276.
- [10] Meryon S D, Johnson S G, Smith A J. Eugenol release and the cytotoxicity of different zinc oxide-eugenol combinations [J]. Journal of Dentistry, 1988, 16(2): 66-70.
- [11] Barkin M E, Boyd J P, Cohen S. Acute allergic reaction to eugenol [J]. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 1984, 57(4): 441-442.
- [12] Campos M E, Meraz M, Sánchez H, et al. Amoebicidal in vitro activity shown by some metronidazole analogues; biological response-reduction potential correlation [J]. Pharmaceutical Research, 1995, 12(4): 630-633.
- [13] Zhang Wei, Liang Xinjie, Deng Xuliang, et al. The application of antibacterial agents in root canal filling[J]. J Modern Somatol, 2007, 21(5): 531-533.

Preparation and properties of a novel polyurethane based antibacterial root canal sealer

WANG Jian, SUN Bin, LI Yu-bao, ZUO Yi, ZOU Qin, LIN Li-li, LI Ji-dong
(Research Center for Nano-Biomaterials, Analytical and Testing Center, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

Abstract: An ideal root canal sealer should possess capacity to seal the cavity completely and has good antibacterial ability. In this paper, a novel injectable self-setting silver phosphate loaded polyurethane (Ag₃PO₄/PU) antibacterial root canal sealer was developed via incorporation Ag₃PO₄ into PU matrix by two step. The fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) analysis indicated that pre-polymer of polyurethane (PU) with isocyanate (—NCO) sealing side was prepared in first step and the percent conversion of the —NCO was 75.2%. The final Ag₃PO₄/PU root canal sealer was formed through further polymerization of the pre-polymer with other reagents and the percent conversion of the —NCO could reach 96.8%. The physicochemical properties were evaluated according to the ISO standards for root canal sealer and the results indicated that the physicochemical performance could meet requirements of the ISO standards. The antibacterial abilities of the fabricated Ag₃PO₄/PU root canal sealer to S. aureus were studied through inhibition zone test, anti-adhesion test and bacteriostatic rate test, the results suggested that the PU/Ag₃PO₄ had good antibacterial properties. This novel injectable self-setting antibacterial root canal sealer has a great potential to be used in clinic.

Key words: root canal sealer; polyurethane; silver phosphate; physicochemical properties; antibacterial