

健康志愿者中牙周膜麻醉和黏膜下浸润麻醉的效果比较

马林, 万阔, 景泉, 孔令佳, 冯峥, 田彬彬

中国医学科学院 北京协和医学院 北京协和医院口腔科, 北京 100730

通信作者: 万阔 电话: 010-69155256, 电子邮件: wankuo@126.com

摘要: **目的** 比较在健康志愿者中使用计算机控制局部麻醉注射仪 (C-CLADS) 进行的牙周膜麻醉与使用手推注射器进行黏膜下浸润麻醉在注射疼痛、麻醉效果、麻药用量及并发症方面的差异。**方法** 2012年9月至2013年5月在北京协和医院口腔科招募50例18~56岁志愿者, 采用随机自身对照, 一侧采用C-CLADS进行牙周膜麻醉, 对侧用传统的手推式黏膜下浸润麻醉 (对照), 比较两侧的起效时间、用药剂量及麻醉效果, 并采用语言评价量表 (VRS) 和视觉模拟量表 (VAS) 评价注射疼痛程度, 记录两种麻醉方式的并发症。**结果** 采用C-CLADS进行牙周膜麻醉的药物剂量和注射疼痛程度均显著小于传统的手推式浸润麻醉 [剂量: (0.34 ± 0.09) ml 比 (0.55 ± 0.13) ml, $P < 0.01$; VRS: 0.42 ± 0.73 比 1.38 ± 0.92 , $P < 0.01$; VAS: 1.34 ± 1.21 比 3.10 ± 1.70 , $P < 0.01$]。C-CLADS麻醉成功率与传统黏膜下浸润麻醉比较差异无统计学意义 (90.0% 比 94.0%, $P > 0.05$)。牙周膜麻醉12例 (24%) 出现牙周膜麻醉后疼痛。**结论** 采用C-CLADS进行牙周膜麻醉与传统的手推注射黏膜下浸润麻醉比较, 可以减少药物剂量, 降低注射疼痛, 并达到良好的麻醉效果, 但有较大比例出现术后疼痛。

关键词: 健康志愿者; 局部麻醉; 牙周膜麻醉; 计算机控制局部麻醉注射仪

中图分类号: R614.3 文献标志码: A 文章编号: 1000-503X(2014)03-0271-06

DOI: 10.3881/j.issn.1000-503X.2014.03.008

Comparison of Periodontal Ligament Anesthesia and Submucosal Infiltration Anesthesia in Healthy Volunteers

MA Lin, WAN Kuo, JING Quan, KONG Ling-jia, FENG Zheng, TIAN Bin-bin

Department of Stomatology, PUMC Hospital, CAMS and PUMC, Beijing 100730, China

Corresponding author: WAN Kuo Tel: 010-69155256, E-mail: wankuo@126.com

ABSTRACT: Objective To compare periodontal ligament anesthesia using a computer-controlled local anesthetic delivery system (C-CLADS) and submucosal infiltration anesthesia using a manually operated syringe in terms of the injection pain, anesthetic effect, anesthetic dose, and complications in healthy volunteers. **Methods** Fifty healthy volunteers, aged 18 to 56 years, were recruited from September 2012 to May 2013 in the Department of Stomatology of Peking Union Medical College Hospital. A randomized self-controlled trial was conducted by applying a periodontal ligament anesthesia on one side and conventional manual submucosal infiltration anesthesia to the other (control) side. The differences in the onset time of anesthesia, drug dosage, anesthetic effect, and the degree of injection pain were compared. The complications associated with the two anesthesia methods were also recorded. **Results** When using C-CLADS to perform a periodontal ligament anesthesia, the drug dosage and the severity of injection pain were significantly less than those of conventional manual infiltra-

tion anesthesia [drug dosage: (0.34 ± 0.09) ml vs. (0.55 ± 0.13) ml, $P < 0.01$; VRS: 0.42 ± 0.73 vs. 1.38 ± 0.92, $P < 0.01$; VAS: 1.34 ± 1.21 vs. 3.10 ± 1.70, $P < 0.01$]. The anesthesia success rate was approximately 90.0%, showing no significant difference relative to conventional submucosal infiltration anesthesia. Approximately 24% of the volunteers experienced postoperative pain after periodontal ligament anesthesia. **Conclusion** Compared with conventional submucosal infiltration anesthesia using manual syringes, periodontal ligament anesthesia performed using C-CLADS can reduce the injection pain and drug dosage while achieving a satisfactory anesthetic effect; however, a considerable proportion of cases may experience postoperative pain.

Key words: healthy volunteer; local anesthesia; periodontal ligament anesthesia; computer-controlled local anesthetic delivery system

Acta Acad Med Sin, 2014, 36(3): 271–276

牙周膜麻醉是直接将药物注入牙周间隙内,理论上具有操作简单、不良反应小、麻醉局限、作用迅速等特点,但由于以往牙周膜麻醉使用的都是传统注射器,存在针头不能进入牙周膜、针管难以提供足够的注射压力等问题,因此牙周膜麻醉很少使用。到20世纪80年代,几种特殊注射器的研制成功解决了针头进入牙周膜和注射压力问题^[1-2]。在注射过程中,由于医生用单手三指操作,注射压力不稳定,容易出现注射压力过高而产生注射时剧烈疼痛。此外,如果使用专用注射器,在推注药液时一定要维持针头位置5~10 s,存在能否准确将麻药注入牙周间隙内的问题,因此单独采用牙周膜麻醉的效果不确定^[3-4]。临床上一般只将其作为辅助麻醉用于其他麻醉法效果不佳的患牙^[5]。计算机控制局部麻醉注射仪(computer-controlled local anesthetic delivery system, C-CLADS)可以有效解决注射压力高、注射疼痛和准确推注的问题,使牙周膜麻醉技术变得简单可行。本研究采用C-CLADS进行牙周膜麻醉,并与传统手推注射器进行的黏膜下浸润麻醉比较,研究其麻醉效果、注射舒适度及麻醉注射后不良反应,探讨其应用前景。

对象和方法

对象及牙齿选择 2012年9月至2013年5月在北京协和医院口腔科招募50名健康成年志愿者,其中,男17例,女33例,平均年龄(25.70 ± 6.84)岁(18~56岁)。入选标准:无心血管疾病,试验24 h内未服用任何药物,美国麻醉师协会(American Society of Anesthesiologists, ASA)分级为I级。本研究设计经北京协和医院伦理委员会批准,详细告知志愿者本试验的内容、方法及可能的不良反应,研究对象均签署知情同意书。

选择同颌对照同名牙,要求牙冠完整,牙周健康,牙龈黏膜无红肿、糜烂及溃疡。排除牙冠有充填体及隐裂纹者。

实验技术路线 测量牙周袋深度,记录牙龈健康状况。选择牙周袋深度小于3 mm、牙龈无炎症的牙,记录每颗牙麻醉前的牙髓电活力数值,排除牙髓电活力数值大于64的牙。

50例志愿者按照参加实验的先后顺序编码为1~50。根据计算机产生的随机表,每一编码对应1个左右两侧的局麻注射方式及注射先后顺序并装入信封。只有1名不参与注射和评估的作者知道注射方式和注射顺序。注射前术者打开信封,按照志愿者编码对应的注射方式和顺序进行2次注射。牙周膜麻醉使用C-CLADS(STA-5220,美国Milestone公司),同颌对照同名牙采用传统唇颊侧黏膜下局部浸润麻醉。麻药均为4%阿替卡因。50例志愿者的唇颊侧黏膜浸润麻醉和牙周膜麻醉均由同一名具有多年工作经验的医生完成。在实验开始前,该医生分别进行了标准牙周膜麻醉及唇颊侧标准局部浸润麻醉操作,获得试验小组评估通过。

注射技术和剂量 牙周膜麻醉:多根牙取近颊、远颊两个注射点,单根牙取远中颊侧为注射点。将30号针尖放入牙龈沟内,针尖与牙齿长轴呈30°角,针尖斜面朝向牙槽骨面,开启低速流注方式(Control-Flo™流速方式,1 ml药液注射时间为207s),使麻醉剂进入组织内,然后沿牙体长轴方向将针头轻轻探入。当针头进入牙周韧带组织中,听到仪器语音提示已找到正确的进针位置。从进针开始至药液从龈沟溢出为止,计算注射时间,根据每秒流速0.005 ml计算药物剂量。

唇颊侧浸润麻醉:牵拉注射处的黏膜,使之绷紧,干燥进针点,在颊黏膜转折处进针,注射针头进

入根尖平面的骨膜上后, 松弛黏膜, 进行骨膜上浸润。注射剂量为 0.2~0.7 ml。

评定指标 注射结束后, 每隔 1 min 采用牙髓活力测定仪 (D626D, 美国 Parkell 公司) 评价麻醉效果, 数值大于 64 为麻醉显效, 记录麻醉显效的时间。如 5 min 后仍未显效, 记为麻醉失败。

由 1 名不知道注射方式的作者采用语言评价量表 (verbal rating scale, VRS) 和视觉模拟量表 (visual analogue scale, VAS) 对志愿者进行注射疼痛评估和术后不适反应的评估。VRS 评定是由志愿者本人用语言文字对注射过程的疼痛程度进行描述, 将疼痛分为无痛、微痛、不适、痛苦、可怕、极度 6 个等级。VAS 也由志愿者本人评定, 采用 10 cm 的直线表示注射疼痛程度, 直线两端分别表示无痛和最剧烈的疼痛, 根据疼痛的感受程度不同, 在直线上的相应部位作记号。

复诊 注射后 24 h 及 48 h 复诊, 记录注射区感觉、唇麻木的持续时间及任何不适反应, 观察注射区牙龈黏膜有无红肿、糜烂及溃疡、坏死等其他不良反应, 如出现不良反应, 延长复诊时间至症状消失。

统计学处理 采用 SPSS 16.0 统计软件, 计量资料以均值 \pm 标准差表示, 麻醉方式成功率比较采用卡方检验, 起效时间、药物剂量、VAS、VRS 评分比较采用配对 t 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

牙位分布 50 名志愿者中, 下颌尖牙 1 人, 上颌磨牙 13 人, 下颌磨牙 6 人, 上颌双尖牙 11 人, 下颌双尖牙 19 人。

麻醉成功率 牙周膜麻醉 45 人显效, 5 人失败,

麻醉成功率为 90.0%; 唇颊侧浸润麻醉 47 人显效, 3 人失败, 麻醉成功率为 94%, 两组差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

药物剂量、显效时间及注射疼痛程度比较 牙周膜麻醉和唇颊侧浸润麻醉药物剂量分别为 (0.34 ± 0.09) ml ($0.18 \sim 0.48$ ml) 和 (0.55 ± 0.13) ml ($0.27 \sim 0.86$ ml), 差异有统计学意义 ($t = 9.21, P < 0.01$)。45 人牙周膜麻醉的显效时间为 (1.44 ± 0.89) min, 47 人唇颊侧浸润麻醉的显效时间为 (1.53 ± 0.80) min, 差异无统计学意义 ($t = 0.49, P > 0.05$)。使用 VRS 评估结果为: 牙周膜麻醉中无痛 34 人, 微痛 13 人, 不适 1 人, 痛苦 2 人; 唇颊侧浸润麻醉中, 无痛 7 人, 微痛 23 人, 不适 16 人, 痛苦和可怕各 2 人。牙周膜麻醉的 VRS 和 VAS 得分均显著低于唇颊侧浸润麻醉 (P 均 < 0.01) (表 1)。

术后不良反应 50 名志愿者唇颊侧浸润麻醉均出现不同程度的唇、颊黏膜麻木肿胀, 持续时间 (146.72 ± 59.85) min; 5 人出现牙齿浮出感, 持续 35~90 min。50 名志愿者牙周膜麻醉中有 1 人出现下唇轻度麻木 (左下第二前磨牙), 持续约 5 min; 18 人出现牙齿浮出感, 持续时间约 10~20 min。24 h 后复查时, 唇颊侧浸润麻醉有 1 人出现注射点轻度红和压痛; 牙周膜麻醉有 27 人出现注射区不同程度的红肿 (轻度红肿 15 人, 中度红肿 9 人, 重度红肿 3 人, 其中 2 人出现注射区溃疡), 12 人出现牙齿叩诊疼痛。48 h 后复查时, 唇颊侧浸润麻醉无不适, 牙周膜麻醉中 13 人注射点轻度红肿, 6 人牙齿叩诊疼痛 (表 2)。72 h 后复查, 牙周膜麻醉组仍有 3 名志愿者在注射区有轻度红肿及牙齿叩诊疼痛。术后第 5 天, 注射区均完全恢复正常, 无叩诊疼痛。

表 1 牙周膜麻醉和黏膜下浸润麻醉的麻醉药物剂量、起效时间及 VRS、VAS 得分比较
Table 1 Comparison of drug dosage, onset time, and VRS and VAS scores between periodontal ligament anesthesia and submucosal infiltration anesthesia

麻醉方式 Anesthetic method	<i>n</i>	剂量 Drug dosage (ml)	起效时间 Onset time (min)	VRS	VAS
黏膜下浸润麻醉 Submucosal infiltration anesthesia	47	0.55 ± 0.13	1.53 ± 0.80	1.38 ± 0.92	3.10 ± 1.70
牙周膜麻醉 Periodontal ligament anesthesia	45	0.34 ± 0.09	1.44 ± 0.89	0.42 ± 0.73	1.34 ± 1.21
<i>P</i> 值 <i>P</i> value		< 0.01	> 0.05	< 0.01	< 0.01

VRS: 语言评价量表; VAS: 视觉模拟量表

VRS: verbal rating scale; VAS: visual analogue scale

表2 牙周膜麻醉和黏膜下浸润麻醉注射后不适的比较
Table 2 Post-injection discomforts in periodontal ligament anesthesia and submucosal infiltration anesthesia

麻醉方式 Anesthetic methods	注射后 After injection		注射后 24 h 24 h after injection		注射后 48 h 48 h after injection	
	麻木肿胀 Numbness and swelling	浮出感 Out-of-socket	注射区红肿 Redness and swelling in the injection region	叩诊疼痛 Pain on percussion	注射区红肿 Redness and swelling in the injection region	叩诊疼痛 Pain on percussion
黏膜下浸润麻醉 Submucosal infiltration anesthesia	50	5	1	0	0	0
牙周膜麻醉 Periodontal ligament anesthesia	1	18	27	12	13	6

对麻醉方式的满意度 注射结束后, 8 名志愿者表示在以后的治疗中更愿意接受唇颊侧浸润麻醉, 42 名志愿者更愿意接受牙周膜麻醉; 注射后 24 h 再次评价, 42 名志愿者中有 9 人因麻醉后咬合疼痛表示仍愿意接受唇颊侧浸润麻醉。

讨 论

传统上颌牙齿的局部麻醉是在颊黏膜转折处的黏膜下浸润麻醉, 麻醉药液通过多孔的上颌骨扩散, 麻醉相应的根尖神经纤维。虽然这种方法用于牙髓麻醉效果很好, 但患者常常感到不适, 还有一些不良反应, 如软组织麻木导致意外咬伤; 面部麻醉导致面部麻木, 影响美容修复时对牙齿和嘴唇协调关系的判断^[6]。本研究中 50 名志愿者在接受唇颊侧浸润麻醉后均出现唇颊黏膜不同程度的麻木肿胀。牙周膜麻醉是将药物注入牙周膜, 仅麻醉 1 颗牙齿或相邻的牙齿, 不伴有唇颊软组织的麻木肿胀^[7]。

C-CLADS 进行牙周膜麻醉的原理是由计算机控制给药, 压力恒定, 使麻醉药物总是处于针头前方, 这就意味着针头穿过口腔组织时先制造了 1 个麻醉通道, 可明显减少注射疼痛^[8-9]。由于痛觉是机体受各种伤害刺激后产生的主观感受, 很大程度上还受到一些心理因素的影响, 尚无客观的定性定量标准和方法。为了使疼痛的评价更为全面客观, 本研究采用了 VRS 和 VAS 两种方式评价注射疼痛。结果显示: 牙周膜麻醉和唇颊侧浸润麻醉的 VAS 得分分别为 1.34 ± 1.21 和 3.10 ± 1.70 , 差异有统计学意义。根据 VRS 结果, 牙周膜麻醉中无痛 34 人, 微痛 13 人, 不适 1 人, 痛苦 2 人; 唇颊侧浸润麻醉中, 无痛 7 人, 微痛 23 人, 不适 16 人, 痛苦和可怕各 2 人。上述结果

显示 C-CLADS 进行牙周膜麻醉的注射疼痛明显小于传统手推式唇颊侧浸润麻醉, 与以往研究结果相似^[10-11]。

关于牙周膜麻醉注射剂量, 多数学者推荐每个牙根注入 0.2 ml^[12-13], 但迄今没有人衡量过 0.2 ml 是否最佳剂量。Hochman^[11] 建议牙周膜麻醉的剂量为: 使用 2% 局部麻醉药物, 单根牙为 0.9 ml, 多根牙为 1.8 ml; 而使用 4% 局部麻醉药物, 单根牙为 0.5 ml, 多根牙为 0.9 ml。Sreekumar 等^[14] 建议使用 4% 的阿替卡因进行上颌牙的浸润麻醉时采用大于 1.0 ml 的剂量, 其起效时间、麻醉效果及持续时间均优于小于 1.0 ml 的剂量。本研究中牙周膜麻醉的剂量为 0.18 ~ 0.48 ml 且麻醉成功率高, 显著低于唇颊侧浸润麻醉的药物剂量。对于有系统性疾病的患者, 进行牙周膜麻醉可减少麻醉药物的使用及麻醉药物引起的相应并发症^[13]。即使是心血管功能严重损害的患者, 牙周膜麻醉对全身状况影响也非常小^[7]。

本研究中两种麻醉方式的起效时间差异无统计学意义, 可能是由于局部浸润麻醉可通过多孔的上颌骨扩散麻醉上颌牙齿, 而本研究中入选的下颌牙除了 1 例下颌尖牙和 6 例下颌磨牙, 其余均为双尖牙, 麻醉药物可通过下颌孔渗入, 因此起效时间与牙周膜麻醉相近。牙周膜麻醉是通过牙槽骨壁的天然孔隙渗向松质骨从而麻醉牙髓, 无需穿过骨皮质^[15]。

在以往的文献报道中, 牙周膜麻醉的成功率差异较大, 与牙位、是否使用肾上腺素及所进行的牙科治疗有关。Biocanin 等^[16] 用 C-CLADS 对下颌前磨牙进行牙周膜麻醉的成功率为 50% ~ 70%。Prama 等^[17] 使用牙周膜麻醉对下颌磨牙进行牙髓摘除术的成功率为 90%。Brkovic 等^[18] 采用牙周膜麻醉进行上颌前牙拔除术的成功率为 91.4%。也有学者指出低流速给药进行牙周膜麻醉时, 牙髓麻醉不充分^[19]。本研究采用牙

髓电活力测量评价麻醉是否成功,与牙髓摘除术的效果相近,结果显示牙周膜麻醉成功率为90%,与以往报道的成功率相似。

牙周膜麻醉与黏膜下浸润麻醉比较的最大不足就是注射后疼痛^[7]。传统注射器、牙周膜专用注射器及C-CLADS均有不同程度的疼痛^[10,20-21]。Biocanin等^[16]用C-CLADS进行90例下颌前磨牙牙周膜麻醉,有10例出现术后咬合疼痛。Walton^[22]认为注射后疼痛是因为针头插入牙周膜所致,与注射药液无关。然而,目前多认为注射疼痛与注射速度有关,注射速度减慢可明显降低注射后不适^[15]。牙周膜麻醉对牙周组织的损伤较轻、局限且可逆,绝大多数损害在8d内会完全消失^[15]。本研究在注射后24h,18名志愿者牙周膜麻醉侧有不同程度的牙齿浮出感和疼痛,可能是因为牙周膜间隙内的液体突然增加导致^[23]。牙周膜麻醉疼痛的发生率为6%~10%^[20-21],本研究中24%(12/50)的志愿者出现注射区叩诊疼痛,与Nusstein等^[24]报道的疼痛发生率相似,其原因可能是本研究及Nusstein等^[24]的研究采用的都是健康志愿者,未进行牙科相关治疗,麻醉后的疼痛感觉完全是由麻醉引起,而以往报道中多是因术后疼痛再次就诊的患者。

综上,本研究结果显示,84%(42/50)的志愿者在注射结束后对使用C-CLADS进行牙周膜麻醉满意;注射后24h,66%(33/50)的志愿者仍愿意在以后的治疗中接受牙周膜麻醉。牙周膜麻醉最大的不足是麻醉后疼痛。对一些敏感的患者,可通过降低给药速度减少麻醉后疼痛的发生。

参 考 文 献

- [1] Herod EL. Periodontal ligament injection: review of the literature [J]. Quintessence Int, 1989, 20(3):219-223.
- [2] Wong JK. Adjuncts to local anesthesia: separating fact from fiction [J]. J Can Dent Assoc, 2001, 67(7):391-397.
- [3] Meechan JG, Ledvinka JL. Pulpal anaesthesia for mandibular central incisor teeth: a comparison of infiltration and intraligamentary injections [J]. Int Endod J, 2002, 35(7):629-634.
- [4] Hochman MN, Friedman MJ, Williams W, et al. Interstitial tissue pressure associated with dental injections: a clinical study [J]. Quintessence Int, 2006, 37(6):469-476.
- [5] Fan S, Chen WL, Pan CB, et al. Anesthetic efficacy of inferior alveolar nerve block plus buccal infiltration or periodontal ligament injections with articaine in patients with irreversible pulpitis in the mandibular first molar [J]. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2009, 108(5):e89-e93.
- [6] Sculean A, Kasaj A, Berakdar M, et al. A comparison of the traditional injection and a new anesthesia technique (the Wand) for non-surgical periodontal therapy [J]. Perio, 2004, 1(4):363-368.
- [7] Clark TM, Yagiela JA. Advanced techniques and armamentarium for dental local anesthesia [J]. Dent Clin North Am, 2010, 54(4):757-768.
- [8] Ran D, Peretz B. Assessing the pain reaction of children receiving periodontal ligament anesthesia using a computerized device (Wand) [J]. J Clin Pediatr Dent, 2003, 27(3):247-250.
- [9] Ashkenazi M, Blumer S, Eli I. Effect of computerized delivery intraligamentary injection in primary molars on their corresponding permanent tooth buds [J]. Int J Paediatr Dent, 2010, 20(4):270-275.
- [10] Ram D, Kassirer J. Assessment of a palatal approach-anterior superior alveolar (P-ASA) nerve block with the Wand in paediatric dental patients [J]. Int J Paediatr Dent, 2006, 16(5):348-351.
- [11] Hochman MN. Single-tooth anesthesia: pressure-sensing technology provides innovative advancement in the field of dental local anesthesia [J]. Compend Contin Educ Dent, 2007, 28(4):186-188,190,192-193.
- [12] Endo T, Gabka J, Taubenheim L. Intraligamentary anesthesia: benefits and limitations [J]. Quintessence Int, 2008, 39(1):e15-e25.
- [13] Moore PA, Cuddy MA, Cooke MR, et al. Periodontal ligament and intraosseous anesthetic injection techniques: alternatives to mandibular nerve blocks [J]. J Am Dent Assoc, 2011, 142(Suppl 3):13S-18S.
- [14] Sreekumar K, Bhargava D. Comparison of onset and duration of action of soft tissue and pulpal anesthesia with three volumes of 4% articaine with 1:100 000 epinephrine in maxillary infiltration anesthesia [J]. Oral Maxillofac Surg, 2011, 15(4):195-199.
- [15] Meechan JG. Supplementary routes to local anaesthesia [J]. Int Endod J, 2002, 35(11):885-896.
- [16] Biocanin V, Brkovic B, Milicic B, et al. Efficacy and safety of intraseptal and periodontal ligament anesthesia achieved by computer-controlled articaine + epinephrine delivery: a dose-finding study [J]. Clin Oral Investig, 2013, 17(2):525-533.
- [17] Prama R, Padhye L, Pawar H, et al. Efficacy of intraligamentary injections as a primary anesthetic technique for mandibular molars & a comparison with inferior alveolar nerve

- block [J]. *Indian J Multi Dent*, 2013, 3(4):785-791.
- [18] Brkovic BM, Savic M, Andric M, et al. Intraseptal vs. periodontal ligament anaesthesia for maxillary tooth extraction: quality of local anaesthesia and haemodynamic response [J]. *Clin Oral Investig*, 2010, 14(6):675-681.
- [19] Oztas N, Ulusu T, Bodur H, et al. The wand in pulp therapy: an alternative to inferior alveolar nerve block [J]. *Quintessence Int*, 2005, 36(7-8):559-564.
- [20] D'Souza JE, Walton RE, Peterson LC. Periodontal ligament injection: an evaluation of the extent of anesthesia and postinjection discomfort [J]. *J Am Dent Assoc*, 1987, 114(3):341-344.
- [21] Kanaa MD, Whitworth JM, Meechan JG. A prospective randomized trial of different supplementary local anesthetic techniques after failure of inferior alveolar nerve block in patients with irreversible pulpitis in mandibular teeth [J]. *J Endod*, 2012, 38(4):421-425.
- [22] Walton RE. The periodontal ligament injection as a primary technique [J]. *J Endod*, 1990, 16(2):62-66.
- [23] Albers DD, Ellinger RF. Histologic effects of high-pressure intraligamental injections on the periodontal ligament [J]. *Quintessence Int*, 1988, 19(5):361-363.
- [24] Nusstein J, Berlin J, Reader A, et al. Comparison of injection pain, heart rate increase, and postinjection pain of articaine and lidocaine in a primary intraligamentary injection administered with a computer-controlled local anesthetic delivery system [J]. *Anesth Prog*, 2004, 51(4):126-133.

(收稿日期: 2013-09-16)