

[文章编号] 1000-1182(2009)05-0521-04

## 微焦点CT技术测定根管预备后根管偏移

陈颖<sup>1,2</sup> 高波<sup>2</sup> 杨锦波<sup>2</sup> 柳茜<sup>2</sup>

(1. 郑州大学第四附属医院 牙体牙髓病科, 河南 郑州 450052;

2. 口腔疾病研究国家重点实验室, 四川大学, 四川 成都 610041)

**[摘要]** 目的 通过微焦点CT技术建立一种新的根管偏移评价体系。方法 选用树脂人工弯曲根管模型, 使用手用镍钛ProTaper按照冠向下方法预备模型, 并用微焦点CT扫描收集数据, 运用计算机高级语言软件处理分析其截面前后中心点及面积的变化, 评价ProTaper对树脂弯曲根管的预备效果, 并建立关于预备前后中心点的三维模型。结果 手用镍钛ProTaper预备后的根管, 同一截面面积大小基本一致。通过对微焦点CT扫描数据的处理, 建立起了根管预备前后根管偏移的二维和三维指标结合评价的比较体系。ProTaper对根尖段定位成形能力较好, 预备前后根管偏移小。结论 利用微焦点CT建立三维根管中心轴模型, 可以为分析根管预备器械的成形能力提供一种新的途径。结合二维的截面面积, 可以分析得出更加直观的根管预备后根管偏移情况。

**[关键词]** 微焦点CT; 根管偏移; 根管预备; 弯曲根管

**[中图分类号]** R 781.05 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.3969/j.issn.1000-1182.2009.05.013

**Micro-CT evaluation of root canal deviation after preparation** CHEN Ying<sup>1,2</sup>, GAO Bo<sup>2</sup>, YANG Jin-bo<sup>2</sup>, LIU Qian<sup>2</sup>. (1. Dept. of Cariology and Endodontology, The Fourth Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China; 2. State Key Laboratory of Oral Diseases, Sichuan University, Chengdu 610041, China)

**[Abstract]** **Objective** To establish a new evaluation system of curved root canal deviation by the technique of micro-CT. **Methods** Curved simulated root canals were prepared with ProTaper NiTi-hand files by crown-down technique. After root canals were scanned by micro-CT and analyzed by image processing software, the planar area and centers' transportation of each cross-section were compared to evaluate the prepare effect of ProTaper, and a three-dimensional model about it were established. **Results** The same cross-section's area of the root canals which was prepared with ProTaper NiTi-hand files were essentially consistent. With the data analysis of micro-CT, a system of combining planar and three-dimensional index to evaluate the root canal deviation were established. The shapes of root canal before and after prepared with ProTaper showed less deviation, which proved the shaping ability of ProTaper could meet the requirements for clinical use. **Conclusion** A three-dimensional root canal central axis model is established using micro-CT. It provides a new method to analyze the shaping ability of the instrumentation after root canal preparation. It will give us a more direct view to analyze the situation of the root canal deviation combining the two-dimensional image and the three-dimensional model.

**[Key words]** micro-CT; root canal deviation; root canal preparation; curved root canal

根管预备是根管治疗术成功的关键, 而根管预备技术和器械的物理性能等会影响根管预备的效果。各种用以评价根管预备技术和器械成形效果的指标, 以预备后根管偏移的研究最多。但目前研究中采用的指标也存在问题, 如评价指标均为二维的点、线、面、角度的变化量, 缺乏真实体现根管三维立体结构的方法和评价的三维指标, 有些尚属有创分析法,

不可避免会出现误差和形态的改变等<sup>[1]</sup>。

微焦点CT是一种新的无创影像学检查方法, 现已在牙体牙髓病学领域开创出新的评价方法和指标, 如利用预备后与未预备的根管面积评价预备的表面区域, 利用根管壁的面积和根管体积改变评价根管形态改变和切割效率<sup>[2]</sup>等。但以上单独指标不能准确说明预备前后形态的变化, 而全面测评需延长扫描时间以获得足够的断面层数。因此, 尚有待建立一种相对简单可靠的体系来评价根管预备前后的变化, 为临床科研提供便利。本实验采用树脂人工根管作为研究对象, 应用微焦点CT采集数据, 通过相

[收稿日期] 2009-03-17; [修回日期] 2009-06-24

[基金项目] 四川大学青年科学研究基金资助项目(0040305505029)

[作者简介] 陈颖(1982—), 女, 河南人, 住院医师, 硕士

[通讯作者] 杨锦波, Tel: 028-85501439

应的软件处理，评价树脂人工根管预备前后的形态，探索新的二维和三维指标以评价根管预备的效果。

### 1 材料和方法

#### 1.1 主要实验材料与仪器

20个树脂人工弯曲根管模型(Dentsply-Maillefer公司, 瑞士), 不锈钢K锉(MANI公司, 日本), 手用镍钛ProTaper器械(Dentsply公司, 瑞士)。

微焦点CT机:  $\mu$ CT80(SCANCO Medical AG公司, 瑞士)。计算机处理软件: Adobe Photoshop CS2, 3DMAX, 自编C语言识别软件。

#### 1.2 树脂人工根管形态一致性的验证

随机选择4个树脂人工根管模型, 扫描方向垂直于根管中轴, 进行micro-CT扫描(分辨率1 024 $\times$ 1 024), 层距为0.036 mm, 共220张图像。用Photoshop软件处理图像, 从根管影像消失层上推5层出现完整的根管截面的图层为起始层截图, 以后向上每10层截图即垂直距离0.36 mm, 至根管图像未出现明显弯曲为止, 得到截图14张, 对4个模型相同截图层的根管截面面积进行比较。

#### 1.3 树脂人工根管的预备

所有模型由同一医生使用ProTaper手用器械, 按厂家提供的标准冠向下方法预备, 每预备10个模型换一套新的器械。当出现器械分离的时候, 归为根管预备失败并另换整套器械。预备完后肉眼进行临床预备效果评价: 出现明显根管偏移、台阶形成

或者器械分离, 计为预备失败; 根管通畅且前后偏移无明显肉眼差别, 计为预备成功。

#### 1.4 对根管预备成功的模型进行micro-CT数据扫描

1.4.1 图像层面的选取 以扫描图像中出现模型侧方开口影像为标志。从预备前模型扫描图像中发现, 此标志距模型扫描图像中根管影像消失层距离为56层左右, 因此以此点向下56层为起始层面, 向上每5层截图即垂直距离0.18 mm, 至根管图像未出现明显弯曲为止, 共28张截图。

1.4.2 根管截面面积和中心点的计算 以专业软件处理截图, 在一系列截图中每幅选取具有相同像素点坐标的点作为起始点, 截取包括整个根管截面形态的分辨率大小相同的图像。用Photoshop软件放大分辨率为扫描原始图像的4倍, 转化为256色, 使用VC++软件建立关于根管截面的完整形态的图像, 以图像左下角为原点, 建立x-y坐标图, 通过图像的像素点坐标计算出图像的几何中心点坐标, 并表示出位置, 同时计算出横截面面积, 转化成实际值。

1.4.3 根管形态的三维处理 将VC++软件处理过的截图转换成JPGE格式, 运用3DMAX软件建模, 建立预备后的根管三维形态以及其截面中心的空间曲线形态。

## 2 结果

### 2.1 预备前模型样本一致性的验证

随机抽取的4个模型根管截面面积大小的均值、标准差及变异系数见表1。

表 1 预备前4个模型的各截层面积

Tab 1 The area of each cross-section before root canal preparation of four models

层数	编号				均值	标准差	变异系数/%
	1	2	3	4			
5	0.076 8	0.075 2	0.069 9	0.074 2	0.074 0	0.003 0	3.99
15	0.078 1	0.074 2	0.067 7	0.072 9	0.073 2	0.004 3	5.87
25	0.071 6	0.076 8	0.065 4	0.071 2	0.071 3	0.004 7	6.55
35	0.076 8	0.074 2	0.065 0	0.075 5	0.072 9	0.005 4	7.36
45	0.070 2	0.063 8	0.064 3	0.062 5	0.065 2	0.003 4	5.25
55	0.069 0	0.076 8	0.072 9	0.068 9	0.071 9	0.003 8	5.24
65	0.072 9	0.063 8	0.065 1	0.069 0	0.067 7	0.004 1	6.08
75	0.072 9	0.066 4	0.062 5	0.066 4	0.067 0	0.004 3	6.44
85	0.074 2	0.072 9	0.065 3	0.071 3	0.070 9	0.003 9	5.55
95	0.074 2	0.075 5	0.066 4	0.071 6	0.071 9	0.004 0	5.60
105	0.085 9	0.077 8	0.073 2	0.078 1	0.078 8	0.005 3	6.70
115	0.087 2	0.079 4	0.074 2	0.076 8	0.079 4	0.005 6	7.08
125	0.089 5	0.075 5	0.078 9	0.079 4	0.080 8	0.006 0	7.46
135	0.090 3	0.077 0	0.080 2	0.081 2	0.082 2	0.005 7	6.95

从表1可见,4个模型的根管截面面积变异系数较小,范围在7%左右,说明其离散程度小,呈集中趋势,误差在可接受范围内,基本认为模型具有一致性。

### 2.2 模型预备后效果的肉眼观察评价

20个模型中有4个模型预备失败,其中2个模型出现器械分离,均在根管弯曲处;1个模型预备后不能到达工作长度,出现根尖堵塞;1个模型预备后根尖孔拉大,弯曲处明显拉直。16个模型预备成功,根管形态连续平滑,全长锥度良好,根尖止点清楚。

### 2.3 根管预备后的截面面积比较

根管预备成功的16个模型的根管截面面积见表2。从表2可见,ProTaper预备后的根管在同一截层的根管截面面积大小基本一致,范围比较集中,总体误差小。

### 2.4 根管三维空间模型的建立及各层面中心点连线

建立的根管三维形态以及其截面中心的空间曲线形态模型见图1左。

micro-CT扫描所得的二维图像层都是由一系列像素点和垂直距离坐标描述而来, $x$ 、 $y$ 轴与每一个图像层平行, $z$ 轴与图像层垂直,根管的中心轴就是根管的中心点坐标在 $z$ 轴方向连接而成的三维空间曲线(图1中)。通过软件处理,将每个模型的中轴线旋转到一个平面,此时可观察比较全部模型中下段弯曲状况(图1右)。

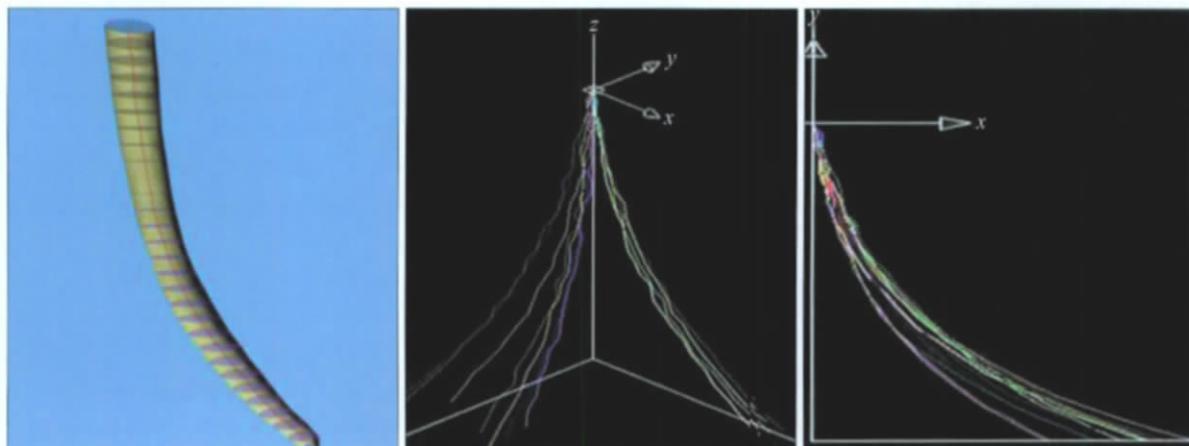
### 2.5 根管预备前后的比较

根管预备前后图像的对比(图2)表明,手用ProTaper预备的根尖段定位成型能力好,基本和ProTaper锉刃一致。而敞开的根管中上段相对差些,当扫描模型到达根尖孔附近时,由于呈水平,扫描的截面为半椭圆,这时根管截面中心呈明显的“下坠趋势”。

表 2 16个根管预备成功模型截层面积

Tab 2 Area of cross-section of 16 successful models

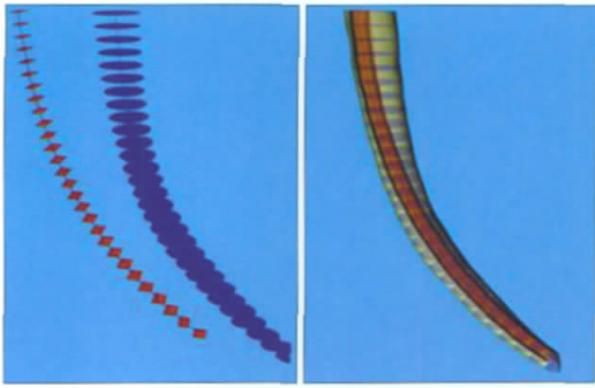
层数	与起始截图层的距离/mm	均值/mm <sup>2</sup>	标准差	变异系数/%
1	4.86	0.446 1	0.020 7	4.64
5	4.68	0.439 9	0.021 9	4.97
10	4.50	0.428 4	0.021 4	4.99
15	4.32	0.418 4	0.021 8	5.22
20	4.14	0.408 0	0.023 6	5.77
25	3.96	0.396 9	0.022 7	5.70
30	3.78	0.385 5	0.025 5	6.60
35	3.60	0.372 5	0.022 8	6.12
40	3.42	0.360 8	0.021 1	5.83
45	3.24	0.346 8	0.022 1	6.38
50	3.06	0.337 3	0.020 4	6.05
55	2.88	0.327 1	0.017 1	5.24
60	2.70	0.316 8	0.017 0	5.35
65	2.52	0.312 7	0.016 8	5.38
70	2.34	0.303 9	0.015 9	5.26
75	2.16	0.300 0	0.013 9	4.63
80	1.98	0.295 3	0.015 3	5.18
85	1.80	0.290 5	0.016 3	5.62
90	1.62	0.290 3	0.021 4	7.35
95	1.44	0.290 1	0.022 0	7.58
100	1.26	0.286 8	0.024 8	8.65
105	1.08	0.281 3	0.022 1	7.87
110	0.90	0.274 1	0.022 6	8.26
115	0.72	0.259 5	0.022 3	8.64
120	0.54	0.247 7	0.022 2	9.01
125	0.36	0.228 6	0.019 6	8.60
130	0.18	0.213 8	0.022 0	10.35
135	0.00	0.195 4	0.021 9	11.20



左: 根管形态的三维重建; 中: 根管中心轴; 右: 空间图形旋转到一个平面。

图 1 三维空间中模型根管形态及中轴线

Fig 1 The root canal morphology and center axis in three-dimensional space



左：模型预备前后根管及中轴线；右：模型预备前后根管的重叠图示。

图 2 模型预备前后的图示

Fig 2 The images before and after root canal preparation

### 3 讨论

本实验选择的树脂人工根管弯曲度为 $38^\circ$ ，按 Schneider 根管弯曲分类法<sup>[3]</sup>，归为重度弯曲根管。树脂人工根管具有形态一致、材料透明、样本误差小等优点，便于建立随机、均衡的实验对照，可从不同角度观察根管三维形态<sup>[4]</sup>。Ni-Ti 系统中的手用 ProTaper 器械的成型能力优于不锈钢 K 锉<sup>[5]</sup>，比机用镍钛器械更容易推广和掌握，在临床上广泛使用。

micro-CT 采集数据的分辨率高，每层层距仅为 0.036 mm，图像可以精确到  $0.001 \text{ mm}^2$ 。因为根管中轴线方向是渐变的，所以分析数据时，以 5 层为一个标准即垂直距离 0.18 mm，在达到分析目的的同时减轻了分析的负担。另外，由于模型根尖段开口呈水平，大锥度的器械预备后根尖孔会扩大，因此本实验不选择在预备后刚出现根管影像的层面作为起始面，而选择预备前的一个固定标志进行换算。

本实验根管预备失败的原因一方面是器械疲劳<sup>[6]</sup>，另一方面与根管弯曲的解剖结构有关<sup>[7]</sup>。预备前后同一截面的面积比较，在根尖段最后几层时变异系数较前有所增大，这主要是由于根尖孔被扩大所致。但其变异系数也在可接受范围内，这证明模型形态的一致性仍然存在。对根管来说，预备时所作的是环周运动，因此根管偏移并不局限于弯曲方向，由于根尖段侧壁很薄，预备时只注意弯曲方向有可能会出其他方向的过度切削而造成侧穿。

评价根管偏移的指标是根管中轴线的变化。对于根管系统来说，特别是细小、弯曲根管，预备后上段比下段明显扩大，根尖段形态也会发生变化，用插针法来确定根管预备前后的弯曲度的变化并不能确定其一定在中心位置<sup>[8]</sup>。而运用 micro-CT 扫描将每个图像层根管横断面的外形线通过几何方法计算

得到的一条三维曲线即根管中轴线，它既能说明根管的弯曲程度也能说明其扭曲程度。比较预备前后的根管的中轴线变化，还能说明根管预备手法及器械的成型能力，这样把中轴线具体化更加便于观察研究。micro-CT 扫描所得图像的分辨率大，根据像素点坐标建立中心轴模型更精确，前后都具有可比性，相比三维重建更节约时间，且更直观。

本实验测量了 16 个模型的数据，相比国内同类研究<sup>[1]</sup>，样本量扩大了 2~3 倍，数据更加具有说服力。获得截面的最理想方向是与根管内中轴线垂直，对于弯曲根管来说要求 micro-CT 扫描时球管不断变化角度，而现阶段技术很难实现。本实验利用截面的中心点来替代，对于弯曲根管来说已经达到了研究的要求。三维根管中心轴模型的建立，为分析器械预备根管的定位能力提供了一种新途径。结合二维的截面面积，可以分析得出其根管偏移的情况，更加直观。通过本研究，可以建立不同器械相应的评价标准和模型应用于临床科研教学中。

### [参考文献]

- [1] 顾永春, 周培刚, 丁月峰, 等. 预备弯曲根管时根管偏移的实验研究[J]. 牙体牙髓牙周病学杂志, 2007, 17(2): 78-81.  
GU Yong-chun, ZHOU Pei-gang, DING Yue-feng, et al. Experimental study of root canal deviation during instrumentation of the curved root canals[J]. Chin J Conserv Dent, 2007, 17(2): 78-81.
- [2] Peters OA, Laib A, Göhring TN, et al. Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography[J]. J Endod, 2001, 27(1): 1-6.
- [3] Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals[J]. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1971, 32(2): 271-275.
- [4] Lim KC, Webber J. The validity of simulated root canals for the investigation of the prepared root canal shape[J]. Int Endod J, 1985, 18(4): 240-246.
- [5] Schirmermeister JF, Strohl C, Altenburger MJ, et al. Shaping ability and safety of five different rotary nickel-titanium instruments compared with stainless steel hand instrumentation in simulated curved root canals[J]. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2006, 101(6): 807-813.
- [6] Cheung GS, Peng B, Bian Z, et al. Defects in ProTaper S1 instruments after clinical use: Factographic examination[J]. Int Endod J, 2005, 38(11): 802-809.
- [7] Ullmann CJ, Peters OA. Effect of cyclic fatigue on static fracture loads in ProTaper nickel-titanium rotary instruments[J]. J Endod, 2005, 31(3): 183-186.
- [8] Cunningham CJ, Senia ES. A three-dimensional study of canal curvatures in the mesial roots of mandibular molars[J]. J Endod, 1992, 18(6): 294-300.

(本文编辑 李彩)