

## 根管预备模型的建立

夏冬,李岩峰,柴光全,孙一丹,刘坦然,杨椿浩  
解放军总医院第一附属医院口腔科,北京 100048

**【摘要】目的:**建立标准化的根管预备模型,排除干扰因素,使实验在单一因素条件下进行。**方法:**根管预备模型由模拟弯曲根管树脂模块(RCM)、根管预备装置、温控力控冲水装置、根管预备器械以及根管数的确定组成。**结果:**树脂模拟弯曲根管平均硬度(邵氏硬度)为 $(82.31 \pm 2.24)$  HD,曲率角( $\alpha$ )= $61^\circ$ 和曲率半径( $R$ )= $5.9$  mm,工作长度为 $18$  mm。预备根管时用力为 $10$  N,恒温箱的温度变化在 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ,选择冲牙器的喷头直径为 $2$  mm,流量是一档和九档,分别为 $220$ 和 $270$  mL/min。ProTaper Universal F1镍钛锉第一个标记环到尖端的长度为 $(18.10 \pm 0.13)$  mm,转速 $350$  r/min、扭矩 $3.0$  N·cm。**结论:**通过本实验方法可以控制冲水温度、流量、力度、根管角度等因素,保证实验在单一因素下进行;根管模块可大批量生产,用于研究,减少实验误差。

**【关键词】**根管预备;树脂模块;标准化模型

**【中图分类号】**R781.05

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2017)04-0416-07

## Establishment of a model of root canal preparation

XIA Dong, LI Yanfeng, CHAI Guangquan, SUN Yidan, LIU Tanran, YANG Chunhao

Department of Stomatology, First Affiliated Hospital of PLA General Hospital, Beijing 100048, China

**Abstract: Objective** To establish a standardized model of root canal preparation, eliminating interference factors, and ensuring that the experiment is carried out with a single factor. **Methods** The model of root canal preparation consisted of simulated curved root canal resin module, root canal preparation device, temperature control and power control device, root canal preparation instrument, and numbers of root canals. **Results** The average hardness (Shore hardness) of root canal resin model was  $(82.31 \pm 2.24)$  HD. The measured angle of curvature was  $61^\circ$ ; the measured radius of curvature was  $5.9$  mm; the root canal working length was  $18$  mm. In the root canal preparation, the force was  $10$  N, and the temperature variation of incubator was within  $0.5^\circ\text{C}$ , and the diameter of the nozzle of oral irrigator was  $2$  mm, with a flow of  $220$  mL/min and  $270$  mL/min, respectively. ProTaper Universal F1 NiTi files had a length of  $(18.10 \pm 0.13)$  mm from the first mark ring to the pointed end, a speed of  $350$  r/min, and a torque of  $3.0$  N·cm. **Conclusion** Through the experimental method, we can control the water temperature, flow, force, and root canal angle, ensuring that the experiment is performed with a single factor. Root canal resin module can be put into mass production. Using root canal resin module in the study can reduce experimental error.

**Keywords:** root canal preparation; resin module; standardized model

## 前言

镍钛合金根管器械因其优良的机械性能而广泛应用于根管治疗领域,特别是预备弯曲根管。然而,

镍钛器械分离(Instruments Separation, IS)的发生也给根管治疗带来了很大困难,而且在其取出过程中还可能导致相应并发症的发生,如根管侧穿、牙根纵折、器械再次发生分离以及分离器械进入其他根管内等。因此,减少并预防镍钛器械分离、增加镍钛锉的抗疲劳性能、延长使用寿命,对于提高根管治疗的成功率非常重要。

本实验采用自制的根管预备模型,用扩大针将根管疏通至15号后,直接用ProTaper Universal F1锉预备至工作长度。运用同一方法进行根管预备,研究不同水温和冲水流量时机用镍钛锉所预备的根管

**【收稿日期】**2017-01-25

**【基金项目】**解放军总医院临床扶植基金(2014FC-SXY-1003);北京市保健专项课题(14BJZ03);首都卫生发展科研专项(首发2014-4-5022);首都临床特色应用研究与成果推广项目(Z171100001017154)

**【作者简介】**夏冬,硕士研究生, E-mail: 771372915@qq.com

**【通信作者】**李岩峰,副教授,硕士生导师, E-mail: m.god@yeah.net

数量和提拉次数,探究单一因素对机用镍钛锉预备能力的影响,延长镍钛锉使用寿命,减少患者经济支出和不必要的痛苦。为了使实验条件更统一,建立标准化的根管预备模型,排除干扰因素,使实验在单一因素条件下进行。根管预备模型包括模拟弯曲根管的树脂模块、根管预备装置(专利号:201720030354.X)、温控力控冲水装置、根管预备器械以及根管数的确定等部分。

1 实验材料与方法

1.1 材料

建立根管预备模型所用材料:不饱和聚酯树脂449(爱敬化学株式会社,韩国)、固化剂(过氧化甲乙酮)、促进剂(异辛酸钴)、模具硅橡胶(石家庄鑫百丰模具硅胶材料有限公司,中国)。建立模拟弯曲根管树脂模块的实验器械见表1。

表1 建立模拟弯曲根管树脂模块的实验设备  
Tab.1 Experimental equipment for establishing RCM

Experimental equipment	Manufacturer	Manufacturer code
Vacuum drying oven	ShangHai keelrein instruments Co., Ltd.	DZF-6090
Polishing machine	Shanghai Grinding Machine Factory	MDQ3215F
Shore durometer	Wenzhou HBO instruments Co., Ltd.	LX-D
Electronic balance	Shenzhen Wuxianliang weighing apparatus Co., Ltd.	MAX-20001
Universal vacuum absorption vise	Zhejiang Shengshi hardware tool factory	RH-003
Dynamometer	Nanjing Nscing Gauge Instrument Co., Ltd.	NK-20
Thermostat water bath	Shanghai Shengke Instrument Equipment Co. Ltd.	HH·S11-2-S
Thermometrer	Guangzhou Meideshi Meter Instrument Co. Ltd.	PT3001
K files	MANI	#8/#10/#15
Nickel-titanium flies	Dentsply	PTU F1
Oral irrigator	Endoexo	dfk00212
X-smart plus motor	Dentsply	X-smart plus

RCM: Simulated curved root canal resin model

1.2 方法

1.2.1 模拟弯曲根管树脂模块制作 利用 Pruett 等<sup>[1]</sup>测量根管弯曲度的双参数方法确定树脂弯曲根管模块的曲率角( $\alpha$ )=60°和曲率半径(R)=6 mm,见图1。我们制定出一套制作树脂弯曲根管的工艺。

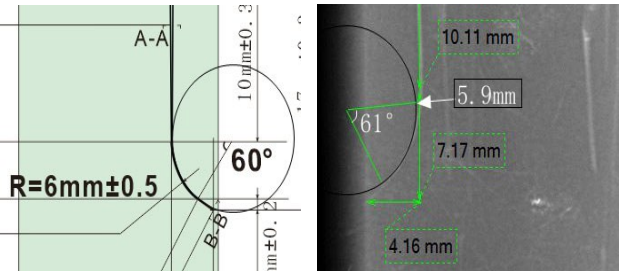


图1 根管设计图(左)及成品对比图(右)  
Fig.1 Comparison between the blueprint (left) and product (right) of root canal

根据数据材料和仪器设备,具体制作步骤如下:  
(1)绘制模块图纸。根据实验要求,确定树脂模块根管的 $\alpha=60^\circ$ 和 $R=6\text{ mm}$ 。预先设计的模拟根管的工作长度为18 mm,根管口为了补偿树脂的聚合收缩将根管口距树脂模块边缘的距离设置为4.5 mm,灌注后的距离约为4 mm。  
(2)制造镁铝合金阳模和硅橡胶阴模。按照图纸形状和大小设计制作镁铝合金阳模,这得益于镁铝合金密度低、质轻和形状稳定的特性。利用镁铝合金阳模灌注出硅橡胶阴模,养护待用。  
(3)制备根管模板树脂阳模。在之前制造的硅橡胶阴模内灌注搅拌子调拌好的不饱和树脂(为了方便操作、更稳定,添加了氢氧化铝、碳酸钙和色浆,调成了乳白色),确保搅拌均匀后,常温下灌注。将灌注好的阴模放入真空干燥箱内抽真空,压力为2~4负的大气压。1 h左右取出,打磨,抛光。每个树脂模

块上面设定30支根管,分两排,每排15支,每两支根管之间的距离为5.2 mm(一是可以充分利用模块,再者是为了在根管预备中尽可能的做到条件的一致性)。在树脂模块上按照上面的数据打孔,将15号不锈钢扩大针的手柄部分剪下,一共30支,每支预留的长度均为4 mm,把扩大针插入提前打好的孔内1 mm,用502强力胶粘固,每支留在外面的部分是一致的。这样就做好了根管模板树脂阳模(图2a)。

(4)制作最终硅橡胶阴模。将根管模板树脂阳模放入盒子内,固定好。硅橡胶灌注,放入真空箱抽真空,1 h后取出,脱模,修整硅橡胶阴模,放入碱水中煮沸(作用是去除模块表面的析出物),取出待用。

(5)树脂弯曲根管模块的完成。扩大针的直径和角度与人体牙齿的根管比较接近,而且每支扩大针都统一标准,再者就是扩大针在市场上比较容易买到,本实验采用15号的扩大针。根据根管模板图纸数据利用细钻头在树脂阳模上刻出需要弯制的形状凹槽,将15号扩大针按照凹槽的形状弯制,保证每支扩大针的角度是一致的。止血钳夹持扩大针插入做好的硅橡胶终阴模内,检查每支扩大针的三维方向,调整不在一个方向的扩大针,保证其一致性(图2b)。不饱和聚酯树脂、过氧化甲乙酮(固化剂)、异辛酸钴(促进剂),利用电子天平按照比例100:0.03:0.025进行称量,常温下混合,用搅拌子搅拌均匀,灌入硅橡胶阴模内,放入真空箱抽真空,1 h后取出,脱模(图2c)。将扩大针拔出,模块用打磨机打磨,慢机钨钢桃钻在每个根管的上段沿着根管走向打孔,严格控制孔的方向和大小。依次用600目、800目、1 500目砂纸磨光模块,然后在抛光机上将模块的各个面均匀抛光,最后打蜡完成得到透明根管模块(图2d)。

用邵氏硬度计对模块进行硬度检测,选择每个模块的6个位点,距离边缘超过5 mm,测量6个点的硬度值,计算平均数。每个模块测量3次,再计算平均数。运用数字千分尺测量树脂模块的尺寸,长宽高分别测量3次,取平均值。树脂模拟弯曲模块经过X射线片进行平行投照测量,得出的根管长度和弯曲度的数据与设计的图纸进行比较。对制备好的树脂模拟根管模块进行测量,评价树脂根管的尺寸稳定性。

**1.2.2 根管预备装置建立** 将万向真空吸附台钳吸附于台面,模拟弯曲根管树脂模块固定在台钳上,根管口向上。X-smart plus 马达手柄部分与推拉力计夹具相连,空隙部分利用自凝塑料填补形成刚性连接,保证在上下提拉推拉力计时手柄不会出现转动或滑

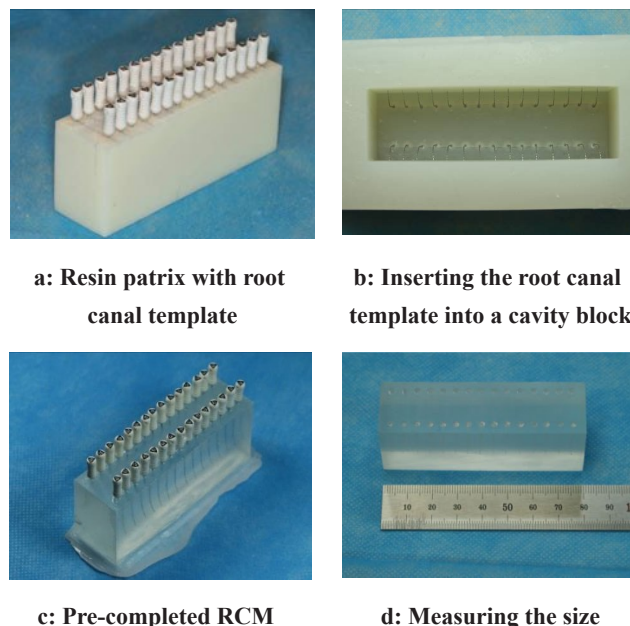


图2 树脂根管模块的制作

Fig.2 Manufacture of resin root canal module

动。预备根管时保证推拉力计始终与根管长轴平行,有医生强调在预备根管时进行刷壁动作,即每次预备根管时都会对根管壁进行拂刷操作,这样可以扩大根上段,减少锉的受力。但是本实验为了统一条件,进行刷壁动作会影响推拉力计的用力,并且每次刷壁不能保证统一性,所以没有进行刷壁预备。采用的是啄击动作预备,遇到阻力就拔出。

**1.2.3 温控力控冲水装置** 由于实验需要不同温度的水,低温组(4 ℃)、常温组(23 ℃)和高温组(40 ℃)。用恒温水浴箱,加冰冻水可以实现,室内空调也调到相应的温度,保证水温在 $\pm 0.5$  ℃浮动。推拉力计连接根管预备马达,在工作位置调零,进行上下提拉时保证每次用力均为10 N。冲水设备为冲牙器,有9个档位,7个喷头。选用直径为2.20 mm的喷头为实验用具,一档和九档用于不同流量的冲水,流量分别为220和270 mL/min。

**1.2.4 根管预备器械的选择** 选用PTU F1 镍钛锉为研究对象,转速设定为350 r/min、扭矩为3.0 N·cm,将根管先用15号手用扩大针进行预备疏通,均预备到工作长度(18 mm),然后用F1 挫预备至根尖。对F1 锉进行扫描电镜检测,发现在镍钛锉表面有不同程度的裂纹、凹坑状结构、部分凸起或划痕等缺陷,将其排除,不纳入实验。利用显微镜对F1 锉进行长度测量,测距尖端第一个标记环到尖端的距离,观察其差异性。

**1.2.5 根管数的确定** 预实验时发现在镍钛锉预备最后一个根管时发生折断,在统计根管数时因为最后



一个根管没有预备到根尖,就不能记为1个根管。计算方法如下:PTU F1 锉可以进入模拟弯曲树脂根管 10 mm,即预备之前锉尖端距离工作长度为 8 mm,记录每次提拉之后进入根管的距离,计算每进入 0.5 mm 需要的提拉次数。记录多组根管数据,求平均值。常温冲水预备树脂根管,未折断时镍钛锉平均每个根管提拉的次数为 17 次,每隔 0.5 mm 的提拉次数/平均提拉次数,即为估算的根管数。镍钛锉折断时测量出未到达根尖的距离,这样就可以得到锉在最后一个根管折断时的估计根管数。

## 2 实验结果

表2 根管数计算表格(部分数据)

Tab.2 Estimated quantity of root canals (partial data)

Distance from file tip to root tip/mm	Average times of pulling	Total times of pulling	Estimated quantity of root canals
5.5	1.81	17	0.10
5.0	2.50	17	0.15
4.5	3.25	17	0.20
4.0	4.13	17	0.25
3.5	5.13	17	0.30
3.0	6.00	17	0.35
2.5	7.88	17	0.45
2.0	9.00	17	0.50
1.5	131.00	17	0.65
1.0	13.00	17	0.75
0.5	15.25	17	0.90

## 3 讨论

### 3.1 根管材料的选择

目前实验研究所用的根管模型大致有以下几种:离体牙<sup>[2-3]</sup>、树脂根管<sup>[4]</sup>、金属类根管<sup>[5-6]</sup>等。离体牙是和临床相差最小的根管模型,也是实验者们希望用的材料,不过离体牙较难收集和存放,存放时间长的离体牙会发生脱矿等变化,变得质脆。而且离体牙根管参差不齐,不适合定量研究。树脂类的根管用的比较多,它的优势是角度和长度比较统一,硬度一般比牙本质软。金属类的根管模型采用的也较多,金属材料有不锈钢、纯铜等。一般比牙本质硬,可以反复使用,节约成本,但是根管里面不可见,无法直观地研究锉在根管内的预备情况。

在根管预备研究中,透明树脂模拟根管是常用的

模拟弯曲根管树脂模块,各个指标检测结果如下:平均硬度(邵氏硬度)为 $(82.31 \pm 2.24)$  HD。所测的 $\alpha=61^\circ$ 、 $R=5.9$  mm,工作长度均为 18 mm。对制备好的树脂模拟根管模块进行测量,结果如图 1b。预备根管时用力为 10 N,恒温箱的温度变化在 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ,分别设定 3 组:低温组( $4^\circ\text{C}$ )、常温组( $23^\circ\text{C}$ )和高温组( $40^\circ\text{C}$ )。选择冲牙器的喷头为直径 2 mm,流量是一档和九档,分别为 220 和 270 mL/min。PTUF1 镍钛锉第一个标记环到尖端的长度为 $(18.10 \pm 0.13)$  mm,转速 350 r/min、扭矩 3.0 N·cm。最后一个根管估计的根管数计算结果如表 2 所示。

体外模型。尽管树脂的硬度和质地与人牙体硬组织有一定的差异,但因其模拟根管的弯曲度、直径、锥度等多项指标都进行了标化处理,观察指标一致,并且模拟树脂根管透明,可以直观全面地观察根管预备后的形态变化,能准确地测量各种指标。因此研究结果能较真实客观地反映根管器械预备根管的效果。Lim 等<sup>[7]</sup>比较了离体牙和树脂模拟根管后认为树脂块是研究根管预备方法的良好模型。

表示根管角度的方法有两种,一种是 Schneider<sup>[8]</sup>提出的单参数方法,即通过两条直线的夹角来确定根管的弯曲度,其中竖线是平行于根管长轴的直线,另一条是连接根尖和根管上偏离第一条直线的那个点的直线。但用该方法定义的弯曲根管不能精确地描述根管的弯曲程度。

另一种是 Pruett 等<sup>[1]</sup>定义的双参数方法,即曲率

角和曲率半径。这两个根管的曲率角都是 $60^\circ(\alpha_1=\alpha_2)$ ,曲率半径是依靠圆的中心来确定的。有两条直线,一条是竖线沿着根管起始部分,另一条是沿着根尖部分,这两条直线上都有一个点开始偏离根管的方向,然后画一个经过这两个点的圆,经过这两个点的半径所形成的夹角就是曲率角,半径为曲率半径。可以看出在曲率角相同的情况下曲率半径越小,根管的弯曲度就会越明显。这两个参数是独立的,即两个根管可以有相同曲率角但是曲率半径不同,这种方法比单参数方法更精确。

本文研究中所用模拟弯曲根管采用Pruett定义的双参数方法表征。如果根管曲率角较小,所引起的应力水平不能在有效的时间内引起器械的断裂,因此通常试验中一般选用大于 $30^\circ$ 的曲率角。本实验制作的是曲率角为 $60^\circ$ 曲率半径为6 mm的树脂模拟根管。

### 3.2 根管模板的选择

选择根管模板的要求应该是标准比较统一、和人体正常根管相似、容易弯曲、弹性好以及容易从树脂模块中取出等几方面,因此我们在选择模板时选择了21 mm不锈钢扩大针8#、10#、15#、20#以及自制的不锈钢器械。

口腔科临床常用的不锈钢扩大针一般分为长度21和25 mm,型号从6#到40#不等,手用的不锈钢扩大针是0.02锥度,弹性较好,和天然牙根管形状相似。

用树脂制作出手柄,将不锈钢器械较粗大的一端插入树脂手柄,然后将工作长度修剪得和不锈钢扩大针长度一致,分别插入提前制作的硅橡胶阴模内,灌注不饱和树脂,制作出树脂模拟根管模块,通过比较几种根管模板所做成根管的粗细、锥度、拔出根管的难易程度以及根管模板变形情况来确定使用哪种根管模板。

最后确定选择15#不锈钢扩大针做为本实验的根管模板,因其具有较好的弹性,容易弯制角度,锥度为0.02,和人体牙齿的形态相似,做好模块取出时也相对比较容易。

### 3.3 不饱和聚酯树脂449和促进剂的比例调试

不饱和聚酯树脂的成分为不饱和聚酯55%~65%、苯乙烯35%~45%,固化剂成分是过氧化甲乙酮,促进剂成分是异辛酸钴。加入固化剂较多,制作出的根管模块硬度就会比较大;加入固化剂较少,模块硬度较小,和牙本质的硬度相差较多,所以最终确定的比例为100:0.03:0.025。

### 3.4 灌注不饱和聚酯树脂后处理方法的讨论

灌注树脂后需要将磨具迅速放入真空箱内抽真空,压力为2~4个负的大气压,温度控制在室温 $25^\circ\text{C}$ 。这样可以将里面的气泡排出来,形成均一稳定的树脂模块。

### 3.5 根管模板拔出的方法

灌注的模块硬固后脱模,把根管模板从根管模块中取出,直接将根管模板拔出会容易变形,而且拔出的时候需要用较大的力。我们探索出一种较容易拔出的方法,就是将脱模的树脂模块放入水浴箱中水浴加热,沸水之后再加热2 min,取出模块,迅速将根管模板拔出。这样就会容易拔出,模板也不易变形拉伸。

### 3.6 树脂模拟弯曲根管的性能评价

**3.6.1 硬度和尺寸测量** 测量材料硬度的方法有很多,如布氏硬度测量法、洛氏硬度测量法、邵氏硬度测量法、维氏硬度测量法和显微硬度测量法,本实验采用的是邵氏硬度测量。硬度为 $(82.31\pm 2.24)$  HD,模块之间硬度差异性不大。长80 mm、宽22 mm、高30 mm,并与之前设计的尺寸相比较是一致的。

**3.6.2 弯曲度和工作长度** 根管弯曲度利用口腔数字化牙片机采用平行投照技术测得数据(图1b), $\alpha$ 为 $61^\circ$ ,R为5.9 mm,差异较小,利用单参数方法测得弯曲度为 $30^\circ$ 。工作长度利用手用不锈钢锉进行探查、测量,控制在18 mm左右,误差较小。

**3.6.3 锥度及内径的检测** 由于树脂材料具有收缩特性,根管内径比所用的扩大针的直径要小,再加上扩大针本身螺纹,所以树脂根管用8号不锈钢扩大针可以通过,经过X线片拍摄,锥度没有太大变化。本实验所用镍钛锉为ProTaper F1,尖端直径为0.2 mm,所以将模块的根管统一预备至15号扩大针,尖端直径为0.15 mm,尽量保证模块根管的统一性。预备之后的根管内会有碎屑,将模块放在振荡器中,震荡5 min,期间用10号的扩大针疏通,清理碎屑,取出干燥,待用。

**3.6.4 模块出现的问题及原因分析** (1)模块内出现气泡,原因是搅拌不均匀,抽真空未达到要求;(2)模块质地不均一,原因是搅拌不均匀,制作环境温度较低;(3)根管角度歪斜,原因是排列根管模板时不到位;(4)模块内有杂质,原因是灌注模块时有杂质进入;(5)根管工作长度不一,原因是根管模板出现变形。

### 3.7 实验镍钛器械的选择

临床上常用的根管预备器械包括两类:一类是传统的不锈钢器械,此类器械价格便宜,临床使用率高,尤其在基层医院,但不锈钢锉根管切削力相对较

弱、硬度大、弹性不够,用于根管预备时常有台阶形成、根管偏移、根管口敞开、感染的牙本质去不干净、甚至是根管壁侧穿,预备后难以形成顺滑的根管,增加了下一步根管充填的难度,影响根管充填质量,尤其在磨牙中难以达到满意的根管治疗效果。另一类是镍钛器械,1988年Walia等<sup>[9]</sup>报道使用镍钛合金制造根管器械,镍钛合金具有记忆性能及超弹性,由其制成的根管器械可以保持根管原有的形态,有效减少偏移的发生。镍钛根管预备器械有利于保持根管的原始形态,明显提高根管预备的工作效率,使医生和患者都感到轻松,同时减少根管预备并发症的发生率,尤其在磨牙根管预备中亦能取得满意的根管清理和根管成形效果。镍钛锉用于根管治疗,最大的原因就是因为它理想的成型能力。

Shen等<sup>[10]</sup>曾报道镍钛锉经常无预兆性的出现器械折断,而且ProTaper(14%)比ProFile(7%)出现得更频繁。到目前为止关于镍钛锉的使用寿命仍然没有统一的意见,主要是没有一致的标准测定镍钛锉的使用寿命。厂家推荐镍钛锉使用1次后即需丢弃,但迄今为止尚无科学证据表明器械应确切使用多少次。Haikel等<sup>[11]</sup>曾报道器械疲劳寿命与器械大小成反比,即大直径的器械具有较低的疲劳寿命,比小号器械的疲劳周期更短。You等<sup>[12]</sup>通过预备弯曲根管研究镍钛锉的寿命,发现反复使用单独的ProTaper F2预备根管与按照传统的ProTaper顺序预备根管相比,前者每支器械至少能够安全地使用6次而且根管预备的效率也是高于后者。

目前机用镍钛锉还没有国际统一标准,应用于临床的几种镍钛系统在横截面形态、锥度变化以及切割刃角度等方面均有独特设计,使其清理成形能力、安全性能、切割效率等方面存在差异。机用ProTaper是临床应用较多的一种镍钛锉,其性能稳定且切割效率较高。

ProTaper包括3只成形锉(Sx、S1、S2)和3只完成锉(F1、F2、F3),其中Sx长度为19 mm, S1、S2、F1、F2、F3长度有21和25 mm两种<sup>[13]</sup>。Sx:工作区长度为9 mm,从D0(锥度0.035, D表示距离根尖的距离)到D9(锥度0.19),共有9个锥度,适用于根管口的敞开和成型; S1:工作区长度14 mm,全长共有12个锥度,从D0(尖端直径0.17 mm,锥度0.02)递增到D14(直径1.2 mm,锥度0.11),用于根管冠上1/3段的预备; S2:工作区长度14 mm,共有9个锥度,从D0(尖端直径0.2 mm,锥度0.04)递增到D14(直径1.4 mm,锥度0.115),用于根管中1/3段的预备;完成锉F1、F2、F3分别有黄色、红色和蓝色的色环,尖端直径分别为

0.20、0.25、0.30 mm,根尖3 mm锥度分别为0.07、0.08、0.09,从D4至D16直径逐渐增大,但F1锥度逐渐减小为0.05、F2减至0.055、F3减至0.05,用于根管最后的清理成形。PTU系统是ProTaper的改良产品,增加了F4和F5两支锉,根尖直径分别为0.35和0.40 mm,锥度为0.06、0.05,适用于根管粗大的前牙<sup>[14]</sup>。它具有连续的可变锥度,横截面也有所改良,与牙本质比具有更小的接触面积,切割效率更高。近期在中国上市的ProTaper Next继续进行了改良,具有更好的韧性,采用偏心矩形横截面设计,使锉在根管内进行蛇形运动。具有更大的排溢碎屑的空间,能够更好地遵循根管的原始路径。ProTaper Next只需要在根管疏通之后利用两支锉X1和X2就能完成一般的根管预备,同时具备高效的切割效率,大大减少了成形时间。Griffiths等<sup>[15-16]</sup>研究发现切削性的尖端比无切削能力的引导性尖端更易产生根尖偏移。ProTaper均采用的是引导性尖端设计,其刃部全长有连续变化的螺距和螺旋仰角,有利于碎屑的排出,并可避免器械折断。近年来由于Protaper等机用镍钛根管器械在临床上良好的成形能力而得到了广泛的应用,但常会出现没有任何预兆的折断<sup>[17]</sup>。ProTaper F1锉是系列里面第一根成形锉,临床折断率较高,所以我们采用ProTaper F1锉为研究对象。

### 3.8 预备根管时压力和参数的选择

根管预备时,厂家建议对机用镍钛器械施加的力和用铅笔书写时的力量差不多,但是每个人的操作习惯都不一样。为了使实验条件一致,每次提拉时用力均为10 N。预实验发现,用力较大时树脂模拟弯曲根管很容易出现侧穿的现象,这样就会增加镍钛锉折断的几率;用力较小时镍钛锉会长时间停留在一个位置旋转,也会增加镍钛锉折断的几率。

登士柏ProTaper机用镍钛锉满足临床应用时合适的转速为150~350 r/min,转矩为1.5~4.0 N·cm,较高的转速会提高根管预备的效率,同时也会加大器械折断的几率。较大的扭矩值对根管壁的切削力相应增大,也会提高根管预备的效率。Yared等<sup>[18]</sup>研究发现:不同扭矩设置对镍钛锉折断无影响。而Berutti等<sup>[19]</sup>研究却表明扭矩较大时可增加镍钛锉折断前所预备根管的数目。Di Fiore<sup>[20]</sup>建议机用镍钛锉选择设置低的转速和扭矩进行根管预备,并且强调了临床应用镍钛锉的经验也会影响镍钛锉的折断。我们选择了相对较大的转速和扭矩,350 r/min和3.0 N·cm,但是在厂家建议的范围之内,意在进行损毁性实验,来满足实验的要求。

### 3.9 根管数的确定



镍钛锉在预备最后一个根管时发生折断,如果预备到根尖则记为1个,如果没有预备到根尖,不能按照1个根管记录。方法就按照实验方法所述计算,在实验中出现折断时,测量止动环到第一个标记点的距离,即为根尖到根尖孔的距离,查询表格中的数据即可得到估计根管数。表格中的数据是根据常温下冲水预备弯曲树脂根管得到的,原则上是估算常温冲水时的根管数。但是实验条件有干钻组、干气组、水气组、水流组、不同温度的水流组以及不同流量的水流组,根据预实验所得数据利用上述方法估算根管数,结果和表中相似,所以每组的根管数都是按照表中所示结果进行根管计数的。天然牙根尖孔包括生理性根尖孔和解剖学根尖孔,根尖狭窄处基本上和生理性根尖孔在一个位置。临床上预备根管一般是到达根尖狭窄处即完成根管预备,模拟弯曲树脂根管只存在一个根尖孔,全长为18 mm,所以镍钛锉尖端到达根尖孔即为预备完成。

通过本实验方法,我们可以控制冲水温度、流量、力度、根管角度等因素,保证实验在单一因素下进行。此根管模块可大批量生产,用于研究,减少实验误差。

## 【参考文献】

- [1] PRUETT J P, CLEMENT D J, CARNES D L. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments[J]. J Endod, 1997, 23(2): 77-85.
- [2] IQBAL M K, KOHLI M R, KIM J S. A retrospective clinical study of incidence of root canal instrument separation in an endodontics graduate program: a PennEndo database study[J]. J Endod, 2006, 32(11): 1048-1052.
- [3] WU J, LEI G, YAN M, et al. Instrument separation analysis of multi used ProTaper universal rotary system during root canal therapy[J]. J Endod, 2011, 37(6): 758-763.
- [4] PARASHOS P, GORDON I, MESSER H H. Factors influencing defectsof rotary nickel-titanium endodontic instruments after clinical use[J]. J Endod, 2004, 30(10): 722-725.
- [5] HULSMANN M, HERBST U, SCHAFERS F. Comparative study of root canal preparation using lightspeed and quantec SC rotary NiTi instruments[J]. Int Endod J, 2003, 36(11): 748-756.
- [6] YARED G M, BOU DAGHER F E, MACHTOU P. Cyclic fatigue of ProFile rotary instruments after clinical use[J]. Int Endod J, 2000, 33(3): 204-207.
- [7] LIM K C, 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.
- [8] SCHNEIDER S W. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals[J]. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1971, 32(2): 271-275.
- [9] WALIA H M, BRANTLEY W A, GERSTEIN H. An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files[J]. J Endod, 1988, 14(7): 346-351.
- [10] SHEN Y, CHEUNG G S, BIAN Z, et al. Comparison of defects in ProFile and ProTaper systems after clinical use[J]. J Endod, 2006, 32(1): 61-65.
- [11] HAIKEL Y, SERFATY R, BATEMAN G, et al. Dynamic and cyclic fatigue of engine-driven rotary nickel-titanium endodontic instruments [J]. J Endod, 1999, 25(6): 434-440.
- [12] YOU S Y, BAE K S, BAEK S H, et al. Lifespan of one nickel-titanium rotary file with reciprocating motion in curved root canals[J]. J Endod, 2010, 36(12): 1991-1994.
- [13] 韩琳. ProTaper 机用镍钛锉预备磨牙根管安全使用次数的研究[D]. 青岛: 青岛大学, 2011.  
HAN L. Research of the number of safe use of ProTaper engine-driver rotary Ni-Ti endodontic instruments in root canals of molars [D]. Qingdao: Qingdao University, 2011.
- [14] HUANG D M, LUO H X, ZHANG L, et al. Study of the progressive changes in canal shape after using different instruments by hand in simulated S-shaped canals[J]. J Endod, 2007, 33(8): 986-989.
- [15] GRIFFITHS I T, BRYANT S T, DUMMER P M, et al. Canal shapes produced sequentially during instrumentation with Quantec LX rotary nickel-titanium instruments: a study in simulated canals[J]. Int Endod J, 2000, 33(4): 346-354.
- [16] GRIFFITHS I T, CHASSOT A L, NASCIMENTO M F, et al. Canal shapes produced sequentially during instrumentation with Quantec SC rotary nickel-titanium instruments: a study in simulated canals[J]. Int Endod J, 2001, 34(2): 107-112.
- [17] 彭彬, 沈雅, 樊明文, 等. 镍钛合金根管器械折断的临床特点及防治 [J]. 中华口腔医学杂志, 2006, 41(5): 309-312.  
PENG B, SHEN Y, FAN M W, et al. Clinical features and treatment of fractured nickel- titanium endodontic instruments [J]. Chinese Journal of Stomatology, 2006, 41(5): 309-312.
- [18] YARED G M, BOU DAGHER F E, MACHTOU P. Influence of rotational speed, torque and operator's proficiency on ProFile failures [J]. Int Endod J, 2001, 34(1): 47-53.
- [19] BERUTTI E, NEGRO A R, LENDINI M, et al. Influence of manual preflaring and torque on the failure rate of ProTaper rotary instruments [J]. J Endod, 2004, 30(4): 228-230.
- [20] DI FIORE P M. A dozen ways to prevent nickel-titanium rotary instrument fracture[J]. J Am Dent Assoc, 2007, 138(2): 196-201.

(编辑:薛泽玲)