

比较三种电子根尖定位仪和数字 X 线片准确性的体外研究

Accuracy of three electronic apex locators compared with digital radiography: An ex vivo study

Luigi Cianconi, MD, DDS, Vincenzo Angotti, DDS, Roberto Felici, DDS, Gabriele Conte, DDS, Manuele Mancini, DDS

原载 J Endod 2010;36:2003-2007 (英文)

常思佳 庄姮译 岳林审

摘要:

简介: 这项研究比较了 (1) 模拟临床条件下三种根尖定位仪 (EALs) 在体外定位根尖孔位置的准确性; (2) 以显微镜下可见的工作长度 (WL) 为对照, 比较数字成像技术和电子根尖定位仪确定 WL 的准确性。 (3) 在使用电子根尖定位仪测量工作长度时, 用 #10, #15 和 #20 K 锉测量的准确性。**方法:** 用三种不同的 EALs (Endex [Osada Electric 公司, 日本, 东京], ProPex II [登士柏公司, Ballaigues, 瑞士], 和 Root ZX [J. Morita 公司, 塔斯廷, 加利福尼亚]), 和数字化牙片成像系统 (RVG) 测量 101 颗拔除的人的牙齿的工作长度, 并与真实的长度相比较。在实验过程中使用的是 Pro-Train 根管治疗设备 (SimitDental, 曼图亚, 意大利)。**结果:** 统计学分析显示在确定工作长度时, Endex 和 ProPex II 比 Root ZX 更准确。配对 t 检验表明检查的两个数字成像平面在准确性方面没有显著的统计学差异; 用 3 种不同的 K 锉测量工作长度, 准确性之间没有显著的差异。**结论:** 在测量实际工作长度时, 三种根尖定位仪比较而言, Endex 和 ProPex II 比 Root ZX 更准确。而 EALs 比 RVG 更准确。手用锉的号数对 EALs 的准确性没有影响。

关键词 电子根尖定位仪; Endex; ProPex II; 数字放射照相; Root ZX; 工作长度

工作长度 (WL) 的定义为“从冠部参考点到根管预备和充填止点的距离”。根管系统预备和充填的止点应确定在根尖狭窄处。根尖狭窄处也被认为是根管直径最小处, 标志着在此牙骨质-牙本质交界区牙髓过渡到牙周组织。牙骨质-牙本质界被认为是根管充填的止点。解剖学的研究表明根尖狭窄处距根管最顶端的距离为 0.5-1mm。目前, 确定 WL 的方法包括 X 线片法、手感法和电子根尖定位仪 (EALs) 方法。然而, X 线片容易出现变形、放大和解读误差, 并且不是三维的表现。在平行投照的 X 线片, 5.4% 会出现放大误差。所以, 采用 X 线片来确定 WL 时通常要比 X 线片上的根尖端短 0.5-1 mm。垂直和水平的角度, 胶片的处理, 牙齿倾斜和胶片的位置都会影响 X 线片上 WL 的确定。有一些牙齿的主根尖孔距离 X 线片所显示的根尖可能达 3.5mm。这样, 根管止点在 X 线片上会显得比较“短”, 但是做任何的调整都会使 WL 过长。WL 的确定超出了最狭窄处可能会导致根尖穿孔和超填, 增加术后疼痛, 并且延迟或妨碍愈合。相反, 确定的 WL 如果短于根尖狭窄处可能会导致根管系统的清创不彻底和欠填。除此之外, 手感法有很大的差异, 而且精确度也值得怀疑。过度弯曲的根管, 未

发育完全的根尖或钙化根管都会影响根尖狭窄处手感的判断。Custer 最早发明了定位根尖孔的电子方法。Suzuki 发现牙周膜与口腔黏膜之间的电阻值是恒定的 6.5 k Ω , 促进了第一代 EAL (Sunada) 的发展。但这种 EALs 易受根管内液体和牙髓组织的影响, 准确性较差。随着技术的进步, 使得 EALs 在有电解质存在的条件下也能获得较精确的读数。生产厂家认为根管潮湿时比根管干燥时的 WL 的读数更准确。Ozsezer 等发现用 Propex (登士柏公司, Ballaigues, 瑞士) 测量时, 拔髓后比应用冲洗剂后更精确, 而在所用冲洗剂中, 葡萄糖酸氯己定冲洗后测量的准确度最高, 其次是次氯酸钠和生理盐水。1984 年, Yamaoka 在 Ushyama 的研究基础上发明了 Endex (Osada Electric Co, 东京, 日本)。它是基于两种波长 (1 和 5 kHz) 之间的阻抗不同的原理。测量 WL 时, Endex 在潮湿的根管内比干燥的根管内更为准确。此外, Endex 在每个根管中都需要校准。许多研究表明用 Endex 测量 WL 的误差在 ± 0.5 mm 范围内的样本数分别占总样本数的 59%、100% 和 68%。技术的进步也促进了 EALs 如 Root ZX (J. Morita 公司, 塔斯廷, 加利福尼亚) 的发展, 它用“比值”来确定根管最小直径的位置,

允许在两种频率同时测量电阻值，并计算出电阻的比值从而指示出锉在根管内的位置。Root ZX 在有电解质和没有电解质的情况下均可工作，且不需要校准。体内研究证明 Root ZX 在定位小于 1mm 的直径的位置时是很准确的。近来，有一种新的 EAL，ProPex II(Dentsply-Maillefer) 问世。它是通过信号能量的多信号频率来测量的，而不是像其它的 EALs 一样用振幅来测量。本研究的目的是有三个：(1) 比较体外临床条件下 Endex、Root ZX 和 ProPex II 测量根尖孔位置的准确性；(2) 以显微镜下可视的测量为对照，比较数字成像技术和 EALs 确定 WL 的准确性；(3) 比较 #10、#15 和 #20 K 锉测量 WL 的准确性。

材料和方法

收集 101 颗因牙周疾病拔除的 35-60 岁患者的牙齿，通过罗马第二大学健康科学中心研究委员会的伦理批准。清洗后，在体视显微镜(Universal-300; Moeller-Wedel, Wedel, Germany)下放大 20 倍，检查每个牙根是否有外部裂纹、根尖开口是否宽敞，或根尖是否有吸收，因为这些都影响 WL 测量的准确性。这些牙齿没有龋坏，也没有做过牙髓治疗或充填。拔除后，牙齿储存于室温下 2% 麝香草酚溶液中，1 周内使用。用喷水的高速手机上水平锯齿的碳化钨针(登士柏公司)把每个牙在冠中份切断，以获得平整的表面，使得橡皮止动片有准确的定位。使用圆金刚砂钻(登士柏公司)获得髓腔入路。用 #4 GG 钻清理根冠三分之一的碎屑。在定位了每个根管口后，用 3 种不同的 K 锉(#06、#08 和 #10; 登士柏公司)疏通根尖孔以保证根管的通畅性。去除髓腔多余的液体，但不使根管干燥。之后样本被固定在牙齿夹持器上。夹持器也是根管治疗设备(Pro-Train; Simit Dental, 曼图亚, 意大利)(图 1)的一部分。传导介质为生物电传导凝胶(Farmacare Srl, 卡萨莱, 意大利)。在把样本固定之前，把凝胶倒入盒子里。样本被紧紧地固定在 Pro-Train 的牙齿夹持器内，以防止测量时位置发生改变。



图 1。Pro-Train 及其组成。

EAL 测量

使用装有硅树脂类止动片的 3 种不同的 K 锉 (#10、#15 和 #20)，用 3 种不同的 EALs 来确定每个根管的 WL。三种 EALs 在每个根管中依次使用。在用第一种 EAL 确定了 WL 之后，用数字卡尺(Mitutoyo 571-202-20; Mitutoyo Italiana SRL, 利纳德, 意大利)(可以记录的最小长度是 0.5mm)测量撤出的 #10 锉。记录了 WL 之后，把相同的锉重新插入根管内用第二种和第三种 EALs 来确定 WL。#15 和 20# 锉以相同的步骤进行测量。因此每个样本得到 9 个电子测量长度(每种 K 锉 3 个)。为了减少误差，仅由一个经过校准的操作者进行止点的电子读数确定。使用 Endex 时，锉插入到红色刻度内读数为 0.0 的模拟数字线处为止。使用 Root ZX 时，锉插入到液晶显示屏显示闪烁的文字“APEX”为止。使用 ProPex II 时，锉插入到液晶显示屏显示闪烁的文字“APEX”和“0.0”为止。据厂商的说明，此时指示根尖孔的位置。

数字化牙片成像系统测量

使用普通的设备来拍摄 X 线片。每个样本均选择测量值最接近 9 个电子测量长度的平均值的 K 锉。如果三种锉显示相同的测量值，就选用最大号锉。拍 X 线片时，近远中方向和颊舌方向的倾斜角度为 0 度，使用装置为 Pro-Train 摄像传感器支架和一个基座。RVG 传感器(DSX 数字传感器; Anthos Im-pianti SRL, 伊莫拉, 意大利)，摄像管(Evolution X 3000; New Life Technology SRL, Grugliasco, 意大利)和样本被牢固地固定和校准在这个基座上(图 2)。测量并记录锉末端至 X 线上根尖的距离(Image Easy Managing, Anthos Impianti SRL)。一致性试验：由 3 个试验者测量 20 个样本，Kappa 检验证实检测者本身和检测者之间对 RVG 评估的可靠性。



图 2。在 X 线成像测量中使用的实验仪器。

表 1 EALs 测量长度和实际工作长度 (mm) 的统计学分析

	平均值	标准差	最小值	最大值	T 值	Pr>[t]
ENDEX (n = 101)	0.23	0.34	-0.5*	1	7.03	p<0.001
ROOT ZX (n = 98)	0.50	0.42	-0.17*	1.67	11.88	p<0.001
PROPEX II (n = 101)	0.27	0.37	-0.67*	1.5	7.49	p<0.001

EAL, 电子根尖定位仪

*负值表示 K 锉的尖端位于根管内

实际工作长度的测量

在 RVG 分析之后, 把样本从 Pro-Train 中拿出来, 确定它在电子和 RVG 测量的过程中没有移位。使用在 RVG 测量时相同的 K 锉测量牙根的长度 (实际的 WL)。用显微镜放大 5 倍(Carl Zeiss GmbH, 西德蔡司, 德国), 把安装了硅树脂类止动片的 K 锉插入到根管内, 直到锉的尖端能在根尖孔的最冠方被观察到为止。在根尖孔水平观察到锉尖时, 固定止动片于牙冠边缘, 然后拿出锉, 用数字卡尺测量从止动片到锉尖端的距离。一致性试验: 3 个检查者观察 20 个样本, 然后进行盲法评估。用 Kappa 值检验确定检查者本身和检查者之间对真实的 WL 评估的可靠性。计算每个牙测得的真实 WL 的平均值, 并用配对 t 检验进行统计学分析, 以比较每种根尖定位仪测量准确的牙数。因为用的是相同的牙, 同样也用配对 t 检验比较了三种根尖定位仪对每个牙的测量值。数字化 X 线成像方法和 3 种 K 锉的准确性均通过相同的统计学方法来进行分析。

结果

显著性水平设为 0.5 的 Kappa 检验结果表明不同组的 Kappa 值都为 0.90 或以上, 提示检查者本身和检查者之间有很好的 consistency。表 1 为 EALs 测量长度和实际工作长度 (mm) 的统计学分析。Endex 和 ProPex II 确定的 WL 比 Root ZX 更准确。Endex, Root ZX 和 ProPex II 测量的 WL 值和真正的 WL 值的平均差值分别是 0.23 mm, 0.50mm 和 0.27 mm。由 Endex, Root ZX 和 ProPex II 确定根尖孔($\pm 0.5\text{mm}$) 准确的样本比例分别是 84.1%, 62.4% 和 82.2%。三种 EALs (Endex, Root ZX 和 ProPex II) 均表现出明显的过长估计的趋势, 比例分别是 15.9%, 37.6% 和 17.8%。结果中没有测量过短的。在颊舌向和近远中向数字成像片上显示的锉尖位置与根

尖孔的一致性分别是 44.5%和 51.5%, 有显著的过短估计的趋势。在颊舌向和近远中向, 锉的尖端与数字成像片上根尖的平均距离是 0.02 mm(± 0.42)和 0.05 mm (± 0.39) (表 2)。三种不同号数的手用锉不影响根尖定位仪的测量。

统计学分析

用配对 t 检验来比较结果, 确定显著性差异在 99.9%的可信水平上。通过 SAS 系统(SAS Institute SRL, 米兰, 意大利)完成数据分析。统计学分析显示 Root ZX 和 ProPex II、Endex 之间均有显著性差异($p < 0.001$)。而 ProPex II 和 Endex 之间、两种数字成像片平面之间以及三种不同号数的 K 锉之间没有显著性差异。

讨论

大量的研究报道了用 EALs 确定根尖狭窄处位置的准确性。对于发育完成的牙根, EALs 测量 WL 的准确性在 75.0% 至 96.5%之间。这些研究在判断仪器准确性时所采用的参考点是不同的。一些学者测量最小直径处 (根尖狭窄处), 而一些学者测量的是根尖孔或主直径处。EALs 在定位根尖时有一些可以接受的误差范围。因而, 用于评估 EAL 准确性的范围也是不同的。通常认为电子定位根尖最狭窄处误差在 0.5mm (被认为更加准确) 和 1mm 标记之间。接受 1.0mm 作为误差界限的一个原因是根尖三分之一形态的多样性。因为微观的研究揭示狭窄处可以定位在这个范围内, 所以这个偏差在临床上通常也是可以接受的。然而, 无论根尖的形态如何, 所用的测量设备应该是精确和可靠的 (即在一个以上的操作者操作时, 可以定位出选择的界限, 是藻酸盐, 琼脂, 盐溶液和凝胶。体外模型测量的有效性 (即描述 EALs 临床准确性的程度) 是未知的, 但可以重复出 EAL 使用的临床条件和完

成几种在体内研究中不能实现的客观检查。已经证明了 EALs 操作的原理是电学而不是组织的生物学

表 2. EALs 的测量长度和 RVG 系统测量长度 (mm) 的统计学分析

颊舌平面	平均值	标准差	最小值	最大值	T 值	Pr>[t]
ENDEX (n = 99)	17.27	2.24	12.1	21.6	76.48	p<0.001
ROOT ZX (n = 96)	17.40	2.25	12.1	22.07	75.78	p<0.001
PROPEX II (n = 99)	17.25	2.29	12.1	21.6	74.89	p<0.001

近远中平面	平均值	标准差	最小值	最大值	T 值	Pr>[t]
ENDEX (n = 101)	17.19	2.20	12.1	21.5	78.32	p<0.001
ROOT ZX (n = 98)	17.36	2.20	12.1	22.07	77.99	p<0.001
PROPEX II (n = 101)	17.22	2.26	12.1	21.5	76.57	p<0.001

性质。因此，把拔除的牙齿浸泡在与牙周组织有相似电阻的介质中，可依据它们的功能提供精确和可靠的信息。目前因其适宜的电传导性质，一种生物电传导的凝胶被用作为介质。分别测量藻酸盐和去离子水的混合物或和自来水的混合物的电阻，以及此凝胶的电阻（表 3），结果显示与藻酸盐混合物相比，凝胶很稳定而且不受室温和湿度的影响。事实上，在混合后 5 分钟，藻酸盐的电阻与混合后第一分钟相比增加了 10 倍，是凝胶电阻的 5 倍。ProTrain 和倾入到盒子里的凝胶一起构成了评价 EALs 的有效工具，因其稳定性高、费用低、操作简单，可使操作者熟练掌握电子测量根管长度的方法。而且，牙根由 ProTrain 牢固夹持住，可抵抗在实验过程中产生的力量。牙根被遮挡住，也可尽量避免客观误差的产生至最小程度。在实验过程中不使用 NaOCl，避免同一个样本根部牙本质在重复测量时被溶解。因此，在使用 NaOCl 清除根管内碎屑之后就不再使用 NaOCl 了。本研究中，为了减少操作者误差，只由一个经过校准的操作者进行电子读数，这对于获得准确和一致的结果是必要的。本实验超出最小直径的评价距离范围在 -0.5-1mm 之间，平均是 0.3mm。评价 EALs 准确性的体外实验有很多种。其中一种是沿牙齿长轴在一个确定的平面上切除根尖区，这个平面可以最好的展示最小直径和

锉的关系。如果不切除根尖区，锉尖和狭窄处的关系就不能被确定。本研究没有使用这种方法，因为选择的“根尖”标志是根尖孔，所以就没有必要切除牙根的根尖部分。为了比较 EAL 的准确性，我们也用了影像学分析。对于比较体内影像学的问题是解剖学根尖孔可以在距离影像学根尖 0.0—3.0mm 的任何位置 (2)。Pineda 和 Kuttler 报道在检查的牙齿中有 83% 的根尖孔与解剖根尖是不吻合的。因为放大误差和过多估计根管长度，影像学与临床的相似性不会很理想。本研究中，在数字成像片上可以接受的测量长度有 28.5% 实际上锉尖已经超出了根尖孔。这个结果与我们之前的研究结果相似，即 15/22 支锉 (68.2%) 在颊舌向的投影显示正好位于或不到数字成像片上的根尖，但实际上锉尖已经超出了理想的 WL。这与其他研究的结果一致。在体外确定最小直径时，EALs 比数字成像片准确率高 10% 至 40%。同样有趣的是与根尖末端直径相对应的锉的号数。EALs 的厂商推荐使用可以读出 WL 的最大号锉。Briseno-Marroquin 等研究了三种不同大小手用锉在四种 EALs 中测量时的准确性，发现 #08、#10 和 #15 锉对 WL 的确定没有影响，与我们的研究一致。体外研究显示 Root ZX 在测量时，误差在 0.5mm 内的比例是 62.7% 至 68%，1mm 内的比例是 97.5% (18,24,48)。Endex, ProPex

表 3 藻酸盐与去离子水的混合物或与自来水的混合物和生物电传导凝胶的电阻值 (kΩ)

	T=0min	T=1min	T=5min
藻酸盐与去离子水混合	20KΩ	415 KΩ	1035 KΩ
藻酸盐与自来水混合	15 KΩ	220 KΩ	843 KΩ
凝胶	255 KΩ	255 KΩ	255 KΩ

II 和 Root ZX 在测量根尖孔时,误差在 0.5mm 范围内的比例分别是 86.1%, 83.2% 和 65.3% ,超出最狭窄处的平均距离分别是 0.31 ,0.45 和 0.57 mm。Siu 等发现体外实验测量得到的 WL 与最小直径的平均距离在 0.16-0.22 mm 之间。Lucena-Martin 等在体外检测了 3 种 EALs 的准确性,发现 5%测量的根管 WL 超出了根尖孔。这与之前使用“APEX”作为定位标识时,有 51.4%锉尖超出根尖孔的研究相一致。与体外研究相比,因为临床条件下测量时的变

异大,不可能获得精确测量所需要的有利的环境,并且被过长估计的 WL 可能会导致不良的预后,所以这个问题应该要认真地思考一下。这些研究发现给我们提出了问题:WL 是应该确定在 EAL 指示的根尖孔的位置,还是确定在此位置更冠方呢? Mayeda 等建议“每个操作者应该把影像学和临床的发现与用根尖定位仪测得的相似的数字联系起来,以确定出他想定为根尖的位置”。因此,一些学者提出当 Root ZX 设定在“0.5”的时候,锉尖回退 0.5 或 1mm,以确定没有超出根尖狭窄,避免根管超预备。

结论

基于本研究结果,为了避免根管超预备,利用本实验所用的 3 种不同的 EALs 测量 WL 时,需要从测量的“APEX”标志处回退 1mm。本研究提示测定根尖孔时 EALs 比数字成像片更准确。而电子根尖定位仪的测量不受用手用锉大小的影响。