

[文章编号 1000-1182(2005)04-0329-03]

牙颌模型三维 CT 扫描测量 分析系统的建立和研究

严 斌¹, 王 林¹, 胡道生¹, 潘 林², 杨 奎², 鲍旭东²

(1. 南京医科大学附属口腔医院 正畸科, 江苏 南京 210029; 2. 东南大学生物医学系, 江苏 南京 210018)

[摘要] 目的 建立计算机辅助牙颌模型三维 CT 扫描测量分析系统, 并研究其可行性。方法 采用高分辨率螺旋 CT 扫描石膏牙颌模型获得其断层图像, 利用 Visual C 6.0 编制在 Windows 环境下运行的分析软件, 完成三维图形重建及测量, 并采用该系统与手工方法对 20 副恒牙期模型进行测量, 比较其结果。结果 牙颌模型三维 CT 系统经检测精度合乎临床要求; 且系统与手工方法测量 20 副恒牙期模型结果比较显示, 两者间差异无显著性 ($P > 0.05$)。结论 牙颌模型三维 CT 扫描测量分析系统是一套具有临床实用价值及推广意义的计算机辅助诊疗系统。

[关键词] 牙颌模型; 计算机断层摄影; 三维测量

[中图分类号] R 783.5 **[文献标识码]** A

Development and Study of Three-dimensional CT Scanning System for Dental Cast Measurement and Analysis YAN Bin¹, WANG Lin¹, HU Qiu-sheng¹, PAN Lin², YANG Kui², BAO Xu-dong². (1. Dept. of Orthodontics, Affiliated Stomatological Hospital, Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China; 2. Dept. of Biomedicine, Southeast University, Nanjing 210018, China)

Abstract Objective To develop a computer assisted CT scanning system for 3D dental cast measurement and to study its reliability. **Methods** 20 dental stone casts were scanned by helical CT and captured a series digital sliced radiographs of them. The program which was developed by Visual C 6.0 language and run under the Windows surroundings rebuilt the 3D graphics and measured the coordinate of the dental cast. These dental casts were scanned and measured to test the reliability of the system, contrasting with manual measurement. **Results** There was no significant difference between 3D CT scanning and manual measurement ($P > 0.05$). **Conclusion** The system is a valuable computer assisted system for clinical diagnosis and treatment of malocclusion.

Key words dental cast; computed tomography; three-dimensional measurement

牙颌模型作为正畸患者病案记录的一个重要组成部分,能客观而完整地记录牙齿、牙弓、基骨以及腭部的形态和位置等信息¹。同时,牙颌模型测量分析的结果是探讨错𪙇病因、辅助诊断和治疗的一个重要依据。长期以来灌注石膏模型是获取牙颌三维模型的仅有途径,但是由于石膏本身的物理特性,在模型的保存、管理、转运等方面尚有许多缺陷²,且传统的手工计测方法,操作繁琐,已不能适应现代正畸的发展。近年来随着计算机图形技术的发展,各种三维分析系统,如莫尔云纹³、近景立体摄影⁴、层析扫描⁵及激光扫描技术⁶均被应用于牙颌模型分析中。本研究利用 CT 扫描三维重建成像技术,设计建立一套三维数字化牙颌模型测量分析系统,以期建立牙颌模

型三维 CT 扫描测量分析系统。

1 材料和方法

1.1 系统硬件组成

螺旋 CT 机:美国 GE HISPEED FX/I,扫描石膏模型时管电压 120 kVp,管电流 100 mA,层厚 0.5 mm,每 360°扫描时间 2.0 s, 512 × 512 像素。计算机: Pentium 800 以上, 512M 内存, 1G 以上硬盘空间, 1024 × 768 彩色显示器。

1.2 系统软件组成

螺旋 CT 控制软件:用于调节 CT 机扫描参数和范围。三维图形显示软件:在 Windows 环境下,采用 Visual C 6.0 编程语言开发了专门的图形及数学功能模块,采用表面阴影遮盖显示的方法进行螺旋 CT 断层扫描数据的三维重建、平滑和光照处理等。交互式三维测量软件:在三维显示功能的基础上,可进行牙颌模型表面的三维测量。其方法是用鼠标在屏幕三

[收稿日期 2004-10-30; 修回日期 2005-02-25]

[基金项目]江苏省自然科学基金资助项目 (BS99063)

[作者简介]严 斌 (1975-),男,江苏人,讲师,硕士

[通讯作者]王 林, Tel: 025-85031865

维图形上直接选取要测量的标志点,获取该点的 x 、 y 、 z 坐标值,据此算出牙颌模型表面任意几点之间的空间线段、角度、弧长等物理参数。

1.3 系统测试方法

1.3.1 系统精度的研究 系统的精度主要与螺旋 CT 机的成像质量有关,而 CT 图像的质量与组成图像的像素大小直接相关。通常计算大小为 512×512 像素的 CT 图像矩阵中每个像素大小的公式为像素大小 = 测量野直径 / 图像放大倍数 $\times 512^2$,CT 机的测量视野直径是固定的,因此实验通过调整图像放大倍数来改变像素大小使其符合模型手工测量的精度要求,用 CT 图像质量专用评估软件 EZDICOM 进行检测。

1.3.2 系统测量与手工测量的比较方法 从南京医科大学附属口腔医院正畸科的记存模型中选取 20 副未经矫治、牙列完整、无或仅轻度磨损的恒牙期石膏模型。测量内容包括,在上下颌第二恒磨牙前,牙弓内各个牙齿牙冠的宽度。后牙从颊面,前牙从唇面进行测量(图 1)。上下颌牙弓宽度,包括前段两侧尖牙牙尖距离;中段两侧第一前磨牙中央窝的间距;后段两侧第一恒磨牙中央窝的间距。测试方法是由 1 名熟练掌握模型测量分析方法的实验者在一连续时间内对石膏模型进行 CT 扫描三维重建,在所生成的数字化模型上确定标志点,系统自动测量得出各线距。相隔两周后再由该实验者直接在模型上确定标志点,用传统的游标卡尺(精确度为 0.02 mm)进行手工直接法测量。利用 SPSS 10.0 统计软件对两组测量结果进行配对 t 检验分析,以比较两组测量结果是否存在差异,检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

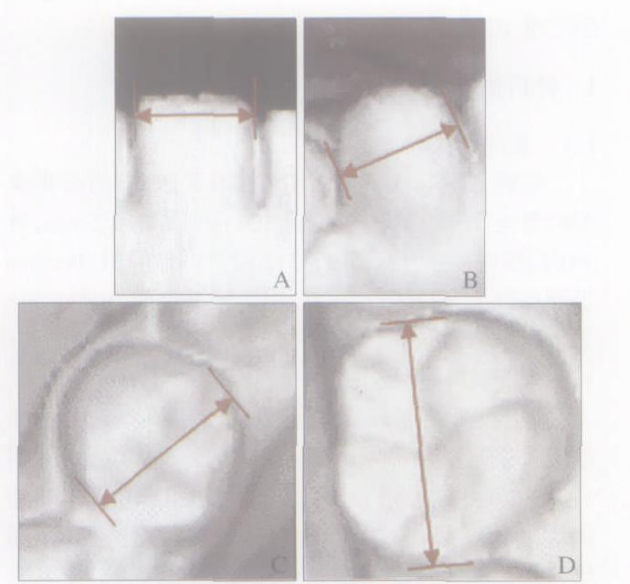


图 1 测量切牙(A)、尖牙(B)、前磨牙(C)、磨牙(D)的近远中宽度
Fig 1 Measurements of mesiodistal width of incisor (A) , canine (B) , premolar (C) , and molar (D) using the system

2 结果

2.1 系统的精度指标

本系统设定的最小测量视野直径为 10 cm,最大直径可达 50 cm。经软件检测,系统测量精度可达 0.1 mm。扫描速度为单颌模型扫描时间小于 1 min。

2.2 系统的显示效果

重建后的三维数字化牙颌模型图像分辨率较高,显示的牙体解剖形态,如龈缘、牙尖、窝沟点隙等细微结构的临床解剖标志点清晰可辨,可充分满足临床医疗、教学、科研的实际需要。

2.3 系统测量与手工测量相比较的结果

20 副石膏模型的系统测量与手工测量相比较结果见表 1,经配对 t 检验分析,系统测量结果与手工测量结果无显著性差别 ($P > 0.05$)。

表 1 20 副石膏模型的系统测量与手工测量相比较结果
Tab 1 Repeated-measures analysis of variance between plaster and digital models

测量项目	差值均数	标准差	标准误	t 值	P 值
右上第一磨牙宽度	-0.160	0.152 9	0.342	-0.468	0.645
右上第二前磨牙宽度	-0.300	0.199 4	0.446	-0.673	0.509
右上第一前磨牙宽度	-0.170	0.274 6	0.614	-0.277	0.785
右上尖牙宽度	-0.140	0.228 3	0.511	-0.274	0.787
右上侧切牙宽度	-0.510	0.338 8	0.758	-0.673	0.509
右上中切牙宽度	-0.380	0.238 9	0.534	-0.711	0.486
左上中切牙宽度	0.190	0.193 3	0.432	0.440	0.665
左上侧切牙宽度	0.860	0.276 6	0.619	1.390	0.180
左上尖牙宽度	0.720	0.317 3	0.710	1.015	0.323
左上第一前磨牙宽度	0.280	0.186 4	0.417	0.672	0.510
左上第二前磨牙宽度	0.100	0.219 5	0.491	0.204	0.841
左上第一磨牙宽度	0.500	0.239 7	0.536	0.933	0.363
右下第一磨牙宽度	-0.530	0.286 4	0.640	-0.828	0.418
右下第二前磨牙宽度	-0.310	0.240 0	0.537	-0.578	0.570
右下第一前磨牙宽度	-0.220	0.188 5	0.422	-0.522	0.608
右下尖牙宽度	-0.380	0.185 8	0.416	-0.915	0.372
右下侧切牙宽度	-0.330	0.277 1	0.620	-0.532	0.601
右下中切牙宽度	-0.220	0.180 7	0.404	-0.544	0.593
左下中切牙宽度	-0.250	0.168 1	0.376	-0.665	0.514
左下侧切牙宽度	0.760	0.251 4	0.562	1.352	0.192
左下尖牙宽度	-0.420	0.138 5	0.310	-1.356	0.191
左下第一前磨牙宽度	-0.120	0.147 2	0.329	-0.365	0.719
左下第二前磨牙宽度	-0.910	0.270 7	0.605	-1.503	0.149
左下第一磨牙宽度	0.370	0.151 5	0.339	1.092	0.288
上颌前段牙弓宽度	-0.440	0.350 3	0.783	-0.562	0.581
上颌中段牙弓宽度	-0.870	0.304 6	0.681	-1.277	0.217
上颌后段牙弓宽度	0.190	0.255 3	0.571	0.333	0.743
下颌前段牙弓宽度	0.910	0.357 3	0.799	1.139	0.269
下颌中段牙弓宽度	-0.220	0.300 0	0.671	-0.328	0.746
下颌后段牙弓宽度	-0.230	0.310 4	0.694	-0.331	0.744

3 讨论

3.1 牙颌模型三维 CT 扫描测量分析系统的原理

牙颌模型 CT 扫描三维重建是用高分辨率 CT 机发射 X 线束扫描牙颌模型某一层面,由探测器接受该层面 X 线束,经光点转换器,模拟/数字转换器,计算机处理,形成由黑到白不同灰度按矩阵排列的小方块(像素)组成的图像。再将获得的足够多的牙颌模型的断层图像由计算机采用合适的数学算法进行堆砌重叠,并对其图像间的间隔进行插补、平滑,形成三维数字化牙颌模型。本系统中的螺旋 CT 采用的是在非二维平面内的容积扫描方式,可在连续的空间和连续的时间内对石膏模型进行扫描,利用石膏对 X 线阻射的物理特性,间接获取数字化牙颌模型,避免了 X 射线对人体的伤害,重建的模型表面每一点都有精确的三维坐标,为通过相应的软件测量获得准确的模型分析结果提供了可能。

3.2 牙颌模型三维 CT 扫描测量分析系统的特点

时至今日,手工直接测量牙颌模型的方法仍最常用且被多数学者认可。因此,本实验选择牙冠宽度和牙弓宽度这两个临床模型分析中常用的测量项目,将本系统测量结果与手工测量结果相比较,得出两者间差异无显著性的结论($P > 0.05$),表明牙颌模型三维 CT 扫描分析系统测量结果可靠,具有实用价值。

用传统方法对模型进行测量时,其数据记录和处理费时费力,无法对牙颌的复杂几何形态做出全面、精确的定量描述与分析。本系统具有以下特点:使用简便、高效,提供的数字化三维模型细微结构清晰;能任意旋转以供观察和测量模型表面各个部位;可完成任意点的三维坐标提取,空间任意两点距离、牙弓或任意曲线的弧长及曲面面积等项目的测量分析;根据测量结果可自动计算出牙列拥挤度、Bolton 指数和 Pont 指数;初步提供了一些以往靠手工测量难以实现的功能,如牙弓对称性分析,对牙列中任意牙齿的数据分离;模拟牙齿的移动、拔除等。此外,数字化牙颌模型还可存储于计算机内,既利于模型资料的储存、管理,又节省空间,方便携带。

CT 扫描三维重建牙颌模型有许多显著的优点,它是一种非接触式扫描方式,不仅可以扫描石膏模型,还能扫描聚乙烯硅氧烷印模和咬合记录⁸,甚至可以直接用于人体口腔扫描;扫描范围大,一次可扫描多个模型,且无明显盲区;CT 还能发挥其穿透能

力,对某些在常规状态下无法触及的牙颌内部结构及层面进行检测,获取非常有用的资料。伴随 CT 设备性能的不断改进,扫描速度也有了极大的提高,本系统扫描单颌模型的时间比目前常用的牙颌模型扫描方法快几倍甚至几十倍,而且三维重建图像的精度也足以满足牙颌模型的测量分析。

发明无托槽矫治器——Invisalign 的 Align 公司已开始采用 CT 扫描三维重建牙颌模型⁹。因此,随着牙颌模型三维 CT 扫描测量分析系统不断完善和推广,该系统必将为正畸乃至口腔其他学科的临床、教学和科研提供极具价值的辅助手段及资料。

[参考文献]

- 1] 柯杰,李中科,林珠,等. 牙颌模型激光三维测量分析系统 J. 实用口腔医学杂志, 1995, 11(3):200-202.
(Ke J, Li ZK, Lin Z, et al. 3D laser measurement and analysis of dental cast J. J Pract Stomatol, 1995, 11 (3):200-202.)
- 2] Redmond WR. Digital models: A new diagnostic tool J. J Clin Orthod, 2001, 35(6):386-387.
- 3] Kruoda T, Ikegami K. Prediction system of facial change J. J Stomatol Soc Jpn, 1960, 57:441-445.
- 4] 周立新,厉松,王邦康. 牙颌模型视频立体测量系统的建立与应用 J. 现代口腔医学杂志, 2002, 16(4):391-394.
(Zhou LX, Li S, Wang BK. Development and clinical application of a video system for dental cast analyzing J. J Modern Stomatol, 2002, 16(4):391-394.)
- 5] 高勃,周剑,毛勇,等. 牙颌石膏模型的层析三维测量 J. 实用口腔医学杂志, 2000, 16(1):4-6.
(Gao B, Zhou J, Mao Y, et al. Measurement of dentognathic gypsum models with a 3D digitizer by cutting and scanning layer-by-layer J. J Pract Stomatol, 2000, 16(1):4-6.)
- 6] 吕培军,李忠科,王勇,等. 非接触式牙颌模型三维激光测量分析系统的研制 J. 中华口腔医学杂志, 1999, 34(6):351-353.
(Lu PJ, Li ZK, Wang Y. A study of dental cast by using 3D laser non-contact measurement and analysis J. Chinese J Stomatology, 1999, 34(6):351-353.)
- 7] Kalender WA. 计算机断层成像 M. 北京:人民卫生出版社, 2003:55.
(Kalender WA. Computer tomography M. Beijing: People's Medical Publishing House, 2003:55.)
- 8] Kuo E, Miller RJ. Automated custom-manufacturing technology in orthodontics J. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2003, 123(5):578-581.
- 9] Wong BH. Invisalign a to z J. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2002, 121(5):540-541.

(本文编辑 汤亚玲)