

Contemporary Dental and Maxillofacial Imaging

现代牙颌面影像学



原 著 Steven L. Thomas
Christos Angelopoulos
主 译 谢志坚 朱赴东


theclinics.com



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

Contemporary Clinical and
Radiological Imaging

现代牙颌面影像学



主编 王 宁
副主编 王 宁
主 审 王 宁

人民卫生出版社



人民卫生出版社

现代牙颌面影像学

Contemporary Dental and Maxillofacial Imaging

原 著 Steven L. Thomas
Christos Angelopoulos

主 译 谢志坚 朱赴东

译 者 杨晓峰 李盛来 石 珏



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

现代牙颌面影像学 / (美) 安吉诺普罗斯原著; 谢志坚, 朱赴东主译. --北京: 人民军医出版社, 2011.11

ISBN 978-7-5091-5252-2

I. ①现… II. ①安…②谢…③朱… III. ①口腔颌面部疾病-影像诊断 IV. ①R816.98

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 210668 号

策划编辑: 杨 淮 文字编辑: 韩 志 责任审读: 余满松
出 版 人: 石 虹
出版发行: 人民军医出版社 经 销: 新华书店
通信地址: 北京市 100036 信箱 188 分箱 邮 编: 100036
质量反馈电话: (010) 51927290; (010) 51927283
邮购电话: (010) 51927260
策划编辑电话: (010) 51927300-8027, (010) 51927260
网址: www.pmmp.com.cn

印刷: 北京印刷一厂 装订: 恒兴印装有限公司
开本: 889 mm × 1194 mm 1/16
印张: 10.25 字数: 251 千字
版、印次: 2011 年 11 月第 1 版第 1 次印刷
印数: 0001-2000
定价: 88.00 元

版权所有 侵权必究
购买本社图书, 凡有缺、倒、脱页者, 本社负责调换

Contemporary Dental and Maxillofacial Imaging, An Issue of Dental Clinics

Steven Thomas, Christos Angelopoulos

ISBN-13: 9781416062868

ISBN-10: 1416062866

Copyright © 2008 by Elsevier. All rights reserved.

Authorized Simplified Chinese translation from English language edition published by the Proprietor.

Copyright © 2011 by Elsevier (Singapore) Pte Ltd. All rights reserved.

Elsevier (Singapore) Pte Ltd.

3 Killiney Road

#08-01 Winsland House I

Singapore 239519

Tel: (65) 6349-0200

Fax: (65) 6733-1817

First Published 2011

2011 年初版

Printed in China by People's Military Medical Press under special arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR, Macao SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书简体中文版由人民军医出版社与 Elsevier (Singapore) Pte Ltd. 在中国大陆境内合作出版。本版仅限在中国大陆（不包括香港、澳门特别行政区及台湾省）出版及标价销售。未经许可之出口，视为违反著作权法，将受法律制裁。

著作权合同登记号：图字 军-2010-038 号

内容提要

随着 CT 技术的发展和在口腔医学中应用的普及，牙科影像技术已从过去的静态平面影像发展为数字化、三维化和互动影像程序的应用。本书由《北美口腔临床医学杂志》组织本领域专家编写，全面总结了颌面影像技术的发展及三维影像在牙科的多种应用。本书适合口腔医师、技师、医学生参考学习，阅读本书一定会对临床工作和科学研究有所帮助。

前言



Steven L. Thomas



Christos Angelopoulos

虽然在检查患者时，病史和体格检查都是必不可少的，但是使用和发展非损伤性的影像技术，以观察肉眼所不及的部位，已成为了诊断过程中的一个重要组成部分。近几年来牙科影像学迅速发展，过去我们依赖静态图像对颌面部进行诊断，而如今牙科影像已发展为数字化、三维化以及互动化应用。这些进步要归功于一项最近面世的 CT 技术，称为“锥束 CT”（CBCT）或“数字容量断层扫描”。该技术为口腔医师提供了所有角度的影像图像，并迅速普及起来，可以说 CBCT 填补了牙科影像领域的空白。

三维图像在很多方面提高了诊断效率和治疗效果；从常规的评估到罕见病理及复杂的先天缺失的分析，现代影像技术都能帮助牙医更快、更简单、更准确地作出诊断。同时，开发了许多利用三维数

据制定种植手术计划、手术导航、正畸等的应用程序。所有这些应用都会有益于患者。

在牙科领域，《北美口腔临床医学杂志》一贯承担展示最新技术进展的任务。这次我们有幸受其重托，召集相关专家，对颌面影像技术的进展及三维影像技术在牙科的多种应用作全面归纳总结。在此感谢《北美口腔临床医学杂志》给予我们这项荣誉。同样感谢这本书的所有作者们，他们都是所在领域公认的专家。

最后，在本书中提到了许多软件程序的名称。这些软件的使用仅代表作者的个人喜好，不代表主编及出版者的推荐或者支持。在我们决定把一种或几种软件合并前，会尽可能详尽地列出原因。

我们衷心希望本书能带给您启发与激励，并能对您的工作有所帮助。

目 录

第 1 章	影像检查技术在牙颌面领域的发展及应用	1
第 2 章	CBCT 及其成像原理	11
第 3 章	头颈部解剖结构在 CBCT 中的表现	27
第 4 章	CBCT 在口腔诊所的应用	43
第 5 章	计算机辅助口腔种植	47
第 6 章	CT 和 CBCT 在 CAD/CAM 中的应用	56
第 7 章	CBCT 在正畸中的应用	80
第 8 章	CBCT 在龋病、牙槽骨评价以及牙髓病学中的应用	89
第 9 章	三维影像在口腔颌面病理学中的应用	101
第 10 章	现代颞下颌关节成像技术	123
第 11 章	图像诊断和睡眠医学	132
第 12 章	牙和颌面部影像学发展前景	147

影像检查技术在 牙颌面领域的发展及应用

Stuart C. White and Michael J. Pharoah

在前段时期,出现了一批新的影像检查技术,如数字影像、CT、MRI、正电子发射断层扫描和锥束CT(CBCT),这些检查技术能提供非常清晰的图像,以提高头颈区域疾病诊断的精确性。最近,因为CBCT水平面图像能为口内片和曲面体层片提供有益的补充,锥束CT影像在口腔界被快速接受。这种检查得到的信息容量大,而辐射剂量和价格却较低。在口腔诊所里,医师更愿意使用CBCT,以求能改进诊断,并增加患者数量及治疗收入。把CBCT作为影像工具中的第二选择,可以使健康-风险比最优化。

在口腔医学领域,口腔影像学一直以来都是重要的诊断手段,如今各种影像检查技术的快速发展使诊断更为可靠。1895年,Roentgen发现X射线后的几周内,就被应用于口内片。之后,很快出现了口外片,包括X线头影测量片。20世纪中期发展起来的曲面体层片能显示较多的牙及周围组织。上述影像技术都进行了数字化改革。近段时期,CT、MRI、核医学与超声等影像检查技术的发展为口腔及临床诊断带来了新的变革。用简单的话来定义CT就是,以X线为基础,用图像切面得到三维成像的影像检查技术。原始的CT技术被广泛用于临床诊断,因此称之为临床CT(CT),而首先应用于口腔医学的新技术是锥束CT(CBCT)。锥束成像在口腔科的发展和应用使其既具有了CT图像的优点,同时又降低了辐射剂量和费用。本章主要介绍各种影像技术的成像原理,以及各种口腔医学应用程序,并着重介绍锥束成像在口腔诊疗中的重要性,同时展望CBCT的未来发展。常规的断层扫描已经基本被CBCT所取代,因此不作介绍。

一、根尖片

传统口内根尖片和骀片的使用率及普及率很高,拍摄质量较好的X线片能很好地满足口腔医师的需要。它们首先应用于临床检查,显示牙齿和

牙槽骨的内部结构情况,从而发现龋病、因牙周疾病导致的牙槽骨吸收、根尖病变,以及许多其他的牙和骨的情况。

(一) 口内片

在所有影像检查技术中,口内片能提供良好的空间分辨力。但是,因为将三维结构的信息压缩在二维的图像中,故缺少了三维的空间信息。例如,通过从一颗低位的第一磨牙牙冠处穿过的X射线,能判断出病损是位于颊沟还是骀面的吗?能判断出未萌出的下颌第三磨牙与下颌神经管的关系吗?医师需要利用有限的二维图像信息,在脑海里重建三维的结构。

(二) 胶片

胶片具有高柔韧性和真实性更高的优点。拍摄较好的胶片能以低成本得到高质量的图像。但是,胶片的拍摄过程很不舒服,而且容易降低图像的质量。此外,建立一个暗室还需要付出一定的时间、空间以及费用。

(三) 数字化

在前一段时期,许多口腔科医师将胶片换成了数字化成像系统。它的优点包括:便于对病人

进行宣教,曝光度低,成像速度快,以及使病人感觉比较现代化等^[1]。目前有两大类商品化的数字系统适合口腔诊所。最常见的是固态电子传感器,使用电荷耦合元件(charge-coupled device, CCD)或者附属金属氧化物半导体(complementary metal oxide semiconductor, CMOS)技术。另一种技术是光激发磷光(photostimulate phosphor, PSP)板,也称为贮存磷光板。

(四) 电荷耦合元件——附属金属氧化物半导体

该系统通过置于口内的传感器来获取图像,使用数据线连接传感器与计算机。拍摄后,穿过患者的X射线被一个包裹着闪烁器的硅芯片所捕获,闪烁器立即将其转化为可见光光子,使硅芯片释放电子,形成电压差。电压量与曝光度成比例。可被记录的最小单位电压,与图片的最小组成部分——像素相符合。虽然一系列像素内的实际电压可能包含了一个连续性光谱也就是一个模型信号,但是它们被转化成特定的如256、1024等数值的像元阵列。通过对应的软件程序可以优化图像质量,并在几秒钟内显示于计算机上。

(五) 光激发磷光

PSP系统使用成像板来获得图像。这种成像板要比固态电子传感器薄,不带金属线,且柔韧性较好。当使用PSP系统成像后,X射线光子碰撞到包裹着磷的板,使处于高能状态电子被贮存。曝光后,从患者口内取出板,放置于激光阅读器下扫描。当激光直接照射于曝光板上时,电子回归到基础状态,并释放可见光。这些与曝光程度成比例的光,在一个光电倍增管内被读取。模型信号被数字化并进行优化,通过固态电子探测器在屏幕上显像。整个过程用时几秒钟至几分钟。

(六) 临床应用

胶片、CCD-CMOS和PSP等系统提供的诊断信息基本上没有很大的差别,因此“数字化”肯定还有其他方面的优势。例如使用数字化图像的最重

要的原因之一是可以加强对病人的宣教。在计算机屏幕上显示的大图片使口腔医师可以让病人了解自身的情况以及治疗的必要性。其他的优点包括可以降低丢失胶片的概率,可以通过电子邮件传输图片,特别是便于下次复诊。

当传感器还在口内时,CCD-CMOS系统已显示出即刻图像,让操作者能检查图像情况,在不移除传感器的情况下,对需要重拍的情况进行传感器定位或X线球管的微调,也可为下一次拍摄作准备。该系统对牙体牙髓科医师很实用。而PSP系统,则必须在每次拍摄后将传感器从口内取出。这与胶片拍摄方法较类似,更适用于修复科医师。此外PSP系统在拍摄后,最好能尽快进行扫描,否则一定的时间后图像也会消失。

从病人的舒适度及所要观察的解剖位置的显示情况来看,CCD-CMOS传感器的硬度会影响其在患者口内的位置。放置传感器最好的办法是使用持片器,这样可以将传感器放在患者口内深部,且远离牙齿,避免产生损伤。该技术大大降低了患者的不适感,同时能拍摄到需要观察牙齿的根尖部和周围骨组织。此外,持片器另有一个导轨,以便准确定位X线球管头部的位置。此外由于患者在放置传感器时可能会用力过大,一些弹性较好的PSP光板所得到的图像会失真。因此使用持片器能很好地使片子与牙齿平行,减少失真,同时外部的引导环还有助于X线球管的校准。

然而选择数字化系统需要较多的支出。CCD和CMOS系统在初期需要一笔费用购买一些单价为几千美元的传感器。一个PSP激光阅读器需要近1万美元,每个光板需要几十美元。两个系统都还要购置软件及计算机。不同于胶片,PSP光板虽然可以重复使用,但是片子会被划伤,存放也需要一定的空间。

(七) 图像处理

数字化系统的另一个优点是可以使用图像处理工具来调节亮度、对比度和锐化程度等。虽然这些工具会改变影像的客观图像,然而仅靠原始图像,无法提高疾病的检出率或确诊率。但是,如果使

用这些工具不当,降低了图片质量,就很可能得不到准确的结果。

(八) 剂量

许多的广告夸大了数字化成像的放射剂量较低的事实。理论上 CCD 和 CMOS 系统比 F 级胶片需要的曝光度低。但是,当快速拍摄多张图片时,这种差别就不大了,因此,可忽略其放射剂量降低的优点。PSP 光板的曝光范围较大,因此会接收不需要的高曝光射线,来得到高质量的图像。对于病人而言,必须确定放射量较低,至少要与 F 级胶片相当,并避免不必要的过度曝光。

(九) 数据管理

在所有的数字化系统中,患者管理和数字化图片系统都需要足够的容量来保存和备份数据。可以将图片以 JPEG 或 TIF 格式保存,之后作为电子邮件的附件寄给同事,当然也可以打印在热胶片或纸上,但是图像质量会降低。

二、曲面体层片

自从 19 世纪 50 年代曲面体层机出现以来,曲面体层片一直都在口腔科应用,其成像的基本原理是曲面体层扫描。一束狭窄的垂直 X 线束直接穿过患者的头部,通过对侧屏上第二狭缝,并被胶片,或者是数字化接收器获得。X 线放射源与胶片同步的围绕患者的头部转动,接收器也一同旋转。由于通过患者牙齿及其他组织的 X 线束的转动频率和接收器的转动频率及方向一致,患者的图像就可以显示在接收侧。在胶片侧得到的牙与骨的图像较清晰,而球管侧获得图像就比较模糊,难以识别。患者在 CCD 和 PSP 系统中的辐射剂量与使用胶片/增感屏系统相当,分辨率也相差无几。

(一) 胶片

最初曲面体层机上使用的就是胶片,并常与其相匹配的增感屏联合使用。增感屏含有稀土元素,X 线光子可与之发出绿色或蓝色的荧光。这个光使胶片上的溴化银晶体曝光,并形成图像。

(二) 电荷耦合元件

CCD 传感器在近年来被用于曲面体层机。使用一个约 4 像素宽的线阵传感器来获取图像。曝光时,从该线性 CCD 芯片连续输出像素,并从一侧至另一侧重建图像。之后,图像信息被储存在硬盘内,并可以在屏幕上显示出来。

(三) 贮存磷光板

PSP 技术也被用于捕获曲面体层片。使用的是约 6 英寸 × 12 英寸的感光板。曝光后利用激光阅读器读片。最终的图像在屏幕上显像,储存方法与其他图像一致。

(四) 临床应用

曲面体层片能很好地显示口腔硬组织的影像,包括牙齿的位置与缺失、异物、囊肿、癌症和其他颌骨情况。对大多数口腔科工作,曲面体层片的分辨率已经足够了,但是与口内片相比,其分辨率还不足,因此不适合用于显示早期或者比较细小的病变。当需要观察整个颌骨时,或者局部区域过大不适合拍摄根尖片时,就需要拍摄曲面体层片。对于口腔科疾病较少的患者,在进行彻底的临床检查常规需要拍曲面体层片和四张殆片。之后,以这些图片和临床检查结果为基础,必要时加拍根尖片^[2]。

曲面体层片的主要优点是显示范围广,辐射剂量低(约为全口根尖片的 10%),以及设备相对便宜(与锥束影像相比)。一些较新的曲面体层机还结合了锥束影像技术。

曲面体层片的主要局限性在于较口内片的分辨率低,同时焦距仅仅可以覆盖牙槽嵴的厚度,因此需要行二维投射成像。图像就会存在失真以及焦段外产生解剖伪影,例如颈椎与上下颌骨在前部的重叠,这些影像改变可能会掩盖一些重要的发现。

三、锥束影像

近 5 年来,CBCT 在口腔医学界获得了广泛的认可,而它的历史只有约 20 年。相较于口内片和曲面体层片,锥束影像最主要的革新是它能提供高质量的薄层图像。不同于常规 CT 的扇形光束,锥

束 CT 发射的 X 线是锥形的。因为锥形光束可以覆盖所观察的整个区域，所以在拍摄前，只需要调节 X 线发射源即可。从患者体内逸出的光束被一个二维的平面探测器所捕获，较常用的是非晶硅 X 线平板，有时也用图像增强器 / CCD 探测器。光束的直径在 4 ~ 30 cm 之间。X 线发射源围绕着患者头部转动，传感器可接收 160 ~ 599 张基础图像。这些图像通过计算形成一个包含全部或者部分面部的球状或圆柱状的容积。在这个容积内，可通过基础图像来计算所有位置的密度（体素）。体素呈立方形，大小约 0.125 mm。一般在水平面、矢状面和冠状面作连续的横断层面显像（图 1-1）。通过这些数据，操作者可以在任意位置作厚的或薄的，平面或曲面的重建。此外，能得到骨或软组织平面的真实三维图像。本章着重于大小视野的临床应用和使用问题。本书内的其他章节则提供了更多该技术的详细信息及应用。

有特殊用途的第三方软件程序不断地被开发出来，它们能使用锥束 CT 的数据，为一些特别的需要提供显示和分析工具。这些程序的能力远远超过

CBCT 自带的软件。当口腔医师想要使用这些软件时，需要从 CBCT 自带软件中将处理后的容积数据以医学图像存储与传输标准数据（digital imaging and communications in mediline, DICOM）的形式导出。然后才能导入到其他第三方软件中分析。大多数开发成熟的软件主要用于协助确定种植以及正畸计划，用于显示软、硬组织的关系（图 1-2），以及用于测量真实的距离和角度等方面。锥束成像生成的数据同样可用来制作快速成型模型以便确定治疗计划，如在正颌手术中使用骀板，法医鉴定需要或者为种植手术制作手术导板。

（一）临床应用

锥束影像主要包括为牙种植提供颌骨情况评估；为正畸治疗计划中评估牙和面部结构；评价颞下颌关节（TMJs）的骨退行性改变；在拔除下颌低位近中阻生的智齿前，观察其与下颌神经的关系；观察根折或根尖周病的牙齿；评估发现可能存在于骨内的感染、囊肿或者肿瘤。在上述这些临床应用中锥束影像迅速取代了传统体层片，这得益于对观

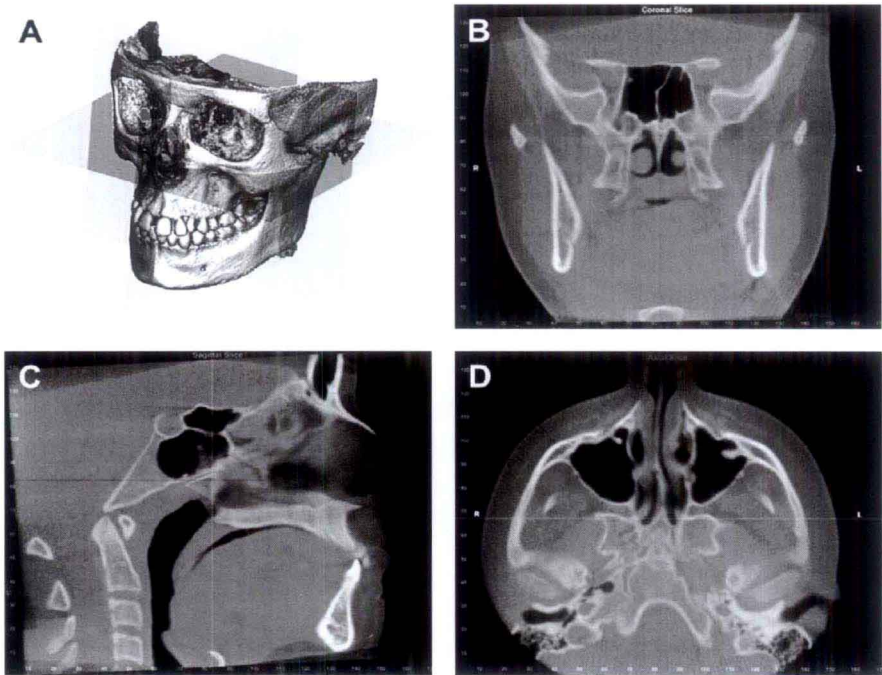


图 1-1 CBCT 容积数据的标准显示模型

A. 三维硬组织显示出三个用于数据库重建的正交平面：冠状面、矢状面和水平面。每个正交平面都包含大量薄的断层平面。B. 典型的冠状面。C. 典型的矢状面。D. 典型的水平面。图像制作的软件为 Dolphin 3D, Chatsworth, California [引自：White SC, Pharoah MJ. Oral radiology, principles and interpretation. 6th edition. St. Louis (MO): Mosby; in press; with permission.]

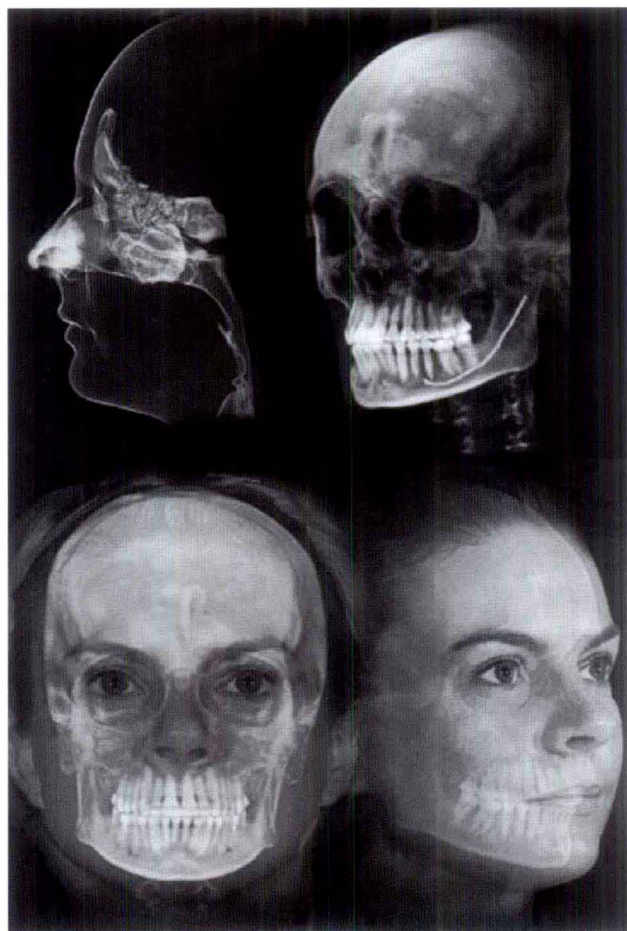


图 1-2 融合

将 CBCT 数据和相片融合所得到的三维解剖图像。使用软件: 3DMD, Atlanta, Georgia (感谢 Chester Wang, Chatsworth, CA.)

察区域的薄层扫描,使得图像不会与其他复杂结构相重叠。

锥束放射机可按其提供的图像容量的大小进行大致的分类。大视野机器生成的图片直径为 15 ~ 30 cm。小视野机器则为 4 cm 或 6 cm,但是具有较高的空间分辨率。大视野机器更适用于正畸、全口种植计划或正颌手术。小视野机器更适合观察折断或根尖病变的牙齿,评估第三磨牙与神经管的关系、单个牙种植或 TMJ 的骨组成。

相比于口内片或小视野 CBCT 机,大视野机器理论上分辨率只是中等。其图片质量与曲面体层片相当,对于大多数的情况已经足够了,但是对一些很精细的检查,比如检查不显影的牙折,或细小的根管,就显得力不从心了。此外,不同于传统 CT,它对骨等钙化组织的对比分辨率较一般。虽然软组织与空气的界面是比较清晰的,但是软组织间的分辨较差,而在 CT 中,就能较好地分辨各种软组织。大视野机器的有效放射剂量范围较广,是传统曲面体层片检查的 2.7 倍至 25 倍^[3]。

小视野机器生成的图像清晰度较高,但是解剖部位较局限(图 1-3)。这些图像的清晰度与根尖胶片相当,且在各平面具有所有横断层面的图像。这些机器的有效放射剂量也很低,与曲面体层片或殆片差不多。

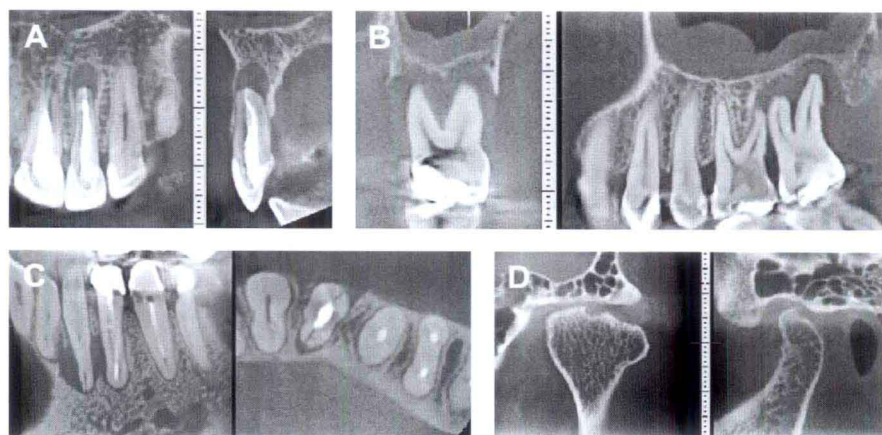


图 1-3 局部锥束图像

利用局部 CBCT 可以较清晰地显示多种牙齿情况,包括: A. 根尖病变; B. 牙周和根尖病变; C. 根折和相应的牙槽骨吸收; D. TMJ 的冠状片和侧位片。使用 3DX Accuitomo 拍摄的图像, J. Morita Manufacturing Corp., Kyoto, Japan [引自: White SC, Pharoah MJ. Oral radiology, principles and interpretation. 6th edition. St. Louis(MO): Mosby.]

无论大视野、小视野锥束影像还是传统 CT 都存在的一个共同的局限,那就是口内人工金属制品包括金属修复体、根管充填物和种植体产生的伪影。这些伪影会在其所在平面的图像上形成或明或暗的条纹,从而降低图像质量。这些伪影还可能以暗条纹的形式出现在发生继发龋的汞合金充填体周围,或者以暗区、暗条纹的形式出现在根管充填材料周围,容易误诊为根折。

(二) 注意事项

近几年,CBCT 正在广泛应用于口腔科。第一批机器往往是由大学以及口腔影像学研究室购买。现在口腔医师购买的目的是主要用于正畸、口腔手术和牙周治疗。这种趋势会给医疗带来潜在的利与弊。

随着锥束影像在口腔诊所的普及率增加,这种影像检查技术的优点逐渐被大家所接受。高质量的 CBCT 显然将会改进诊断和治疗计划,从而改善病人的治疗和愈后。一些早期的研究报道,使用小视野机器可以改进牙髓病变的诊断^[4,5]和正畸治疗^[6]。

但是在某些诊所里存在滥用 CBCT 的情况,由于部分医师仅仅用 CBCT 来重建曲面体层片,从而完全取代了传统的曲面体层片。传统的曲面体层片机的优势就在于可以减少患者接受不必要的辐射。因此,在首次检查时应使用曲面体层片,只在必要时才对相关区域做 CBCT 检查并得出水平面图像,这样才能尽量减少患者平均辐射剂量和总辐射剂量。

关于 CBCT 检查的适应证仍存在很多问题。很多情况下,锥束图像常能为治疗提供唯一的重要的信息。医师的难题是如何判断一个患者究竟该做锥束检查好,还是其他传统影像检测好。是否每个需要正畸、牙髓治疗、口腔手术或牙周治疗的患者都需要行锥束检查?当然不是。与其他新的影像检查技术,如 CT、MRI 一样,只有通过临床实践和研究才能找到最适合 CBCT 技术的病人群体。在口腔医学领域,美国牙医协会已经对一些常规影像学方法的适应患者人群作了相应的推荐^[7]。虽然有文献表明锥束影像在临床应用的发展非常迅速,但

是很少有文章能用证据论证最适合这种影像检查技术的人群。在锥束 CT 设备上投入大量资金的医师,他们使用的频率可能会更高些,这样能收回机器的成本。如果真的出现这种情况,那么患者的曝光量和治疗费用会增加,而诊断情况却没有改善。

另一个需要考虑的问题是如何对图像分析进行相应的培训和实践,特别是对大视野锥束影像。例如,在上颌前部放置一个种植体时,CBCT 需要扫描的区域为中颅底及蝶鞍以下,舌骨以上,后方至颈椎。在这个解剖结构复杂的区域内,可以检查出骨性或软组织的病变。典型的是在水平面、冠状面和矢状面行 1mm 层厚的全扫,利用所有的图像在多平面行重建。本文的作者利用这种检查手段检出了许多预期之外的重要临床发现。我们坚信,因为整个组织都进行了曝光,且能进行观察,所有分析不应局限在观察区域,而应该对整个图像信息进行分析。

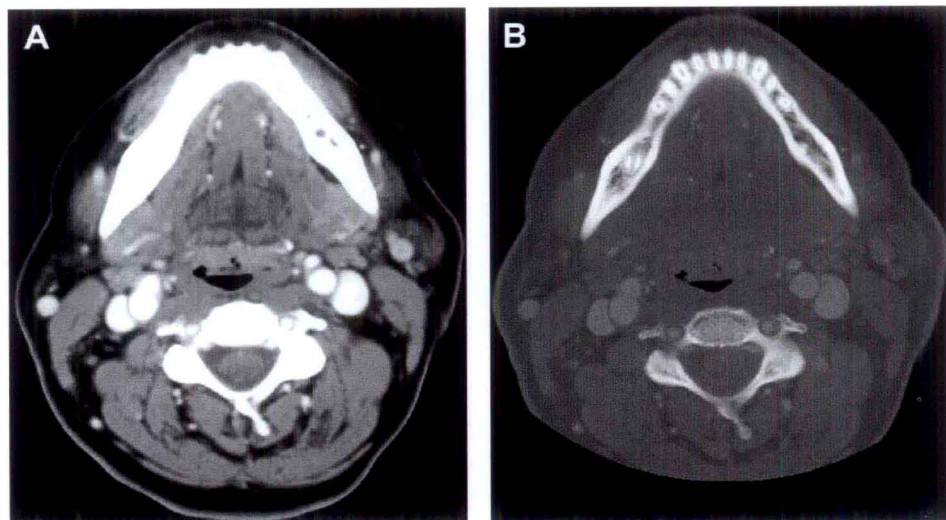
四、CT

CT 在口腔科应用了很多年,他可以提供水平面图像来评估颌面部的多种感染、囊肿、肿瘤和损伤。不同于 CBCT,CT 的 X 线投射源围绕患者行多次螺旋移动,发射狭窄的扇形光束,直到整个扫描区域被覆盖为止^[8,9]。光束照射患者后被一个数字化传感器捕获,并在任意平面行容积重建来观察。与 CBCT 相比,CT 射束具有更好的准直效果,所以 CT 图像的噪点较少(颗粒更少),因此,CT 虽然改进了信-噪比,但是患者的射线暴露也增高了。

CT 技术的对比分辨率很高,可以显示 CBCT 不能得到的软组织信息(图 1-4)。CT 图像可以通过静脉注射造影剂来增强软组织的对比度,使一些血供丰富的软组织显影,如肿瘤。因此,CT 特别适用于需要观察软组织细节的情况,如观察骨内的肿瘤是否已穿透骨皮质,侵犯相邻软组织。和 CBCT 一样,CT 图像以固态或者半透明的三维模型显示。在口腔科,三维 CT 主要用于诊断外伤和大型病变,以及先天与后天的骨骼畸形。DICOM 图像数据也可被用于制作手术的仿真模型、牙种植位置的手术定位支架和精准的种植修复体。

图 1-4 软组织视图

A. 给予碘剂后的下颌软组织 CT 图像。注意口底与颈部相连的肌群，边缘很清晰。碘剂使位于颈椎前方和侧方的血管高度显影。B. 同部位骨切面图像。注意下颌骨与颈椎的一些细节，包括骨皮质和骨松质，牙齿及髓室，但是软组织的对比消失 [引自：White SC, Pharoah MJ. Oral radiology, principles and interpretation. 6th edition. St. Louis(MO): Mosby.]



相比于 CBCT，CT 的一个缺点是放射剂量较高。随着临床上对 CT 检查需求的不断增加，美国平均每人每年接受的人为来源的辐射量与自然来源的相等。另外，与 CBCT 影像一样，CT 也受到人工金属制品的影响。

临床应用

近年来，在口腔科 CT 的最大适应证是评估种植位点牙槽骨的骨量和性质。随着 CBCT 的不断完善，大部分检查都可能会使用 CBCT，这就使患者辐射剂量大大减少。但是，CT 仍能为许多病理情况提供更优质的图像，尤其是对软组织信息有较高要求的病例。未来对于 CT 的临床使用和研究，更多的是对那些 CBCT 不适合的特殊疾病的分析。

五、MRI

简单地说，拍摄磁共振图像就是将患者先置于一个大的磁体内^[10]。这个磁性区域能定位体内许多原子（尤其是氢）的原子核。之后 MRI 的扫描器向患者发射射频脉冲，使许多氢原子的原子核通过逆转方向来吸收能量（共振）。当射频脉冲停止后，储存的能量从体内被释放，并作为信号被一个接收螺管检出。氢原子储存的能量以两种时间常量被释放，分别是 T_1 和 T_2 弛豫时间。这些信号被用

于形成磁共振图像，本质上就是一张氢原子分布图。因为软组织的含水量高，所以其对比分辨率较好。MRI 特别适合评估软组织的病理情况（图 1-5）。虽然软组织的 X 线衰减系数的变化不超过 1%，但是 T_1 和 T_2 弛豫时间可能存在高达 40% 的差别，因此较容易分辨。和 CBCT 一样，磁共振图像可以在任何平面重建。

临床应用

在口腔科，常需要做 MRI 检查来评估 TMJ 的异常软组织，如 TMJ 的关节盘位置。其他适应证包括：评估软组织病变，尤其是舌、面颊、涎腺和颈部肿瘤的形成；观察淋巴结是否被侵及；以及恶性肿瘤是否侵及周围神经等。MRI 的优势在于它比 X 线影像检查技术具有更好的软组织对比分辨率。软组织分辨率的提高本质上就是增加血供，这可以通过静脉注射顺磁的造影剂（如钆）来增强。典型的诊断应包括 T_1 图像、注射钆后的 T_1 图形、脂肪渗透图像和 T_2 加权图像。

本章中介绍的 MRI 不同于所有其他的影像检查技术的优点是它不使用电离辐射，因此不必关注患者的曝光度。同样，一些软组织对比的差异只能通过 MRI 显示，如舌部的鳞状细胞癌只能使用 MRI 观察。但是，因为存在较强的磁性域，可能

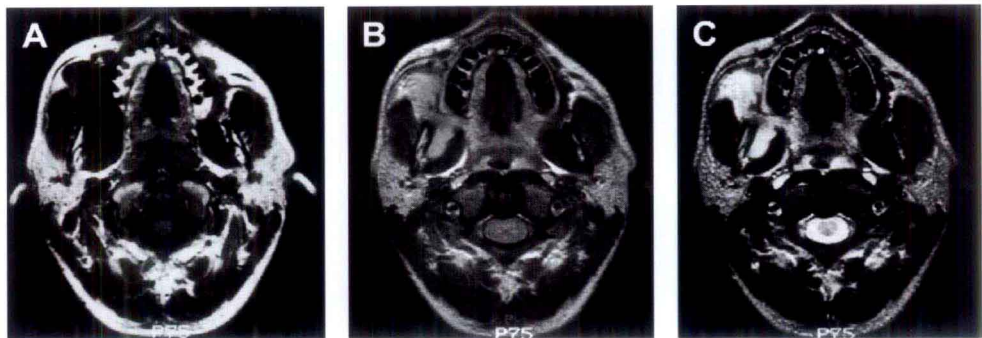


图 1-5 钆增强的磁共振图像
A. 一个侵犯右侧面部软组织的横纹肌肉瘤的 T_1 加权 MRI 水平面图像。因为彼此的组织信号相同，所以肿瘤无法与邻近的咬肌和翼肌分辨。B. 给予钆后的 T_1 加权 MRI 水平面图像。注意在钆增强后，拥有丰富血供的肿瘤的信号要比周围的肌肉更强（更亮）。C. 同一病例的 T_2 加权的 MRI 图像。注意肿瘤比邻近肌肉的信号要强，因为它含有更多的液体量 [引自：White SC, Pharoah MJ. Oral radiology, principles and interpretation. 6th edition. St. Louis (MO): Mosby.]

会使成像磁体周围的强磁性金属移动，损伤到患者，所以必须在行 MRI 检查前除去，包括植入的金属异物，或者存在的金属装置，或者包含有强磁性的金属（如心脏起搏器、脑部动脉瘤夹或者眼部的含铁异物）。口腔修复或正畸的金属不能移除，但是会扭曲其邻近的图像。钛种植体对图像的影响较小。其他问题还包括有些患者置身于 MRI 机器的密闭区域内时会出现幽闭恐惧症，以及 MRI 的费用较高等。当然，随着新的影像检查技术的涌现，通过研究和临床实践会不断开发出一些特殊的应用。

六、核医学

X 线片、CBCT、CT 和 MRI 都是形态学影像技术，需要有宏观的解剖学改变，从而得到所需的信息。但是，有些异常病变可以不伴有解剖变化，还有一些疾病的早期阶段也可以暂不出现形态学的改变，对于这些疾患上述影像学技术就显得无能为力了。放射性核素成像是功能性成像的一种形式，它可以评估那些缺乏解剖改变的生理学变异^[11,12]。

放射性核素影像是通过探测，接收并记录引入体内靶组织或器官的放射性示踪物发射的 γ 射线显示出来的。这些放射性原子在组织内活动与稳定状态无法用化学方法区分，因此需要将放射

性核素与药物相结合（称为放射性药物），来指示整个分子聚集在体内的部位。一旦引入放射性药物后，药物会根据其化学性质分布在体内，并发射 γ 光子。伽玛闪光相机接收伽玛射线，然后可以形成任意平面的图像，图像厚度与 CT 相似 [单光子发射体层显像 (SPECT)]，或者重建三维图像，所有这些图像都能显示放射性核素在体内的位置。因此，放射性核素可以在体内获得组织功能显像，有利于疾病的早期诊断。

理想的放射性核素拥有较短的半衰期，能发射伽玛射线但没有带电粒子，且能与多种药物相结合。最常用的伽玛射线同位素是 ^{99m}Tc ，其半衰期为 6 h，能峰 140 keV。静脉注射人体内后， ^{99m}Tc 能模拟碘的分布，聚集在涎腺、甲状腺和胃黏膜上。当它与多种载体分子结合后，实际上可以用于检查体内的每个器官。在颌面部影像中最常用的是骨扫描，用于测定骨活性。为了使骨成像，需将与亚甲基二磷酸盐相结合的 ^{99m}Tc 从静脉注射入体内。亚甲基二磷酸盐在骨骼上的沉积位点主要是成骨细胞活性较高以及血供较好的部位。但是该方法没有特异性，对于许多能增强骨代谢的异常病变，例如骨髓炎、骨关节炎、肿瘤等，都呈阳性。临床应用包括检测髌突增生患者的髌突生长活性，颌骨不易发现的异常骨活动，肿瘤转移侵犯骨质后的成骨细胞

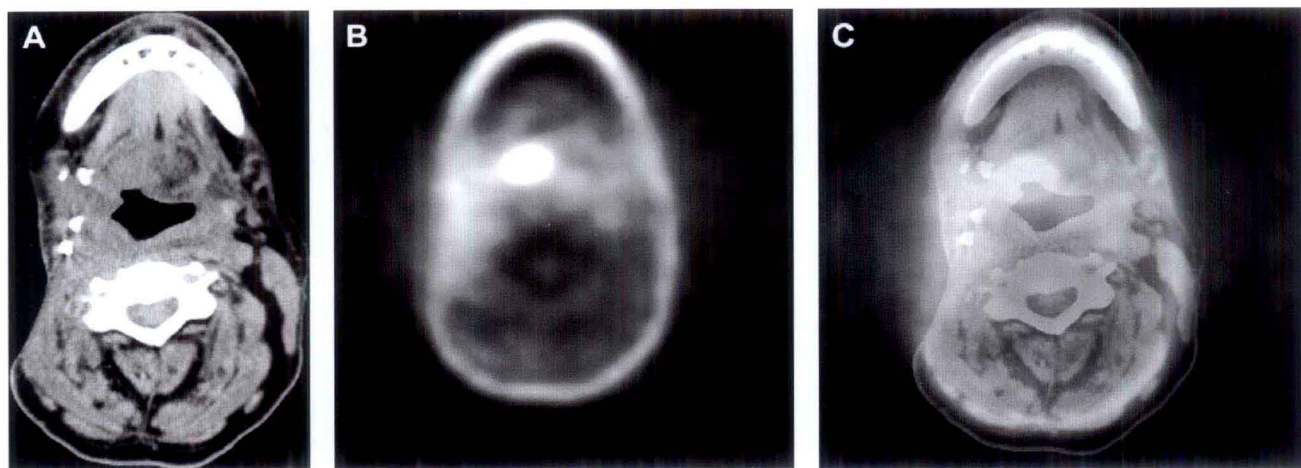


图 1-6 PET 扫描和 PET/CT 结合

该病人舌癌复发。A. 下颌骨下缘平面的 CT 软组织图像。患者右侧下颌骨后方的四个金属物体是前次手术后的血管夹。B. 2-[18F]-2-脱氧-D-葡萄糖 (FDG) PET 扫描显示在右侧舌底有一个椭圆形区域, 即为高代谢活动的肿瘤。在邻近组织的重建平面可见下颌骨前部区域存在 FDG 低水平代谢活性。C. 将 A 和 B 图像融合, 将高代谢活动的区域与 CT 解剖图像重叠。图像由 PET/CT 结合扫描获得 (感谢 Todd W. Stultz, MD, Cleveland, Ohio.)

活性等。

正电子发射断层显像 (PET) 是一种新技术, 主要观测异常高的细胞代谢率, 可能出现在肿瘤 (包括转移性的) 和炎性病变。PET 的优势不仅在于它的敏感性, 还在于它常用的放射性核素 (^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{18}F) 是组织内自然存在的分子的同位素。虽然氟从技术上讲不是很适合, 但是却是氢的化学替代物。这些放射性核素常与葡萄糖或氨基

酸等放射性药物结合。在注入放射性药物后, 同位素随着其载体分子在体内组织中分布, 多分布于细胞代谢活跃的区域, 之后发射正电子, 并由 PET 扫描器监测到。PET 图像常与 CT 扫描结合, 以便于放射性核素的定位 (图 1-6)。PET/CT 的结合可以帮助为头颈部鳞状细胞癌作疾病分期和治疗计划。

参 考 文 献

- [1] van der Stelt PF. Filmless imaging: the uses of digital radiography in dental practice. J Am Dent Assoc, 2005, 136(10): 1379-1387.
- [2] American Dental Association Council on Scientific Affairs. The use of dental radiographs: update and recommendations. J Am Dent Assoc, 2006, 137: 1304-1312.
- [3] Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL, et al. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT. Dentomaxillofac Radiol, 2006, 35(4): 219-226.
- [4] Lofthag-Hansen S, Huuomonen S, Gröndahl K, et al. Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radio Endod, 2007, 103(1): 114-119.
- [5] Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, et al. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. J Endod, 2007, 33(9): 1121-1132.
- [6] White SC. Cone-beam imaging in dentistry. Health Physics, in press.
- [7] American Dental Association Council on Scientific Affairs. The use of dental radiographs: update and recommendations. J Am Dent Assoc, 2006, 137(9): 1304-1312.
- [8] Wolbarst AB. Physics of radiology. 2nd edition. Madison (WI): Medical Physics Publishing, 2005.