

原文題目(出處)：	Clinical Applications of Cone-Beam Computed Tomography in Dental Practice J Can Dent Assoc 2006; 72(1):75-80
原文作者姓名：	Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P
通訊作者學校：	University of Louisville School of Dentistry, Louisville, Kentucky.
報告者姓名(組別)：	郭哲宇 (Intern-J組)
報告日期：	96.05.15

ABSTRACT

Cone-beam computed tomography (CBCT) systems 已經被設計用來拍攝顎顏面的硬組織。CBCT能提供用高品質的診斷圖像，同時也有較短的掃描時間(10-70秒)和輻射劑量比常規的CT掃描低於15倍以上。這項技術進步為臨床牙醫師提供一個最小的變形量顎顏面骨骼的3D成像形態。這篇文章提供目前可得到的顎顏面CBCT系統的概述並且評論實用在臨床牙齒的各種各樣的CBCT顯示模式。

內文：

放射線學在診斷懷疑有牙齒疾病的病患和為被懷疑有牙齒和顎顏面疾病的病患選擇合適的X射線照相的程式是重要的。The American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology (AAOMR)已經建立“parameters of care”來提供診斷、治療計畫和口腔顏面病患follow-up基本原理的影像，包括temporomandibular joint (TMJ) dysfunction, diseases of the jaws and dental implant planning。雖然結合清楚的X光投射和panoramic radiography可能在許多臨床狀況裡是足夠的，但在radiographic的判斷可能會被multiplanar影像(computed tomographs)簡化。

對大多數開業牙醫生來說，因為費用，可用性和輻射劑量考慮，使用先進的成像技術是有限。大多數開業牙醫生熟悉傳統的helical fan-beam CT在axial plane所產生的薄片圖像。而CBCT不僅可以在axial plane產生圖像，也可以在冠狀，矢狀和甚至斜的或者是彎的產生一個2D影像，而此過程稱為multiplanar reformation (MPR)。另外，CBCT的數據會被整理成volume，而不是一個薄片，提供3維的(3D)訊息。這物品的目的是在提供顎顏面CBCT系統的獨特的顯示能力的概述和在說明臨床實踐過程。

CT掃描器的類型

Computed tomography可被分成2個種類，即：fan beam and cone beam (圖1)。

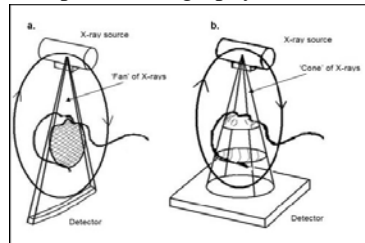


Figure 1: X-ray beam projection scheme comparing a single detector array fan-beam CT (a) and cone-beam CT (b) geometry.

在fan-beam掃描器裡，一個X光源和固態的檢測器被安裝在一台旋轉架上(圖1a)。影像是由使用一個狹窄扇形的X光束穿透過病人所形成的。病患的影像通常在軸向的平面裡一片一片形成的。在傳統的螺旋狀扇形的CT掃描器裡使用線狀的檢測器實際上就是一個多檢測器的陣列。這個構造允許multidetector CT(MDCT)掃描器同時獲得高達64個薄片，而且比單片掃描器系統降低掃描時間和單檢測器扇狀CT陣列相比較在取得3D圖像時暴露在較低的輻射劑量。

圓錐梁CT技術

CBCT掃描器是基於體積的層析X射線攝影法，它是使用一個延長2D的陣列來提供區域性檢測。這是使3D X光射線相結合(圖1b)。這種圓錐梁技術與單一360°掃描有關，在此時X光源和檢測器同步繞病患頭部運動，同時病患頭部是被固定住的。在一定的間隔所取得單個的投射影像被稱為basis images。這些類似於lateral cephalometric X光影像彼此是互相補償的。這系列basis projection images被稱為投射數據。包括back-filtered projection和複雜的運算法的軟體程式被用於產生這些3D圖像數據，而這可以用來提供在3個正交平面(axial, sagittal and coronal)重建圖像。

雖然CBCT原理已經使用了將近二十年，只有在最近因為廉價的X光管發展，優質的檢測器系統和高功率的個人電腦的發展讓此系統變得在市場上能夠買到。從2001年4月NewTom QR DVT 9000開始(定量放射學s.r.l., Verona, 義大利)被引進後，其他系統也陸續被引進包括CB MercuRay (日立醫學公司, Kashiwa-shi, 千葉知識範圍, 日本), 3D Accuitomo XYZ Slice View Tomograph(J. Morita 製造公司, 日本, 京都)和i-CAT (密歇根, 安阿伯, 技術Xoran, 和國際的成像科學, 哈特菲爾德, PA)。

這些機器被根據它們的X光檢測系統分類。大多數用於顎顏面的CBCT是使用image intensifier tube (IIT)。最近一個使用flat panel imager (FPI)的系統也被發行了(i-CAT)。FPI是由鉍碘化物應用於一無定形的矽做成的薄膜晶體三極管所組成的。用IIT 產生的影像一般比來自FPI的影像會導致更多的雜訊。

CBCT的優勢

CBCT很適合用於craniofacial area。它提供對比非常清楚的結構影像並且對判斷骨頭很有用。雖然現在致力於技術的發展和增進軟體演算法來改進訊號和雜訊的比例，但是使用這項技術對軟組織成像限制仍然是存在的。

與傳統的CT相比較，在臨床的實行過程中的使用CBCT 技術為顎顏面成像提供許多優勢：

X射線射線限制：降低照射X光射線所瞄準的區域尺寸大小使輻射劑量減到最小。大多數CBCT機器可被調整到掃描所需診斷區域。其它的則必須掃描整個craniofacial complex。

圖像準確率：體積數據中包括一個被稱為voxels的物件，此為每一個3D立方體反映所吸收X光的程度。這些voxels的大小決定了一幅影像。在傳統的CT裡，voxels是非等方的立方體，在那裡voxel的最長尺寸是軸向的薄片並且以薄片狀來投影，這是一個gantry motion的功能。雖然CT voxel 表面可能像0.625毫米平方一樣小，但是他們的深度通常在1-2毫米。全部CBCT機器所提供的是在3維空間都相等的voxel。

迅速的掃描時間：因為CBCT在單圈旋轉中獲得所有的基礎圖像，因此掃描時間是迅速的(10~70秒)而且是可與醫學螺旋形的MDCT系統相比較的。雖然更快的掃描時間通常表示在重建體積數據會有更少的基礎圖像，但是因為主題運動而造成的運動變異也因此被降低。

劑量減少：發表的報告說明輻射的有效劑量(平均範圍36.9~50.3 microsievert [uSv])與傳統的CT系統相比較有顯著降低高達到98%以上(平均下顎是1320~3324 uSv；平均上顎是1031~1420 uSv)。這樣把現在病患劑量降低到大約全口根尖片的劑量(13~100 uSv)或者是4~15倍的單張panoramic radiograph (2.9~11 uSv)。

顯示模式適用於顎顏面的成像：當被要求進入和醫學CT 數據相互作用是不可能的。雖然這樣的數據可以被轉換或帶入適當的程式而可以使用在個人電腦上(e.g., Sim/Plant, Materialise, Leuven, Belgium)，這個過程是昂貴的並且需要延長診斷階段的一個中間過程。CBCT 數據的重建是透過一台個人電腦被執行的。另外，軟體可以讓使用者適用，而不只那些放射學家，或者透過直接購買或者試用各種賣家所創新的程式(例如，Imaging Sciences International)。這使臨床醫師可以在治療椅播放影像，實際分析和MPR模式的機會。CBCT體積數據是等向性的，整個體積可以重定以便解剖特徵被重新編制。

減少圖像人工假象：由於製造商的製品抑制演算法和增加預測的數量，並且我們的臨床經驗已經顯示CBCT圖像能導致較低程度的金屬人工製品，特別是在為觀看牙齒和下巴而再度重建的過程中(圖2)。



Figure 2: Relative image artifact reduction with CBCT (a) axial (top) and cross-sectional images (lower) of the mandibular arch with implants compared with conventional CT (b) axial (top) and cross-sectional (lower) images of maxillary arch with implants.

對臨床的牙齒的實用的CBCT 成像的實行

與傳統CT掃描器不同，傳統CT掃描器是較大的且在購買和保持上是昂貴的；CBCT適合將費用和劑量列入考慮的臨床牙醫使用，因為空間通常不需太大且掃描局限於頭部。

全部的CBCT機器最初提供有相互關聯的軸向，冠狀和矢狀垂直的MPR圖像(圖3)。基本提升包括縮放或者縮小展示灰階等級和對比，而且可以增加註解和游標驅動的測量的能力。CBCT 成像的價值在implant planning，外科病理學的判斷，TMJ assessment和顱顏面骨折手術後的判斷已經被報告了。在矯正學方面CBCT 成像對生長和發育的判斷是很有用的。

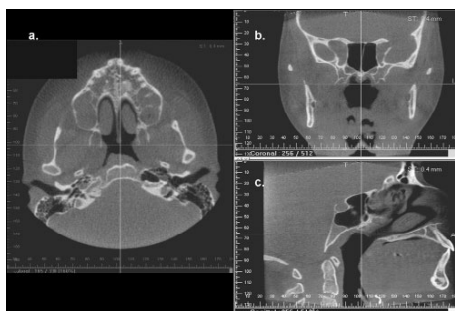


Figure 3: Representative standard CBCT monitor display (i-CAT) showing axial (a), coronal (b) and sagittal (c) thin-section slices.

或許在顎顏面成像過程中，CBCT的最大的實際的優勢是它與數據相互作用並且在臨床的實用過程中常使用來產生複製圖像。全部專賣的軟體能適用於各種顯示幕技術，且容易從體積數據取得。這些技術和他們的具體的臨床的應用包括：

斜的平面的改革：這技術創造nonaxial 2D 圖像來橫切一塊軸向的圖像。這種模式尤其對判斷具體的架構很有用(例如, TMJ, impacted third molars, 因為某些特徵可能不明顯於垂直的MPR 圖像(圖4)。

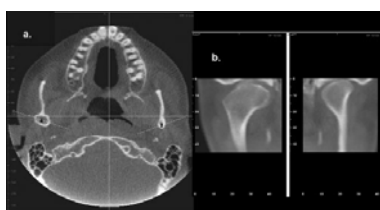


Figure 4: Bilateral linear oblique multiplanar reformation through lateral and medial poles of the mandibular condyle on the axial image (a) providing corrected coronal, limited field-of-view, thin-slice temporomandibular views (b) demonstrating right condylar hyperplasia.

彎曲平面的改革：這是透過一個具體的解剖架構調整好成像平面的長軸而完成的MPR。這種模式對展示牙弓很有用，它提供類似pano的薄片圖像(圖5a)。這是沒有變形的圖像，因此由他們量得的尺寸和角度有最小的誤差。

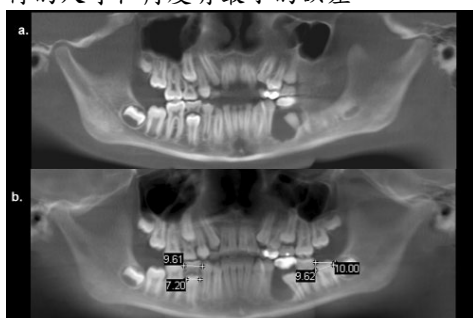


Figure 5: Narrow (5.3 mm) (a) and wide (25.6 mm) (b) slice simulated panoramic images providing anatomically accurate measurements.

連續的transplanar 改革：這種技術生產一系列斜的或者彎曲平面的改革而正交順序截面的圖像。這圖像通常是一個分離的薄片(例如,1毫米厚)(例如,相隔1毫米)。因而產生的圖像在具體形態學特徵的判斷是非常有用的,例如植牙區域alveolar bone高度和寬度的判斷；the inferior alveolar canal和impacted mandibular molars的相對關係；在有症狀TMJ condylar表面和形狀或者是評估影響下巴的病理學狀況(圖6)。

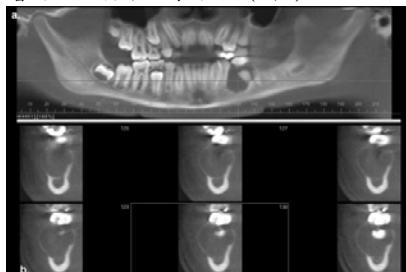


Figure 6: Reformatted panoramic image (a) providing reference for multiple narrow trans-axial thin cross-sectional slices (b) of radiolucent bony pathology in the left mandible, demonstrating bucco-lingual expansion and location of the inferior alveolar canal.

Multiplanar 體積改革：任何multiplanar圖像可以藉由增加在薄片裡的臨近的voxels的數量來”增厚”。這建立代表一個特殊體積的病患圖像。最簡單的技术是增加臨近的voxels的吸收值來產生“ray sum” image。這種模式能用來透過沿著牙弓增加弄彎的平面來重新製作厚度到250毫米的薄片圖像而產生類比的全景圖像,可與清楚的全景的X光照片比較(圖5b)。或者像lateral cephalometric images那樣清楚的投射圖像(圖7)可以被充分建立垂直的MPR圖像的厚度(130~150毫米)。這樣的話，圖像可能被使用在專賣分析cephalometric軟體。與傳統的X光照片不同，這些

射線總數圖像沒有放大，並且是沒有變形的。



Figure 7: "Ray sum" simulated lateral cephalometric projection.

另一種加濃的技術是最大的強度投射(maximum intensity projection--MIP)。MIP圖像只展示在特別濃度內最高的voxel值。這種模式會產生一個pseudo 3D架構並且對描述顎顏面的表面形態學是很有用的(圖8a)。更錯綜複雜的表面展示和體積演算法可以被提供來作為3D 重建和提升體積數據(8 b)。

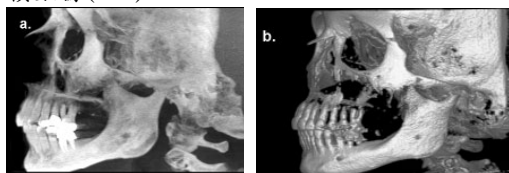


Figure 8: Right lateral maximum intensity projection (a) and shaded surface rendering of patient. (Courtesy: Arun Singh, Imaging Sciences International)

討論

無疑cone-beam technology在十幾年後將在牙齒和顎顏面成像裡成為一個重要的工具。CBCT的臨床應用正迅速被用於牙齒。但是，雖然CBCT允許圖像被用多種形式展示，例如體積數據集的解釋，尤其當它包括大的區域時，包含多餘3D表現或者提供具體的圖像的臨床的判斷的應用。這可以描繪出骨的解剖要素和空間關係並且延長各種各樣的顎顏面架構的病理知識。目前，任何開業的牙醫能購買並且操作一個CBCT單位。要有oral and maxillofacial radiologists才能安裝，因為品質和病患安全的問題，所以使用CBCT的診斷成像研究不應該被不適當的訓練和經驗的牙科醫生使用執行。AAOMR已經表明，為了在植牙成像過程中使用CT，開業醫生應該是有足夠的訓練和經驗的oral and maxillofacial radiologist或是一位牙科醫生。或許，這已經在醫學成像過程中發生，在使用和成像的費用已經以兩位數字的速度增加，而第三者付款人和決策也將確定解釋診斷圖像時賬單的標準。如果是非放射學牙科醫生，只要有足夠的訓練和經驗依樣可以使用CBCT成像。CBCT成像比任何當今的牙齒的成像的輻射劑量要高，因此在為顎顏面CBCT成像的進行時，我們應為病患的利益考量，所以應當讓有能力且受過嚴格訓練標準的臨床醫師來實行。

結論

CBCT成像技術的發展和迅速商業化無疑的將增加開業牙醫使用3D X射線照相來判斷臨床牙齒。CBCT成像為臨床醫師提供高品質的診斷，並且有相對短的掃描時間(10~70秒)和相當於4到15張全景的X光照片需要的輻射劑量。

題號	題目
1	Which is not the advantage of the CBCT technology (A) can be adjusted to scan small regions for specific diagnostic tasks (B) rapid scan time (C) dose reduction (D) software just can be made available to the radiologist
答案 (D)	出處：Clinical Applications of Cone-Beam Computed Tomography in Dental Practice(J Can Dent Assoc February 2006, Vol. 72, No. 1)
題號	題目
2	Which is not included in these techniques and their specific clinical applications (A) Axial planar reformation (B) Oblique planar reformation (C) Curved planar reformation (D) Serial transplanar reformation
答案 (A)	出處：Clinical Applications of Cone-Beam Computed Tomography in Dental Practice(J Can Dent Assoc February 2006, Vol. 72, No. 1)