



January 2011

## Cephalometric Linear Measurements on Conventional Digital Cephalograms and Cone-beam CT 3-D Craniofacial Images

Zwei-Chieng Chang

*Department of Orthodontics, School of Dentistry, National Taiwan University, Taipei, Taiwan; Department of Dentistry, National Taiwan University Hospital, Taipei, Taiwan*

Yu-Chun Huang

*Department of Orthodontics, School of Dentistry, National Taiwan University, Taipei, Taiwan; Department of Dentistry, National Taiwan University Hospital, Taipei, Taiwan*

Eddie Lai

*Department of Orthodontics, School of Dentistry, National Taiwan University, Taipei, Taiwan; Department of Dentistry, National Taiwan University Hospital, Taipei, Taiwan*

Chung-Chen Yao

*Department of Orthodontics, School of Dentistry, National Taiwan University, Taipei, Taiwan; Department of Dentistry, National Taiwan University Hospital, Taipei, Taiwan*

Yi-Jane Chen

*Department of Orthodontics, School of Dentistry, National Taiwan University, Taipei, Taiwan; Department of Dentistry, National Taiwan University Hospital, Taipei, Taiwan*



Part of the [Orthodontics and Orthodontology Commons](#)

### Recommended Citation

Chang, Zwei-Chieng; Huang, Yu-Chun; Lai, Eddie; Yao, Chung-Chen; and Chen, Yi-Jane (2011) "Cephalometric Linear Measurements on Conventional Digital Cephalograms and Cone-beam CT 3-D Craniofacial Images," *Taiwanese Journal of Orthodontics*: Vol. 23: Iss. 3, Article 2.  
DOI: 10.30036/TJO.201109.0002  
Available at: <https://www.tjo.org.tw/tjo/vol23/iss3/2>

This Original Article is brought to you for free and open access by Taiwanese Journal of Orthodontics. It has been accepted for inclusion in Taiwanese Journal of Orthodontics by an authorized editor of Taiwanese Journal of Orthodontics.

---

# Cephalometric Linear Measurements on Conventional Digital Cephalograms and Cone-beam CT 3-D Craniofacial Images

## Abstract

**Introduction:** The purpose of this study was to investigate the correlation between the actual linear measurements on human skull and the cephalometric measurements obtained from conventional digital cephalogram and cone-beam computed tomography (CBCT) 3-D images. **Materials and Methods:** Lateral and postero-anterior cephalograms of 3 skulls were assessed by measuring the commonly used 11 linear measurements. The CBCT volume images were obtained and measured by using 3-D image software (i-CAT/ Simplant Pro 12.02). The measurements with conventionally manual tracing method, WinCeph software (2-D), and those on 3-D images were compared with the gold standards derived from repeated caliper measurements of the skulls. Correlations between the gold standard and the software measurements from 2D/3D images were assessed with Pearson's correlation coefficients. **Results:** The linear measurements on midsagittal plane were significantly more reliable than those from bilateral landmarks regardless of measurement technique. The Pearson's correlation coefficient between caliper method and CBCT 3-D measurements was 0.996, 0.989 between caliper measurements and conventional method, and 0.988 between caliper measurements and WinCeph measurement. **Conclusions:** Both conventional 2-D digital cephalograms and CBCT 3-D techniques provide acceptably accuracy of linear cephalometric measurements.

## Keywords

cephalometric analysis, cone-beam CT, linear measurements

## Creative Commons License



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-Noncommercial-No Derivative Works 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

# 傳統數位測顱影像與 Cone-beam CT 三維顱顏影像之 線性測量分析

張瑞青·黃榆鈞·賴向華·姚宗珍·陳羿貞  
國立台灣大學牙醫專業學院臨床牙醫學研究所  
國立台灣大學醫學院附設醫院牙科部齒顎矯正科

隨著錐狀射束電腦斷層掃描 (cone-beam computed tomography, CBCT) 的快速發展，它在牙科學的應用也包括了矯正病例診斷和治療計劃擬定。透過CBCT所獲得的顱顏結構三維影像，可免除平面影像放大率的問題。本研究使用三個完整之人類頭顱骨來探討傳統手繪測顱分析、電腦測顱分析、與CBCT三維立體影像線性測量之準確性，研究方法是使用電子游標尺測量頭顱骨以獲得真實值做為黃金標準，再分別與使用各分析方法所得的影像測量值作比較，包括測顱手繪測量、電腦軟體測量 (WinCeph 8.0)、以及利用CBCT資料重組之三維立體影像測量 (i-CAT/ Simplant Pro 12.02)，除了驗證不同系統之影像放大率，並探討各種測量方法與實體測量之間的相關性，以探討各測量值的準確度。研究結果發現不同方式之影像測量與真實值之間皆具極高相關性，且真實值與CBCT三維立體影像測量的相關係數 (0.996)，略高於與WinCeph軟體測量 (0.989) 或手繪測量之相關係數 (0.988)，顯示在CBCT三維立體影像的線性測量結果具有相當高的準確性；然而，在連續曲線或曲面上的界標點 (例如Co點與Jr點) 仍可能受限於觀測者視線角度或參考線之有無，而影響測量值的準確性。 (*J. Taiwan Assoc. Orthod.* 23(3): 14-23, 2011)

關鍵詞：測顱分析、錐狀射束電腦斷層掃描、線性測量值

## 前言

Broadbent 於1931年將測顱X光影像拍攝予以標準化，以固定頭部之測顱攝影定位架設計，大幅提升測顱X光片的成像品質，促成測顱X光影像被廣泛的應用在齒顎矯正學分析。經過幾十年的發展，測顱分析不僅是探討顱顏骨骼齒顎關係的有利工具，更已成為矯正病例常規檢查中不可或缺的項目。過去有許多學者陸續提出系統性的顱顏構造線性與角度分析方法，

同時也依據不同的年齡與人種建立標準值。我們可藉此進行病例診斷及治療計畫，亦可評估顱顏生長的變化，同時也可透過治療前後測顱X光片的重疊來評估治療效果。這些標準值的設定建立在當初Broadbent的標準化拍攝方法上，包括：拍攝時病患左側貼近片匣、頭部之法蘭克福平面盡量與地平面平行、並使用耳桿固定頭部位置。X光射源與病患頭顱正中矢狀平面 (midsagittal plane) 之距離固定為60英尺 (152.4公

收文日期：100年7月15日 修改日期：100年8月18日 接受日期：100年8月30日

聯絡及抽印本索取地址：台大醫院牙科部齒顎矯正科 台北市常德街1號 陳羿貞  
電話：02-23562347 電子信箱：lcyj@ntu.edu.tw

分)，而病患正中矢狀平面與X光片卡匣之距離為15公分<sup>1</sup>，在此條件之下，計算放大率的公式如下<sup>2</sup>：

Magnification = (source to patient's midsagittal plane + patient's midsagittal plane to film) / source to patient's midsagittal plane = 167.4cm / 152.4 cm for conventional cephalostats = 1.0984，亦即放大倍率為9.84%，因病患左右兩側與X光片卡匣的距離不同，左右兩側構造投影所造成的放大率有所差異，使用兩個數值的平均可部份消弭此項誤差。

自從牙科影像從傳統底片進入數位化發展之後，輻射暴露劑量約可減少50-75%；然而，數位測顱影像和傳統測顱影像的拍攝原理不同<sup>3</sup>，後者是採用點狀射源，進而得到錐狀射束穿透拍攝物後於底片上成像，拍攝時間約0.5秒。數位化的方式則是採用狹縫技術（slot technique），即是讓來自射源的X光經過線性狹縫而使射束成為扇形，再投射到感應器上成像，因此，若要估計數位測顱影像的放大率，則無法依循前述之公式來計算。根據研究，數位測顱影像的放大率會因機器廠牌不同而異，有學者進而提出使用繪圖軟體來修正放大率的方法<sup>2</sup>。

數位化影像是以畫素（pixel）為基本單位，數位化影像檔案大小影響影像的解析度，過大的影像檔案必然增加處理時間及成本花費，若是能使用適切的影像處理軟體，則可在壓縮檔案的同時，也不致減損檔案品質，同時也可增進使用者操作方便性。現今較普遍的影像處理軟體大致上分為兩類，一者為無損壓縮技術（lossless compression），在影像壓縮過程中可以去除非必要資訊（nonessential data）而保留必要資訊，例如 TIFF（tagged image file format）檔；另外則為略損壓縮技術（lossy compression），可以得到比較高的壓縮比例，因此可以更有效的縮減檔案大小，但可能會損毀必要的影像資訊，常用的檔案格式是JPEG（joint photographic experts group）檔。Wenger et al. 的研究指出，即使是使用容許大幅壓縮的 JPGE 檔案格式處理測顱X光影像，影像品質的降低在界標點辨識上並不會造成顯著影響<sup>4</sup>。Geelen 等學者比較使用傳統測顱片、數位測顱片印表機輸出（hard copy）、數位測顱片直接顯示在電腦螢幕上（monitor-displayed version）這三種方式在界標點

判讀（landmark identification）方面是否有所差異，結果發現在電腦螢幕上進行判讀所得到的誤差較其他兩種方式來得大<sup>5</sup>，但是對於臨床應用的影響並不大。之後也有其他研究陸續提出相似結論<sup>6,7</sup>。使用 Dolphin、QuickCeph 2000 影像測量軟體，在線性測量與角度測量的表現上，雖然在某些測量項目和傳統手繪測量的結果有顯著差異，但臨床顯著性有限<sup>7,8</sup>。

CBCT 三維影像可提供許多診斷資訊，其檔案格式為 DICOM（digital imaging and communications in medicine，醫療數位影像傳輸的簡稱），DICOM 是一般醫學影像在處理、列印、傳輸上的常用格式。藉由電腦運算，我們不僅可得到三維立體影像，更可進一步將其壓縮而成原本常規使用的二維X光影像，如根尖片、環口X光片，甚至是測顱片，如此將可在單一次的CBCT照射後得到如前所述的各種資料，可降低病患輻射暴露劑量。若要壓製測顱片，則需考慮斷層影像的拍攝區域必須能夠涵蓋從鼻骨到下頷骨之範圍，因此需選擇延伸視野（EFOV：extended field of view）之拍攝條件。現今商業化機型有多種選擇，例如：iCAT（Imaging Sciences International, Hatfield, PA, USA）、CB mercuRay（Hitachi Medical Corp, Kashiwa-shi, Chiba-ken, Japan）和Newtom 3G FOV 12（Quantitative Radiology s.r.l Verona, Italy），分別有13.2、19、20公分三個尺寸。

病例資料庫管理軟體 WinCeph 系統（Rise Corp., Sendai, Japan）具有內建數位測顱分析功能，是國內許多矯正醫師所使用的軟體之一，然而，此系統對匯入影像的要求限於 JPEG、TIFF、BMP、TARGA 檔，並未支援 DICOM 格式檔。測顱X光影像檔如果經過壓縮處理再匯入 WinCeph，可能會損及影像尺寸的基本資料，因此我們將影像匯入軟體之後，應先對影像進行校準處理才進行測量。在應用測顱影像分析軟體 WinCeph 與新的影像工具 CBCT 之前，我們需要先驗證其測量數值是否正確；因此，本研究將以乾燥頭骨（dry skull）的實體測量值作為黃金標準，分別與以下三者作比較，包括在 CBCT 三維影像上測量、在數位測顱影像上以傳統手繪方式測量以及使用電腦軟體 WinCeph 直接在電腦螢幕上測量，以確認不同方式量測的正確性。

## 材料與方法

### 研究樣本

本研究使用齒列完整之乾燥人類頭顱骨三個，利用兩側強力彈簧將游離之下顎骨固定於顱骨上，如此可維持穩定咬合關係。顱骨上界標點定位以金屬球黏貼，為了減少測量定位誤差、降低在X光片及斷層掃描影像上的判別難度，故將金屬球的尺寸限定為1立方公釐，所標示之測顱界標包括：N點（Nasion）、Gn點（Gnathion）、A點（point A）、B點（point B）、下顎正中門齒切緣點（Li, lower dental midline）、雙側下顎角點（Gonion, GoR and GoL）、雙側顱突點（Jugular point, JR and JL; 顱骨屈弧最凹處）、雙側顱骨弓點（Zygion, ZAR and ZAL; 顱骨弓最凸處）、雙側髁狀突點（Condylion, CoR and CoL; 下顎髁頭最上方處）。

測量項目包括側面觀（圖1）：全臉高度（Total facial height：N-Gn）、上臉高度（Upper facial height：N-A）、下臉高度（Lower facial height：A-Gn）、下頷高度（Chin height：B-Gn）、下顎前牙齒槽高度（Lower anterior dentoalveolar height：L1-Gn）。正面觀（圖2）則包括：全臉寬度（Facial width：ZAR-ZAL）、上顎骨寬度（Maxillary width：JR-JL）、顎關節髁頭間距離（Intercondylar distance：CoR-CoL）、下顎骨體寬度（Mandibular width：GoR-GoL）、左右下顎枝高度（Ramus height：RCo-RGo/LCo-LGo）

### 測量方式及工具

#### 真實值測量

使用游標卡尺（精確度0.02mm）依照上述定義測量顱骨界標點之間的距離，因為在顱骨上無法使用參考平面故為能納入需要涉及到水平參考平面或垂直參考平面的項目，其它項目則在三個顱骨都分別進行兩次測量，兩次間隔十天以評估觀察者自身之誤差。Pair-t test 檢定發現兩次測量並沒有統計顯著差異（ $P=0.58$ ）。因此我們將兩次測量值平均作為真實

黃金標準值，以供後續比較。

### 側面及正面數位測顱片

將顱骨放置於頭部固定架，耳桿放入兩側外耳道中，將顱骨保持直立並使法蘭克福平面（Frankfurt plane）與地平面平行。頭顱前方以金屬尺規供拍攝後放大倍率的校正。使用數位測顱X光機 SP imaging system X-ray tube: Orthoceph OC 100; Imaging Division, instrumentarium corp., Tusula, Finland）拍攝側面及正面測顱影像（Exposure value：77kv, 12mA; Exposure time：1.6~2.2sec; Receptor：24×30-cm, MD 30, Agfa, Mortsel, Belgium），此機型的拍攝條件中，頭骨正中矢狀面與X光攝源之距離為152公分，與image detector之距離為15.2公分，因此影像放大率為1.1。輸出的方式分成兩種，第一種為hard copy以進行傳統手繪測顱分析，即利用印表機Drystar 5300 Agfa（resolution 228dpi）列印X光片再進行金屬界標點辨識及後續測量，第二種為softcopy以進行電腦軟體測量，亦即將所拍攝的影像存成DICOM檔，上傳至本院牙科數位影像資料庫，下載後以JPEG檔匯入WinCeph軟體。利用測顱影像上的金屬尺規進行校正（calibration），並使用軟體功能來調整影像的明暗、對比、Gamma值，同時可隨意放大影像，以利金屬點位置的判讀，使用滑鼠游標點擊金屬點正中央的位置，之後利用其內建測顱軟體進行運算，得到各項線性測量值。

### 錐狀射束電腦斷層掃描之三維影像處理

本研究使用之機型為i-CAT（120kVp, 47.74mA; Source to sensor distance：27inch; Source to patient distance：18inches; Gray scale：12 bit; Image detector：Amorphous silicon flat panel（readable area：23.8cm width×16cm height）; Voxel size：0.2-0.4mm），以EFOV（extended height）條件拍攝，將頭骨放置在固定架上，調整位置使得正中矢狀平面通過正中射線參考線，而其法蘭克福平面與地平面保持平行，先拍攝lateral scout view 調整頭顱骨位置使其左右差異小於5mm，之後再進行360度拍攝，拍攝時間為40秒，voxel size 為0.4mm。頭骨正中矢狀面與X光攝源

之距離為45.7公分，與 image detector 之距離為22.9公分，所得之影像資料使用 Simplant Master 11.06進行三維影像重組，設定影像灰階閥值範圍為1000±100~3071，以去除影像雜訊及軟組織之干擾。分別在中軸面 (axial view)、矢狀面 (sagittal view)、冠狀面 (coronal view) 之影像上尋找各金屬點之位置，使用不同色塊做標定後，重組為3D影像 (圖3)，過程中發現每個金屬點出現的範圍不超過三張影像，因每張影像切片厚度為0.4mm，此和金屬點的尺寸1mm大致相符。然後將所得結果轉存為Simplant Pro檔案形式，在Simplant Pro 12.02的「OMS」功能之「3D cephalometry」下，建立獨立的分析樣本 (analysis template)，其中涵蓋了本研究中所使用的界標點以及線性測量值。之後去除頭顱影像，只留下各金屬點色塊 (圖4)，將界標點名稱標記到前述之色塊上，再以軟體中之量測功能計算線性測量值。此軟體內定需求是標記點只能標記到色塊物體上，並無法標在非實物的位置，因此可大幅降低滑鼠游標在標記時的人為誤差值。

#### 統計分析方法

使用SAS (Version 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC) 軟體進行所有測量資料的統計分析，用Pearson's correlation coefficient來呈現各組測量值與真實值之相關性，藉此檢驗各測量方式的準確性。

## 結果

本研究利用三個真實人類頭骨，探討使用不同測量方式在側面測顱與正面測顱分析常用的11項線性測量值與直接測量值 (黃金標準) 之間的相關性，包括以傳統手繪測顱分析、Winceph 軟體分析、CBCT 三維立體影像分析，上述各種方式的原始測量值請見表一。以真實值為標準可驗證各種影像模式的影像放大率，例如計比較位於正中矢狀面的測量值與真實值，結果可知傳統數位測顱測量的放大率為1.112倍，WinCeph 測量放大率為1.012倍，而 CBCT 三維影像

放大率則是1.014倍。本研究使用數位游標卡尺測量人類頭骨界標點間之線性距離，雖然游標卡尺的精確度高達0.02mm，但重覆測量的隨機誤差遠大於此數值且隨各測量項目而異 (表2)，界標點本身是否容易定位也許是影響測量值可信度的重要因素。在本研究之初步探討中，所有測量誤差都小於1mm，誤差最小的項目是 B-Gn (0.26mm)，誤差最大則為 CoL-GoL (0.87mm)；在傳統二維測顱影像中，Co與Go都因位於曲線上而成為定位誤差較大的界標點，在真實頭骨的三維立體構造上，更由於橫向厚度的影響而使曲定位更加困難，在使用三維測顱界標時，或許需要考慮局部構造特徵以更新界標點定義或尋找適當的新界標點。

我們以實體測量所得到的真實值當作黃金標準，將所有分析項目一起合併計算真實值與另外三種測量方式的相關係數，結果發現真實值與手繪測顱分析的相關係數為0.989，與透過 WinCeph 軟體分析量的相關係數為0.988，與從 CBCT 三維影像上測量的相關係數為0.996，以上三者都達到統計學上的顯著性 ( $p < 0.05$ )，亦即三種影像測量分析的準確性皆相當優異。另外，我們逐一檢視每個測量項目以傳統手繪測量、Winceph 軟體分析、CBCT 三維影像分析所得數值，分別計算與真實值之間的相關係數 (表2)，整體而言，側面測顱分析的準確性都比正面測顱分析的表現好。本研究由於資源有限，僅使用三個具完整齒列的乾燥頭顱骨，因此相關係數需高達0.996以上才具有統計學上的顯著性，雖然統計效力較弱，但仍能從中看出趨勢。在傳統測顱分析部分，多數項目都與真實值顯著相關，僅有四項無顯著相關，分別是 L1-Gn、ZAR-ZAL、JR-JL、CoR-GoR；使用 WinCeph 軟體測量則只有四項與黃金標準值具有顯著相關：N-Gn (1.000)、A-Gn (0.999)、B-Gn (1.000)、GoR-GoL (1.000)。至於CBCT-3D virtual model部份，共有六個項目與真實測量值具有顯著相關，分別是 N-Gn (1.000)、N-A (0.998)、A-Gn (1.000)、ZAR-ZAL (0.989)、GoR-GoL (0.998)、CoR-GoL (0.999)。



圖1. 側面測顱影像之測量項目  
 1. total facial height (N-Gn)  
 2. upper facial height (N-A)  
 3. lower facial height (A-Gn)  
 4. chin height (B-Gn)  
 5. lower anterior dentoalveolar process (LI-Gn)

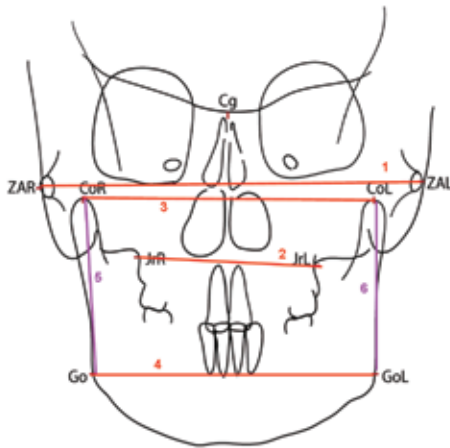


圖2. 正面測顱影像之測量項目  
 1. facial width (ZAR-ZAL)  
 2. maxillary width (JR-JL)  
 3. intercondylar distance (CoR-CoL)  
 4. mandibular width (GoR-GoL)  
 5. right ramus height (CoR-GoR)  
 6. left ramus height (CoL-GoL)

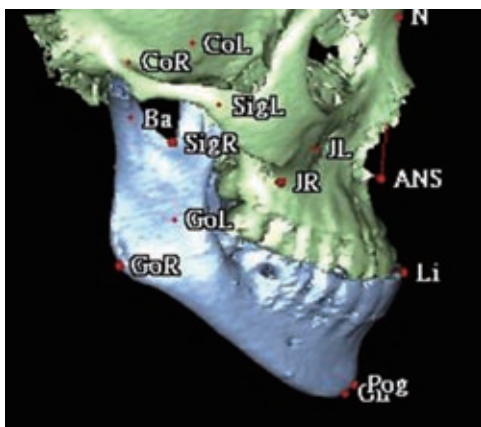


圖3. CBCT三維影像的下顎角點區側面觀

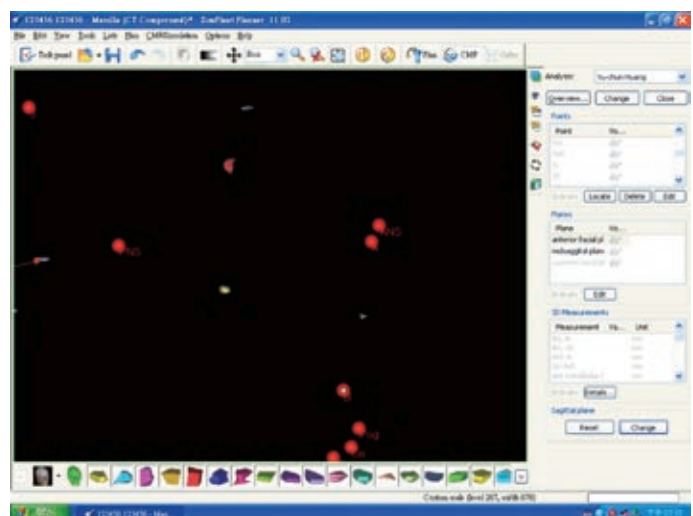


圖4. 以Simplant Pro在CBCT三維影像上標示位於界標點的金屬色塊

表1. 真實值與傳統手繪測顱分析、Winceph軟體分析、CBCT-3D分析的測量結果

Skull	Method	N-Gn	N-A	A-Gn	B-Gn	L1-Gn	ZR-ZL	JR-JL	CoR-CoL	GoR-GoL	CoR-GoR	CoL-GoL
1	Gold standard	109.9	53.2	57.2	20.0	37.2	126.6	63.7	96.3	94.3	57.9	59.9
	Conventional	122.0	59.5	62.8	22.0	35.3	135	67.3	112.0	101.7	51.0	53.5
	Winceph	111.8	54.7	57.5	20.3	34.7	121.6	61.8	102.2	92.3	51.1	52.8
	CBCT-3D	111.4	53.9	57.9	20.9	36.9	124.7	63.8	93.7	92.8	58.6	60.4
2	Gold standard	115.4	54.1	63.2	20.7	29.9	120.1	70.5	87.15	86.4	58.8	61.0
	Conventional	128.2	60.0	70.3	22.5	36.3	128.0	73.8	102.0	93.8	53.7	54.7
	Winceph	117.5	54.5	64.9	21.0	36.1	118.1	63.4	87.2	84.8	46.8	48.1
	CBCT-3D	116.3	54.1	64.1	20.5	43.6	120.3	71.2	87.8	86.7	58.9	59.9
3	God standard	87.4	44.1	43.9	12.3	27.5	116.2	69.3	95.7	79.9	46.0	50.1
	Conventional	96.2	49.3	47.5	14.8	29.8	119	73.8	112.0	88.0	53.0	47.0
	Winceph	87.2	44.2	43.4	12.5	26.6	108.8	60.0	104.6	78.3	44.8	47.3
	CBCT-3D	87.6	45.5	42.9	12.12	28.2	115.8	68.9	99.6	80.4	45.7	48.3

unit: mm

表2. 真實值與不同方式測量值之相關係數 (Pearson correlation coefficient)

Measurement	Inter-observer error of gold standard (mm)	Correlation coefficient with gold standard		
		Conventional	WinCeph	CBCT-3D
N-Gn	0.50	1.000*	1.000*	1.000*
N-A	0.26	0.999*	0.995	0.998*
A-Gn	0.77	1.000*	0.999*	1.000*
B-Gn	0.20	1.000*	1.000*	0.993
L1-Gn	0.54	0.585	0.590	0.312
ZAR-ZAL	0.74	0.977*	0.921	0.989*
JR-JL	0.34	0.985	0.139	0.992
CoR-CoL	0.57	0.999*	0.984	0.839
GoR-GoL	0.52	0.999*	1.000*	0.998*
CoR-GoR	0.48	-0.193	0.701	0.999*
CoL-GoL	0.87	0.998*	0.541	0.992

\*: P &lt; 0.05



## 討論

齒顎矯正學所使用的測顱分析是用來描述患者顱顏特徵及訂定治療計畫的重要工具，由於科技發展，測顱分析得以從傳統手繪測量發展至數位化的應用。過去已有許多學者針對數位測量軟體中的界標辨識誤差作探討，發現在電腦螢幕上的界標辨識誤差雖然較傳統手繪方法稍大，但不至於影響臨床判讀意義。然而，傳統測顱影像可能受到患者頭部擺放位置偏差或拍攝角度問題所影響，CBCT 影像則可藉由資料重組而讓觀測者從 coronal, axial 和 sagittal view 等不同向度檢視患者的顱顏結構，CBCT 影像也有助於矯正治療計畫的擬定以及更加精確地評估治療成果。

本研究利用游標卡尺對乾燥頭顱骨進行直接測量，以此真實值為黃金標準，比較它種測量結果與其相關性，發現它與 CBCT-3D 影像所得到的相關性最高，但其他測量方式的測量值在統計上都與真實值有顯著相關。Ludlow et al.曾使用 CBCT 拍攝不同擺放位置 (mispositioned) 的乾燥頭顱<sup>9</sup>，發現 CBCT 影像上三維測量所得的誤差值小於0.6%，這顯示 CBCT 拍攝後可經由重新定位及資料重組等方式而消除拍攝位置偏差的影響，使得線性測量值真實值誤差極小，在臨床使用上的可信度極高。本研究依照不同的線性測量項目分別來觀察其與真實值的相關性，結果發現使用 CBCT 三維影像測量具有顯著相關，其中又以在正中矢狀平面附近的測量值的表現較正面測顱測量值來得好；整體而言，L1-Gn 的影像測量值與真實黃金標準值的相關性較低，一則可能是因為L1在頭顱骨上的標示位置是在正中下顎門齒切緣相交點，此金屬小球在2D影像上因構造重疊而較難辨認，Jr點也有類似的情形；此外，在顱顎關節髁頭附近的構造較複雜，影像中的雜訊較多，在金屬點大小有限的情況下，此部位影像判別的困難度相對較高，因此，與Co點有關的測量項目與真實值的相關係數表現較低。雖然我們是以黏貼金屬小球先行定位界標，在連續曲線或曲面上進行界標定位仍可能受限於觀測者視線角度或參考線之有無而影響測量值。

正面測顱片測量在臨床使用上多著重於比較個體自身左右兩側測量值的對稱性，而非比較與標準值差

異。在X光拍攝中，正面測顱片的放大率往往會受到患者頭部尺寸的大小影響而沒有定值。但在本研究的結果中，我們可以發現在正面測顱片的測量上，大部分數值的可信度都顯示其一致性，並未如想像中的紛亂。進一步深究本研究中所使用的界標 (包括有ZA、Jr、Go、Co) 前後位置相差不遠，可能因此在放大率的表現上會較為一致。若比較傳統手繪與 WinCeph 的測量相關性 (相關係數0.995)，亦具有統計上的顯著相關，而且在正中矢狀面上的測量值相關性都極高，顯示兩者在側面測顱的表現十分一致，以數位分析軟體取代傳統手繪測量的合理性，再度獲得驗證，但前提是應用數位分析之前必須確實執行影像校準確性 (calibration)，這部份結果與之前學者針對其他軟體所做類似研究相符。

我們檢定不同測量方式的結果與真實值相關性，結果發現不論所採用的方法為何，在正中矢狀切面上所得的線性測量值與真實值之間的相關性多數都達到統計上的顯著性，所以在進一步討論影像放大率之前，我們僅保留正中矢狀切面上的測量數值進行運算，將每個測量項目的線性測量值放大率都先行計算後再求其平均，結果顯示傳統手繪測量的平均放大率是1.112，理論值則是1.098，兩者差異為1.27%，此數值與理論值相當接近，顯示手繪測量之系統性誤差不大。而 CBCT 的放大率為1.014，WinCeph 的放大率為1.011，兩者的數值都十分接近1，這表示 CBCT 和 WinCeph 的測量數值都接近真實值，但通常數值可能會比真實值略大 (overestimate)，差異為1%左右，若以實際測量數值大小來看差異，誤差會小於1mm。然而，Lascale et al.利用 Newtom9000 (Quantitative Radiology, Verona, Italy) 所做出的結果則認為相較於真實值，在 CBCT 影像上所得的測量值會偏低<sup>10</sup>。在本研究中，這項誤差不能全部視為軟體運算之結果，需要考慮本研究所使用的金屬點大小，以及在電腦螢幕上用滑鼠點選界標時的操作誤差，皆會影響到此項結果的表現。在臨床實際應用上，這樣的差異微乎其微，並不會對診斷的結果發生重大影響，然而這些微差異是否在研究個體的治療或生長變化時應納入考慮，則需視變化量的絕對值而定。

本研究為了避免界標定位誤差的影響，因此先在頭骨上辨識界標點並黏貼上金屬球，再拍攝傳統二維測顱影像及進行CT掃描，以減小界標點判別誤差，意即觀測者僅需標示出金屬球，毋需涉及界標點定義及定位問題。然而在實際臨床應用上，影響測量值準確性的最重要因素是測顱界標點誤差，測顱界標點誤差包含系統誤差及隨機誤差，其中隨機誤差可能來自影像拍攝過程中的操作誤差、患者頭部擺放的位置、軟組織陰影等影響。二維影像的隨機誤差會因為患者頭部位置擺放不正確而增加，三維影像則可透過拍攝後的資料處理而重新定位。至於軟組織干擾因素方面，應用CBCT影像則以藉助軟體的過濾器來改善螢幕上的成像品質，或調整灰階閾值以去除掉軟組織的雜訊。然而，應用三維影像測顱分析所面對的一項挑戰是傳統界標點適用性的問題，例如S點（Sella turcica）及Ar點（articulare），若在三維影像中採用傳統定義，則有判別上的困難。又如Co（Condylion）點及Sig（Sigmoid notch）點，在三維影像上被定義為弧面最突起或最凹處，若在三維影像上直接觀察，則常會因為此區的骨質密度較低，即使縮減了三維影像的灰階閾值範圍後再行影像重組，顱顎關節髁頭的影像仍會有所缺損。我們建議的方法是先決定座標後再移動平行中軸面之切面（slice），設定關節髁頭消失的最後一個畫面為其最突點（Co），而設定乙狀切跡消失的最後一個畫面為其最凹點（Sig點）。在三維立體影像的臨床應用或研究上，也許我們應該要慎重考慮三維影像的特質以及界標點特性不同所存在的誤差，發展出適當的界標點定義或新的測量項目，才足以發揮新進影像技術的效益，這些都是未來可以繼續努力的方向。

## 結論

本研究使用人類真實頭顱骨探討傳統手繪測顱分析、數位軟體分析（WinCeph 8.0）、及CBCT（i-CAT）三維立體影像之線性測量值與黃金標準之相關係數，所謂黃金標準是指以電動游標卡尺重覆測得之真實值，結果發現不同形式之影像測量與真實值之間存在著極高的相關性，而且CBCT三維立體影像測量

與真實值的相關係數為0.996，略高於WinCeph分析軟體測量（0.989）與手繪測量結果（0.988）。整體結果顯示CBCT三維影像的線性測量與傳統數位測顱影像（側面及正面）的線性測量皆具有相當高的正確性；然而，涉及Co點與Jr點的測量項目與真實值的相關係數較低，顯示在連續曲線或曲面上的界標點仍可能受限於觀測者視線角度或參考線之有無，而影響測量值的準確性。

## 誌謝：

本研究承蒙中華民國齒顎矯正學會提供部份經費補助（編號：97-TAORP-9701），特此致謝。

## 參考文獻

1. Proffit W, Fields H. Contemporary orthodontics 4th ed. Saint Louis: Mosby; 2009.
2. Cohen JM, Cohen JM. Comparing digital and conventional cephalometric radiographs. American Journal of Orthodontics & Dentofacial Orthopedics 2005;128:157-160.
3. Visser H, Rodig T, Hermann KP, Visser H, Rodig T, Hermann KP. Dose reduction by direct-digital cephalometric radiography. Angle Orthodontist 2001;71:159-163.
4. Wenger NA, Tewson DH, McDonald F, Wenger NA, Tewson DHTK, McDonald F. Direct digital lateral cephalometry: the effects of JPEG compression on image quality. Medical Engineering & Physics 2006;28:560-567.
5. Geelen W, Wenzel A, Gotfredsen E, Kruger M, Hansson LG, Geelen W et al. Reproducibility of cephalometric landmarks on conventional film, hardcopy, and monitor-displayed images obtained by the storage phosphor technique. European Journal of Orthodontics 1998;20:331-340.
6. Chen YJ, Chen SK, Chang HF, Chen KC, Chen YJ, Chen SK et al. Comparison of landmark identification in traditional versus computer-aided digital cephalometry. Angle Orthodontist 2000;70:387-392.

7. Roden-Johnson D, English J, Gallerano R, Roden-Johnson D, English J, Gallerano R. Comparison of hand-traced and computerized cephalograms: landmark identification, measurement, and superimposition accuracy. *American Journal of Orthodontics & Dentofacial Orthopedics* 2008;133:556-564.
8. Huja S, Grubaugh E, Rummel A, Fields H, Beck F. Comparison of hard-traced and computer-based cephalometric superimpositions. *Angle Orthodontist* 2009;79:428-435.
9. Ludlow JB, Laster WS, See M, Bailey LJ, Hershey HG, Ludlow JB et al. Accuracy of measurements of mandibular anatomy in cone beam computed tomography images. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology & Endodontics* 2007;103:534-542.
10. Lascala CA, Panella J, Marques MM, Lascala CA, Panella J, Marques MM. Analysis of the accuracy of linear measurements obtained by cone beam computed tomography (CBCT-NewTom). *Dento-Maxillo-Facial Radiology* 2004;33:291-294.

# CEPHALOMETRIC LINEAR MEASUREMENTS ON CONVENTIONAL DIGITAL CEPHALOGRAMS AND CONE-BEAM CT 3-D CRANIOFACIAL IMAGES

Zwei-Chieng Chang, Yu-Chun Huang, Eddie Lai, Chung-Chen Yao, Yi-Jane Chen

Department of Orthodontics, School of Dentistry, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

Department of Dentistry, National Taiwan University Hospital, Taipei, Taiwan

Introduction: The purpose of this study was to investigate the correlation between the actual linear measurements on human skull and the cephalometric measurements obtained from conventional digital cephalogram and cone-beam computed tomography (CBCT) 3-D images. Materials and Methods: Lateral and postero-anterior cephalograms of 3 skulls were assessed by measuring the commonly used 11 linear measurements. The CBCT volume images were obtained and measured by using 3-D image software (i-CAT/Simplant Pro 12.02). The measurements with conventionally manual tracing method, WinCeph software (2-D), and those on 3-D images were compared with the gold standards derived from repeated caliper measurements of the skulls. Correlations between the gold standard and the software measurements from 2D/3D images were assessed with Pearson's correlation coefficients. Results: The linear measurements on midsagittal plane were significantly more reliable than those from bilateral landmarks regardless of measurement technique. The Pearson's correlation coefficient between caliper method and CBCT 3-D measurements was 0.996, 0.989 between caliper measurements and conventional method, and 0.988 between caliper measurements and WinCeph measurement. Conclusions: Both conventional 2-D digital cephalograms and CBCT 3-D techniques provide acceptably accuracy of linear cephalometric measurements. (*J. Taiwan Assoc. Orthod.* 23(3): 14-23, 2011)

Key words: cephalometric analysis, cone-beam CT, linear measurements

---

Received: July 15, 2011   Revised: August 18, 2011   Accepted: August 30, 2011

Reprints and correspondence to: Dr. Yi-Jane Chen, Department of Orthodontics, National Taiwan University Hospital

School of Dentistry, National Taiwan University

No. 1, Changde St., Zhongzheng Dist., Taipei City 100, Taiwan

Tel: 02-23562347

E-mail: lcyj@ntu.edu.tw