

齒顎矯正數位化分析與測量之研究

王淑莉¹ 王心蓮²

1 中臺科技大學牙體技術暨材料系講師

2 中正大學醫療資訊管理碩士

摘要

由於我國在實務上仍缺少較適用於台灣人的齒顎影像處理系統，所以大部分牙科醫師在側顛分析上，仍是以眼睛或手工描繪側顛X光片分析為主，這方式會面臨到保存性、追蹤性、方便性、準確性等的問題。本研究先訪談齒顎矯正醫師並依據牙科專業教材，篩選出國內醫療界所最常使用的齒顎矯正分析項目，然後依此建立數位化側顛分析與測量系統。在病患照完側顛X光片後，在醫師點選完數位X光片上的界標點，該系統會立即算出齒顎矯正上各項分析測量所需的數據；本研究事先蒐集各個年齡層的國人的各項側顛測量數據的平均值和標準差，系統會將病患的側顛測量數據和正常國人的數據相比較，協助醫師做出正確診斷。除此，系統亦能將界標點連結，數位化描繪病患側顛的輪廓線，醫師可透過齒顎矯正各階段的側顛輪廓線的疊影，看出病患在治療前後臉部的變化，藉此知道治療方案的成效。為確保研究的可信性與可用性，本研究對系統施行系統滿意度評估及專家驗證。評估的結果，專家們認為在齒顎測量項目與診斷決策支援上，符合臨床決策的需求，以及數位化齒顎測量的準確度比手工測量還精準。在系統滿意度上，約七成使用者滿意系統功能及內容完整性、操作方便性等，在流程上亦符合臨床經驗。

關鍵字：齒顎矯正、牙科資訊系統、側顛 X 光、側顛測量、咬合狀況

通訊作者：王淑莉

通訊處：中臺科技大學牙體技術暨材料系
台中北屯區40601廓子路666號

電話：04-2239164 ext 7416

手機：0921-338866

電子信箱：slwang @ ctust.edu.tw

緒論

近年來由於社會經濟的進步以及生活水準的提高，大眾對於維護健康的意識日益抬頭。在牙科方面，病患對牙科的需求已擺脫只是補牙、吃藥止痛的治療模式，大眾需要的是不僅是身體上的健康，更進一步在意的是全人化的照護。對近代牙科而言，有不少病患因牙齒排列或咬合不正，尋求牙醫協助，想藉由改善牙齒外觀，來增進人際關係及自信心。齒顎矯正並非絕對的生理需求，但對於病患的影響已延伸至心理層面，所以牙齒整型風氣越來越盛行^(1,2)。在2004年台灣地區所做的一份調查結果⁽³⁾，有七成的受訪者認為牙齒排列整齊對整體顏面外觀非常重要，咬合不正對於臉部外觀的影響，是大眾接受齒顎矯正治療的首要因素⁽⁴⁾。根據美國齒顎矯正學會統計，在美國光是咬合不正而接受齒顎矯正治療的比例就有80%。在美國，幾乎每三人就有一人，從小就開始接受齒顎矯正治療⁽⁵⁾。齒顎矯正治療在先進國家已相當普遍，相較於國內，只有20%接受過治療。另外根據台灣口腔矯正醫學會的統計，台灣每一千人當中，只有四個人的牙齒符合咬合正常的標準⁽⁶⁾，不過民眾為了維持咀嚼功能及同儕影響的關係，目前願意接受治療的民眾有越來越多趨勢。

齒顎矯正是治療咬合不正的問題，咬合不正的情況則包含：齒列弓擁擠、犬齒

外突（虎牙）、齒間縫隙、暴牙、戽斗、深咬、開咬、錯咬、牙齒傾斜、顏面顎骨異常等問題，咬合不正對於臉部外觀的影響正是大眾接受齒顎矯正治療的首要因素⁽⁴⁾。一般來說，齒顎矯正是藉由人為方法，重新將不整齊的牙齒排列整齊，並且調節顏面骨骼生長的一種治療，它可以改善的範圍包括：改善齒列美觀、改善臉部外觀、促進咀嚼功能、減少齶齒的發生、減少牙周病的發生、改正咬字發音等^(4,7)。一口整齊排列的牙齒，不只帶來外型上的美觀，影響層面甚至是增加自信心，擴展人際關係等^(8,9)。

雖然齒顎矯正所帶來的效益是具體的，但是齒顎矯正涉及到的程序相當的繁瑣，例如何時是最佳治療時機、軟硬組織的成長影響程度、先天性骨骼的生長限制問題等，這些判斷結果會嚴重影響病患者後續的治療成效。另外齒顎矯正無法像一般診療能夠立即見到療效，必須透過病患與醫師長時間的配合，所涉及的時程多為一至二年甚至更久，才能夠達成治療效果，病患對治療後外觀會如何改變，有很多疑慮，此特性增加病患對於是否治療的不確定性。因此若能對病患咬合不正情形做一評估，提出完整的治療計畫，對治療的成效，能作一合理的預估，將方便醫師對病患解說矯正過程與結果，協助病患決定是否接受治療。很明顯的，完整的治療計畫，將提升醫療品質，而合理的預估，也可提高病患滿意度。

齒顎矯正是個複雜的流程，目前齒顎矯正醫師，大部分是口頭向病患解說治療過程與療效，過程中缺乏適當的輔助工具；有部分醫生會使用傳統看片箱，透過手繪的方式來進行治療評估。不過這些方式無法事先預測出矯正病患治療時及治療後的成效，也無法在病患每次就診時讓病患看到自己與前次就診時的差異，而以手繪的方式來進行治療評估的方式，大都是由醫師獨自進行，這也造成醫師不小的負擔，就醫療品質之觀點而言，此方式無法有效提升醫療品質，因此提供醫師電腦化的齒顎矯正視覺模擬就顯得相當重要。

根據調查顯示⁽¹⁰⁾，國內目前以傳統手描繪為主，醫師使用傳統手描繪測量比例佔74.18%，採用電腦數位化分析則只有7.74%，但採用電腦描繪比例有升高的趨勢。相較於美國，也是以傳統手描繪測量者為居多，佔48.0%^(11,12)；若依工作環境電腦化程度而言，高度電腦化、局部電腦化、低度電腦化的會員各佔約三分之一左右。由於我國並未有自行開發的齒顎影像處理系統，所以各醫療院所大多使用國外產品系統，在美國市佔率高的齒顎矯正產品如Dolphin Imaging、Dental facial Software或Quick Ceph Systems等，這些系統的購置成本動輒百萬，在實務上也缺少適用於台灣人的齒顎影像數據資料，所以採用的診所非常少，所以診所作業上，會以一般坊間所用的數位影像處理軟體，如photoshop、photoimpact等，讓醫師可以

執行基本的影像處理的工作⁽¹³⁾，不過此種方式，並未使用資料庫，不方便將病患影像資料歸檔與整理，且影像處理的功能亦不是為牙科專門設計，在影像距離、角度測量、界標(landmark)定位上，均無法提供一精確與方便的使用^(14,15)。

本研究發展一套齒顎矯正影像處理系統，先蒐集國人的側顱分析的平均值和標準差，並訪談齒顎矯正醫師及整理專業醫療書籍，篩選出國內醫療界所最常使用的齒顎矯正分析項目，對所有提出的分析項目，以三角函數與反三角函數等數學計算方式，提供側顱X光片界標點定位及計算分析，系統會將病患的側顱測量數據會和正常國人的數據相比較，協助醫師對於病患牙齒狀況的鑑別判斷。除此，系統亦能將界標點連結，數位化描繪病患側顱的輪廓線，系統亦提供側顱輪廓線的疊影功能，醫師可透過齒顎矯正各階段的側顱輪廓線的疊影，看出病患在治療前後臉部的變化，透過此系統，整合病人在不同治療階段相關之資料，提供醫師及病人掌握治療狀況。病患也可得知治療的情況，使診治計畫的透明化，有助於醫師與病患間的互動與信任感，促使醫療行為更具效率及效果。

材料與方法

在1931年，Broadbent和Hofrath引進測顱分析術，提供一套對頭顱和臉部影像研究的標準方法，稱為 *cephalometry*，主要探討側顱分析法用在異常咬合和骨骼畸形的診斷上⁽¹⁶⁾。現代齒顎測量方法和早期相差不多，牙醫師借助於環顱 X 光片 (*panorex film*) 或側顱 X 光片 (*lateral radiograph film*)，進行牙齒咬合、骨骼生長、軟組織的生長鑑別分析⁽¹⁷⁾。使用環顱 X 光片的主要是用來檢視牙周是否健康、牙齒角度是否正常、是否有蛀牙、牙齒數目是否正確、顱顎關節形態是否正常、以及鼻竇和上顎竇骨頭是否健康等⁽¹⁸⁾；而使用側顱 X 光片的目的是在於評估齒槽骨、顎骨、牙齒和臉型等，以獲得骨骼、牙齒及軟組織的相互水平、垂直或生長關係的資料，得以進行診斷。

一、側顱 X 光片的數位化測量

側顱 X 光片是矯正醫師主要使用來評估齒顎矯正病患，醫師在側顱 X 光片上，針對病患上下顎骨、牙齒、顱面，來標記出界標、描繪出側顱平面 (*plane*) 以及測量角度 (*angle*)，這些數據的測量在齒顎矯正治療中，是一項非常重要的參考數據，這些值會和正常值做比較，以評估病患的顏面上下臉比例、上下顎骨水平垂直關係、牙齒咬合角度等。矯正醫師一般都會在治療的各階段，拍攝病患側顱 X 光片，並測量相關數據與角度，再將各階段側顱描繪

線重疊於同一個平面上 (即 *superimposition*)，比較在不同治療階段的描繪線差異，以獲取治療前後的骨骼、牙齒或軟組織的變動量，以了解病患在治療前後顏面的變化量，以便評估治療結果⁽¹⁹⁾。

雖然側顱分析能評估病患齒顎異常的情形，但各醫療院所採用的分析項目不盡相同⁽⁹⁾。在不失一般性的前提下，本研究採用某醫學中心齒顎矯正科的分析項目，該分析項目綜合各家學派，所包含的分析法如 Bjork、Downs、Steiner、McNamara 及 Rickeets 所提出的分析項目等，系統共提供了 59 個界標，足供矯正醫師使用。依照分析項目特性，本研究將同性質的分析項目歸納為同一組，所有分析項目共可分成骨骼水平關係 (*maxilla-mandible anterior-posterior*)、骨骼垂直/生長關係 (*maxilla-mandible growth & vertical*)、齒列水平關係 (*dentition anterior-posterior*)、齒列垂直/生長關係 (*dentition growth & vertical*)、上唇 (*upper lip*) 和下唇 (*lower lip*) 六組。每組分析項目所判斷的意義皆不相同，詳細的內容如表一，表中各個分析項目、分析項目中的界標與分析平面的說明，請見附錄 1。

表一、本研究所使用的分析項目群組

群組分析項目	分析項目
maxilla-mandible anterior-posterior (AP)	SNA, SNB, ANB, Maxilla length, Mandible length, Maxi-mand difference, A to Nasion vertical, Pog to Nasion vertical;
maxilla-mandible growth and vertical	PFH/AFH, UAFH/LAFH, LAFH, Y-axis, SN-MP, PP-MP, Lower Gonial angle;
dentition anterior-posterior (AP)	U1-NA, U1-NA, L1-NB, L1-NB, L1-MP, L1-A-Pog, Interincisal angle, U1-SN;
dentition growth & vertical	SN-SS, U1-PP, U6-PP, SI-ME, L1-MP, L6-MP;
Soft tissue of upper lip	Nasolabial angle, Upper lip to E line, SLS-SN vertical, ULA-SN vertical;
Soft tissue of upper lip	Lower lip to E line, ILS-SN vertical, LLA-SN vertical, Pog-SN vertical.

傳統側顱分析是在側顱 X光片上以人工方式，標記界標並描繪輪廓線，利用量尺及量角器計算分析項目的值⁽²⁰⁾。本研究則是引進數位化方式，計算數位化的側顱X光片在表一中各個分析項數值。在計算各個分析項前，我們必須對傳入之影像先做校正。由於數位相機取像時（如拍攝側面照片），影像大小會隨著鏡頭與病患拍攝距離遠近而變化，即人像距離鏡頭較近，人像會比較大；反之則較小。面對此

情形，我們會要求取像時，要有一已知長度的基準線一併拍攝，透過測量基準線在原始影像中的大小，我們算出該原始影像縮放的比例，讓後續計算出來的數據能符合實際的數據。計算縮放比例的方式是，系統會要求牙醫師在取像前，先拍攝一已知長度的基準線（假設以變數L表示），然後在原始影像上，點出基準線的兩個端點座標（假設以變數w、v表示，其座標分別為 $[w_x, w_y]$ 與 $[v_x, v_y]$ ），然後系統

會算出這兩點距離〔以影像點(pixel)為單位〕，再和基準線的兩個端點的實際距離相比較，以求出在原始影像中的長度與實際長度的倍數關係（假設此倍數以變數 R 表示，單位則為 pixel/mm），其計算方式如下：

$$R = \frac{L}{\sqrt{(w_x \quad v_x)^2 + (w_y \quad w_y)^2}} \quad (1)$$

後續若需量測影像上任兩界標點的距離，系統在牙醫師點出兩點後，就可算出兩點相距的 pixel 長度，再將這長度乘以變數 R ，就能求得該兩點的實際長度。透過求出原始影像中的長度與實際長度的倍數關係，我們可以很容易算出在 X 光片上任兩點的距離。另外，我們透過計算 R 值，我們將每張影像維持相同的大小比例，也就是將每張影像的 R 值維持一樣，以方便後續側顛輪廓線的重疊分析時，影像大小能一致。

在側顛分析上，我們除需要算出兩界標點的距離（如 Articulate 點到 A point 的距離），我們也經常需要計算某一界標點對某平面的垂直距離（如下中門齒切緣離 Pogonion 和 A 點的連線平面距離），以評估病患咬合不正的程度。過去牙科教學，會教育牙醫師透過人工測量方式，在 X 光片上以直尺、角度器，直接畫上界標點到某平面的垂直線，然後量出該垂直線長度，然而並沒有教導牙科醫師如何在數位影

像上，求出這些垂直線的長度。本研究是利用三角函數以及聯立方程式，來求出界標點到某平面的垂直距離。例如在齒顎分析中，牙醫師需要知道 Upper incisor 界標點到上顎平面 PP (palatal plane) 平面的垂直距離，見圖 1。



圖1 U1到ANS-PNS平面的距離

當該垂直距離值（設為變數 h ）大於正常值時，表示上顎生長過快（maxilla super-eruption）情況；如果小於正常值時，意味著上顎生長不足（maxilla under-eruption）情況。在圖 1 中，變數 X 、 Y 、 Z 分別為三個界標點 $U1$ 、 ANS 、 PNS ，兩兩界標點的距離，這三變數值可由牙醫師點出界標點後，系統會算出他們彼此間的 pixel 座標距離，然後再乘以變數 R （見方程式 1），求出實際距離來。在求變數 h 的值，我們利用畢氏定理，建立下列聯立方程式，

$$\begin{cases} h^2 + Y^2 = (Z - a)^2 \\ h^2 + X^2 = a^2 \end{cases} \quad (1)$$

透過方程式 1，可得出方程式 2：

$$Y^2 - (Z - a)^2 = X^2 - a^2 \quad (2)$$

透過方程式2，我們可將未知數 a 求出，再將此值帶入方程式1，我們就可以求出變數 h 的值。

另一比較複雜的側顛分析測量為Nasion界標點到眼耳平面的垂直線長度（見圖2）。若A point到該垂直線的垂直距離設為變數 h' ，則 h' 的計算的過程分成三個步驟。第一步要先求出A point到眼耳

平面的距離（設為變數 h ）， h 的計算和方程式1、2一樣，我們可以求出 h ；第二步要利用 h 的長度，算出A point到眼耳平面上的N點座標，利用 h 的斜率先找出 N' 點。由於A point、N、 N' 這三點可圍成一個三角形，我們再度使用方程式1、2，就可求出 h' 的長度。

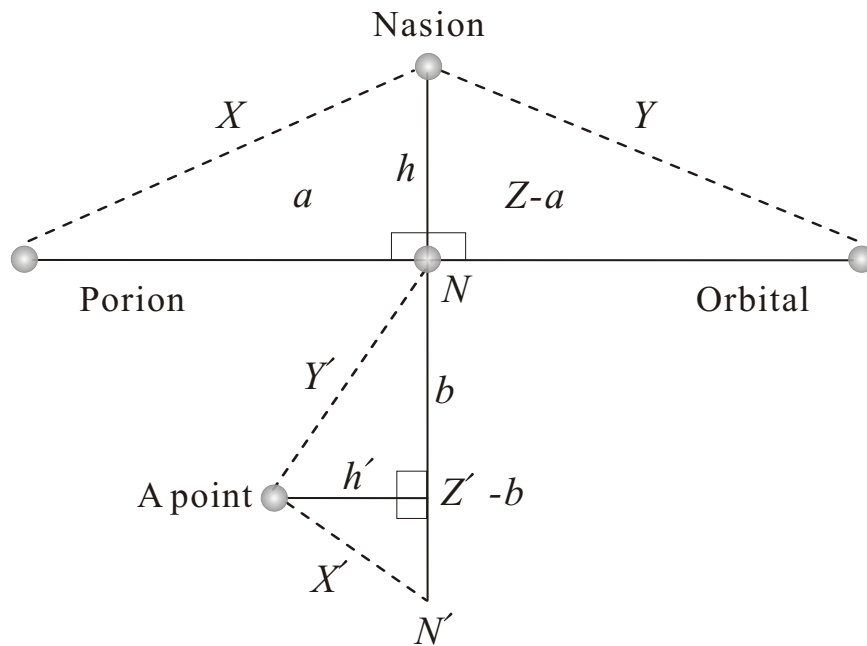


圖2 Nasion界標點到眼耳平面的垂直線的距離

在側顛分析的分析項目中，有些數據是依百分比的計算結果來做評估。舉例來說，PFH/AFH是在計算後臉和前臉的比例，而UAFH/LAFH是在計算上臉和下臉的比例。PFH指的是界標點Sella到界標點Gonion的距離；AFH為界標點Nasion到界標點Menton距離。假設界標點Sella、Gonion、Nasion和Menton的座標分別為 $[s_x, s_y]$ 、 $[g_x, g_y]$ 、 $[n_x, n_y]$ 和 $[m_x, m_y]$ ，則PFH對AFH的百分比（假設為變數P）計算如下：

$$P = \frac{\sqrt{(s_x - g_x)^2 + (s_y - g_y)^2}}{\sqrt{(n_x - m_x)^2 + (n_y - m_y)^2}} \quad (3)$$

若變數P大於正常值時，表示高角(high angle)情況；如果小於正常值時，則表示底角(low angle)情況。

側顛分析經常須計算角度，我們亦是使用三角函數來計算這評估值，舉例來說，矯正醫師經常測量SNA的角度，其為三個界標點Sella、Nasion、A point所夾出的角度（見圖3）。

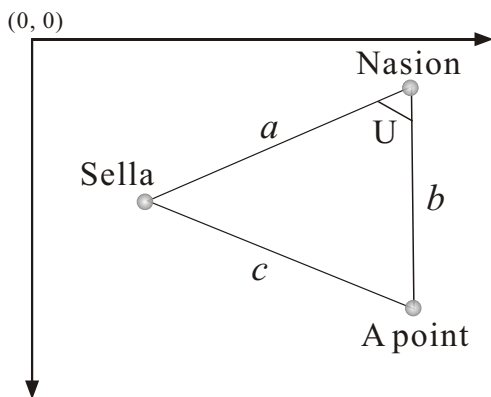


圖3 SNA夾角的計算

當SNA大於正常值時，表示上顎前突情況(a protrusive maxilla)；如果SNA小於正常值時，意味著上顎後縮情況(a retrusive maxilla)。假設界標點Sella、Nasion、A point的座標分別為 $[s_x, s_y]$ 、 $[n_x, n_y]$ 和 $[a_x, a_y]$ ，則SNA角的計算如下，先算出三角形的三個邊長度：

$$\overline{SN}^2 = a^2 = (n_x - s_x)^2 + (n_y - s_y)^2$$

$$\overline{NA}^2 = b^2 = (a_x - n_x)^2 + (a_y - n_y)^2$$

$$\overline{SA}^2 = c^2 = (a_x - s_x)^2 + (a_y - s_y)^2$$

再用餘弦定理，求出SNA的角度，即

$$\text{SNA} = \cos^{-1} \left(\frac{\overline{SN}^2 + \overline{NA}^2 - \overline{SA}^2}{2 \overline{SN} \overline{NA}} \right) \quad (4)$$

有些側顛分析是計算兩投影平面的夾角角度，如求SN平面與MP平面的兩條直線的夾角（見圖4），我們這時先利用兩對界標點Sella、Nasion和Gonion、Menton，分別求出這兩對直線的斜率（分別以變數 S_1 和 S_2 表示），再求出這兩直線的直線方程式（為二元一次方程式），然後再求出這兩條直線的交點（即圖4的點P），最後求出兩直線在此交點的夾角。即假設界標點Sella、Nasion、Gonion、Menton的座標分別為 $[s_x, s_y]$ 、 $[n_x, n_y]$ 、 $[g_x, g_y]$

和 $[m_x, m_y]$ ，則通過這兩條直線的斜率為：

$$S_1 = (n_x - s_x) / (n_y - s_y)$$

$$S_2 = (m_x - g_x) / (m_y - g_y)$$

這兩條直線方程式分別為：

$$y - S_1(x - s_x) = s_y$$

$$y - S_2(x - g_x) = g_y$$

透過上述兩條直線方程式，我們可求出交點P，然後以交點P及兩界標點Menton、Nasion圍成三角形，透過方程式4，我們可求出這SN平面與MP平面的兩條直線的夾角角度。

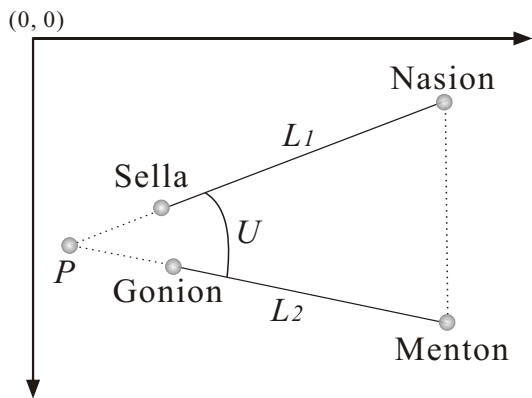


圖4 SN平面和MP平面的夾角計算

本研究透過類似上述公式，算出界標點間的距離或角度，例如兩界標點距離、兩條線的夾角、或是界標點到線的垂直距離等，求出列在表一中所使用的分析項目，再存入資料庫中，同時與正常值相比較。正常值的取得是由某醫學中心所蒐集提

供，該資料為經矯正醫師判定為咬合正常的國人齒顎測量資料，資料從9歲開始到40歲，共有305筆，這資料根據骨骼成長特性（即齒顎關節從出生開始持續成長，一直到20歲則不再成長），將咬合正常的國人分組，20歲以下將資料依性別與三歲為間隔分組，即男女生各分四組（即9-11歲、12-14歲、15-17歲、18-20歲四組）；20歲以上到40歲，則因齒顎關節從20歲後不再成長，所以依男女性別共分兩組，上述各組每組最少有20件樣本資料。我們將這些樣本資料先做敘述統計，求出各組的各個測量資料的平均值（mean）與標準差（variance）。齒顎矯正醫生在對病患的側顛X光片在螢幕上點出界標點後，系統就會計算出各個測量值，並會與該病患同一性別與年齡組別的咬合正常國人的齒顎測量資料相比較，比較結果分為四個層級，即正常、稍有症狀、嚴重低於標準值、嚴重高於標準值四級，正常層級指的是病患測量值（以變數M表示）與平均值的差在一個標準差內，即variance；稍有症狀層級指的是病患測量值與平均值的差大於一個標準差但小於兩個標準差之內，即variancevariance；嚴重低於標準值與嚴重高於標準值層級，則分別指病患測量值減去平均值後小於與大於兩個標準，即分別為variance與variance。圖5為本研究開發的系統對某病患在國人的標準值下，齒顎測量資料計算結果，系統針對各個

測量值以顏色區別病患四個比較層級，分別為正常、稍有症狀、嚴重低於標準值、嚴重高於標準值：

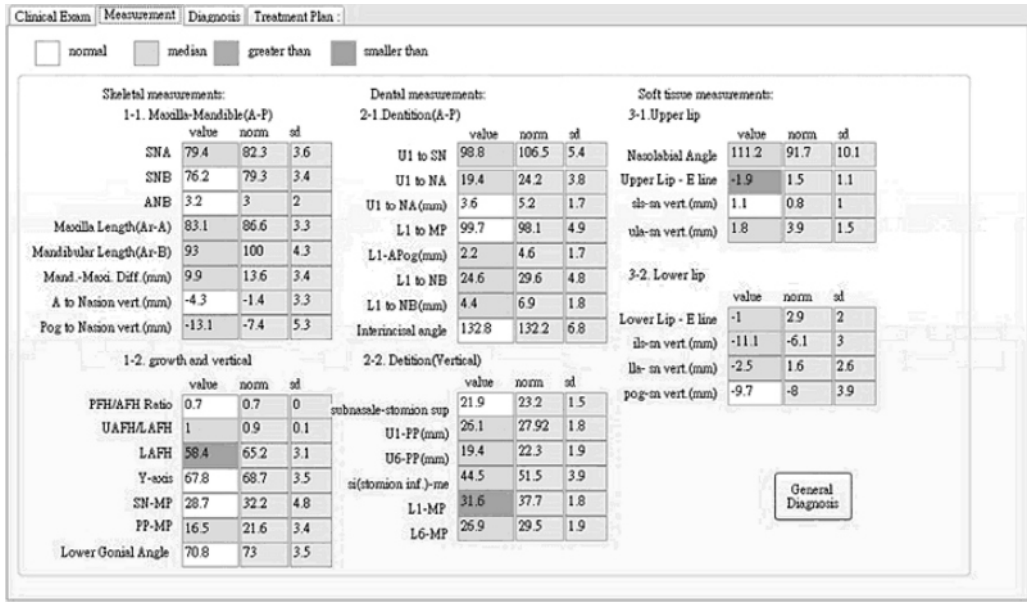


圖5 齒顎測量資料計算結果

二、側顛輪廓線的重疊比對

除齒顎測量外，牙醫還需要對側顛 X 光片描繪輪廓線，牙醫師通常會在病患的不同治療階段，都會拍攝側顛 X 光片，因為矯正治療的關係，每個治療階段所拍攝的側顛 X 光片，輪廓線會有些許不同，矯正過程中的某兩階段之輪廓線重疊，可以觀看出這兩階段在矯正前後的顏面軟硬骨骼的變動量，以評估矯正的成效。側顛 X 光片輪廓線的描繪是在牙醫師點出界標點

後，將這些界標點連結起來構成，如圖6所示。圖6(a)為使用者點出界標點情形，本系統會依輪廓線中界標點出現順序，循序指引牙醫師點出界標點，在畫面左上角顯示界標點名稱，在畫面左下角將使用者游標所在的區域放大，以方便牙醫師清楚看出側顛 X 光片；圖6(b)則為牙醫師點完界標點後，系統立即顯示輪廓線，並計算出各個測量數據。



圖6 在側顱X光片上繪製側顱輪廓線。(a) 為系統依輪廓線中的界標點順序，循序指引牙醫師點出界標點；(b) 為系統畫出側顱輪廓線，並計算出各個測量數據計算的結果。

每張側顱X光片有屬於本身的輪廓線，矯正中的某兩階段之輪廓線重疊，可選擇以界標點或連結線的方式對齊，例如對齊方式有SN@S、Po-Or@Po、Go-Me@Me、Na-Ba@Na和ANS-PNS@ANS等。因為對每張X光片，系統都會先對X光片，做大小與水平校正，所以同一個人的不同階段的輪廓線，其大小比例與水平角度是相同的。輪廓線的重疊若是要以某界標點（如Sella點、Porior點等）方式對齊，則是以第一條輪廓線固定，第二條輪廓線則以水平及垂直移動方式，將兩張輪廓線要對齊的界標點疊合一起，詳細的說，假設以界標點Sella做兩輪廓線的疊合依據，若界標點Sella在第一個與第二輪廓線的座標分別為 $[s1_x, s2_x]$ 與 $[s1_y, s2_y]$ ，則第二輪廓線的界標點Sella，須平移 $(s1_x - s2_x, s1_y - s2_y)$ 距離，即座標

$[s1_x, s2_x]$ 平移至座標 $[s1_y, s2_y]$ ($= [s2_x (s1_x - s2_x), s2_y (s1_y - s2_y)]$)，而第二個輪廓線上的任一個點，也會跟著平移，假設其座標為 $[w_x, w_y]$ ，則該點座標會平移 $(s1_x - s2_x, s1_y - s2_y)$ 距離，變成新的座標點 $[w_x', w_y']$ ，其中 $[w_x', w_y']$ 滿足下列方程式

$$\begin{cases} w_x' - w_x = (s1_x - s2_x) \\ w_y' - w_y = (s1_y - s2_y) \end{cases} \quad (5)$$

第二個輪廓線的每一點座標，經方程式5從新平移計算後，再以不同顏色畫在第一個輪廓線所在的畫面上。

臨床上有時會要求以界標點的連結線重疊的方式，將兩條輪廓線疊合在一起，這時會以第一條輪廓線為基準，將第二條輪廓線以旋轉再平移方式，將兩條輪廓線疊合一起，詳細的說就是，假設以ANS-PNS連結線做兩輪廓線的疊合依據，我們

先算出兩條線的斜率差異值，然後以旋轉方式調整第二條輪廓線斜率到跟第一條輪廓線一樣，再以平移方式，將兩條輪廓線疊合在一起。詳細計算如下：假設第一條與第二條輪廓線的ANS-PNS界標點連結線的兩界標點的座標各為 $([a1_x, a1_y], [p1_x, p1_y])$ 及 $([a2_x, a2_y], [p2_x, p2_y])$ ，則我們先算出這兩條線的斜率（設為變數 S_1 與 S_2 ）為

$$S_1 = (p1_x - a1_x) / (p1_y - a1_y)$$

$$S_2 = (p2_x - a2_x) / (p2_y - a2_y)$$

算出兩條線的斜率後，我們就可以算出兩條線的角度差（設為變數 θ ），其值為

$$\tan^{-1} \left(\frac{S_2 - S_1}{1 + S_1 S_2} \right)$$

對第二個輪廓線上的任一個點，假設其座標為 $[w_x, w_y]$ ，則該點座標會旋轉角度，變成新的座標點 $[w_x', w_y']$ ，其中 $[w_x', w_y']$ 滿足下列方程式

$$\begin{cases} w_x' = w_x \cos \theta - w_y \sin \theta \\ w_y' = w_x \sin \theta + w_y \cos \theta \end{cases} \quad (6)$$

第二個輪廓線在旋轉後，可再依需要，將第二個輪廓線以方程式5平移，以界標點的連結線重疊的方式，將第二個輪廓線以不同顏色畫在第一個輪廓線所在的畫面上；圖7為以界標點的連結線（即Gonion-Mento）重疊的方式，將兩條輪廓線疊合在一起重疊的畫面。觀察治療前後的側顱輪廓線的差異，能輔助醫師判斷，也能病患了解自己治療的情況。

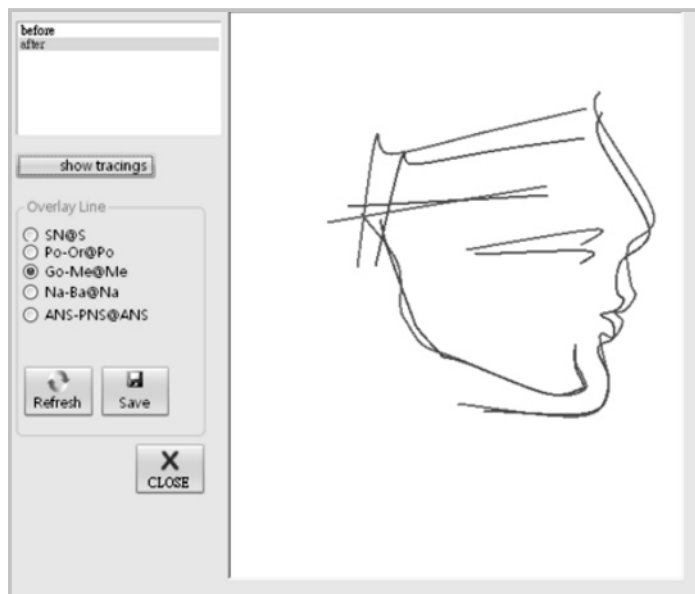


圖7 依界標點的連結線重疊的方式，將兩條輪廓線疊合在一起

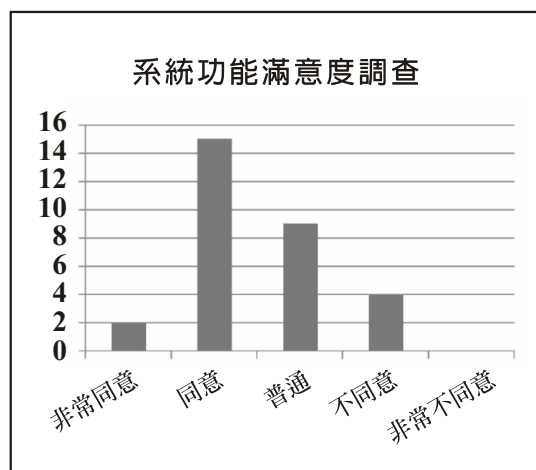
討論與系統評估

一、系統滿意度調查結果與專家驗證

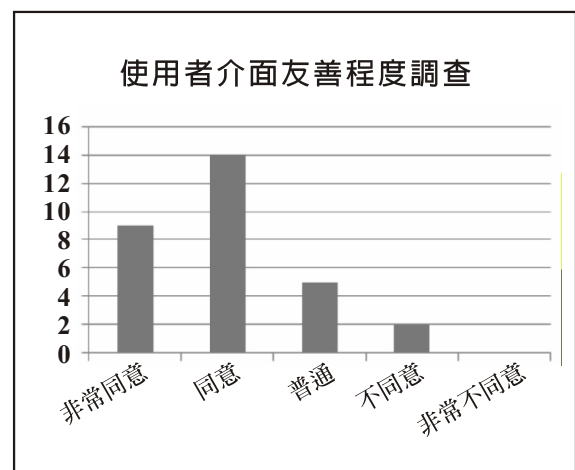
為確認本研究能否提供臨床醫師，在矯正過程的實務幫助，本研究以問卷方式，來檢驗系統滿意度，問卷的題目分成三大類：系統功能、使用者介面友善程度、回答者背景資料三類，問卷採用李克特(Likert)量表，這屬評分加總式量表中，最常用的一種⁽²¹⁾。我們對填問卷者有所限制，填問卷者須對齒顎矯正與本研究有一定程度的了解，如治療的流程或某些專業知識等，才能回答問卷內容，以排除亂答的可能性，研究對象為牙醫師4名，牙技師8名，牙技系學生18名。為了讓填問卷者熟悉系統，我們安排二十分鐘的教育訓練，以講解系統功能、畫面操作和相關醫學等知識，然後再給十分鐘給予填答者操

作系統，讓其熟悉系統後再做問卷，以讓問卷的可信度提高。

問卷共設計了34個問題（見附錄2），系統功能構面分成24個問題，使用者介面構面則分成10個問題進行。問卷有效樣本共三十份，結果顯示如圖8(a)所示，對於系統功能的滿意度，以同意佔大多數，其次是普通，而不同意佔少數，非常不同意則沒有，這結果顯示系統有達到該有的功能，不過還有少數不同意者，可見系統仍有進步的空間。使用者介面部份，結果如圖8(b)所示，對於使用者介面的滿意度，同意佔大多數，其次是非常同意，而普通及不同意則佔少數，非常不同意者亦為零，整體對系統評價是正向的。結果顯示，系統的版面配置、容易使用程度、說明完整性等，也獲得大多數使用者的同意。



(a)



(b)

圖8 使用者問卷調查，(a) 為系統功能滿意度調查；(b) 為使用者介面友善程度調查

本系統的專業性驗證採用德菲法(Delphi)來驗證，這方法兼具量化與質性之驗證方法^(22, 23)，針對系統所提供的界標點的完整性(completeness)、距離與角度測量等的準確性(accurateness)、以及系統依國人平均值與標準差所產生的診斷判斷的正確性(correctness)，來驗證本研究的可信度。本項驗證的訪問對象為5位專家，含3位齒顎矯正醫師和2位牙技系教師，透過匿名方式，以書面方式請專家驗證，書面資料包括系統所使用的界標點及其定義，並包含隨機取樣的10份病患的原始側顱X光片，以及這10份病患之側顱X光片，經由本系統所算出的分析項目的測量值(見表一)，最後還包含這些測量值經本系統做出的正常或異常的診斷結果(如圖5)，以書面的方式送請專家驗證。專家須對系統所使用的界標點選擇的適當性、以及經由本系統所算出的分析項目的測量值的準確性，做一評估。對專家不同意或質疑的項目，我們會查看其原因或主動與醫師詢問，然後依專家建議修正，進行下一回合的驗證，我們以同樣地處理方式，反覆執行這個程序，直到所有專家對系統的專業性達成共識為止。

專家驗證與系統不斷調整的結果，系統共使用的界標點有59個，分析項目有37個，可做為臨床診斷依據。系統參考這37個分析項目所產生出的診斷結果，可做為醫師的參考依據。在實務上，確實能縮短

醫師判讀的時間，並提高正確性，讓醫療行為更有效率。

二、研究限制

雖然本研究經過完整性與準確性的專家驗證，但本研究建立的分析規則是依據台灣的醫師經驗歸納出來的，所使用的正常人的齒顎分析資料亦是使用台灣地區民眾的資料，在判讀正常與不正常間，不一定適用其他國家〔例如黑人頷骨指數(gnathic index)通常比亞洲人高〕；側顱正常與異常分析診斷最重要的依據為平均值與標準差，以界定出正常範圍，但是國內沒有統一的標準，本研究折中的辦法是採用某醫學中心齒顎矯正科的資料當作樣本，也許和國人標準的數據會有誤差。除此，因為每位醫師的側顱分析判讀的參考項目都不會完全一樣，國內各醫療院所使用的判斷方式也有差異，何況是其他國家的醫生。但齒顎分析的基礎理論是相同的，若是要適用於其他國家，規則需要其他國家的齒顎矯正專科醫師進行評估及驗證，較能符合當地醫師的臨床經驗及民眾情況。

另外在與醫師討論的過程中，發現某些診斷規則無法轉換成以數據測量比較的方式進行判斷，即較難以If”數據測量”then-else的方式去表示。本研究所採用的37個分析項目是較為清楚且可轉成診斷判斷用的，對於無法由數據測量做出診斷判斷的經驗法則，則仍需醫師自行判斷。在系統依界標點描繪出輪廓線時，系統是依

spine line三次方程式來連結兩相鄰界標點，若要更加吻合側顛輪廓，則需要更多的點來連結，也就是輪廓線的繪製，除了牙醫師所標示的界標點之外，還需要一些輔助點來準確標示出輪廓。本研究採用59個界標，以這些點連成的輪廓，雖然數目已經很多，但系統所繪出的輪廓線，不能完全吻合X光片上的軟組織、骨骼、牙齒的形狀。改善的方式是加入影像輔助點，而輔助點的產生可透過影像辨識的技術點出，雖然這些點在牙科臨床上無特殊意義，卻能彌補數位化輪廓線和手描繪的差異。

結論

數位化側顛分析對醫師而言，簡化許多繁鎖作業，取代傳統的手描繪X光片的複雜程序，像是界標點定位與輪廓線的描繪，都讓醫師花費很多的時間。數位化側顛分析改善傳統的缺點，像是X光片的拍攝品質較差而無法進行人眼判斷時，我們可以將此X光片先做數位化影像處理，透過影像濾波器的轉換，讓過度曝光或不足的部份，得到好的呈現。本研究提供輪廓線的描繪功能，輪廓線是以座標方式儲存，側顛影像也同時儲存下來，作為病歷的一部份；疊影的功能可針對同一病人在任兩治療階段做疊影，醫師與病患可很方便看出治療階段的輪廓線的改變。本研究整合以資訊科技輔助的齒顎矯正治療工作，

但未能涵蓋所有的工作，如3D牙模分析、智慧型治療計畫等，這也是本研究未來的研究方向。

參考文獻

1. Dorsey, J.; Korabik, K. (1977). Social and psychological motivations for orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics*, 72(4), 460-460.
2. Elvin, E.H. (1974). Psychosomatic motivation for the uncooperative orthodontic patient. *American Journal of Orthodontics*, 65(1), 92-93.
3. 馮懷珍、蘇耀文、許必靈、況守信、季麟揚 (2004)。醫學院學生之前牙排列狀況對牙齒外觀的滿意度及尋求齒顎矯正治療動機之影響。中華牙醫學雜誌，23(3)，230-237。
4. 王素真、蔡吉政 (2007)。民眾對於齒顎矯正認知程度及影響其接受因素之探討。台灣口腔醫學科學雜誌，23(2)，95-106。
5. 永和昭和齒列矯正中心 (2007)。牙齒矯正，還來得及嗎？自由時報。
6. 張翠芬 (2007)。口腔健診-揮別大鋼牙，隱形牙套舒適美觀兼具。時報資訊。
7. 鄭信忠、裘薇藝 (1999)。基本齒顎矯正學，合記圖書出版社。
8. Arnett, G. W.; Worley, J. C. M. (1999). The treatment motivation survey: Defining patient motivation for treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 115(3), 233-238.
9. 黃翠賢、陳易駿、高嘉澤 (2005)。臺灣之齒顎矯正專科醫師臨床工作調查。中華民國齒顎矯正學雜誌，17(3)，5-17。
10. 胡兆仁、蘇明圳、洪清暉、林明杰 (2004)。TAO會員2003年矯正執業概況調查—原始資料結果。中華民國齒顎矯正學雜誌，16(1)，18-26。
11. Robert G. Keim, E. L. G., Allen H. Nelson, & David S. Volgels III. (2002a). JCO Study of orthodontics diagnosis and treatment procedures, Part 1 Results and trends. *Journal of Clinical Orthodontics*, 36(10), 553-568.
12. Robert G. Keim, E. L. G., Allen H. Nelson, & David S. Volgels III. (2002b). JCO Study of orthodontic diagnosis and treatment procedures, Part 2 Breakdowns of selected variables. *Journal of Clinical Orthodontics*, 36(11), 627-636.
13. 廖炯琳 (2001)。電腦在矯正資料管理的應用。中華民國兒童牙科醫學會雜誌，1(3)，4-9。
14. Liu, J.K., Chen, Y.T., & Cheng, K.S. (2000). Accuracy of computerized automatic identification of cephalometric landmarks. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 118(5), 535-540.
15. Yu, S.H., Nahm, D.S., Baek, S.H. (2008).

- Reliability of landmark identification on monitor-displayed lateral cephalometric images. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 133(6), 790.e1-e6.
16. Taub, P. J. (2007). Cephalometry. *The Journal of Craniofacial Surgery*, 18(4), 811-817.
17. William R. Proffit, H. W. F. (2000). *Contemporary Orthodontics*, third Edition.
18. Moyers Robert E. , (1973). *Handbook of Orthodontics for the student and general practitioner* (third ed.). Chicago: Year Book Medical.
19. Graber, T.M. (1972). *Orthodontics principles and practice*. London: W.B. Saunders Company.
20. Roden-Johnson, D., English, J., & Gallerano, R. (2008). Comparison of hand-traced and computerized cephalograms: Landmark identification, measurement, and superimposition accuracy. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 133(4). 556-564.
21. 顏乾明 (2003)。模糊語意計分與李克特式計分之誤差模擬比較分析。測驗統計簡訊，54，1-7。
22. Dalkey N; Helmer, O. (1963). An experimental application of the Delphi method for the use of experts. *Management Science*, 9(3), 458-467.
23. 宋文娟 (2001)。一種質量並重的研究法—德菲法在醫務管理學研究領域之應用。醫務管理期刊，2(2)，11-20。

附錄 1

分析項目介紹 (William R. Proffit, 2000)

分析項名稱 (單位)	說明
SNA (degree)	Sella-Nasion-A point連成角度，SNA表示上顎骨與前顛底的前後關係。
SNB (degree)	Sella-Nasion-B point連成角度，SNB表示下顎骨與前顛底的前後關係。
ANB (degree)	SNB和SNA角之差。表示上顎骨和下顎骨的相對位置。ANB受到Nasion前後位置和垂直位置的影響。
Maxilla Length (mm)	Articulate到A point的距離，為有效的上顎骨距離。
Mandible Length (mm)	Articulate到B point的距離，為有效的下顎骨距離。
Mandible-Maxilla Difference (mm)	Pogonion到Nasion的垂直平面距離，若Pogonion在Nasion垂直線前面為正值，反之負值。
A to Nasion vertical (mm)	Mandible Length減Maxilla Length之差。表示上顎骨和下顎骨的相對位置。
Pogonion to Nasion vertical (mm)	A point到Nasion的垂直平面距離，若A point在Nasion垂直線前面為正值，反之負值。
PFH/AFH (%)	PFH為Sella和Gonion的距離。AFH為Nasion和Menton的距離。
UAFH/LAFH(%)	UAFH為Nasion到ANS距離。LAFH為ANS到Menton距離。
LAFH (mm)	LAFH為ANS到Menton距離。
Y axis (degree)	由Nasion、Sella和Gnathion三點的夾角。
SN-MP (degree)	Sella、Nasion線段，和Gonion.Menton線段的夾角，表示下顎和前顛底的關係。
PP-MP (degree)	ANS、PNS線段，和Gonion、Menton線段的夾角，表示上顎和下顎的關係。
Lower Gonial Angle (degree)	Nasion、Gonion及Menton三點的夾角，表示下顎的角度。
U1-SN (degree)	SN平面與上中門齒長軸夾角。
U1-NA (degree)	上中門齒軸與NA之間的上夾角。
U1-NA(mm)	上中門齒至NA線的垂直距離。
L1- MP (degree)	下中門齒切緣與MP平面的交角。
L1-APog (mm)	下中門齒切緣離Pogonion和A點的連線平面距離。
L1-NB (degree)	下中門齒軸與NB之間的上夾角。
L1-NB (mm)	下中門齒至NB線的垂直距離。
U1-L1 (degree)	上中門齒長軸與下中門齒長軸之間夾角。

分析項名稱 (單位)	說 明
SN-SS (mm)	鼻基最凹點(subnasale)到上唇最下點(stomio superius)的距離。
Upper 1-PP (mm)	上中門齒切緣離PP平面的距離。
Upper 6-PP (mm)	上顎第一大垂齒近心夾側齒尖端與PP平面的距離。
SI-ME (mm)	下唇最上點(stomion inferius)到下頰軟組織最下之點(soft tissue menton)。
L1-MP (mm)	下中門齒切緣離MP平面的距離。
L6-MP (mm)	上顎第一大垂齒近心夾側齒尖端與MP平面距離。
Nasolabial Angle (degree)	鼻基最下點(columella)、鼻基最凹點(subnasale)和上唇最上緣點(upper vermilion border)之夾角。
Upper Lip-E line (mm)	上唇最前點(upper lip anterior)離鼻尖最前點(pronasale)到下頰軟組織最前點連線平面的距離。
SLS-SN vertical (mm)	上唇最上緣點之間最凹點(superior labial sulcus)與鼻基最凹點(subnasale)的垂直平面距離。
ULA-SN vertical (mm)	上唇最前點(upper lip anterior)與鼻基最凹點(subnasale)的垂直平面距離。
Lower Lip-E line (mm)	下唇最前點(lower lip anterior)離鼻尖最前點(pronasale)到下頰軟組織最前點連線平面的距離。
ILS-SN vertical (mm)	下頰軟組織最前之點最凹點(inferior labial sulcus)與鼻基最凹點(subnasale)的垂直平面距離。
LLA-SN vertical (mm)	下唇最前點(lower lip anterior) 與鼻基最凹點(subnasale)的垂直平面距離。
Pog-SN vertical (mm)	下頰軟組織最前之點(soft tissue pogonion) 與鼻基最凹點(subnasale)的垂直平面距離。

側顱界標之定義 (William R. Proffit, 2000)

界標點名稱	說明
A point (A)	位於上齒槽和上顎的交界處，較易受到外力（整形力、矯正力）影響。
anterior nasal spine (ANS)	前鼻棘，上顎骨的最前端。前鼻棘會向下向前生長，較易受到外力（整形力、矯正力）影響。
Articulate (Ar)	髁突最上點。
B point (B)	位於下齒槽和下顎的交界處，和A點一樣，易受到外力（整形力、矯正力）影響。
Basion (Ba)	枕骨大孔邊緣的最前點，在發育中，會向下和向後位移。
Gnathion (Gn)	骨頰部的最前下點，於頰前點和頰下點之間的中點。
Gonion (Go)	下顎角的最外點，也就在下顎下緣的交界處。
Nasion (N)	鼻根點，鼻骨最上點。在頭顱發育期，鼻根點為向上向前生長。
Orbital (Or)	眼眶最下點，通常和Porion連成一線，為參考平面。
Posterior nasal spine (PNS)	後鼻棘，上顎骨的最後端。
Porion (Po)	外耳道最上點，形狀似小圓點。
Sella (S)	蝶鞍點，在發育中，會輕微向上運動，被認為較為穩定區域，視為側顱描繪線重疊的理想對準點。

側顱平面之定義 (William R. Proffit, 2000)

側顱平面名稱	定義
SN Plane (前顱底平面)	Sella和Nasion連線，通常用於重疊平面；重疊不同階段所繪的描繪線，用來評估在生長或治療期間，角度或長度的變化。
Frankfort horizontal (FH) (眼耳平面)	Porion和Orbital連線，將側顱X光片或描繪線於FH平面上，做為定位之用。若將X光片旋轉，界標都將移位。
Palatal plane (PP) (上顎平面)	ANS和PNS的連線，代表了頭顱中間的平面，一般與MP平面夾角，以了解頭顱型態關係。
Occlusal plane (OP) (咬合平面)	咬合平面在分析開咬（open bite）或深咬（deep bite）情況時，建立與頭顱的角度關係。
Mandibular plane (MP) (下顎平面)	MP平面在Downs的分析法下，下顎聯合下緣及下顎下緣的切線為MP平面。但在Steiner分析下，Gonion和Gnathion的連線為MP平面。

附錄 2

系統滿意度問卷

您好：

這是一份學術問卷，主要針對本研究—齒顎矯正系統做滿意度調查，目的在於驗證本系統是否符合實際需求。您的參與將是本研究成功與否的重要關鍵，惠請您撥冗協助，提供寶貴意見。本研究結果僅供學術用途，您所提供的回答，絕不對外公開，請您安心填答，再次感謝您的協助，並祝健康愉快。

中台科技大學牙體技術系
 指導老師：王淑莉
 研究人員：王心蓮
 敬上

聯絡信箱：belinru@hotmail.com

		非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意
第一部份：系統功能的滿意度						
1	您是否都了解系統的目的？					
2	您是否都了解子系統的目的？					
3	「Patient Data」所提供的功能是否同意？					
4	顯示的病患基本資料是否足夠？					
5	「Image」所提供的功能是否同意？					
6	影像的種類是否足夠？					
7	影像選擇的方式是否同意？					
8	編修影像的功能是否同意？					
9	提供治療點Time Point是否同意？					
10	「Digitize」所提供的功能是否同意？					
11	x-ray的landmarks指示是否明白？					
12	x-ray的校正是否精確？					
13	Landmarks項目是否足夠？					
14	「Tracing」的選擇是否足夠？					
15	分析法的畫線是否同意？					
16	「Measurement」的項目是否足夠？					
17	「Measurement」的分類是否同意？					

18	「Analysis」包含的分析法是否足夠？					
19	呈現的分析項目是否足夠？					
20	「Superimposition」功能是否同意？					
21	Tracing-tracing的重疊點/線項目是否足夠？					
22	影像校正的功能是否同意？					
23	文件輸出功能是否同意？					
24	列印功能是否同意？					
第二部份：使用者友善程度的同意度						
1	整體設計是否同意？					
2	首面版面配置是否同意？					
3	使用上使否容易操作？					
4	各項說明是否完整(畫面說明)？					
5	系統是否穩定？					
6	「Patient Data」版面配置是否同意？					
7	「Image」版面配置是否同意？					
8	「Digitize」版面配置是否同意？					
9	「Analysis」版面配置是否同意？					
10	「Superimpose」版面配置是否同意？					
第三部份：背景資料						
請問您的性別：		<input type="checkbox"/> 男		<input type="checkbox"/> 女		
請問您的年齡？		<input type="checkbox"/> 20歲以下 <input type="checkbox"/> 21-30歲 <input type="checkbox"/> 31-40歲 <input type="checkbox"/> 41-50歲 <input type="checkbox"/> 51-60歲 <input type="checkbox"/> 61歲以上				
請問您的最高學歷？		<input type="checkbox"/> 專科 <input type="checkbox"/> 大學 <input type="checkbox"/> 研究所碩士 <input type="checkbox"/> 研究所博士 <input type="checkbox"/> 其他_____				
請問您的職業？		<input type="checkbox"/> 學生 <input type="checkbox"/> 一般牙醫師 <input type="checkbox"/> 齒顎矯正醫師 <input type="checkbox"/> 牙技師 <input type="checkbox"/> 其他_____				
請問您對齒顎矯正了解多久時間？		<input type="checkbox"/> 一年以下 <input type="checkbox"/> 一到二年 <input type="checkbox"/> 二年到三年 <input type="checkbox"/> 三年以上				
請問是否使用過本系統以外的系統？		<input type="checkbox"/> 有，_____		<input type="checkbox"/> 沒有		
您最喜歡哪種功能？						
最後，你對於本系統有任何問題與建議，可直接將您的意見填入下方的空白格內。						

A Research for Digital Orthodontic Analysis and Measurements

Shu-Li Wang¹, Shin-Lian Wang²

1 Department of Dental Laboratory Technology Central Taiwan University of Science and Technology Taichung, Taiwan.

2 Department of Healthcare Information Management National Chung Cheng University Chia-Yi, Taiwan.

Abstract

Since of the lack of appropriate images process system, most dentists perform cephalometric analyses of a patient by perceiving or measuring the lateral X-ray photos manually. Such a way will face the problems of preservation, traceability, convenience, and precision. This research first interviews the dentists and investigates the dental textbook, finding the most common used cephalometric analyses domestically and then building the cephalometric system. After getting the lateral X-ray photos of a patient, the dentists can spot the landmarks on the photos. Our system can calculate all the needed measures for cephalometric analyses immediately. This research also collected the average as well as the deviation of the measures of cephalometric analyses from the public in each range of ages whose occlusions are determined as normal. Our system will compare the measures of a patient to the measures of the normal public to help the dentists in diagnoses. In addition, the system can draw the contour line of the lateral side of face by tracing the landmarks on the lateral X-ray photo. Through the overlapping the contour lines in two different phases of treatment, the dentists can watch the change of the face of a patient before and after the phase of treatment and acquire the effectiveness of the treatment. To confirm the reliability and usability of the system, the research also performs the questionnaire to assess the system satisfaction and to verify the professional degree. The results show that the dental experts agree that the system meets the clinical requirement in cephalometric analyses and diagnoses decision support and the cephalometric analyses by the system are more precise than that by hands. As for the system satisfaction, about 70% of users satisfy the provided system functions, such as the completeness and convenience of the system, and admit the use of the system matching the clinical usage.

Keywords : orthodontics, dental information system, lateral X-ray, cephalometric analyses, occlusion

Correspondence: Shu-Li Wang

Tel: 886-4-2239164 ext 7416

Mobile: 886-921-338866

E-mail: slwang @ ctust.edu.tw