



中國醫藥大學
牙醫學系碩士班
碩士學位論文

以電腦斷層評估亞洲族群的顛顎關節窩
角度

Assessments of Inclinations of the Glenoid Fossa by Computed
Tomography in an Asian Population

指導教授：傅立志
許瑞廷

研究生：吳政寬

中華民國九十九年六月

摘要

因顛顎關節的型態則會影響下顎的運動軌跡，而口腔屢復補綴物會受到下顎運動的影響，故本研究的目的是測量顛顎關節窩的前、後、內、外角度，並探討性別、年齡、及左右顛顎關節窩的對稱性對於顛顎關節角度的影響，以建立一可靠的科學證據以供臨床之應用。研究樣本是由中國醫藥大學放射線部門的頭頸部電腦斷層影像中選取 198 位病患(女性 95 位，平均年齡及標準差為 44.2 ± 20.7 歲，年齡介於 11 到 88 歲；男性 103 位，平均年齡及標準差為 44.5 ± 19.7 歲，年齡介於 15 到 98 歲)，利用醫學影像軟體先校正電腦斷層影像至頭顛中線垂直電腦銀幕，再使頭顛骨的法蘭克福平面(Frankfort horizontal plane)與水平面平行，以醫學影像軟體測量顛顎關節窩的八個傾斜角：在左右兩側的矢狀切面下量測前方角度；在左右兩側的矢狀切面下量測後方角度；在左右兩側的冠狀切面下量測內側角度；在左右兩側的冠狀切面下量測外側角度。依據上述的標準，統計分析顯示男性的左右側顛顎關節前方角度皆比女性為大，顛顎關節窩的左右側前方角度與年齡呈中度的正相關，而其餘角度則不會因為年齡或是性別等因素而有顯著影響。而不論是在男性、女性、或是不分性別的群組皆發現左右兩側的顛顎關節角度並無顯著的統計差異。由結果可發現性別以及年齡兩變相對於顛顎關節窩的影響主要在前方角度，而左右兩側的顛顎關節角度基本上是對稱的。

關鍵字：顛顎關節窩、年齡、性別、左右兩側、電腦斷層掃描

Abstract

Because of mandibular movement would affect by the morphology of glenoid fossa. Furthermore, oral prosthesis would affect by mandibular movement. The purpose of this study was to measure the anterior, posterior, medial, and lateral inclinations of glenoid fossa, furthermore, evaluate the effect of the gender, age, and asymmetry of right and left side on the inclinations of the glenoid fossa. To establish an scientific data for clinical application. The head computed tomography images of the 198 Asians (95 females aged 44.2 ± 20.7 years, range 11–88 years; and 103 males aged 44.5 ± 19.7 years, range 15–98 years) were selected from the radiology department of China Medical University and Medical Center. All of computed tomography images were reoriented with it midline perpendicular to the screen, with it Frankford plane parallel to the horizontal plane. Eight parameters of inclinations of glenoid fossa were measured by medical image software: anterior inclination in left side and right side on sagittal view; posterior inclination in left side and right side on sagittal view; medial inclination in left side and right side on coronal view; lateral inclination in left side and right side on coronal view. According to the protocol above, statistical analysis shows that males exhibited significant steeper angles than females in the anterior inclination in both left and right sides. A moderate positive correlation was found between age and anterior inclination in left side and right side. The other parameters were not significant affected by the age and gender. In male, female, and both groups, there were no significant differences between right and left glenoid fossa in all parameters. The effect of age and gender were mainly affected the anterior inclination of the glenoid fossa. In addition, there was symmetry between right and left inclinations

of glenoid fossa.

Keywords: Glenoid Fossa, Age, Gender, Bilateral, Computed Tomography



誌謝

由母校中國醫藥大學牙醫學系畢業，於高雄縣旗山鎮服完兵役後，進入母校的牙醫學研究所就讀，在這兩年的研究生涯有了不同以往的體驗，於學習的路上由茫然無措到逐現曙光，於此期間要感謝傅立志主任及許瑞廷老師的指引，給予我臨床以及研究的導引及啟發，並督促我學習及成長。其次感謝中國醫藥大學放射線部門能充分的提供樣本以供研究之用。另外感謝蕭裕源教授與張哲壽教授兩位客座教授及學長姐於課堂上的指教，以及本校生物統計中心給予的協助使本研究能更加完整。最後感謝家人及好友的支持，使我能無後顧之憂的學習。

學習的路上始終是不斷的在錯誤中精進、在挫折中成長，越是埋首專研越發現學海之廣浩瀚無垠，這讓我想起了漫畫家井上雄彥於浪人劍客中寫到的一段話「一帆風順的人生路確實很迷人。然而，事實上卻不可能那麼順利。因為會迷惘、犯錯、繞圈子。可是這樣很好。當你回頭看的時候，那段跌跌撞撞，充滿迷惘的道路，一定會比任何人都還要來得寬敞。」，感謝這一路給予我指導、鼓勵的人，也感謝給予我責難、挫敗的人，因為有這一切我才能更加的成長。

目錄

摘要	i
Abstract	ii
誌謝	iv
目錄	v
表目錄	iiiv
圖目錄	ix
第一章 前言	1
1-1 研究背景	1
1-2 文獻回顧	5
1-2.1 顛顎關節窩角度的測量	5
1-2.2 醫學影像於顛顎關節的應用	9
1-2.3 性別、年齡、與對稱性對顛顎關節窩角度的影響	11
1-3 研究動機與目的	14
1-3.1 研究動機	14
1-3.2 研究目的	14
第二章 材料與方法	16
2-1 研究流程	16

2-2 樣本選取	17
2-3 頭頸部影像定位與測量面選取	18
2-4 顛顎關節窩角度測量	22
2-5 統計分析	24
2-5.1 組內變異與組間變異	24
2-5.2 資料收集與分析	26
第三章 結果	27
3-1 性別對於顛顎關節窩角度的影響	27
3-2 年齡對於顛顎關節窩角度的影響	28
3-3 左右對稱性對於顛顎關節窩角度的影響	31
第四章 討論	33
4-1 實驗方法之討論	33
4-2 顛顎關節窩角度之討論	34
4-3 性別影響之討論	37
4-4 年齡影響之討論	39
4-5 左右對稱性之討論	41
4-6 綜合比較與討論	43
4-7 臨床應用與啟示	50
4-8 研究的限制	54

第五章 結論

55

參考文獻

56



表目錄

表 2.1 年齡分布表列	17
表 2.2 組內校正統計表	24
表 2.3 組間校正統計表	25
表 2.4 以 ICC 分析不同時間點的角度測量差異	26
表 2.5 以 ICC 分析不同受測者間的角度測量差異	26
表 3.1 性別間的顳顎關節窩角度統計表	27
表 3.2 年齡與顳顎關節窩角度間的統計表	30
表 3.3 左右側的顳顎關節窩角度對稱性差異統計表	32
表 4.1 顳顎關節窩前方角度比較表	36
表 4.2 各文獻的差異比較表	49

圖目錄

圖 1.1 關節窩的解剖結構	2
圖 1.2 關節盤、肌肉及韌帶	3
圖 1.3 下顎運動與牙齒形態間的關係	3
圖 1.4 半調節型咬合器	4
圖 1.5 全調節咬合器	7
圖 1.6 使用全口放射線影像對頭顱骨進行照射分析	7
圖 1.7 斷層掃描影像	8
圖 1.8 虛擬實境咬合器	8
圖 1.9 電腦斷層影像	9
圖 1.10 電腦斷層的三維影像	10
圖 1.11 核磁共振影像	11
圖 1.12 Nickel et al. 研究的年齡-角度散佈圖	13
圖 2.1 研究流程圖	16
圖 2.2 法蘭克福平面	19
圖 2.3 原始檔案	19
圖 2.4 影像校正	20

圖 2.5 右側顳顎關節矢狀切面	20
圖 2.6 右側顳顎關節冠狀切面	21
圖 2.7 右側顳顎關節矢狀切面局部放大圖	22
圖 2.8 右側顳顎關節冠狀切面局部放大圖	23
圖 3.1 年齡與顳顎關節窩角度的散佈圖	29
圖 4.1 動態分析顳顎關節窩角度示意圖	35
圖 4.2 顳顎關節窩前側壁曲線圖	42
圖 4.3 Camper's line與法蘭克福平面	44
圖 4.4 頭顱骨冠狀切面圖	45
圖 4.5 Bilgin et al. 研究之角度測量圖示	47
圖 4.6 Cohlma et al. 研究之角度測量圖示	47
圖 4.7 顳顎關節窩矢狀切面圖	48
圖 4.8 Whip mix 咬合器	51
圖 4.9 Hanau 面弓	51
圖 4.10 Denar Mark II Facebow	52
圖 4.11 Denar Mark II 面弓轉移之第三參考點	52
圖 4.12 Artex 面弓	53

第一章、前言

1-1 研究背景

顛顎關節(圖 1.1)位於外耳道之前緣、下顎骨與顛底的交接處，是下顎運動的支點，所以顛顎關節對於下顎運動有很重大的影響。依據生理及解剖咬合的理念，一般推測顛顎關節與咬合之間有相關性，下顎運動的角度及軌跡會影響牙齒的型態，當牙醫師為病患進行屢復治療時，要注意維持口腔屢復物與下顎運動之間的協調性(Okeson, 2008)。若於咀嚼和吞嚥時，牙齒在中心咬合位置及其周圍出現接觸，而此接觸不平順或受到阻礙則稱為具有咬合干擾存在，有研究指出部份患者可能因為屢復物的咬合關係不協調而引發頭頸部、顛顎關節、和肌肉疼痛等臨床症狀(Okeson, 2008)。因此在交付假牙到患者口中時，謹慎的進行咬合調整避免咬合干擾是必須且重要的臨床步驟。為了減少屢復物與病患的咬合關係間的不協調，牙醫師常需要將病患的咬合關係轉移到咬合器上以利屢復物的製作，並減少臨床操作的調整時間。而咬合關係的轉移在全口重建的患者尤為重要，因咬合調整的工作常佔據許多的臨床操作時間，故當咬合關係轉移之誤差越小時，則可有效的減少臨床的操作時間。

因下顎的運動軌跡會影響咬合的路徑及牙齒的牙阜角度，而下顎的運動受到很多因素的影響，例如：關節窩的解剖結構、關節導引角度、Bennett 氏角度、關節盤、肌肉及韌帶(圖 1.2)牽引等因素(Okeson, 2008)。文獻上有很多學者針對這些議題進行討論，然而並無一致性的結論。對於沒有前方引導的病患而言，關節導引角度就是牙醫師進行全口重建的重要參考。製作假牙時牙齒的牙阜高度、角度和牙嵴的

走向受到下顎髁頭沿著關節窩前方斜坡的移動路徑影響，例如關節窩前方的斜坡越陡，允許較高的牙齒牙阜高度存在(圖 1.3)。就臨床而言，我們所使用的半調節型咬合器(圖 1.4)的角度設定並無科學證據的佐證，且我們無法實際觀察到病患的關節型態及角度，僅能依據廠商設定的角度為病患進行設定，然每家廠商各自使用不同的設定值，且此數值未必合乎國人的顛顎關節型態，但隨著放射線醫學診斷影像的技術不斷進步，我們可藉由放射線影像對患者的關節進行觀察，而電腦斷層掃描對於骨頭成像清晰且精準，可進一步顯示各層面之內部結構，提供更精確的三維信息，也有利於使用斷層掃描的影像來觀察顛顎關節的型態及角度。於是我們可以利用電腦斷層掃描影像來作為測量關節型態及角度的工具，來觀察真實人體的關節角度。



圖 1.1 關節窩的解剖結構(<http://www.masterpiecesmilesbydesign.com/>)

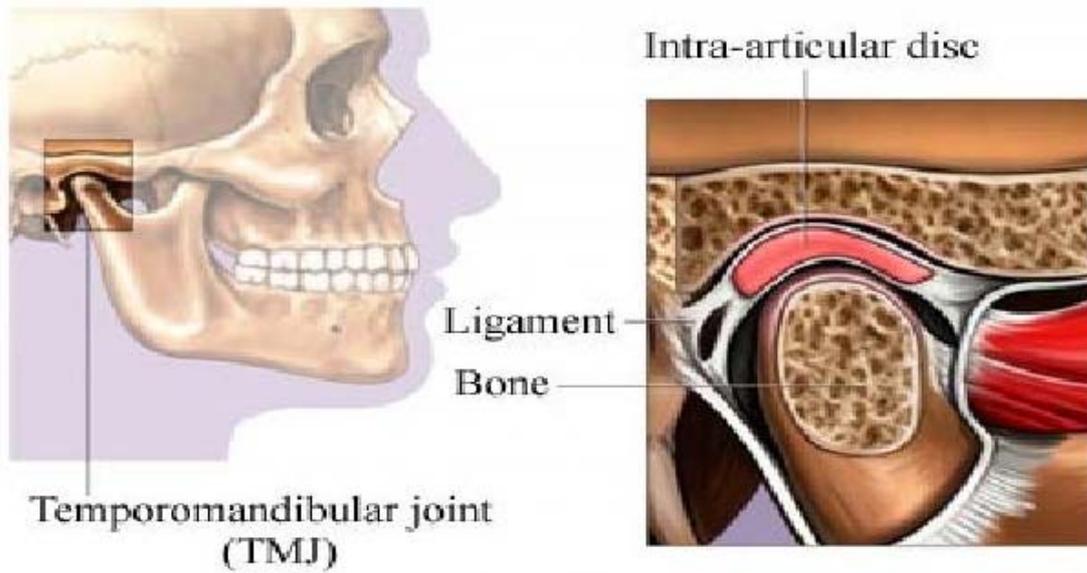


圖 1.2 關節盤、肌肉及韌帶

(<http://www.briannelsonconsulting.com/temporomandibular-joint-tmj/>)

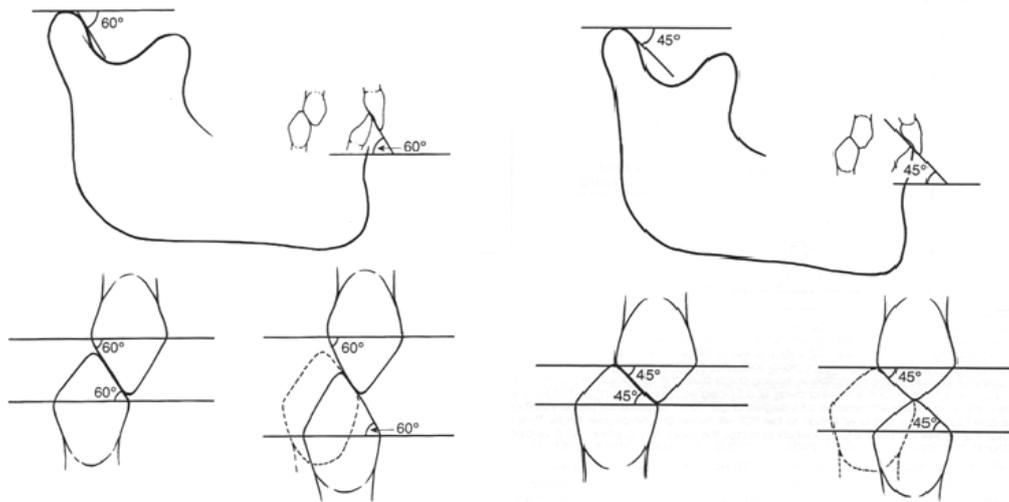


圖 1.3 下顎運動與牙齒形態間的關係，關節窩前方的斜坡越陡，允許較高的牙齒牙阜高度存在(Okeson, J.P. (2008). Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion, 6th Edition edn, P. 132,133)



圖 1.4 半調節型咬合器(<http://nortondpg.com/>)



1-2 文獻回顧

1-2.1 顛顎關節窩角度的測量

為了了解顛顎關節的型態並測量顛顎關節窩的角度，大部分的學者都採用頭顱骨進行直接觀察或是印模後間接的研究其型態(Angel, 1948; Bilgin et al., 2000; Jasinevicius et al., 2005; Moffett et al., 1964; Nickel et al., 2003; Seward, 1976)，雖然直接使用頭顱骨進行研究可清楚的觀察顛顎關節的細部骨性結構，但需要移除表面的軟組織，故無法使用於活人，因此樣本相對而言較為不完整而受限。有學者採用全調節咬合器(圖 1.5)，以其具有模擬患者關節和關節窩解剖關係的能力，藉由複雜且繁瑣的步驟將患者的下顎側方移動和前方移動紀錄轉移至全調節咬合器，以模擬出個人化的三度空間關節移動路徑(Bisler et al., 2002; Gartner and Kordass, 2003; Kordass et al., 2002)，但因為全調節咬合器的設定以及使用要為複雜而繁瑣，因此較耗時而不易普及。Gilboa et al.用金屬線固定在 25 個頭顱骨的顛顎關節窩，使用全口放射線影像對頭顱骨進行照射分析(圖 1.6)，比較全口放射線影像與頭顱骨印模後所測量的顛顎關節窩前方角度的差異，發現可用全口放射線影像所量測的角度與實際上有很高的相關性存在，且全口放射線影像所測量的角度都比實際上大約 7 度，Gilboa et al.為可用全口放射線影像推估關節導引角度(Gilboa et al., 2008)，但受限於全口放射線影像本身的限制，放射線影像的每個部份的放大率皆不相同，且放大率會因為頭顱擺放位置及頭顱大小的不同而有所差異，故影像變形率較不穩定。Cohlmiä et al.使用斷層掃描影像(Tomography)(圖 1.7)觀察 232 個接受矯正治療前的高加索人種(女性 137 位，男性 95 位)評估其左右顛顎關節窩的前方角度，雖然斷層掃描及全口放射線影像可用以觀察顛顎關節的外型，但因為顛顎關節為立體之三度空間結構，故斷

層掃描或是全口放射線影像等單一平面影像較難進行立體空間之描述。B. Kordaß et al. 出藉由電腦技術可以提升研發和教學品質，他認為使用傳統機械式咬合器時有許多限制如生物系統的牙齒移動、開口時下顎骨的往內彎曲、材料的變形和咬合器的平面的定位及穩定性，因此口內的咬合關係及下顎移動的狀態無法於口腔外模擬。他因此探討虛擬實境咬合器(圖 1.8)的可行性及效益，此電腦化的資訊同時可以提供矯正治療和決定人工植體位置時使用，且此電腦軟體針對觀察區域局部放大和三度空間移動的功能有助於我們對複雜的顛顎關節結構探討及教學，且可以 CAD-CAM 技術製造牙冠及牙橋。(Bisler et al., 2002; Gartner and Kordass, 2003; Kordass et al., 2002; Santos et al., 2009)雖然虛擬實境咬合器具有許多傳統機械式咬合器所沒有的優點，但是牙醫師和技工所必須添購昂貴的新設備及軟體，而且繁瑣的步驟必須經過長時間的訓練及教育才能熟練操作技巧，將會限制虛擬實境咬合器特點的完全發揮。然而隨著醫學影像的演進，電腦斷層影像對於骨結構有清晰且準確的成像，且放大率穩定，故 Meng et al. 為可利用電腦斷層影像(圖 1.9)以非侵入性的方式評估顛顎關節的結構並進行型態研究(Meng et al., 2008)。



圖 1.5 全調節咬合器(<http://www.comdentinc.peachhost.com/>)

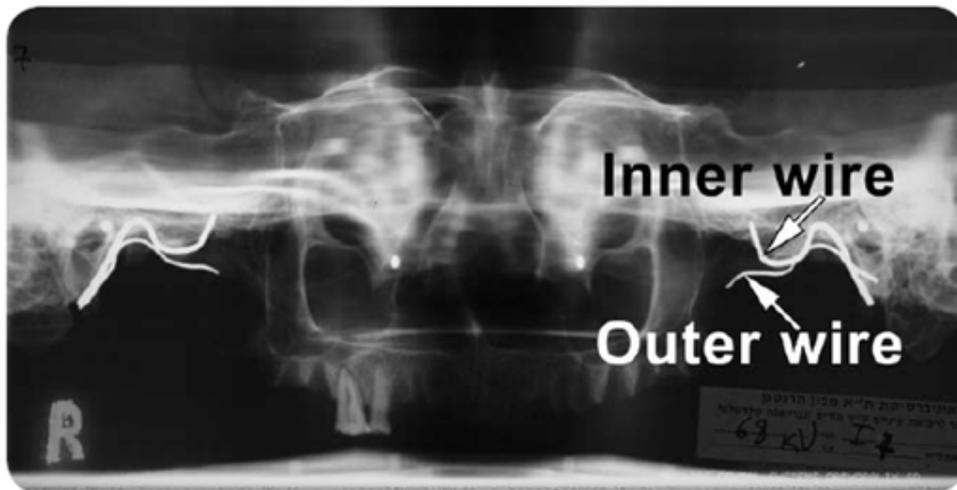


圖 1.6 使用全口放射線影像對頭顱骨進行照射分析(Gilboa et al., 2008)

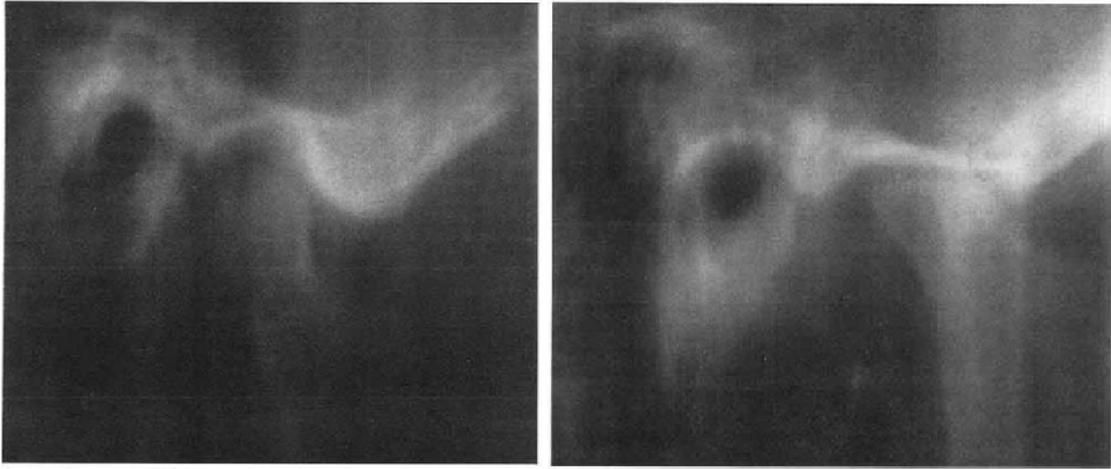


圖 1.7 斷層掃描影像

(http://www.pedrheumonlinejournal.org/may-june05/TMJ-Pain_files/)



圖 1.8 虛擬實境咬合器，圖左為感應器，接收病患下顎運動的訊息，將資訊傳入電腦中。圖右為電腦軟體，記錄下顎運動的三度空間軌跡。(Santos et al., 2009)

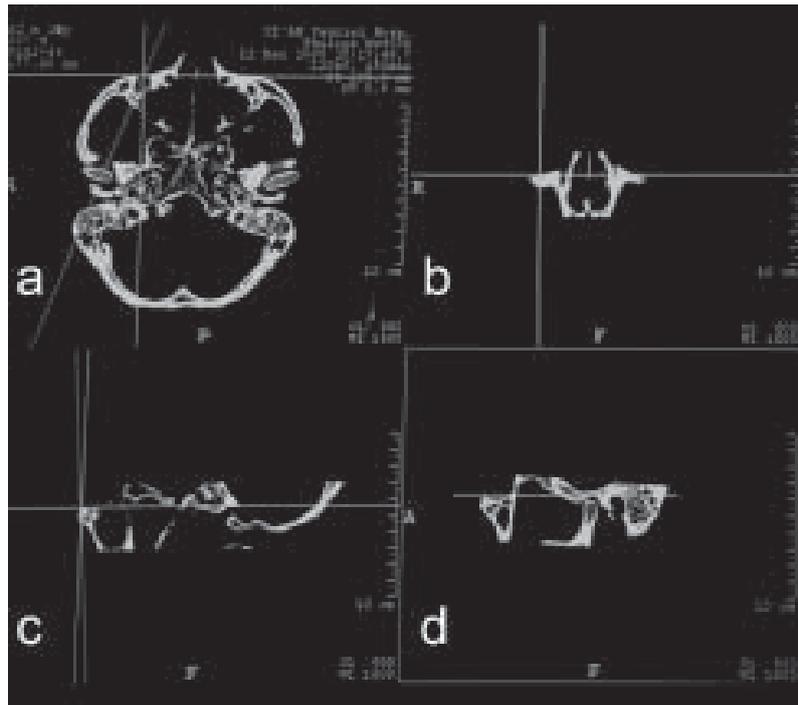


圖 1.9 電腦斷層影像(Meng et al., 2008)

1-2.2 醫學影像於顳顎關節的應用

因顳顎關節是人體內很複雜的三度空間骨結構，故難以用傳統的單一平面影像進行立體空間的型態描述，例如環口攝影、斷層影像、顳顎關節側顱片等(Okeson, 2008)，故前述的文獻大多以大體進行解剖學的方式做型態學的描述，然而隨著醫學影像的演進，電腦斷層可進一步顯示各層面之內部結構，提供更精確的三維信息(圖 1.10)，而X光影像只能提供多斷面的重疊投影。且電腦斷層具有高解析度，不同組織阻射過所得的放射強度即使是小於 1%的差異也可以區分出來。電腦斷層掃描系統自一九七二年由 Godfrey Newbold Hounsfield 發明問市以來，在醫學臨床診斷上一直扮演著舉足輕重的角色，雖然有輻射危險之虞，但是此系統可以讓醫護人員以非侵入方式，透視人體各部分器官的形態變化，對於病變的診斷有很大助益。電腦斷層對於骨組織有精確的成相且非侵入性，故可應用於顳顎關節，進行型態

學的研究與分析。

當診斷對軟組織對比度要求較高時，核磁共振影像技術(magnetic resonance imaging，簡稱MRI)(圖 1.11)則有較佳的解析能力。故在進行顛顎關節病變的研究時，學者多採用MRI對關節盤進行觀測，確認軟組織之狀態是否與病變有正向關係。

電腦斷層掃描影像在牙科使用的範圍很廣，主要有用在口腔外科的手術前的評估、手術模板的建立、阻生齒的評估、病灶區域大小的分析、牙科植體放置位置的評估、顛顎關節的檢查……等。

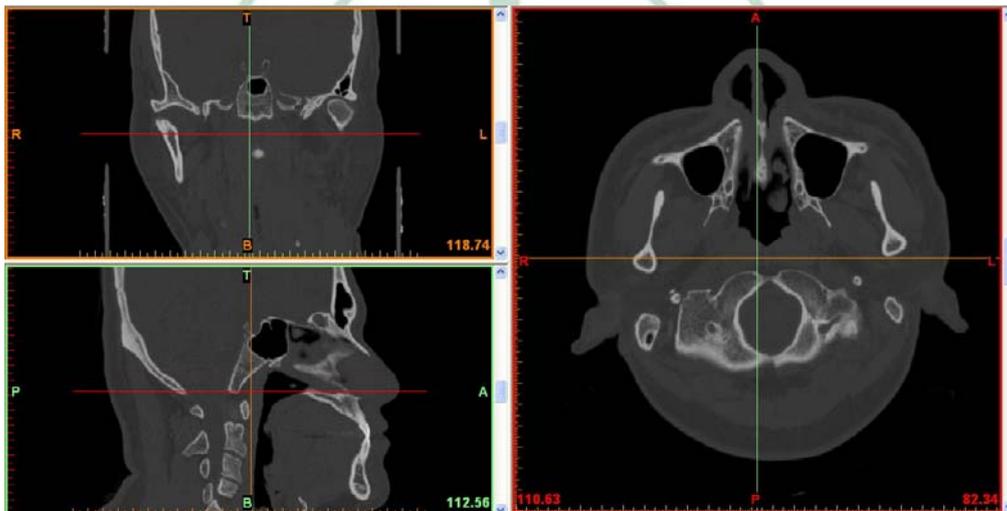


圖 1.10 電腦斷層的三維影像

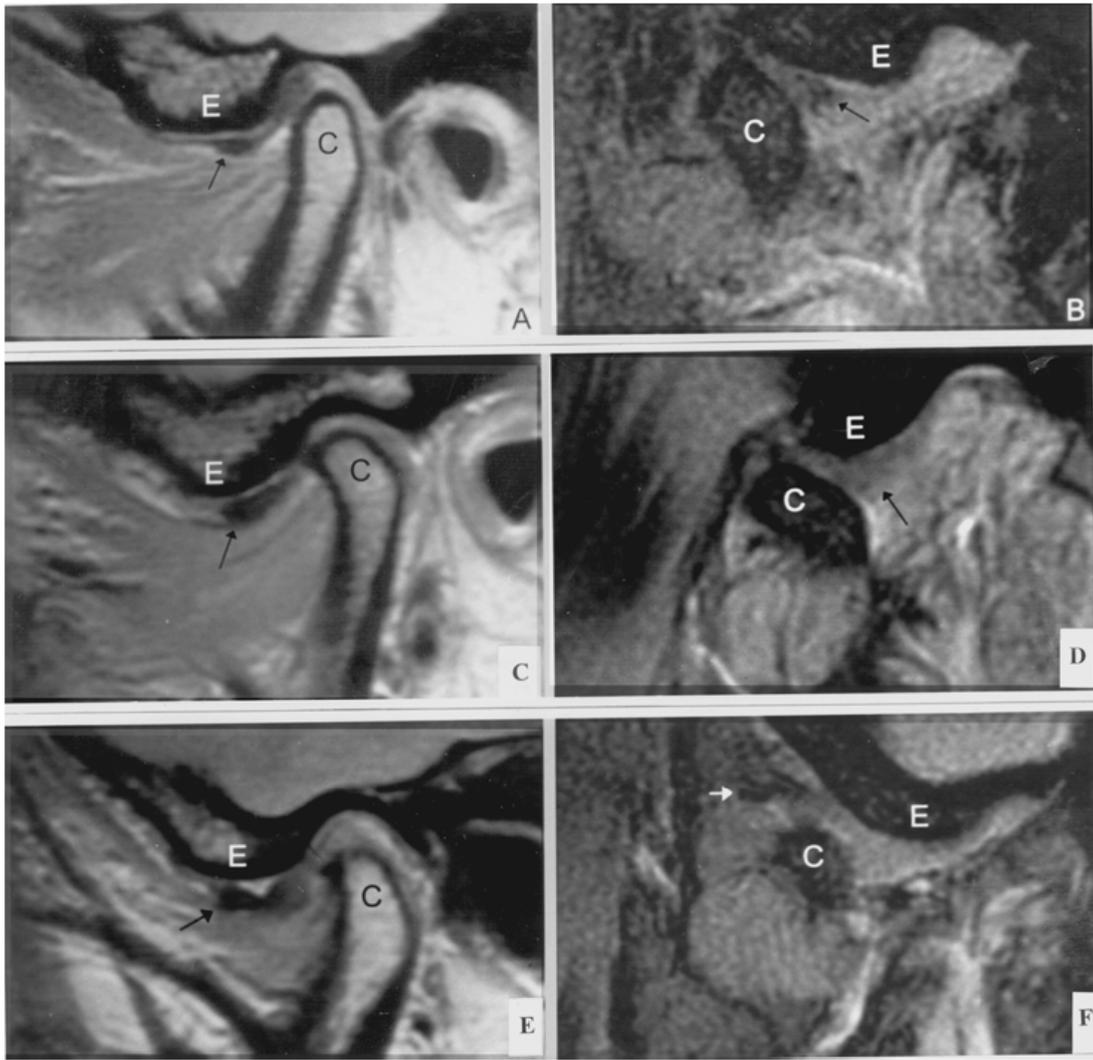


圖 1.11 核磁共振影像(<http://herkules.oulu.fi/isbn9514266439/html/>)

1-2.3 性別、年齡、與對稱性對顳顎關節窩角度的影響

文獻中對於顳顎關節的研究，大多數是探討關節與咬合、牙齒磨耗、或是顳顎關節疾病之間的關係，鮮少探討年齡、性別、及左右對稱性等因素對於顳顎關節型態的影響，即使研究以上述的變因進行探討，其研究結果也大相逕庭，並無一致性的結論。以性別為變因的研究為例，Cohlmiä et al. 錄232個接受矯正治療前的高加索人種(男性95位，女性137位)，年齡介於9到42歲，取其側顳片(lateral cephalometric radiographs)與左右顳顎關節的斷層掃描影像可發現男性比女性有更

陡的顛顎關節窩前方角度(Cohlma et al., 1996)。然而，Seward et al. 宣稱性別之間並無顯著的差異性存在。

以年齡為變數對於關節窩角度的探討，Angel et al.認為顛顎關節窩角度會隨年齡而增加(Angel, 1948)。Nickel et al.選取40個出生後到20歲的孩童(女性19位，男性18位，3位性別無法確認)大體研究，對每個頭顱骨照像，並針對顛顎關節窩印模、灌模再依矢狀面切割後測量顛顎關節窩前側壁與咬合平面的夾角，發現顛顎關節窩的前方角度隨著年齡的增加而增加，而顛顎關節隆突約三歲時即已發育達50%，且依年齡-角度散佈圖(圖 1.12)可發現約於8歲後角度增加的趨勢已趨於平緩，顯示生長發育對於顛顎關節角度的影響已趨式微(Nickel et al., 1988)。而Moffett et al.以古代的印地安人頭顱骨研究發現顛顎關節窩角度會隨時間不斷的減少，其角度減少的原因可能是因為顛顎關節隆突隨著骨頭磨耗而變平(Moffett et al., 1964)；Brown et al.以澳洲原住民的頭顱骨研究亦發現與Moffett et al.類似的結果，且顛顎關節窩前方角度變平的現象常伴隨顯著的牙齒磨耗，Brown et al.推測可能是顛顎關節窩的骨頭對於壓力側的反應，或是代表某種程度的退化關節炎發生(Brown, 1968)；Wish-Baratz et al.直接在229個頭顱骨上直接測量矢狀切面的顛顎關節窩前方角度，發現年齡與角度間無顯著的相關性存在(Wish-Baratz et al., 1996)。

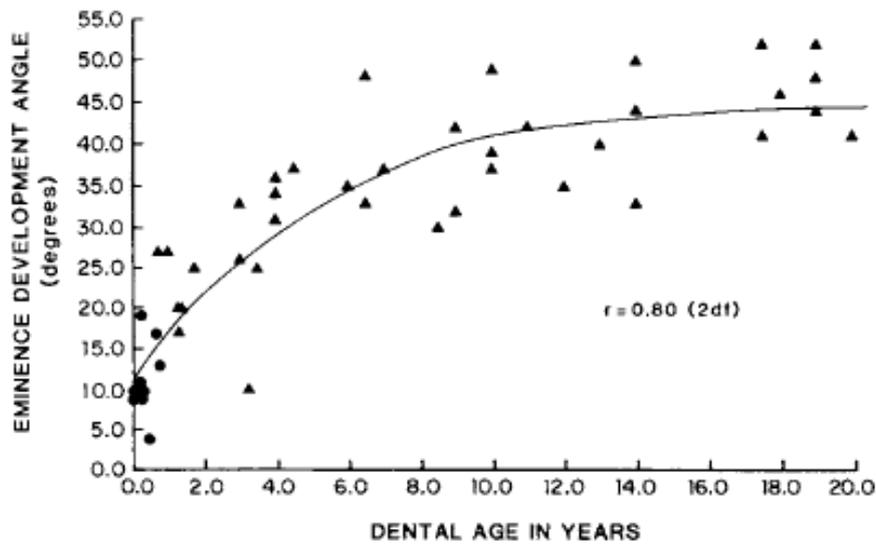


圖 1.12 Nickel et al.研究的年齡-角度散佈圖，橫軸為年齡，縱軸為顳顎關節窩前方角度與咬合平面之夾角，由散佈圖顯示顳顎關節窩的前方角度隨著年齡的增加而增加，且約於8歲後角度增加的趨勢已趨於平緩(Nickel et al., 1988)。

對於左右側的關節窩角度於文獻中亦無定論，一樣有著不同的結果，Cohlmiia et al.發現左側的顳顎關節角度會比右側的大(Cohlmiia et al., 1996)，Jasinevicius et al.研究80個非洲裔美國人(53位男性與27位女性)與62個歐洲裔美國人(49位男性與13位女性)，年齡介於16到77歲，以印模材印取顳顎關節窩型態後灌模，測量矢狀切面的顳顎關節窩前方角度發現右側的顳顎關節角度會顯著的比左側為大(Jasinevicius et al., 2005)。

1-3 研究動機與目的

1-3.1 研究動機

全口重建患者於交付假牙時的咬合調整工作佔據牙醫師很多時間，且臨床上有部分患者因為假牙製作時的咬合關係不協調引發頭痛、關節疼痛和肌肉疼痛等臨床病徵，於治療複雜性、全口重建的病例或假牙支柱周圍不具有牙周韌帶當做緩衝功能之人工植牙病例時，下顎的踝狀突在顳顎關節窩移動的情形益形重要。然而，只有全調節咬合器具有模擬患者關節和關節窩解剖關係的能力，藉由複雜且繁瑣的步驟將患者的下顎側方移動和前方移動紀錄轉移至全調節咬合器以模擬出個人化的三度空間關節移動路徑。牙醫師希望藉由此解剖關係所模擬的個人化特徵製作的假牙，可以達到咬合協調的要求，縮短臨床上咬合調整的時間及避免未被察覺的咬合干擾存在。因為關節角度對於病患之全口重建之影響甚大，然而目前並無資料可供臨床參考之用，而多採用各個不同咬合器其設定之參數操作，然而此參數並不一定符合臨床之用。

1-3.2 研究目的

咬合器主要可分為簡單型、半調解型和全調節型三種。牙醫師為了將患者的咬合關係轉移到咬合器上，除了確認正確的前方與後方參考點，並使用面弓轉移咬合平面與顱底的關係及正確的中心關係紀錄，以將上下顎模型置放於咬合器的正確三度空間位置外，關節窩的解剖結構、關節前方導引角度和 Bennett 氏角度等也是影響咬合關係的重要因素。半調節型和全調節型咬合器藉由面弓紀錄上顎咬合平面和頭顱骨某一個固定平面之間的關係來將上顎模型置位。此頭顱骨上的固定平面除了後方以左右兩側耳道連線當參考點之外，任何一種咬

合器會在前方尋求第三參考點以形成一個固定的平面。Carlo Ercoli et al.發現法蘭克福平面或 axis-orbital 平面並非平行水平面(Ercoli et al., 1999); Weinberg et al.提出以簡便的任意樞紐軸 (arbitrary hinge axis) 來置位模型時,發現臨床上的誤差值在可接受的範圍內;紀錄中心關係的材料厚度低於 3mm 時,在第二大白齒存在前後 0.2 mm 的誤差,證實以任意樞紐軸來置位模型是一個可信賴的操作方式(Weinberg, 1973, 1976, 1982)。於製作一顆假牙時,臨床醫師不必花費很多的時間調整該誤差,但是全口重建病例則必須花費數倍的時間調整。咀嚼和吞嚥時,牙齒會在中心咬合位置及其周圍出現接觸,若此接觸不平順或受到阻礙則稱為具有咬合干擾存在,咬合干擾的存在可能會造成患者出現顳顎關節疼痛或是肌肉疼痛等不適的症狀,因此在交付假牙到患者口中時,謹慎的進行咬合調整避免咬合干擾是必須且重要的臨床步驟。製作假牙時牙齒的牙阜高度、角度和牙嵴的走向受到顳顎關節沿著關節窩斜坡的移動路徑影響,例如關節窩前方的斜坡越陡,允許較高的牙齒牙阜高度存在。

故本研究選取 198 位中國醫藥大學放射線部門接受頭頸部電腦斷層掃描之影像進行分析,以法蘭克福平面為基準量測並統計亞洲人顳顎關節窩的前、後、外、內角度,並探討關節窩角度與性別、年齡、及左右側的關係,以期建立可信的科學證據,於日後應用於符合國人使用之實用、精確且方便操作之半調節型咬合器。

第二章 材料與方法

2-1 研究流程

選取 198 位中國醫藥大學放射線部門接受頭頸部電腦斷層掃描之影像，經由醫學影像軟體 Mimics(Materialise's Interactive Medical Image Control System, UK)將原始影像進行頭顱定位校正，再將頭顱的法蘭克福平面與地平面平行後，以法蘭克福平面為基準進行角度的測量，再將此數據收集後進行統計分析(圖 2.1)。

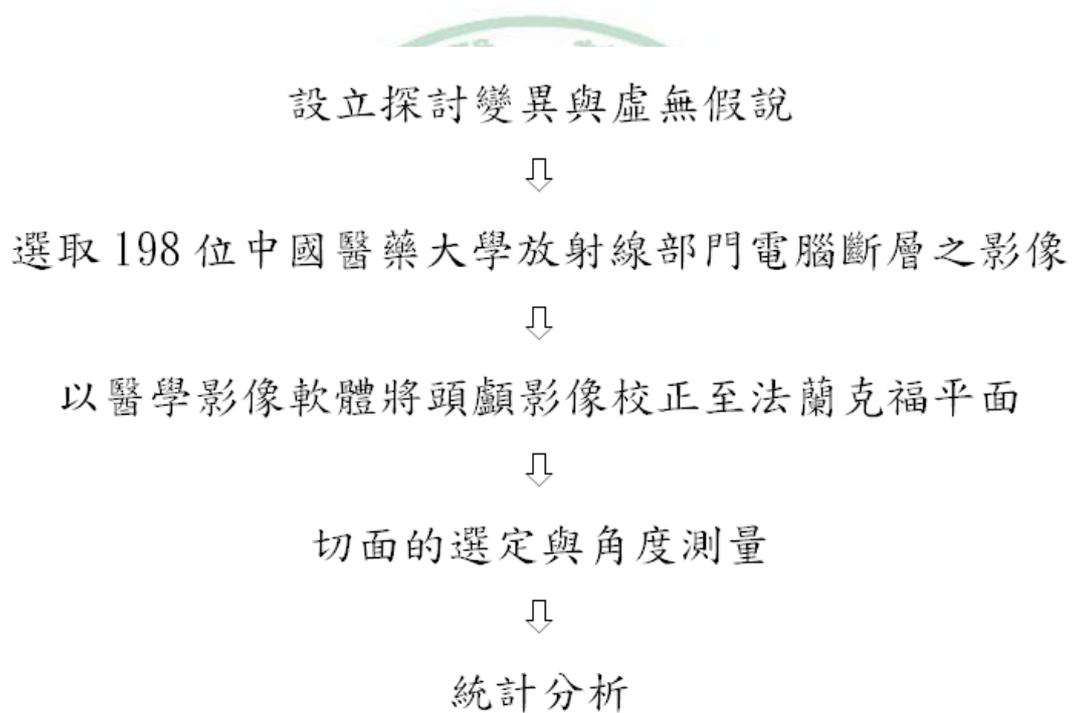


圖 2.1 研究流程圖

2-2 樣本選取

198 個樣本中有男性 103 位，年齡介於 15-98 歲(平均年齡與標準差為 44.5 ± 19.7 歲)；女性 95 位，年齡介於 11-88 歲(平均年齡與標準差為 44.2 ± 20.7 歲)(表 2.1)。所有的電腦斷層影像都要符合下列標準：

- (1) 包含完整的頭顱影像，影像可看 Sella(S)、Nasion(N)、Porion(Po)、Orbitale(Or)、及下顎骨。
- (2) 顳顎關節窩完整。
- (3) 排除全口無牙的病患。

所有的電腦斷層影像都以電腦斷層掃描儀(LightSpeed, General Electric, Milwaukee, WI, USA)採用下列相同的標準照射：間距 1.25-mm、120 kV、300~400 mAs、畫素為 512×512 。

表 2.1 年齡分布表列

	總數	年齡範圍	平均年齡與標準差	20 歲以下	21~30 歲	31~40 歲	41~50 歲	51 歲以上
男性	103	15-98	44.5 ± 19.7	8	23	21	14	37
女性	95	11-88	44.2 ± 20.7	10	26	9	14	36
全部	198	11-98	44.3 ± 20.1	18	49	30	28	73

2-3 頭頸部影像定位與測量面選取

因為所選取的頭顱影像並不處在同一平面，故使用法蘭克福平面 (FH plane)(圖 2.2)作為基準平面，使頭顱影像在同一標準下進行測量，因為法蘭克福平面是牙醫學常使用的基準面，此平面是由外耳道上緣與眼眶下緣的連線構成的，較不會受到齒列或是生長發育的影響而有所改變。利用醫學影像軟體進行影像之旋轉，使頭顱骨的正中線垂直平分電腦視窗，再將頭顱骨進行水平面的校正，使頭顱骨的法蘭克福平面與地平面平行後(圖 2.3 – 圖 2.4)，以法蘭克福平面為基準面進行角度的測量。

選取左右顳顎關節窩最高點出現的切面進行關節角度之測量，在包含顳顎關節窩最高點的矢狀切面測量顳顎關節窩的前方與後方角度(圖 2.5)，並在包含顳顎關節窩最高點的冠狀切面測量顳顎關節窩的內側與外側角度(圖 2.6)。

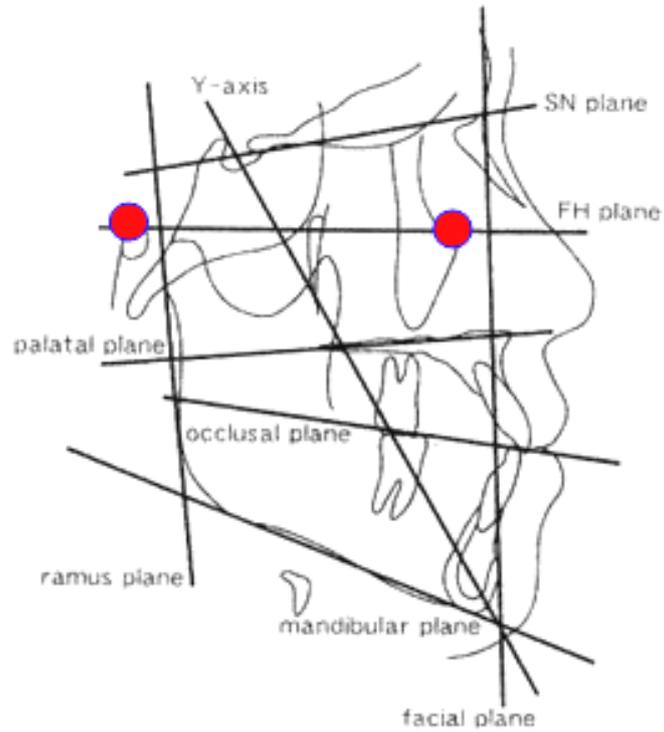


圖 2.2 法蘭克福平面，由外耳道上緣與眼眶下緣的連線構成的基準平面，圖左的紅點為外耳道上緣，圖右的紅點為眼眶下緣。
 (<http://www.pluto.dti.ne.jp/~tomisawa/ortho/imgorth/>)

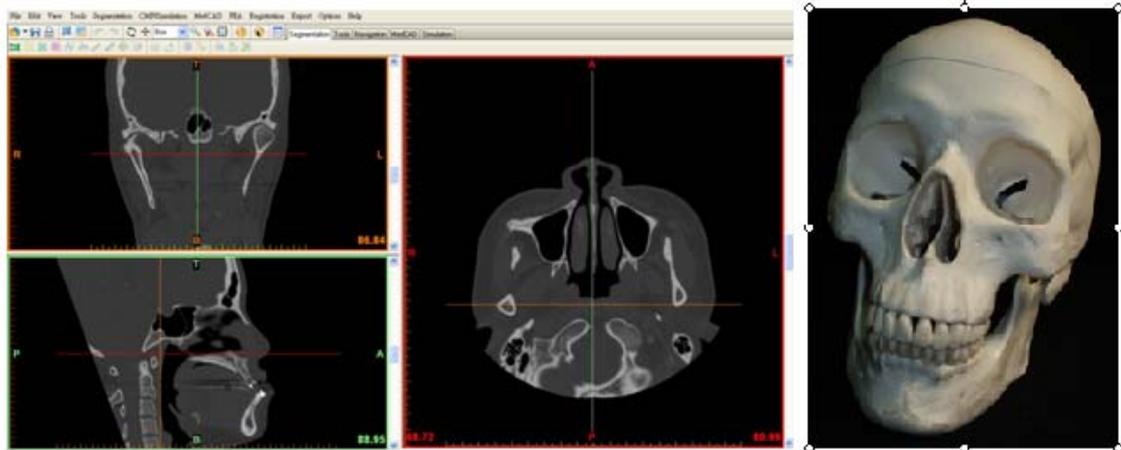


圖 2.3 原始檔案，圖左為電腦斷層影像，圖右為示意圖，顯示原始檔案頭顱骨並未定位。

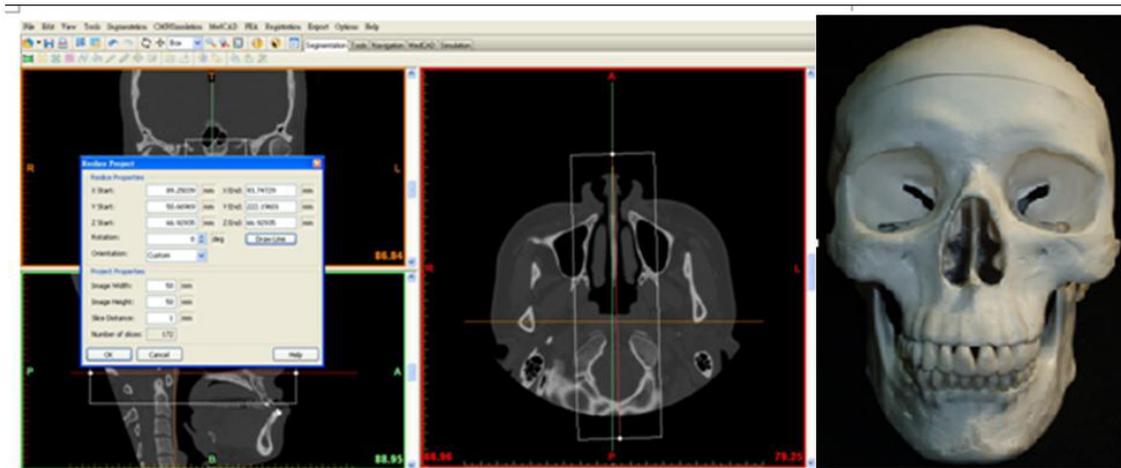


圖 2.4 影像校正，圖左為電腦斷層影像，圖右為示意圖，顯示頭顱骨的正中線垂直平分電腦分割視窗，且頭顱骨的法蘭克福平面與地平面



平行。

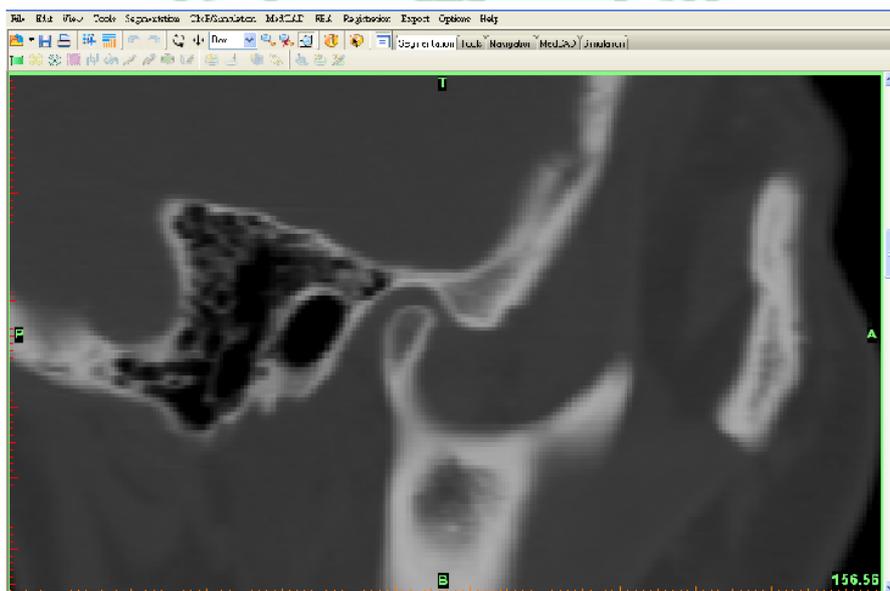


圖 2.5 右側顳顎關節矢狀切面

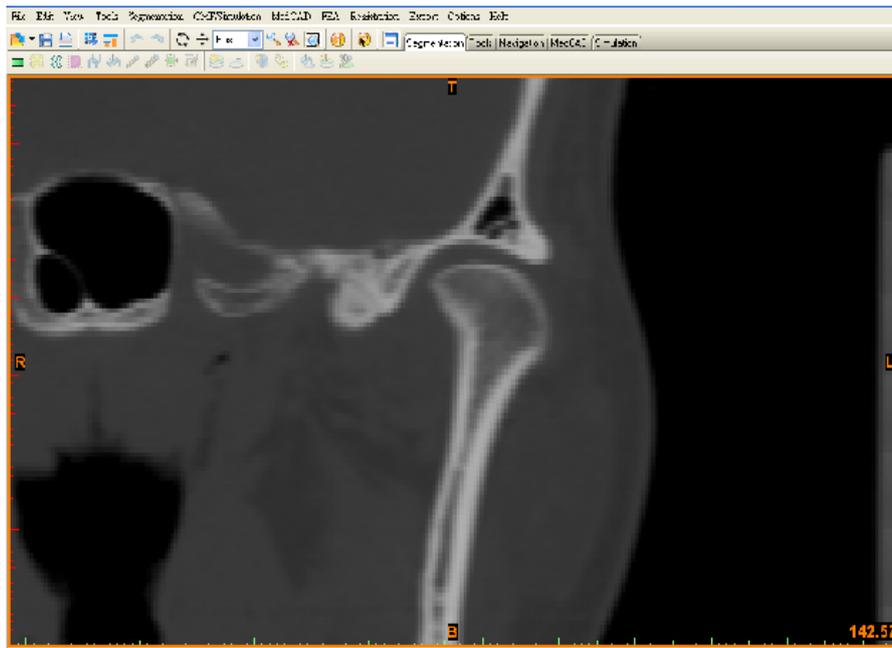


圖 2.6 右側顳顎關節冠狀切面



2-4 顛顎關節窩角度測量

在包含顛顎關節窩最高點的矢狀切面(圖 2.7)測量顛顎關節窩的前方與後方角度，以顛顎關節窩最高點(圖 2.7 點 1)作為基準點，關節前方角度的參考點為關節隆突之後下方轉折處(圖 2.7 點 2)，關節後方角度的參考點為 squamotympanic fissure (圖 2.7 點 3)。在包含顛顎關節窩最高點的冠狀切面(圖 2.8)測量顛顎關節窩的內側與外側角度，顛顎關節窩內側角度的參考點為 petrosquamous fissure(圖 2.8 點 4)，顛顎關節窩外側角度的參考點為 lateral crest 轉折處(圖 2.8 點 5)；量測基準點與各個參考點連線與法蘭克福平面之交角後統計分析。

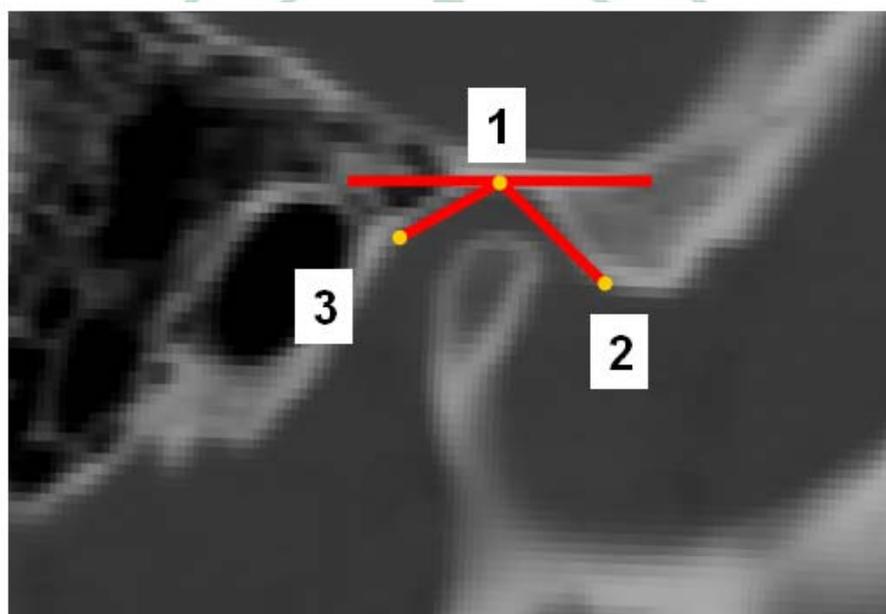


圖 2.7 右側顛顎關節矢狀切面局部放大圖，點 1 為顛顎關節窩最高點，點 2 為關節隆突之後下方轉折處，點 3 為 squamotympanic fissure；點 1 與點 2 之連線與參考平面之夾角表顛顎關節窩前方角度，點 1 與點 3 之連線與參考平面之夾角表顛顎關節窩後前方角度。

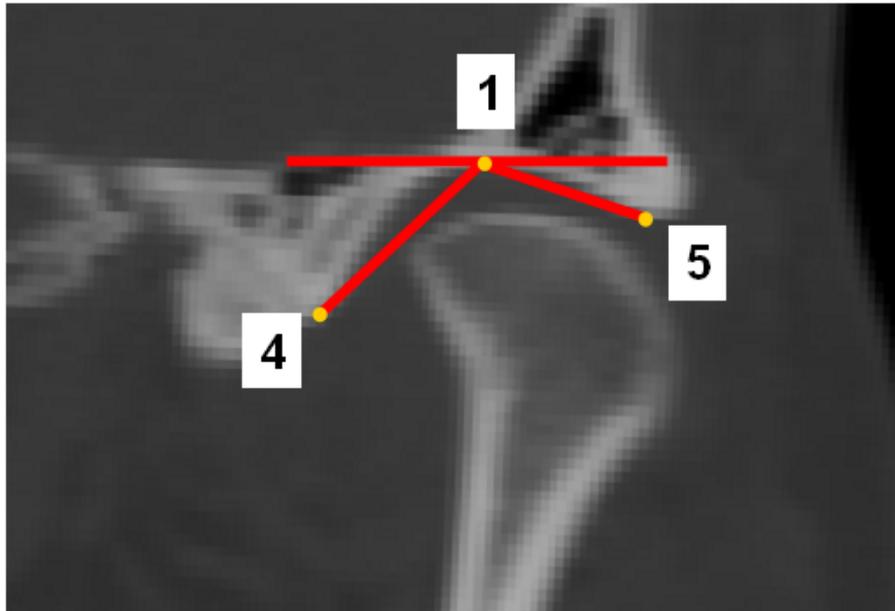


圖 2.8 右側顳顎關節冠狀切面局部放大圖，點 1 為顳顎關節窩最高點，點 4 為 petrosquamous fissure，點 5 為 lateral crest 轉折處；點 1 與點 4 之連線與參考平面之夾角表顳顎關節窩內側角度，點 1 與點 5 之連線與參考平面之夾角表顳顎關節窩後外側角度。

2-5 統計分析

2-5.1 組內變異與組間變異

為了確認以醫學影像軟體進行頭顱骨定位校正的動作是否會因為操作之時間點不同而有所改變，所以選取 41 個樣本由同一位受測者於兩個不同的時間點各進行一次頭顱骨定位校正後，確認兩次頭顱骨定位校正後所測量的角度是否有所差異，採用的方法為 paired t test，顯著水準為 0.05。統計結果顯示所有的 p 值都大於 0.05，表示頭顱骨的定位校正動作不會因為時間點的不同而有所差異（表 2.2）。

表 2.2 組內校正統計表。確認前後兩次頭顱骨定位校正後所測量的角度是否有所差異，採用 paired t test， $\alpha = 0.05$ 。第一列之 LA 表示為左側關節窩前方角度，LP 表示為左側關節窩後方角度，LL 表示為左側關節窩外側角度，LM 表示為左側關節窩內側角度；RA 表示為右側關節窩前方角度，RP 表示為右側關節窩後方角度，RL 表示為右側關節窩外側角度，RM 表示為右側關節窩內側角度。

	LA	LP	LL	LM	RA	RP	RL	RM
p -value [†]	0.3634	0.1108	0.247	0.8141	0.0931	0.2085	0.9795	0.5112

為確認角度測量是否會因為不同的受測者或不同的測量時間而有所差異，採用 10 個預先進行頭顱定位校正且轉至法蘭克福平面的病患資料，由兩位受測者對於此相同的資料庫各自於五次不同的時間點進行角度量測，因為資料屬於重複測量的資料類型，所以使用 Repeated Measurement ANOVA 檢定於不同時間點對於角度的測量是

否有所差異，顯著水準為 0.05(表 2.3)；而於不同時間點進行角度測量之相關性則用 Intraclass correlation coefficient(ICC)表示(表 2.4)。組間變異則比較兩位受測者間對於相同位置的角度測量之相關性，使用的統計方法為 Intraclass correlation coefficient(ICC) (表 2.5)。ICC 數據越高則表示相關性越高，數據介於 0 到 0.333 則表示為低度相關，數據介於 0.333 到 0.667 則表示為中度相關，數據介於 0.667 到 1 則表示為高度相關。

統計結果發現組間僅第一位受測者在法蘭克福平面為基準下測量時，於右側前方角度在不同時間點的測量達統計上的顯著差異($p = 0.021$)，但其實際之數值僅相差不到 5 度。透過 SAS 9.1.3 的 PROC MIXED PROCEDURE，我們可以分別計算出模式的 ICC，在比較二位受測者間測量結果的相關性，ICC 值愈大，代表二位受測者測量結果一致性愈高。而表 2.4 是比較五個時間點間測量結果的相關性，ICC 值愈大，代表五個時間點的測量結果一致性愈高。由表 2.3 (0.8553~0.9685)及表 2.4 (0.8562~0.9671)來看，每一個位置點的 ICC 值皆大於 0.7，所以二位受測者測量結果一致性很高，而五個時間點的測量結果一致性也相當高。以此統計結果顯示，在進行顛顎關節窩角度測量時，測量值並不會因為受測者的不同或是測量時間的不同而有所差異。

表 2.3 組間校正統計表。檢定不同受測者間是否有測量的差異，數據表統計檢定量。 $\alpha = 0.05$ 。

p -value [†]	LA	LP	LL	LR	RA	RP	RR	RL
受測者一	0.919	0.322	0.322	0.54	0.021	0.221	0.727	0.056
受測者二	0.969	0.127	0.567	0.565	0.066	0.354	0.696	0.175

表 2.4 以 ICC 分析不同時間點的角度測量差異，ICC 值愈大，代表五個時間點的測量結果一致性愈高。

	LA	LP	LL	LM	RA	RP	RL	RM
ICC	0.9654	0.8973	0.9671	0.9303	0.9334	0.8562	0.8892	0.9191

表 2.5 以 ICC 分析不同受測者間的角度測量差異，ICC 值愈大，代表二位受測者測量結果一致性愈高。

	LA	LP	LL	LM	RA	RP	RL	RM
ICC	0.9685	0.8966	0.9673	0.9362	0.945	0.8553	0.8945	0.9182

2-5.2 資料收集與分析

將此 198 位病患的姓名、性別、年齡、及其左右側顳顎關節的前、後、內、外角度測量結果建立於 excell 檔案中，再進行統計分析。我們想要了解性別是否會對顳顎關節窩角度造成影響，所以採用 two-sample t-test 檢定男性與女性之間的關係。至於年齡對於顳顎關節窩角度的影響則以散佈圖、資料散佈趨勢線、及 Pearson's correlation coefficient 表示，觀察年齡對於顳顎關節的前、後、內、外角度的影響。左右側顳顎關節窩的對稱性則採用 t-test 檢定，顯著水準皆採用 0.05。

第三章 結果

3-1 性別對於顛顎關節窩角度的影響

依據左右側顛顎關節窩的前、後、內、外角度此八個變相於性別間的統計數據如表列(表 3.1)，統計結果顯示男性的左右側顛顎關節窩前方角度與左側顛顎關節窩後方角度比女性為大，此三個位置顯現有性別間的差異；然左右側顛顎關節窩前方角度的 p 值皆小於 0.001，而左側顛顎關節窩後方角度其 p 值為 0.0197，且其男女性間平均值的實際差異僅 2.3 度，顯示男性的左右側顛顎關節窩前方角度皆顯著的比女性為大，然而左側顛顎關節窩後方角度雖然已達統計上的顯著差異，但其證據力較低，且實際上的數值差異較不具有臨床意義。除上述的三個位置外，其餘變相在男女性別間並無統計上的顯著差異存在。

表 3.1 性別間的顛顎關節窩角度統計表，顯示男性的左右側顛顎關節窩前方角度與左側的後方顛顎關節窩角度比女性為大。

Variable	ALL(N=198)		Female(N=95)		Male(N=103)		p-value [†]
	Mean	±SD	Mean	±SD	Mean	±SD	
LA	39.3	±8.7	36.8	±7.8	41.7	±8.9	<0.0001
LP	35.3	±7.1	34.1	±6.6	36.4	±7.3	0.0197
LL	19.9	±7.5	20.2	±7.8	19.6	±7.2	0.5813
LM	38.0	±5.9	38.2	±5.5	37.7	±6.4	0.5530
RA	39.2	±8.4	37.0	±7.4	41.2	±8.7	0.0004
RP	35.1	±7.6	34.7	±7.5	35.6	±7.6	0.3858
RL	19.9	±6.9	20.2	±6.9	19.7	±7.0	0.6120
RM	37.5	±6.1	37.7	±5.5	37.3	±6.7	0.6228

[†] stand for p-value of two-sample t-test between male and female groups.

3-2 年齡對於顛顎關節窩角度的影響

年齡與顛顎關節窩角度的相關趨勢散佈圖如圖示(圖 3.1),另年齡與顛顎關節窩角度間的統計數據如表列(表 3.2)。由統計結果發現,左右側顛顎關節窩的前方角度與年齡間呈現中度正相關,且 p 值小於 0.05,顯示年齡會顯著的影響左右顛顎關節窩的前方角度。左右側顛顎關節窩的後方角度與年齡間呈現低度負相關,但 p 值大於 0.05,顯示年齡對顛顎關節窩的後方角度不具影響。左右側顛顎關節窩的外側角度與年齡間呈現低度負相關,且趨勢線呈現之實際數值落差未達 5 度,但 p 值僅於男性的右側顛顎關節外側角度大於 0.05,顯示年齡對顛顎關節窩的外側角度雖已達統計上的顯著差異,但對於實際的角度變化影響不大。左右側顛顎關節窩的內側角度與年齡間呈現低度正相關,但 p 值僅於不分性別的左側顛顎關節內側角度小於 0.05,顯示年齡對顛顎關節窩的內側角度影響亦不大。

結果顯示年齡對於顛顎關節窩的影響主要在前方角度,對於其餘角度影響並不大。

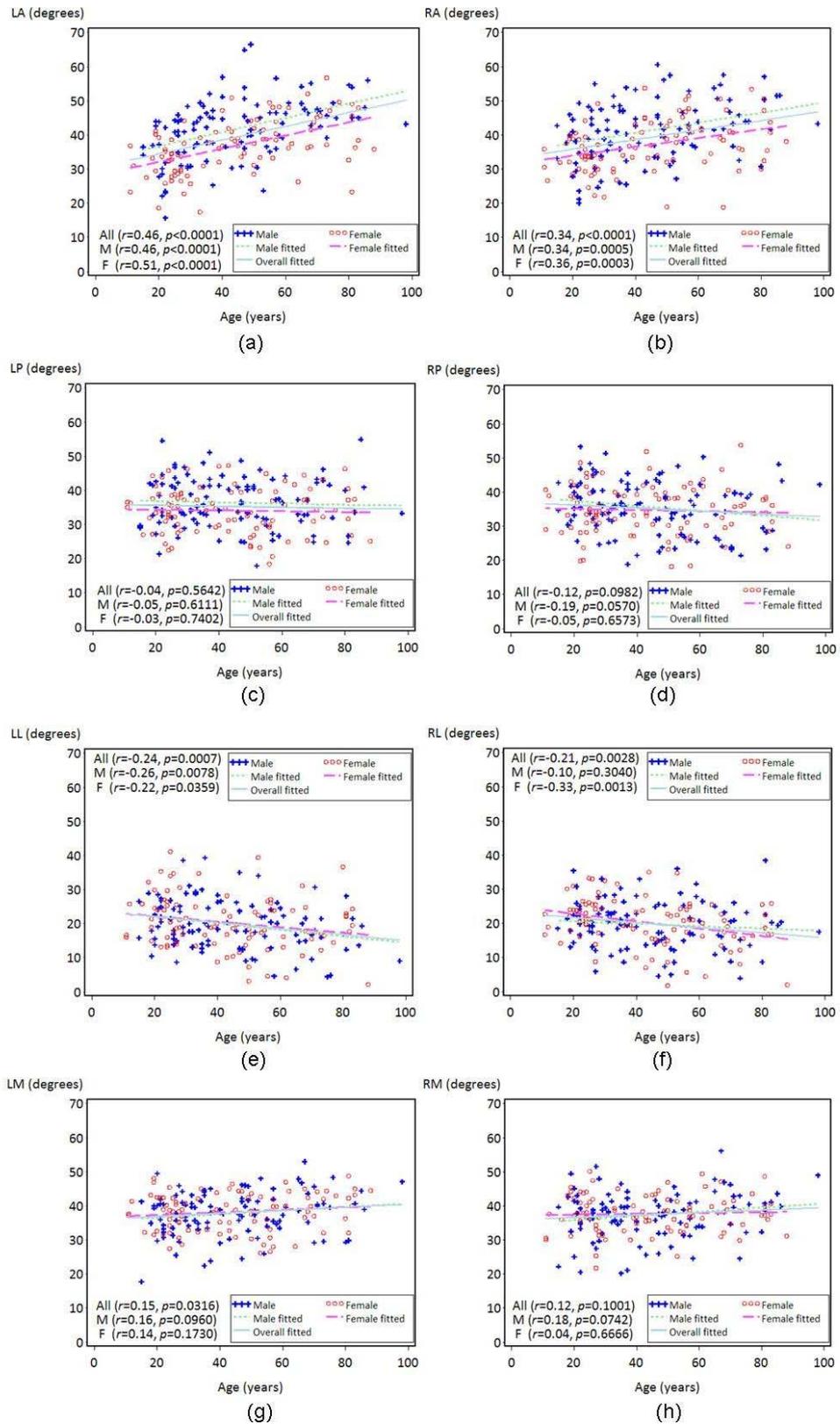


圖 3.1 年齡與顛顎關節窩角度的散佈圖

(a) LA; (b) RA; (c) LP; (d) RP ; (e) LL; (f) RL; (g) LM; (h) RM.

表 3.2 年齡與顳顎關節窩角度間的統計表，左右側顳顎關節窩的前方角度與年齡間呈現中度正相關，且 p 值小於 0.05。左右側顳顎關節窩的後方角度與年齡間呈現低度負相關，但 p 值大於 0.05。左右側顳顎關節窩的外側角度與年齡間呈現低度負相關，p 值僅於男性的右側顳顎關節外側角度大於 0.05。左右側顳顎關節窩的內側角度與年齡間呈現低度正相關，但 p 值僅於不分性別的左側顳顎關節內側角度小於 0.05。

Variable	ALL(N=198)		Female(N=95)		Male(N=103)	
	CORR	p-value	CORR	p-value	CORR	p-value [†]
LA	0.46	<0.0001	0.51	<0.0001	0.46	<0.0001
LP	-0.04	0.5642	-0.03	0.7402	-0.05	0.6111
LL	-0.24	0.0007	-0.22	0.0359	-0.26	0.0078
LM	0.15	0.0316	0.14	0.1730	0.16	0.0960
RA	0.34	<.0001	0.36	0.0003	0.34	0.0005
RP	-0.12	0.0982	-0.05	0.6573	-0.19	0.0570
RL	-0.21	0.0028	-0.33	0.0013	-0.10	0.3040
RM	0.12	0.1001	0.04	0.6666	0.18	0.0742

CORR represent Pearson correlation coefficient between age and inclinations;

[†] stand for p-value of Pearson correlation coefficient test.

3-3 左右對稱性對於顛顎關節窩角度的影響

統計表列(表 3.3)顯示左右側顛顎關節角度基本上是對稱的，不論是前、後、內、外角度都呈現對稱的現象，且不論將樣本分為男性、女性、或是兩性合併一起討論皆發現並無左右不對稱的情況。所有的 p 值都大於 0.05。



表 3.3 左右側的顳顎關節窩角度對稱性差異統計表。A 表示為左側關節窩前壁角度，P 表示為關節窩後壁角度，L 表示為關節窩外側壁角度，M 表示為關節窩內側壁角度。統計顯示左右側顳顎關節角度基本上是對稱的，不論是前、後、內、外角度都呈現對稱的現象。

Variable	Left side		Right side		Difference (L-R)		<i>p</i> -value [†]
	Mean	±SD	Mean	±SD	Mean	±SD	
ALL(N=198)							
A	39.3	±8.7	39.2	±8.4	0.13	±6.4	0.7693
P	35.3	±7.1	35.1	±7.6	0.13	±5.9	0.7550
L	19.9	±7.5	19.9	±6.9	-0.01	±6.0	0.9834
M	38.0	±5.9	37.5	±6.1	0.50	±5.2	0.1745
Female(N=95)							
A	36.8	±7.8	37.0	±7.4	-0.28	±6.6	0.6799
P	34.1	±6.6	34.7	±7.5	-0.60	±5.9	0.3299
L	20.2	±7.8	20.2	±6.9	0.03	±5.1	0.9480
M	38.2	±5.5	37.7	±5.5	0.54	±5.2	0.3129
Male(N=103)							
A	41.7	±8.9	41.2	±8.7	0.52	±6.2	0.4020
P	36.4	±7.3	35.6	±7.6	0.80	±5.9	0.1695
L	19.6	±7.2	19.7	±7.0	-0.05	±6.8	0.9419
M	37.7	±6.4	37.3	±6.7	0.47	±5.2	0.3648

A: anterior inclinations of the glenoid fossa in both side.

P: posterior inclinations of the glenoid fossa in both side.

M: medial inclinations of the glenoid fossa in both side.

L: lateral inclinations of the glenoid fossa in both side.

† stand for *p*-value of paired t-test between right and left sides.

第四章 討論

4-1 實驗方法之討論

本實驗之目的為建立一可信之參考資料，以供臨床參考運用以及咬合器之改善之用。相類似之文獻並不多見，且測量方法以及參考點的設定各自有所不同。在過去數十年期間，臨床皆採用全口放射線影像(panoramic radiographs)、側斜穿顱放射線攝影法(transcranial lateral oblique radiographs)、及斷層掃描影像作為顳顎關節的影像檢查，故有部分學者採用此類單一平面影像對於顳顎關節進行分析(Cohlma et al., 1996; Gilboa et al., 2008)，但因為關節型態為一立體結構，故很難經由全口放射線影像或斷層掃描影像等單一的平面影像進行立體結構的探討，然臨床上我們無法直接觀察病患的顳顎關節型態，故先前的研究大多是使用頭顱骨進行解剖以進行關節型態的分析(Bilgin et al., 2000; Cohlma et al., 1996; Gilboa et al., 2008; Ichikawa and Laskin, 1989; Ingervall, 1972; Jasinevicius et al., 2005; Seward, 1976; Wish-Baratz et al., 1996)，但因為研究使用的是大體且移除肌肉、韌帶等軟組織，故樣本多不屬於當代人且無法重現活體的情況。近年來的醫學影像發展，使得我們得以非侵入性的方法研究顳顎關節型態(Hsu et al., 2007; Meng et al., 2008)，故能適用於當代人進行實體的分析，因此亦能增加樣本數量而增加整體資料的完整性。

4-2 顛顎關節窩角度之討論

本研究以法蘭克福平面為基準，並依照前述之標準進行角度的測量可發現國人的左側顛顎關節窩前方角度為 39.3 ± 8.7 度(女性： 36.8 ± 7.8 度；男性： 41.7 ± 8.9 度)；右側顛顎關節窩前方角度為 39.2 ± 8.4 度(女性： 37.0 ± 7.4 度；男性： 41.2 ± 8.7 度)。本研究的數據與先前的文獻比較如表列(表 4.1)，此數據較 T. Roma Jasinevicius et al. 於 2005 年以頭顱骨直接進行測量的研究發現為小，T. Roma Jasinevicius et al. 以法蘭克福平面為測量基準面的研究發現非洲裔美國男性的右側顛顎關節窩前方角度為 55.1 ± 12.1 度，左側顛顎關節窩前方角度為 48.2 ± 11.3 度；非洲裔美國女性的右側顛顎關節窩前方角度為 54.5 ± 10.6 度，左側顛顎關節窩前方角度為 49.5 ± 7.6 度；歐洲裔美國男性的右側顛顎關節窩前方角度為 57.1 ± 11 度，左側顛顎關節窩前方角度為 54.4 ± 9.6 度；歐洲裔美國女性的右側顛顎關節窩前方角度為 58.7 ± 11.4 度，左側顛顎關節窩前方角度為 54.2 ± 10.7 度(Jasinevicius et al., 2005)。Tyfun Bilgin et al. 使用 64 個安那托利亞人頭顱骨以法蘭克福平面為基準面進行測量，印取顛顎關節窩的模型後灌模，將模型沿顛顎關節窩矢狀切面進行切割，拓印至紙上後掃描進行角度的分析，發現顛顎關節窩前方角度為 60.33 ± 10.19 度(Bilgin et al., 2000)。Ilan Gilboa et al. 使用 25 個頭顱骨以法蘭克福平面為基準面進行測量，比較全口放射線影像與實際頭顱骨間的角度差異，統計發現右側顛顎關節前方角度為 35.2 ± 7.7 度；左側顛顎關節前方角度則為 37.7 ± 6.9 度(Gilboa et al., 2008)。Shoji Kohno et al. 測量 35 個沒有顛顎關節疾病的日本人，以 Camper's line 為測量基準面，使用攝影機於不同角度拍攝下顎運動的動態分析(圖 4.1)，發現顛顎關節窩的前方角度為 38.2 ± 7.6

度(Kohno and Nakano, 1987)。Meng FW et al.以 30 位兒童大體及 30 位沒有顛顎關節障礙的一般成年人進行角度測量發現，以法蘭克福平面為基準面的電腦斷層影像下進行分析，兒童的顛顎關節窩前方角度為 30.02 ± 10.00 度；成年人的顛顎關節窩前方角度為 53.46 ± 12.66 度(Meng et al., 2008)。

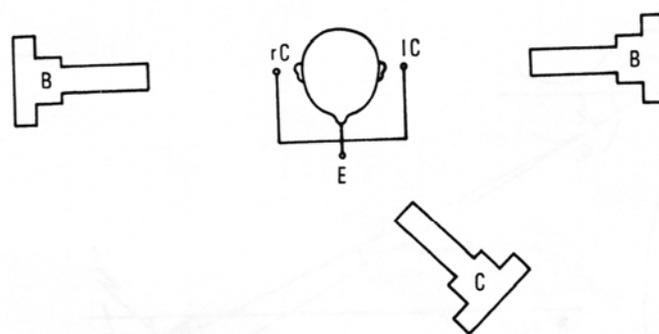


圖 4.1 動態分析顛顎關節窩角度示意圖，圖中所標示之 B 與 C 表示為三臺動態攝影機，記錄病患下顎運動。(Kohno and Nakano, 1987)

本研究的數據較 T. Roma Jasinevicius et al.、Tyfun Bilgin et al.及 Meng FW et al.的數據為小，而跟 Ilan Gilboa et al.、Shoji Kohno et al.等的研究數據較為相近。然上述文獻僅 Shoji Kohno et al.使用 Camper's line 作為基準平面，其餘文獻皆採用法蘭克福平面作為基準平面。此外，各個文獻皆採用各自不同的測量點以及測量方法，且研究所使用的樣本人種亦有所差異，故切確造成數據差異的原因仍需要進一步的確認。

表 4.1 顛顎關節窩前方角度比較表，第一欄為研究學者；第二欄為研究統計之顛顎關節窩前方角度平均數據，角度單位為度；第三欄為研究所使用的方法，本研究與 Meng et al.皆採用電腦斷層影像進行研究，Bilgin et al.及 Jasinevicius et al.使用頭顱骨直接進行測量，Gilboa et al.使用全口放射線影像照射頭顱骨進行測量，Kohno et al.則使用動態分析角度；第四欄為研究所使用的基準平面，僅 Kohno et al.使用 Camper`s line 作為基準面，其餘皆採用法蘭克福平面(FH plane)作為基準平面。

	Mean (degree)	Methology	Reference plane
This study	39.3	Computed tomography	FH plane
Bilgin, 2000	60.3	Cadaver	FH plane
Jasinevicius, 2005	55	Cadaver	FH plane
Kohno, 1987	38.2	Dynamic tracing	Camper`s line
Gilboa, 2008	35	Panoramic films	FH plane
Meng, 2008	53.5	Computed tomography	FH plane

4-3 性別影響之討論

本研究結果發現男性在左右側顳顎關節窩前方角度以及左側顳顎關節窩後方角度比女性為大，然左右側顳顎關節窩前方角度的 p 值皆小於 0.001，而左側的後方顳顎關節窩角度其 p 值為 0.0197，且其男女性間平均值的實際差異僅 2.3 度，統計結果顯示男性的左右側顳顎關節窩前方角度與左側的後方顳顎關節窩角度比女性為大；然左側後方顳顎關節窩角度雖然已達統計上的顯著差異，但其證據力較低，且實際上的數值差異較不具有臨床意義。除上述的三個位置外，其餘變相在男女性別間並無統計上的顯著差異存在。

回顧以性別為變相對於顳顎關節窩角度進行探討的文獻可發現，各文獻的研究結果有所分歧。Cohlmiat et al. 紀錄 232 個接受矯正治療前的高加索人種(男性 95 位，女性 137 位)，年齡介於 9 到 42 歲，以其左右顳顎關節的斷層掃描影像可發現男性比女性有更陡的顳顎關節窩前方角度(Cohlmiat et al., 1996)，此研究結果的與本研究相同，但Cohlmiat et al. 究採用顳顎關節髁狀突的內緣(medial pole)切面和外緣(lateral pole)切面的斷層掃描進行角度的測量，且Cohlmiat et al. 用高加索人種進行研究，此外，Cohlmiat et al. 使用的測量基準面亦與本研究不同，Cohlmiat et al. 用斷層掃描影像之上緣作為角度測量之基準面，然此一平面會依照射角度的差異、病患頭顱擺置的位置及角度不同等因素而有所差異，並非一穩定之平面。

然而，Seward et al. 及 Meng et al. 的研究認為顳顎關節角度並不會

因為性別差異而有所影響(Meng et al., 2008; Seward, 1976)，其造成研究結果差異的原因可能是因為研究方法的不同，Seward et al.使用 155 個澳洲原住民的頭顱骨以法蘭克福平面為基準面進行測量，選用直徑大小不同的圓球(半徑為 7/32, 1/4, 9/32, 5/16 英吋等的圓球)找出最符合顳顎關節窩型態之曲面，然顳顎關節窩並非呈現半圓形，故此方式僅能將樣本較粗略的歸類，亦較難顯現細部的差異，導致結果傾向於沒有差異(Seward, 1976)。Meng et al.先取出顳顎關節窩內外徑的長軸，再以長軸之中央垂直切面經影像重組後進行角度測量(Meng et al., 2008)，然此切面未必會通過顳顎關節窩的最高點，且此切面不平行於頭顱骨影像的正中矢狀切面，故其選用的切面與本研究有所差異，可能導致測量的結果有所落差。



4-4 年齡影響之討論

文獻中探討年齡對於顛顎關節窩影響的結果有所分歧，且鮮少文獻確認生長發育對於顛顎關節窩的影響至幾歲後才趨於穩定，回顧文獻發現，Wright et al.研究發現約於一歲半到兩歲之間孩童顛顎關節的”S”曲線即已成形(Wright and Moffett, 1974)。Oberg et al.的研究則認為顛顎關節約於 5 到 8 歲才會形成穩定的外型(Oberg et al., 1971)。依據 Nickel et al.的研究趨勢可發現顛顎關節於三歲以前快速的發育，且約在三歲時即已經發育達 50%，而在三歲之後的發育量逐漸的趨於緩和，約在八歲後年齡對於顛顎關節窩前方角度幾乎已無影響(Nickel et al., 1988)。因本研究的樣本年齡範圍為 11 到 98 歲，皆已超過前述文獻之年齡，故生長發育對於本研究樣本的年輕族群之影響應相對較少。但因本研究族群缺乏 10 歲以下之樣本，故若後續研究欲著墨於生長發育對於顛顎關節窩影響之探討，應增加幼童之樣本以確認生長發育的影響。

由本研究統計結果可發現左右側顛顎關節窩前方角度與年齡呈現中度正相關，左右側顛顎關節窩內側角度與年齡呈低度正相關，而左右側顛顎關節窩後方與外側角度則與年齡呈現低度負相關。此結果顯示年齡主要是影響顛顎關節窩的前方角度，且角度隨著年齡的增加而增加。此研究結果呼應 Angel et al.的研究，Angel et al.認為顛顎關節窩前方角度會隨著時間的增加而增加(Angel, 1948)。但 Moffett et al.的研究則發現顛顎關節窩前方角度會隨著年齡的增加而趨於平緩，Moffett et al.推論可能的原因是因為顛顎關節運動導致骨頭磨耗而重

新塑型(bone remodeling)，致使顛顎關節窩前方角度越來越平(Moffett et al., 1964)。Brown et al.以澳洲原住民的頭顱骨研究亦呼應 Moffett et al.的研究結果，且顛顎關節窩前方角度變平的現象常伴隨顯著的牙齒磨耗，Brown et al.推測可能是顛顎關節窩的骨頭對於壓力側的反應，或是代表某種程度的退化關節炎發生(Brown, 1968)。然 Wish-Baratz et al.則是認為顛顎關節窩跟年齡之間沒有相關性，並不會隨著年齡而有所改變(Wish-Baratz et al., 1996)。

不論顛顎關節窩的角度會隨年齡的增加而增加或是減少，皆屬於後天性的骨頭重新塑型，但其切確的影響因素或是改變趨勢仍需進一步的研究來佐證。



4-5 左右對稱性之討論

統計結果顯示左右側顛顎關節窩角度呈現對稱的情況，不論是男性、女性、或是不分性別的情況下進行檢定，左右側顛顎關節窩的角度都沒有統計上的顯著差異存在。然Cohlma et al.以斷層掃描評估顛顎關節窩前方角度的研究發現左側的顛顎關節窩前方角度比右側為大(Cohlma et al., 1996)，而Jasinevicius et al.及Wish-Baratz et al.的研究結果則持完全相反的意見，發現右側的顛顎關節窩前方角度比左側為大(Jasinevicius et al., 2005; Wish-Baratz et al., 1996)。有關顛顎關節窩左右對稱性的研究結果於各文獻中皆無一致性的發現，可能的因素是由於各個研究皆採取各自不同的切面測量，且亦使用不同的斜面標準判斷顛顎關節窩的前方角度，另外Cohlma et al.採用斷層掃描影像的上緣作為測量基準平面，Jasinevicius et al.則是採用法蘭克福平面為基準面進行角度的測量。

雖然本研究統計結果顯示左右側顛顎關節窩角度對稱，但因為研究中並未探討本研究選用的基準點(兩側顛顎關節窩最高點)與法蘭克福平面的距離是否相同，且顛顎關節窩為一立體的曲面，因此以傾斜角度來判斷兩側對稱性時，無法就細部的顛顎關節窩曲面深淺差異進行探討(圖 4.2)，所以統計結果顯示兩側對稱可能是在本研究的設定條件下進行角度測量時才會成立，因為人體各部位左右完全對稱是極為罕見的；也或者是人體左右側顛顎關節存在些許不對稱，但其未達到統計上的顯著差異，故顯示為左右兩側對稱。

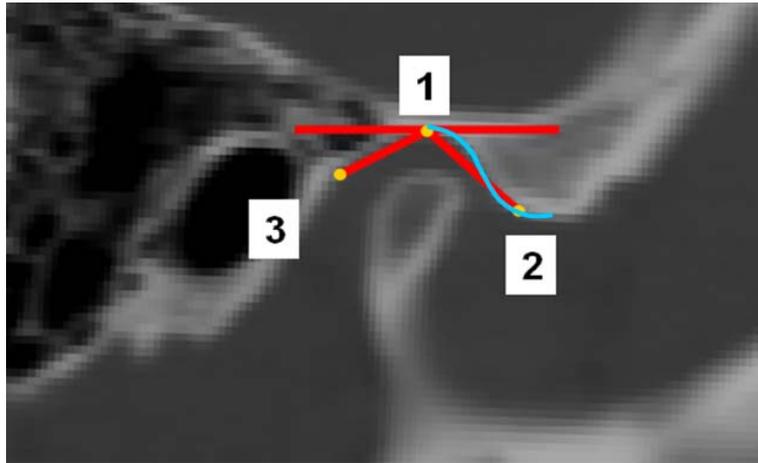


圖 4.2 顳顎關節窩前側壁曲線圖，因本研究僅探討基準點與參考點間的連線角度，然顳顎關節窩為一立體曲面，如圖藍線所示，故無法由數據得知曲面之深淺變化。



4-6 綜合比較與討論

本研究的實驗統計結果發現與先前的研究有部份相同也有些許差異(Angel, 1948; Bilgin et al., 2000; Cohlmiia et al., 1996; Gilboa et al., 2008; Jasinevicius et al., 2005; Meng et al., 2008; Moffett et al., 1964; Ricketts, 1950; Seward, 1976; Wish-Baratz et al., 1996)。部分研究的結果差異如表列(表 4.2)，主要造成差異的原因可能是因為每個研究都使用各自不同的方法進行測量，大部分的研究使用頭顱骨進行解剖研究(Angel, 1948; Bilgin et al., 2000; Cohlmiia et al., 1996; Gilboa et al., 2008; Jasinevicius et al., 2005; Moffett et al., 1964; Ricketts, 1950; Seward, 1976; Wish-Baratz et al., 1996)，但 Bilgin et al.使用印膜材料印取顳顎關節窩的型態後，再灌成石膏模型，取其定義的位置將石膏切割後拓印到紙上，再依其設定的角度量測法進行角度的統計(Bilgin et al., 2000)。Gilboa et al.則是先將金屬線固定在頭顱骨的顳顎關節窩內側，再取其全口放射線影像，比較放射線影像與實體的差異(Gilboa et al., 2008)。Jasinevicius et al.使用平行桿以法蘭克福平面為基準，直接對歐洲裔美國人與非洲裔美國人的頭顱骨進行顳顎關節前方角度的測量(Jasinevicius et al., 2005)。Seward et al.針對 155 個澳洲原住民的頭顱骨以法蘭克福平面為基準面進行測量，選用直徑大小不同的圓球找出最符合顳顎關節窩型態之曲面(Seward, 1976)。

上述的每一篇文獻皆使用各自不同的方法進行研究，就算研究方法類似，然其細部的測量定義還是有所差異，例如顳顎關節窩角度測量的基準平面、測量平面、以及測量點的選取等等皆有所不同。Cohlmiia et al.採用斷層掃描影像之上緣作為測量基準平面(Cohlmiia et

al., 1996)；Nickel et al.使用咬合平面作為測量基準平面(Nickel et al., 1988)；Shoji Kohno et al.則使用Camper's line作為測量基準平面(Kohno and Nakano, 1987)；其餘大部分的文獻皆採用法蘭克福平面作為基準面進行測量(Bilgin et al., 2000; Cohlma et al., 1996; Gilboa et al., 2008; Jasinevicius et al., 2005; Meng et al., 2008; Seward, 1976; Wish-Baratz et al., 1996)。所使用的測量基準平面不同會導致所量測的角度差異，法蘭克福平面為外耳道上緣與眼眶下緣所構成的平面，Camper's line則是耳珠上緣與鼻翼下緣的連線，如圖示(圖 4.3)，由圖示可知若以法蘭克福平面為測量基準則所取得的角度會比以Camper's line為基準的測量角度來得大。

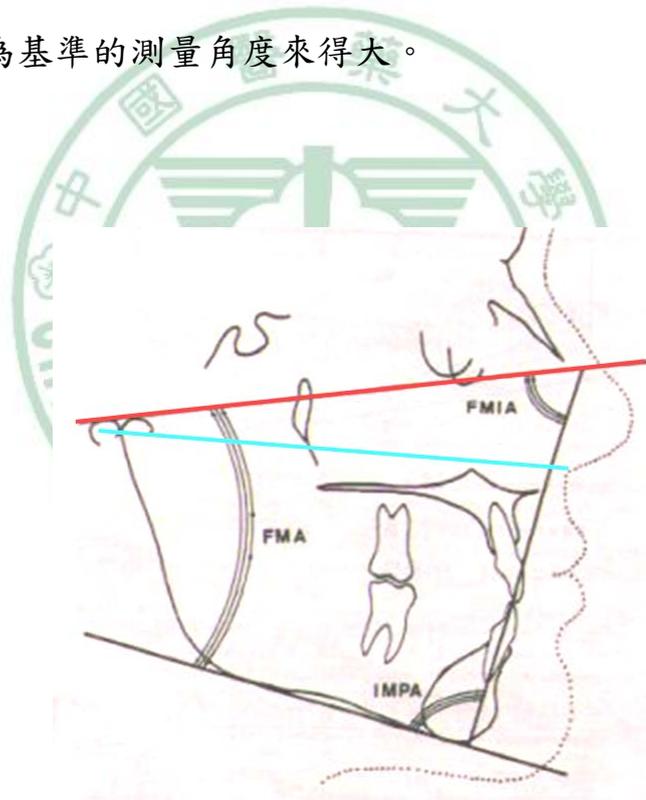


圖 4.3 Camper's line與法蘭克福平面，圖中之紅線表示為蘭克福平面；藍線則代表Camper's line，為耳珠上緣與鼻翼下緣的連線。

(<http://www.cleber.com.br/>)

顛顎關節窩角度量測所選用的矢狀切面亦有所不同，Nickel et al.先取出顛顎關節窩內外徑的長軸，再以長軸之中央垂直切面進行角度測量(Meng et al., 2008; Nickel et al., 1988)；Jasinevicius et al.則是選取顛顎關節窩的前後徑最高點矢狀切面進行測量，並同時測量距離顛顎關節窩內側壁三分之一及距離顛顎關節窩外側隆突三分之一的矢狀切面(Jasinevicius et al., 2005)；Gilboa et al.則是將金屬線固定在顛顎關節窩最凹陷的曲面上進行測量(Gilboa et al., 2008)；Meng et al.則先取出顛顎關節髁狀突內外徑的長軸，再以此長軸之中央垂直切面電腦斷層影像重組以進行角度測量(Meng et al., 2008)。由頭顱骨冠狀切面(圖 4.4)可得知，若選用垂直顛顎關節窩的長軸切面，或是垂直顛顎關節髁狀突的長軸切面，所取得的切面皆不平行正中矢狀切面，會於切面前方較接近正中線，且此切面亦與下顎前突運動之軌跡差異甚大，故本研究選用平行正中矢狀切面之矢狀切面進行研究。

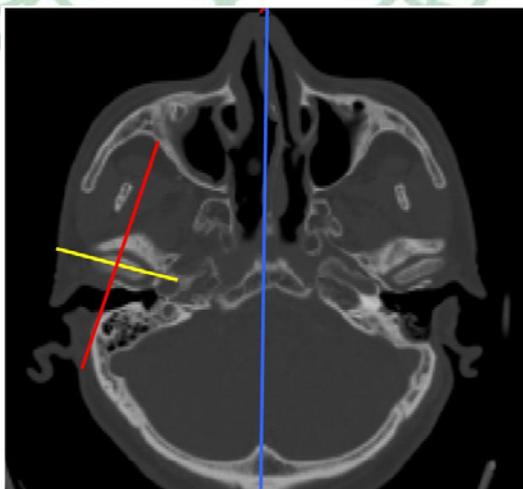


圖 4.4 頭顱骨冠狀切面圖，圖中藍線為正中矢狀切，圖中黃線表示為顛顎關節髁狀突之內外徑長軸，圖中紅線表示為垂直顛顎關節髁狀突的長軸切面，由圖可知此切面不平行於正中矢狀切面。

此外，角度測量點的選取亦各自有所不同，Gilboa et al.以顛顎關節窩最高點與顛顎關節隆突最低點的連線進行角度分析(Gilboa et al., 2008)；Jasinevicius et al.則以顛顎關節窩前側壁的 tangent 角度測量(Jasinevicius et al., 2005)；Bilgin et al.則使用軟體分析顛顎關節窩前側壁的斜率，斜率在顛顎關節窩的最高點以及顛顎關節隆突的最低點為零，由顛顎關節窩最高點到顛顎關節隆突最低點的斜率變化為由零開始逐漸的遞增，遞增達斜率最大後會再逐漸遞減為零，Bilgin et al.即取此斜率轉折處的 tangent 角度測量角度(圖 4.5)(Bilgin et al., 2000)。Cohlma et al. 以顛顎關節窩的最高點(圖 4.6 之 SF)作為基準，將最高點與最先接觸到的顛顎關節髁突前上緣(圖 4.6 之 AC)連線形成 tangent 角度，再畫出通過顛顎關節髁突前上緣並與先前的 tangent line 相互垂直的線段，找出此垂直線段與顛顎關節窩前側壁的交點(圖 4.6 之 AF)，以此交點的 tangent 角度作為顛顎關節窩的前方角度(圖 4.6)(Cohlma et al., 1996)。由顛顎關節窩矢狀切面(圖 4.7)可發現，若在同一個基準平面下進行角度測量時，以顛顎關節窩最高點與顛顎關節隆突最低點的連線所取得的角度會小於顛顎關節窩前側壁的 tangent 角度。雖然顛顎關節隆突最低點為牙醫學常使用的參考點，然而當下顎運動時，下顎髁突運動至顛顎關節隆突最低點時則一般界定為過度位移(Overtranslation)，且開口度過大時亦對於牙齒或口腔膺復物形態不具影響。

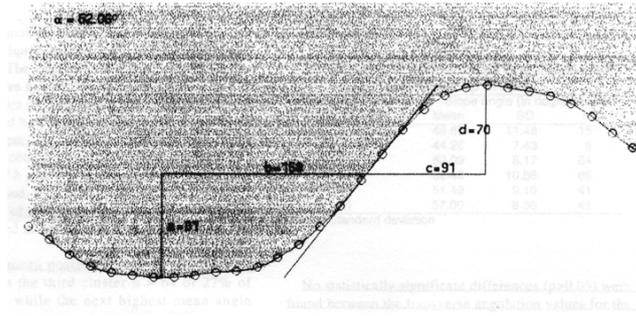


圖 4.5 Bilgin et al.研究之角度測量圖示，斜率在顛顎關節窩的最高點以及顛顎關節隆突的最低點為零，由顛顎關節窩最高點到顛顎關節隆突最低點的斜率變化為由零開始逐漸的遞增，遞增達斜率最大後會再逐漸遞減為零，選取斜率轉折點進行顛顎關節窩前方角度測量。

(Bilgin et al., 2000)

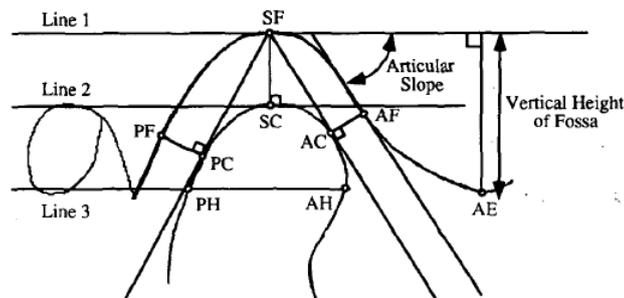


圖 4.6 Cohlma et al.研究之角度測量圖示，以顛顎關節窩的最高點(圖中之 SF)作為基準，將最高點與最先接觸到的顛顎關節髁突前上緣(圖中之 AC)連線形成 tangent 角度，再畫出通過顛顎關節髁突前上緣並與先前的 tangent line 相互垂直的線段，找出此垂直線段與顛顎關節窩前側壁之交點(圖中之 AF)，以此交點(圖中之 AF)的 tangent 角度作為顛顎關節窩的前方角度。(Cohlma et al., 1996)

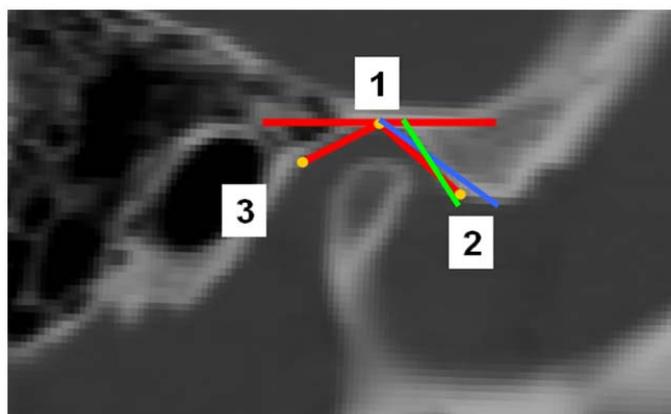


圖 4.7 顳顎關節窩矢狀切面圖，圖中藍線表示為顳顎關節窩最高點與顳顎關節隆突最低點的連線，綠線表示為顳顎關節窩前側壁的 tangent 角度，由圖中可見藍線的角度會比綠線為小。

另一可能造成結果差異的影響因素為人種差異，因人種之間存在的基因差異亦可能會影響顳顎關節發育以及軟硬組織的變化；且飲食文化亦有所不同，例如：宵夜習慣、嚼食菸草、嚼食檳榔、食物精緻化程度等皆有所差異。

表 4.2 各文獻的差異比較表，第一欄為研究學者；第二欄為研究所使用的人種，---表示文獻中並未註記；第三欄為研究所使用的方法；第四欄為研究所使用的基準平面；第五欄為研究所使用的測量切面，---表示文獻中並未註記；第六欄為顛顎關節窩前方角度測量的標準，---表示文獻中並未詳加解釋，僅說明選用 Tangent line 測量。

	Race	Methodology	Reference	Slice	Measurement
This study	Taiwanese	Computed tomography	FH plane	Sagittal plane	參考點連線
Bilgin	Anatolian	Cadaver	FH plane	垂直內外徑三等分	斜率的轉折點
Jasinevicius	American	Cadaver	FH plane	關節窩最凹陷處	---
Kohno	Japanese	Dynamic tracing	Camper's line	---	---
Gilboa	---	Panoramic radiography	FH plane	關節窩最凹陷處	最高與最低點
Meng	Chinese	Computed tomography	FH plane	垂直髁突內外徑三等分	---
Nickel	---	Cadaver	Occlusal plane	垂直內外徑	---
Seward	Australian	Cadaver	FH plane	---	Circle template
Cohlma	Caucasian	Tomography	影像上緣	Medial and lateral pole	---

4-7 臨床應用與啟示

當病患接受牙科治療時，不合諧咬合可能會誘發頭痛、顳顎關節痛、肌肉痛等問題，故修復牙科的其中一個目標就是重建病患缺損的口腔結構並且建立一個理想的咬合關係。因此，我們使用面弓轉移出病患的上顎與頭顱間的關係，並使用顎間紀錄確立上下顎的咬合狀態以及上下顎的相對運動關係，並以此紀錄作為補綴物製作的參考，進行咬合調校以減少臨床的口內調整時間。面弓轉移以及顎間紀錄對於全口重建的病患相對來說更為重要，因為臨床調整常佔據相當多的時間，但現存市面上的半調節型咬合器都採用各自建議的角度設定其關節導引角度，但因廠商設定的數據或公式並非建立在實驗科學證據之上，且未必符合國人之用，故此間的差異可能會對臨床操作造成困擾。

檢視市售之半調節型咬合器可發現，Whip mix 的面弓轉移的第三參考點為眉心，然面弓之基準平面使用眉心以下一定值與兩側外耳道構成之平面，此基準平面較接近於法蘭克福平面，廠商建議咬合器(圖 4.8)使用之顳顎關節窩前方角度(關節前方導引，condyle guidance)設定值為 30° 。Hanau 的面弓轉移的第三參考點為病患的右側眶下孔(infraorbitale notch)，以法蘭克福平面為基準平面，廠商建議咬合器(圖 4.9)使用之關節前方導引角度設定值為 30° 。Denar 的面弓(Mark II Facebow) (圖 4.10)轉移的第三參考點為病患的右側側門牙切緣往眼眶內緣的方向算 43mm 處(圖 4.11)，以平均值 43mm 取得趨近於法蘭克福平面為基準平面，廠商建議咬合器使用之關節前方導引角度設定值為 25° 。Artex 的面弓(圖 4.12)轉移的第三參考點為病患的眉心，廠商建議以法蘭克福平面為基準平面時，咬合器使用之關節前方導引角

度設定值為 40° ；而以 Camper's line 為基準平面時，咬合器使用之關節前方導引角度設定值為 30°



圖 4.8 Whip mix 咬合器(<http://www.whipmix.com/>)



圖 4.9 Hanau面弓(<http://www.whipmix.com/>)

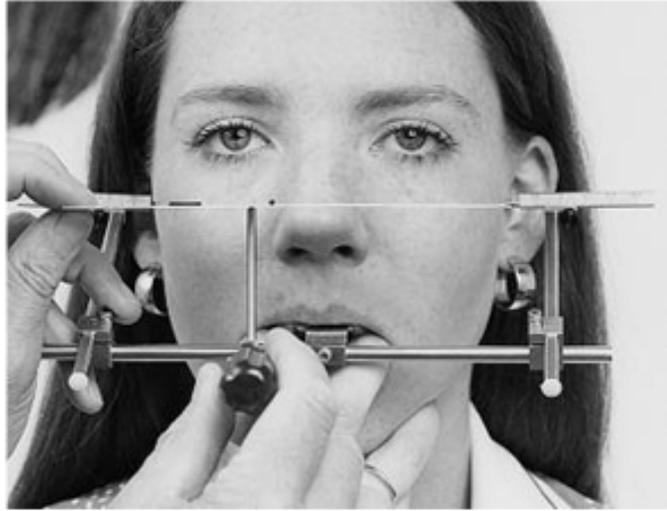


圖 4.10 Denar Mark II Facebow
(http://www.whipmix.com/Product_Files/)



圖 4.11 Denar Mark II 面弓轉移之第三參考點，為病患的右側側門牙切緣往眼眶內緣的方向算 43mm 處
(http://www.whipmix.com/Product_Files/)



圖 4.12 Artex 面弓(<http://www.jensendental.com/artex/facebow/>)

顛顎關節窩型態為埋藏於軟組織之下的立體骨結構，故很難直接用肉眼觀察活體的狀況，亦或經由全口放射線影像或是斷層影像等單一的平面影像進行立體結構之探討，故先前的研究有許多是使用頭顱骨進行關節型態的分析，隨著醫學影像的進步，電腦斷層影像讓我們可以在非侵入性的情況下，清晰的呈現骨組織的影像，讓我們得以進行顛顎關節型態的評估與探討，故可廣泛的對當代人進行研究探討。

因顛顎關節角度對於病患之全口重建之影響甚大，然而目前並無資料可供臨床參考之用，而多採用各個不同咬合器其設定之參數操作，然而此參數並不一定符合臨床之用。故本研究目的為建立一可信的科學實驗證據，以期利用此資料更準確的轉移患者關節型態，於日後應用於半調節型咬合器參考及調校之用

4-8 研究的限制

因本研究僅採用台灣人為樣本，故無法就種族的變異性進行討論，而先前的文獻皆採不同的種族進行討論，亦無從直接與各文獻間進行探討。因此將本研究結果應用於不同族群時需要格外的小心謹慎。其次，雖然本研究的樣本數已趨近於兩百人，相較於先前以頭顱骨進行研究的樣本為大，但大於七十歲與小於二十歲的族群相對較少，故樣本可能不足以代表整個台灣族群。就測量的設定而言，因為採用基準點與前、後、內、外基準點間的連線顯示顛顎關節窩的前、後、內、外角度，然顛顎關節窩為一立體曲面，因此若以此進行型態之描述時，無法觀察到顛顎關節窩曲面之曲率及深淺變化，因此需進一步探討曲面之變化，以增進對於顛顎關節窩型態之了解。此外，雖然電腦斷層掃描影像可以呈現靜態的骨組織解剖構造，但因為電腦斷層影像對於軟組織的顯像能力較差，且無法動態的解析關節骨組織影像與下顎運動之間的動態關係，故較適合進行型態學的討論。將來的研究若能加入種族的因素、咬合型態的探討、功能性的探討，或許能讓我們對於顛顎關節有更深層的了解，並釐清及確認功能與型態學間的關連性。

第五章 結論

電腦斷層掃描影像可非侵入性的重現骨組織的立體結構，故適用於骨組織的研究與測量。依據本研究利用電腦斷層影像獲得的實驗結果得知，年齡與性別兩變數對於顳顎關節窩的影響主要是影響顳顎關節窩前側壁，男性的顳顎關節窩前方角度顯著的比女性為大，且顳顎關節窩前方角度會隨著年齡的增加而增加。然左右側顳顎關節窩角度是呈現對稱的，並無統計上的顯著差異。



參考文獻

- Angel, J.L. (1948). Factors in temporomandibular joint form. *Am J Anat* 83, 223-246.
- Bilgin, T., Sulun, T., Ergin, U., Kursoglu, P., Beyli, M., and von Fraunhofer, J.A. (2000). Evaluation of the slope of the articular eminence and the transverse angle of the glenoid fossa in an Anatolian population. *Cranio* 18, 220-227.
- Bisler, A., Bockholt, U., Kordass, B., Suchan, M., and Voss, G. (2002). The virtual articulator. *Int J Comput Dent* 5, 101-106.
- Brown, T. (1968). [Physiology of the mandibular articulation]. *Rev Esp Parad* 5, 89-98.
- Cohlma, J.T., Ghosh, J., Sinha, P.K., Nanda, R.S., and Currier, G.F. (1996). Tomographic assessment of temporomandibular joints in patients with malocclusion. *Angle Orthod* 66, 27-35.
- Ercoli, C., Graser, G.N., Tallents, R.H., and Galindo, D. (1999). Face-bow record without a third point of reference: theoretical considerations and an alternative technique. *J Prosthet Dent* 82, 237-241.
- Gartner, C., and Kordass, B. (2003). The virtual articulator: development and evaluation. *Int J Comput Dent* 6, 11-24.
- Gilboa, I., Cardash, H.S., Kaffe, I., and Gross, M.D. (2008). Condylar guidance: correlation between articular morphology and panoramic radiographic images in dry human skulls. *J Prosthet Dent* 99, 477-482.
- Hsu, J.T., Chang, C.H., Huang, H.L., Zobitz, M.E., Chen, W.P., Lai, K.A., and An, K.N. (2007). The number of screws, bone quality, and friction coefficient affect acetabular cup stability. *Med Eng Phys* 29, 1089-1095.
- Ichikawa, W., and Laskin, D.M. (1989). Anatomic study of the angulation of the lateral and midpoint inclined planes of the articular eminence. *Cranio* 7, 22-26.
- Ingervall, B. (1972). Range of sagittal movement of the mandibular condyles and inclination of the condyle path in children and adults. *Acta Odontol Scand* 30, 67-87.
- Jasinevicius, T.R., Pyle, M.A., Lalumandier, J.A., Nelson, S., Kohrs, K.J., and Sawyer, D.R. (2005). The angle of the articular eminence in modern dentate African-Americans and European-Americans. *Cranio* 23, 249-256.
- Kohno, S., and Nakano, M. (1987). The measurement and development of anterior guidance. *J Prosthet Dent* 57, 620-625.
- Kordass, B., Gartner, C., Sohnel, A., Bisler, A., Voss, G., Bockholt, U., and Seipel, S. (2002). The virtual articulator in dentistry: concept and development. *Dent Clin North Am* 46, 493-506, vi.
- Meng, F., Liu, Y., Hu, K., Zhao, Y., Kong, L., and Zhou, S. (2008). A comparative study of the skeletal morphology of the temporo-mandibular joint of children and

adults. *J Postgrad Med* 54, 191-194.

Moffett, B.C., Jr., Johnson, L.C., McCabe, J.B., and Askew, H.C. (1964). Articular Remodeling in the Adult Human Temporomandibular Joint. *Am J Anat* 115, 119-141.

Nickel, J.C., Iwasaki, L.R., Walker, R.D., McLachlan, K.R., and McCall, W.D., Jr. (2003). Human masticatory muscle forces during static biting. *J Dent Res* 82, 212-217.

Nickel, J.C., McLachlan, K.R., and Smith, D.M. (1988). Eminence development of the postnatal human temporomandibular joint. *J Dent Res* 67, 896-902.

Oberg, T., Carlsson, G.E., and Fajers, C.M. (1971). The temporomandibular joint. A morphologic study on a human autopsy material. *Acta Odontol Scand* 29, 349-384.

Okeson, J.P. (2008). *Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion*, 6th Edition edn (St. Louis, Mo. :Mosby Elsevier).

Ricketts, R.M. (1950). Variations of the temporomandibular joint as revealed by cephalometric laminagraphy. *Am J Orthod* 36, 877-898.

Santos, I.C., Tavares, J.M., Mendes, J.G., and Paulo, M.P. (2009). Acquisition and analysis of 3D mandibular movement using a device based on electromagnetic sensors and a neural network. *J Med Eng Technol* 33, 437-441.

Seward, F.S. (1976). Tooth attrition and the temporomandibular joint. *angle orthod* 46, 162-170.

Weinberg, L.A. (1973). Temporomandibular joint function and its effect on centric relation. *J Prosthet Dent* 30, 176-195.

Weinberg, L.A. (1976). Temporomandibular joint function and its effect on concepts of occlusion. *J Prosthet Dent* 35, 553-566.

Weinberg, L.A. (1982). Vertical dimension: a research and clinical analysis. *J Prosthet Dent* 47, 290-302.

Wish-Baratz, S., Hershkovitz, I., Arensburg, B., Latimer, B., and Jellema, L.M. (1996). Size and location of the human temporomandibular joint. *Am J Phys Anthropol* 101, 387-400.

Wright, D.M., and Moffett, B.C., Jr. (1974). The postnatal development of the human temporomandibular joint. *Am J Anat* 141, 235-249.