



中國醫藥大學醫學研究所
臨床牙醫學組
碩士學位論文

前牙功能性反咬病人進行矯正治療過程
中下顎運動的變化

The change in mandibular movements during
orthodontic treatment for anterior functional
crossbite patients

指導教授： 余建宏 博士

研究生：林志杰

中華民國九十七年六月

中文摘要

隨著社會風氣的改變以及經濟的發展，口腔健康的維持及良好咬合關係的重要性開始被人們所認知，對於一位牙醫師的臨床治療而言，最主要的目的是維持自然齒列的健康及重建缺損牙齒，為患者提供理想的咀嚼功能，因此一個方便、合理、正確反映出個體咀嚼的測試工具對於判斷臨床治療成功與否，有其重要的價值。本研究旨在建立對於食物咀嚼效率之有效評估方法以期在面對不正咬合治療及功能評估方面能有所助益。

本研究以私立中國醫藥大學附設醫院牙醫部齒顎矯正科五位功能性前牙反咬的病人為研究對象，以固定式矯正器配合改良型超彈性鈦鎳合金線進行治療，在治療前以及治療過程中以影像的方式蒐集下顎運動以及咀嚼運動的運動軌跡，並以影像分析軟體 DigiGnatho V1.3 進行分析。

結果顯示，就成人的功能性反咬而言，利用固定式矯正器以及配合超彈性鈦鎳合金線可以在短期（4~12 週）利用反咬弓（crossbite arch）將前牙咬好改正，並且可在一年之內將治療結束。當下顎邊際運動反咬改正當下，垂直方向的位移會有減少的趨勢，但是在反咬改正後至咬合穩定後，在垂直方向以及前後的位移上會增加，但是在側方的移動上則沒有增加的趨勢。反咬改正後至咬合穩定的這段時期在

咀嚼的路徑上，只有在垂直方向上有增大的趨勢，而在水平以及前後的位移量上則無明顯的差異。反咬改正後至咬合穩定的這段時期在咀嚼的開閉口最大速率上會有明顯增加的趨勢，而且開閉口最大速度的發生位置會往下方移動；另外咀嚼的平均速度亦是會增加的。

總結即是在咬合的型態改正之後，會立即性地影響咀嚼的功能，所評估眾多參數當中，最明顯的就是咀嚼的速度會明顯增加。

關鍵詞：下顎運動、咀嚼、前牙反咬



Abstract

Introduction

With the change of the society common practice and the development of the economy, the importance of maintaining oral hygiene and achieving a fine occlusal relationship are perceived by public. For the clinical treatment of the dentist, to maintain the health of the natural dentition, to reconstruct the deficient teeth and to provide normal chewing function are the goal. A testing tool which could be reflected the individual chewing function conveniently, correctly in the judgment of the clinical treatment is important. The goal of this research is to establish an efficient method in chewing food evaluation and hope to get some help in the treatment of malocclusion and functional assessment.

Materials and methods

Five volunteers, who struggled with functional anterior crossbite and they were treated with edgewise appliance and Improved super-elastic Ti-Ni arch wire in the Orthodontic Department of China Medical University Hospital. We collected the digital images at the different period of treatment and measured the trajectory of the mandibular border movement and chewing movement with DigiGnatho V1.3. For all the patients, the anterior functional crossbite were corrected around 12 weeks, and the whole treatment duration was finished within 1 years.

Results

The vertical distance of the mandibular border movement was

decreased when the anterior functional crossbite were corrected. The vertical and anterior-posterior displacements were increased from the bite-corrected to the stable occlusion was establishes. However for the horizontal direction, there was no significant different in the displacement among different steps of the treatment.

The trajectory of the chewing movement was wider in the vertical direction, but no significant difference in horizontal and anterior-posterior direction during the bite-corrected to the stable occlusion established.

The maximum velocity of the mouth opening and closing while chewing was increased significantly, the maximum velocity position was displaced inferiorly, and the average velocity was also increased during the bite-corrected to the stable occlusion established.

Conclusion

After the treatment of functional anterior crossbite, the chewing function was changed immediately, and the obvious outcome was shown in the increase of the chewing velocity.

Key words : mandibular movement 、 chewing 、 anterior crossbite

誌謝

本文之完成要感謝多人的從旁協助以及鼓勵、支持。首先特別感謝指導教授余建宏老師這兩年來，對學生不管在學術研究、臨床技術及待人接物上的諸多教導及提攜，讓學生受益良多，僅在此致上最誠摯的敬意與謝意。

然而成就一篇論文所要感謝的人，還有許多陪伴我一路走來的人們，這一路上有甘有苦，是大家陪我一起度過，有你們的支持與鼓勵，使得研究論文得以順利且如期完成。這些人包括有：已經畢業但是仍然關心我的嘉隆、意嘉、景文、明克和修如，中國醫藥大學附設醫院齒顎矯正科同仁好友芳如、麗君學姊、怡妏、琬真、梨文、馨文、佳陞、冠綾、枕緯、長陽、柏翰、亭延，特別是枕緯，謝謝你幫我取得很重要的研究資料，如果沒有你們，這個研究無法完成；還有牙醫系上對待我亦師亦友的恆立、瑞廷老師，謝謝你們在我遇到難題以及沮喪的時候給我的支持；還有感謝生統中心的郁芬老師和顯財。

最後更要感謝我的父母多年來的栽培與鼓勵，以及這麼多年來曾經在心靈上與物質上給予我幫助的親友與同學們，使得我對人生的意義有更深一層的體認與瞭解。僅以本文獻給所有關心我與我關心的人。

目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	III
誌謝.....	V
目錄.....	VI
表目錄.....	X
圖目錄.....	XI
第一章 研究背景.....	1
第二章 文獻回顧.....	3
2-1 咀嚼系統.....	3
2-1-1 咀嚼系統的解剖結構.....	3
2-1-2 咀嚼行為.....	9
2-1-3 影響咀嚼功能表現的內在因子.....	14
2-1-4 影響咀嚼功能表現的外在因子.....	16
2-2 下顎運動.....	17
2-2-1 下顎邊際運動的矢狀面.....	19
2-2-2 下顎邊際運動的水平面.....	21
2-2-3 下顎邊際運動的前額面.....	22

2-3	下顎運動的觀察與量測.....	24
2-3-1	古典式的下顎運動紀錄.....	24
2-3-2	電子式的下顎運動記錄.....	27
2-3-3	磁感應式的下顎運動記錄.....	29
2-3-4	光電子式的下顎運動記錄.....	32
2-4	不正咬合-前方反咬 (anterior crossbite).....	36
2-4-1	前方反咬的分類、病因及影響.....	37
2-4-2	前牙反咬的治療.....	40
2-5	研究目的.....	44
第三章	材料與方法.....	45
3-1	實驗流程圖.....	45
3-2	實驗材料.....	46
3-2-1	受試者.....	46
3-2-2	咀嚼測試食物.....	50
3-2-3	前牙反咬的治療方式.....	51
3-3	實驗前置作業.....	55
3-3-1	實驗儀器介紹.....	55
3-3-2	下顎運動追蹤的追蹤點標定.....	56
3-3-3	前導試驗.....	58

3-3-4 辯證試驗.....	62
3-4 實驗步驟.....	64
3-5 實驗資料分析.....	66
3-5-1 下顎邊際運動的運動分析.....	66
3-5-2 咀嚼循環運動的運動分析.....	67
3-6 統計方法.....	69
第四章 結果.....	70
4-1 辯證試驗.....	70
4-2 進行邊際運動時下顎運動軌跡的測量及分析結果.....	71
4-2-1 矢狀面的邊際運動軌跡測量及分析結果.....	71
4-2-2 前額面的邊際運動軌跡測量及分析結果.....	77
4-3 進行咀嚼運動時下顎運動軌跡的測量及分析.....	82
4-3-1 矢狀面的咀嚼運動軌跡測量及分析結果.....	82
4-3-2 前額面的咀嚼運動軌跡測量及分析結果.....	87
4-3-3 前額面的咀嚼運動最大速度測量及分析結果.....	92
4-3-4 前額面的咀嚼最大速度發生位置的測量及分析結果.....	97
4-3-5 前額面的咀嚼運動平均速度測量及分析結果.....	102
4-3-6 咀嚼運動的平均時間測量及分析結果.....	105
第五章 討論.....	108

5-1 治療方式之討論.....	108
5-1-1 使用改良型超彈性鈦鎳合金線的治療概念.....	108
5-1-2 避免改正反咬過程中的干擾.....	111
5-2 下顎邊際運動實驗結果之討論.....	113
5-2-1 下顎邊際運動前額面觀的結果討論.....	113
5-2-2 下顎邊際運動矢狀面觀的結果討論.....	116
5-3 下顎咀嚼運動實驗結果之討論.....	118
5-3-1 下顎咀嚼路徑前額面觀的結果討論.....	119
5-3-2 下顎咀嚼路徑矢狀面觀的結果討論.....	121
5-3-3 下顎咀嚼速率與時間的結果討論.....	122
5-4 測試食物評估治療之討論.....	126
5-4-1 在咀嚼食物種類的探討.....	126
5-4-2 軟食與硬食對於咀嚼的影響.....	128
5-5 實驗檢討及其限制.....	130
第六章 結論.....	135
第七章 未來的展望.....	136
參考文獻.....	137
作者簡歷.....	145

表目錄

表 3-1 受試者年齡資料表.....	47
表 3-2 受試者治療前 cephalometric analysis 數值.....	47
表 3-3 受試者治療後 cephalometric analysis 數值.....	48
表 3-4 咀嚼測試食物-口香糖之規格.....	50
表 3-5 NIKON COOLPIXL 5000 規格表.....	56
表 3-6 Panasonic DMC-FX01 規格表.....	61
表 4-1 JSV H1000 移動距離測試之結果.....	70
表 4-2 比例尺輸入之測試結果.....	70
表 4-3 矢狀面觀下顎邊際運動分析結果.....	76
表 4-4 前額面觀下顎邊際運動分析結果.....	81
表 4-5 矢狀面觀下顎咀嚼路徑分析結果.....	86
表 4-6 前額面觀下顎咀嚼路徑分析結果.....	91
表 4-7 前額面觀最大開閉口速度分析結果.....	96
表 4-8 前額面觀最大速度發生位置分析結果.....	101
表 4-9 前額面觀平均速度分析結果.....	104
表 4-10 前額面觀平均時間分析結果.....	107

圖目錄

圖 2-1 閉口時下顎髁、顛骨關節窩與關節盤的關係.....	4
圖 2-2 開口時下顎髁、顛骨關節窩與關節盤的關係.....	4
圖 2-3 下顎骨與髁的解剖結構.....	5
圖 2-4 下顎髁的解剖結構.....	5
圖 2-5 顛顎關節的主要韌帶與關節囊的結構.....	6
圖 2-6 顛顎關節的副韌帶結構.....	6
圖 2-7 咀嚼肌群.....	7
圖 2-8 舌骨上肌群、舌骨下肌群.....	7
圖 2-9 肌伸張反射示意圖.....	10
圖 2-10 顎開口反射示意.....	11
圖 2-11 中樞模式發生器控制咀嚼示意圖.....	12
圖 2-12 正面觀呈現淚滴型的咀嚼模式.....	13
圖 2-13 下顎運動在三度空間六自由度示意圖.....	18
圖 2-14 矢狀面的下顎運動模式圖.....	19
圖 2-15 水平面的下顎運動模式圖.....	21
圖 2-16 前額面的下顎運動模式圖.....	22
圖 2-17 咀嚼各式食物的咀嚼運動.....	23
圖 2-18 Walker 利用機械式的方式紀錄下顎運動.....	24

圖 2-19 哥德式弧形描軌圖(Gothic arch tracing)	25
圖 2-20 德式弧形描軌圖(Gothic arch tracing)	25
圖 2-21 電子測量裝置 Case Gnathic Replicator	28
圖 2-22 Jankelson 發展出的改良型 K-5R	29
圖 2-23 K-7 的 X 型磁區感應器	30
圖 2-24 口內的感應磁鐵	30
圖 2-25 Palla 研發的 Jaw-3D 下顎運動記錄系統	33
圖 2-26 Naeije 研發的 OKAS-3D 系統	33
圖 2-27 安格式一級正常咬合	36
圖 2-28 前牙反咬	36
圖 2-29 A. 齒性反咬 B. 骨性反咬 C1、C2. 功能性反咬	37
圖 2-30 前牙反咬的病人呈現下顎前突的臉型	39
圖 2-31 可撤式裝置	41
圖 2-32 前牙反咬牙弓裝置	42
圖 3-1 實驗流程圖	45
圖 3-2 受試者治療前正中咬合位置正面觀	46
圖 3-3 木糖醇+2 無糖口香糖-蘋果薄荷	50
圖 3-4 Shimadzu 電子微量天平	51
圖 3-5 Super-Bond C&B 商品	52

圖 3-6 L&H TITAN Nickel Titanium wire.....	53
圖 3-7 治療過程.....	54
圖 3-8 NIKON COOLPIXL 5000	56
圖 3-9 標記點的樹脂球之圖示.....	57
圖 3-10 下顎運動追蹤標定物裝置之圖示.....	57
圖 3-11 前導試驗之記錄狀況.....	58
圖 3-12 影像紀錄背景改為純白背景.....	60
圖 3-13 上顎標記點為綠色，下顎標記點藍色.....	60
圖 3-14 Panasonic DMC-FX01.....	62
圖 3-15 以 JSV H1000 立式自動測試台進行辯證試驗.....	63
圖 3-16 下顎運動追蹤分析軟體:DigiGnatho V1.3.....	65
圖 4-1 矢狀面觀最大開口運動的垂直距離變化.....	72
圖 4-2 矢狀面觀最大開口運動的前後距離變化.....	72
圖 4-3 矢狀面觀最大前突運動的垂直距離變化.....	73
圖 4-4 矢狀面觀最大前突運動的前後距離變化.....	73
圖 4-5 矢狀面觀最大左方側方運動的垂直距離變化.....	74
圖 4-6 矢狀面觀最大左方側方運動的前後距離變化.....	74
圖 4-7 矢狀面觀最大右方側方運動的垂直距離變化.....	75
圖 4-8 矢狀面觀最大右方側方運動的前後距離變化.....	75

圖 4-9 前額面觀最大開口運動的垂直距離變化.....	77
圖 4-10 前額面觀最大開口運動的水平距離變化.....	77
圖 4-11 前額面觀最大前突運動的垂直距離變化.....	78
圖 4-12 前額面觀最大前突運動的水平距離變化.....	78
圖 4-13 前額面觀最大左方側方運動的垂直距離變化.....	79
圖 4-14 前額面觀最大左方側方運動的水平距離變化.....	79
圖 4-15 前額面觀最大右方側方運動的垂直距離變化.....	80
圖 4-16 前額面觀最大右方側方運動的水平距離變化.....	80
圖 4-17 矢狀面觀自由咀嚼硬的口香糖垂直距離變化.....	82
圖 4-18 矢狀面觀自由咀嚼硬的口香糖水平距離變化.....	82
圖 4-19 矢狀面觀自由咀嚼軟的口香糖垂直距離變化.....	83
圖 4-20 矢狀面觀自由咀嚼軟的口香糖水平距離變化.....	83
圖 4-21 矢狀面觀左側咀嚼軟的口香糖垂直距離變化.....	84
圖 4-22 矢狀面觀左側咀嚼軟的口香糖水平距離變化.....	84
圖 4-23 矢狀面觀右側咀嚼軟的口香糖垂直距離變化.....	85
圖 4-24 矢狀面觀右側咀嚼軟的口香糖水平距離變化.....	85
圖 4-25 前額面觀自由咀嚼硬的口香糖垂直距離變化.....	87
圖 4-26 前額面觀自由咀嚼硬的口香糖水平距離變化.....	87
圖 4-27 前額面觀自由咀嚼軟的口香糖垂直距離變化.....	88

圖 4-28	前額面觀自由咀嚼軟的口香糖水平距離變化.....	88
圖 4-29	前額面觀左側咀嚼軟的口香糖垂直距離變化.....	89
圖 4-30	前額面觀左側咀嚼軟的口香糖水平距離變化.....	89
圖 4-31	前額面觀右側咀嚼軟的口香糖垂直距離變化.....	90
圖 4-32	前額面觀右側咀嚼軟的口香糖水平距離變化.....	90
圖 4-33	前額面觀自由咀嚼硬的口香最大開口速度變化.....	92
圖 4-34	前額面觀自由咀嚼硬的口香最大閉口速度變化.....	92
圖 4-35	前額面觀自由咀嚼軟的口香最大開口速度變化.....	93
圖 4-36	前額面觀自由咀嚼軟的口香最大閉口速度變化.....	93
圖 4-37	前額面觀左側咀嚼軟的口香最大開口速度變化.....	94
圖 4-38	前額面觀左側咀嚼軟的口香最大閉口速度變化.....	94
圖 4-39	前額面觀右側咀嚼軟的口香最大開口速度變化.....	95
圖 4-40	前額面觀右側咀嚼軟的口香最大閉口速度變化.....	95
圖 4-41	前額面觀自由咀嚼硬的口香最大開口速度發生位置變化..	97
圖 4-42	前額面觀自由咀嚼硬的口香最大閉口速度發生位置變化..	97
圖 4-43	前額面觀自由咀嚼軟的口香最大開口速度發生位置變化..	98
圖 4-44	前額面觀自由咀嚼軟的口香最大閉口速度發生位置變化..	98
圖 4-45	前額面觀左側咀嚼軟的口香最大開口速度發生位置變化..	99
圖 4-46	前額面觀左側咀嚼軟的口香最大閉口速度發生位置變化..	99

圖 4-47 前額面觀右側咀嚼軟的口香最大開口速度發生位置變化.	100
圖 4-48 前額面觀右側咀嚼軟的口香最大閉口速度發生位置變化.	100
圖 4-49 前額面觀自由咀嚼硬的口香糖平均速度變化.....	102
圖 4-50 前額面觀自由咀嚼軟的口香糖平均速度變化.....	102
圖 4-51 前額面觀左側咀嚼軟的口香糖平均速度變化.....	103
圖 4-52 前額面觀右側咀嚼軟的口香糖平均速度變化.....	103
圖 4-53 前額面觀自由咀嚼硬的口香糖平均時間變化.....	105
圖 4-54 前額面觀自由咀嚼軟的口香糖平均時間變化.....	105
圖 4-55 前額面觀左側咀嚼軟的口香糖平均時間變化.....	106
圖 4-56 前額面觀右側咀嚼軟的口香糖平均時間變化.....	106
圖 5-1 ISW 暨各種矯正線負載與形變關係圖.....	109
圖 5-2 治療前後往左側邊際運動的路徑示意圖.....	115
圖 5-3 治療前後前突運動的路徑示意圖.....	117
圖 5-4 前額面觀正常的咀嚼路徑型態.....	119
圖 5-5 咀嚼速度與距離分佈圖.....	122
圖 5-6 Vicon 512 標記點置於皮膚之上.....	131
圖 5-7 MKG 與本研究中標記之比較.....	132
圖 5-8 由前額面及矢狀面觀測連接桿壓迫嘴唇之狀況.....	133

第一章 研究背景

隨著社會風氣的改變以及經濟的發展，現代人對牙科的需求已不再僅局限於拔牙、齲齒填補、鑲復…等基本治療；口腔健康的維持及良好咬合關係的重要性開始被人們所認知，因此人們開始瞭解到齒列不整及咬合不正所帶來的影響與傷害，例如：齲齒、牙周病、顫顎關節病變…等。除此之外，大家越來越注意自己顏面美觀的問題，希望讓自己更美麗，一般都認為面容姣好可以增加自身的自信心，甚至對於職場上競爭力也是不可或缺的重要影響因素，畢竟在人際關係中，容貌是最直接，也最容易讓人留下第一印象的。因此，現代人為了自身的健康以及美觀，對於齒顎矯正治療的接受度越來越大。

對於一位牙醫師的臨床治療而言，最主要的目的是維持自然齒列的健康及重建缺損牙齒，為患者提供理想的咀嚼功能（masticatory function）；特別是對於齒顎矯正醫師來說，為患者進行不正咬合的治療之外，還要為其顏面及齒列的美觀著想，提供良好的咀嚼功能。因此瞭解型態與功能間的關係是邁向治療成功的關鍵。

型態的評估是靜態的，從影像的資料及模型分析可以得到許多資訊。但功能的評估是動態的，較難評估，所以一個方便、合理、正確反映出個體咀嚼的測試工具對於判斷臨床治療成功與否，有其重要的價值。

所謂客觀的咀嚼效率測試指的是使用食物，評估個體在一定的時間內或以一定的咀嚼次數將食物粉碎的能力¹，也有許多學者致力於研究人類的咀嚼運動，觀察正常個體及不正咬合的咀嚼運動及其相關性^{2,3,4}，藉此瞭解影響咀嚼運動與效率的因素。Jankelson在1975年提出以下顎運動軌跡記錄器觀察下顎動態運動時，如咀嚼、吞嚥、說話時的下顎位移狀況及速度變化來評估咀嚼系統的功能⁵，之後被大多數研究咀嚼系統功能的學者所採用。

有些學者認為下顎的咀嚼運動與牙齒的咬合型態有關⁶，另外在探討咀嚼運動與咀嚼效率時，牙齒的咬合型態對於咀嚼的運動與速率等相關咀嚼模式的影響也需要更進一步釐清。

本研究旨在建立對於食物咀嚼效率之有效評估方法，並藉此探討前牙功能性反咬之恆牙齒列在矯正治療前後的下顎運動、咀嚼運動、咀嚼效率及齒列型態之間的關係，以期在面對不正咬合治療及功能評估方面能有所助益。

第二章 文獻回顧

2-1 咀嚼系統

咀嚼系統是一個生理功能性的複雜系統，包括牙齒、牙齒周圍的支持性構造、上下顎骨、顛顎關節、附著於下顎的肌肉與覆蓋其上的軟組織、以及這些組織的血管與神經系統。造成咀嚼的肌肉經由神經系統的衝動產生功來引導以進行此一系統的功能性活動，如說話、吞嚥、咀嚼等⁷。在咀嚼系統中發生結構、型態、功能的問題時，將會被反射並在咀嚼系統中的另一部份呈現功能或結構性方面的問題；例如當顛顎關節疼痛時可能會限制下顎運動的範圍。

2-1-1 咀嚼系統的解剖結構

顛顎關節的解剖結構及功能：人類的顛顎關節是一個複雜關節，是一個具備有樞紐磨動(ginglymoarthrodial)及可動(diathrosis)的關節；當兩邊的顛顎關節產生移動及轉動時，需要將訊息傳入中樞神經系統 (central nervous system) 加以整合，這也是顛顎關節與其他關節不同的地方。就解剖結構而言 (如圖2-1與圖2-2)⁸，下顎髁 (the condyle of the mandible) 和顛骨關節窩 (the glenoid fossa of the temporal bone) 之間有一個關節盤 (articular disc)；顛骨的關節面在前方是突型的關節隆凸 (articular eminence)，後

方是呈現凹狀的關節窩。

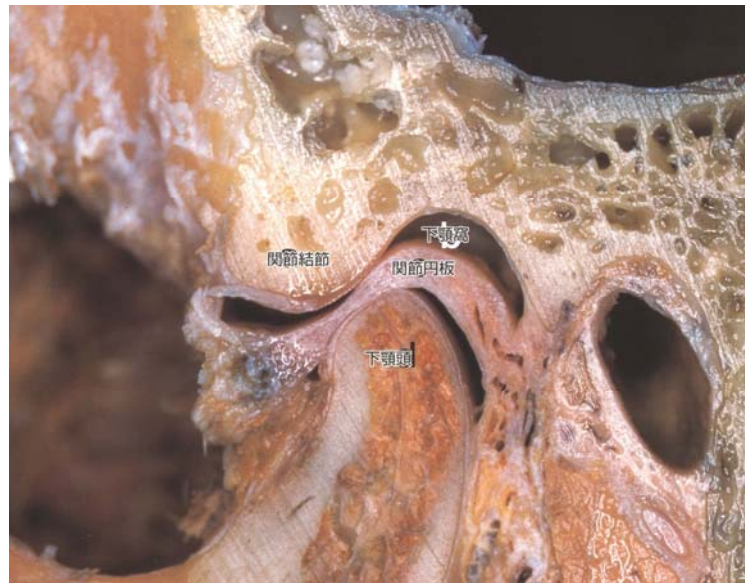


圖 2-1：閉口時下顎髁、顳骨關節窩與關節盤的關係



圖 2-2：開口時下顎髁、顳骨關節窩與關節盤的關係

成年人的髁頭 (capitulum mandibulae) 形狀近似桶型，內外徑約 20 mm，前後徑約 10 mm，但在個體間的差異性很大，通常是緻密的皮質骨所組成，如圖 2-3 與圖 2-4。

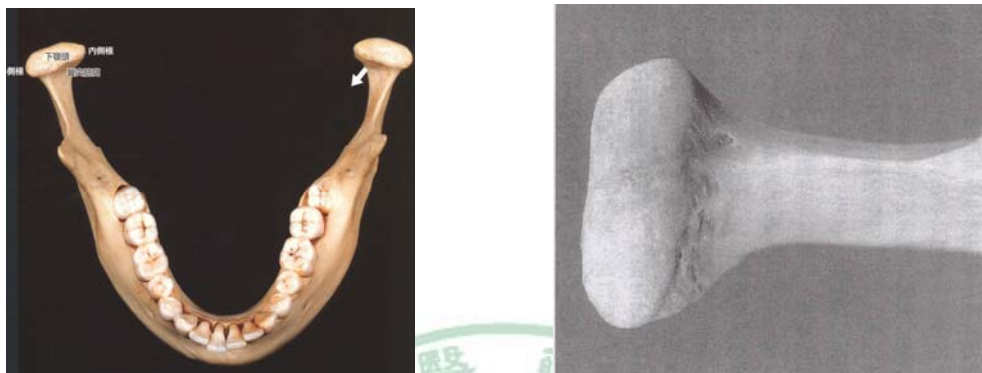


圖 2-3⁸, 2-4⁷: 下頤髁的解剖結構

關節被韌帶包圍成一個囊狀，此囊附連在髁頸部並且環繞顳骨關節面的邊緣，在前外部分增厚為顳顎韌帶 (temporomandibular ligament) 為顳顎關節的主要韌帶，如圖 2-5。而副韌帶包括蝶顎韌帶 (sphenomandibular ligament) 及莖突下顎韌帶 (stylomandibular ligament)；蝶顎韌帶從蝶骨的角棘與岩鼓裂 (petrotympanic fissure) 延伸到下顎骨的小舌 (lingula)，而莖突下顎韌帶從莖突往下往前延伸到下顎骨角的內側方，如圖 2-6；韌帶在解剖結構上的意義是在當下顎進行運動時可能會限制其邊際運動⁹。



圖 2-5：顳顎關節的主要韌帶與關節囊的結構⁸



圖 2-6：顳顎關節的副韌帶結構⁷

與下顎運動相關的肌肉：開口與閉口肌的協調動作支配了下顎的運動，而與下顎運動相關的肌肉大致可分為三個族群，分別為咀嚼肌群（如圖2-7）、舌骨上肌群、舌骨下肌群(如圖2-8)，其中讓下顎骨下壓的肌肉是外翼肌及二腹肌前腹，讓下顎骨上舉的肌肉為咬肌、內翼肌、顳肌前中腹，使下顎骨前進的肌肉是外翼肌，後退的是顳肌後腹，往側方移動的是單側的外翼肌。

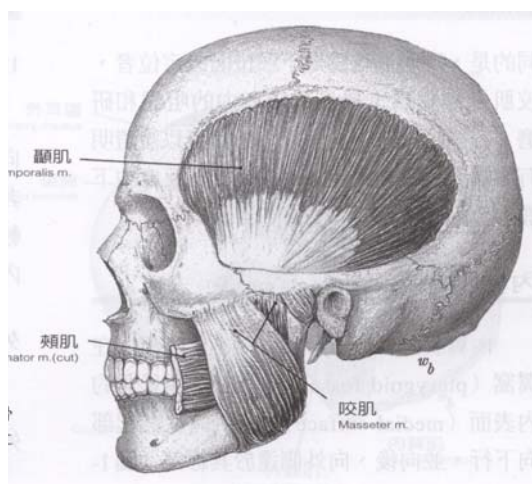


圖 2-7：咀嚼肌群⁷

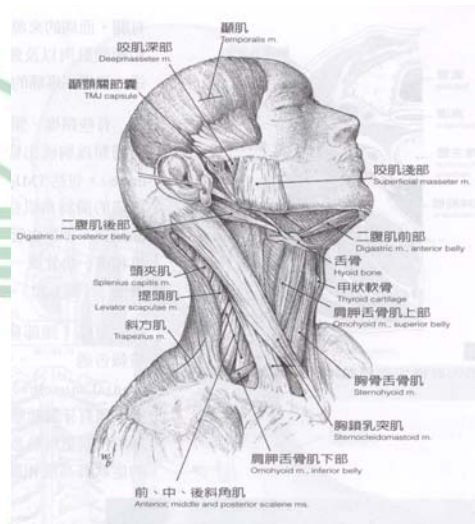


圖 2-8：舌骨上肌群、舌骨下肌群⁷

然而在討論咀嚼運動時只討論附著於下顎骨的肌肉是不夠的，凡是與頭頸部功能、下顎穩定度、及保護反射有關的肌肉都是有相關的，因此舉凡頭頸部的肌群在咀嚼運動當中都會有直接或間接的影響。除此之外，咀嚼肌群的功能也會對於顱顏骨的發育有著密切的關係；根據研究，肌肉對骨骼生長的影响可分為影响骨骼的血液供給與

力量兩方面¹⁰，除了肌肉的血管亦為供應骨骼系統的主要血液營養來源外，間接的，因為肌肉收縮運動時所產生的體積與壓力變化，也會改變骨骼的血流供應，影響其新陳代謝；肌肉藉由韌帶附著於骨頭的骨膜上，肌肉收縮所產生的張力亦會傳導到骨骼，所以其收縮所產生的效應會包括肌肉附著點的局部作用與整個骨骼受力改變的全面性影響¹¹。

支配咀嚼系統的神經：頭頸部的神經支配主要是四條腦神經及三條頸部脊神經來負責；四條腦神經分別是第五對的三叉神經（trigeminal nerve）、第七對顏面神經（facial nerve）、第九對舌咽神經（glossopharyngeal nerve）、第十對迷走神經（vagus nerve）。而脊神經的部分則是第二、三、四對脊神經來負責⁷。

2-1-2 咀嚼行為

咀嚼是口顎系統的主要功能之一，咀嚼最主要的目的是將食物切斷，研磨，並藉由舌頭及頰部進行選擇，置放和運送食糰(bolus)，經與唾液充分混合潤濕後，達到適合吞嚥的型態，再進行吞嚥以獲取營養物質¹²。

咀嚼肌在整個咀嚼行為中扮演一個重要的角色，由肌肉運動可以看出一個共同點，就是和咬合接觸的關係以及肌肉骨頭的型態有關¹³。從靜止的咬合位置開始，此時下顎運動在咀嚼週期中停止194ms，接著肌肉運動開始於同側的外翼肌的下頭，緊接著是對側外翼肌的下頭，之後二腹肌變得活躍直至張口最大¹⁴。在閉口的初期，外翼肌的下頭停止運動，並且由對側的內翼肌開始動作，然後在咬頭嵌合位(intercuspal phase)停止動作¹⁵；而運動漸增的肌肉為顳肌的前、後部及深層及淺層的咬肌，約在達到咬頭嵌合位的前20~30 ms達到顛峰。

在咀嚼的動作中，除卻單純的肌肉運動之外，更為複雜的是神經生理學對於反射及肌肉的控制。口腔並不只是一個單純的運動器官，也是一個感覺接收系統，這些接收器包括本體感受器(proprioceptors)，位於深層組織的感覺接收器，會傳遞內部運動活性的事件，如肌梭(muscle spindles)、高爾肌腱器(Golgi tendon

organs) 以及牙周機械感覺受器 (periodontal mechanoreceptors); 肌梭對於肌肉的長度敏感，高爾基腱器則是對於肌肉的張力敏感，而牙周機械感覺受器能夠對施予牙齒上的力量做出反應。而這些受器最終則是與咀嚼運動中的顎開口反射 (jaw-opening reflex) 及肌伸張反射 (myotatic reflex) 有關¹⁶。

咀嚼運動是一個複雜的下顎開閉動作的組合，在討論咀嚼的運動控制之前瞭解開閉顎的反射是必要的；肌伸張反射是閉口肌的姿勢性或抗重力反射，可以幫助下顎維持相對於上顎的位置，亦可維持下顎的姿勢穩定；當閉口肌伸張的時候，會活化肌梭的向心纖維，經由與三叉神經的運動神經核的運動神經元連結的單突觸傳遞回饋至閉口肌，如圖2-9所示。

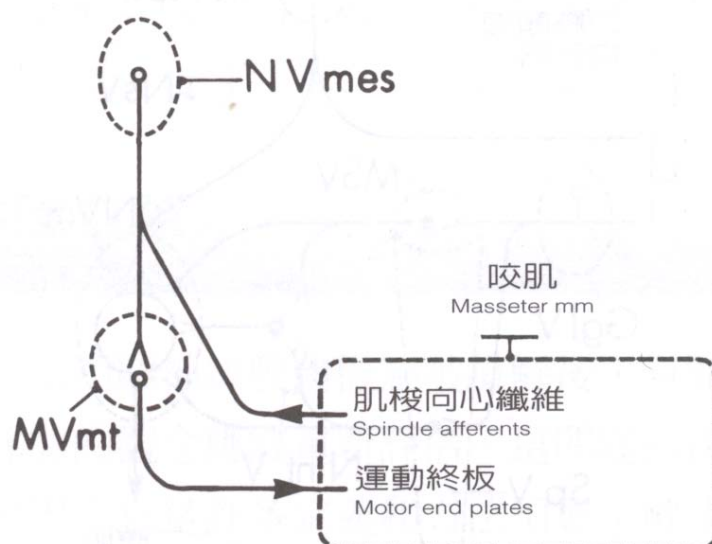


圖 2-9：肌伸張反射示意圖⁷

顎開口反射被認為用來防止軟組織和嘴唇在閉口時被咬到，也可以防止牙齒遭遇硬物時因為過大的咬力受創；感受機械覺向心纖維的細胞小體位於三叉神經節（GgIV）與三叉神經的中腦核（NVmes）上；三叉神經節向心纖維分別投射在主要感覺核（MSV）的中間神經元及第五脊髓核（SpV）的二次神經元，後再直接及間接透過中間神經元與開口肌的運動神經元突觸接觸；另一投射到三叉神經的中腦核後，在上三叉區域（NsV）與三叉神經運動神經核接觸再回饋到開口肌上，如圖2-10所示。

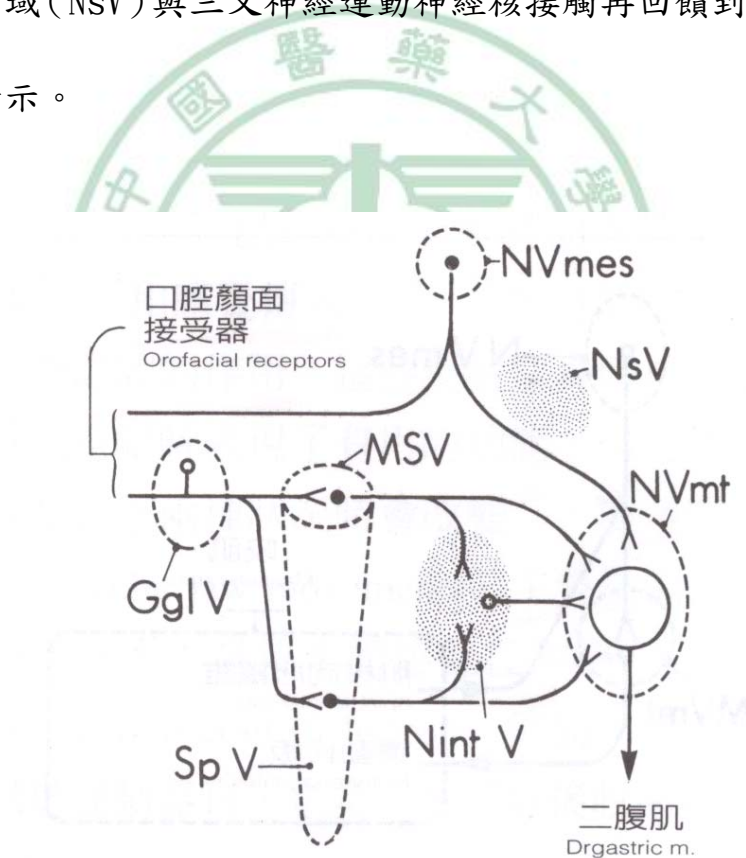


圖 2-10：顎開口反射示意圖⁷

單純的開顎及閉顎反射在兩種不同的情況下能適應並執行有效的功能，但是在一個連續的下顎咀嚼運動當中不能連續表現相同的方式，因此有更複雜的控制機制是必要的；一般認為咀嚼行為是透過中樞模式發生器(Central Pattern Generator)的控制，其包含位於腦幹的 Nucleus Gigantocellularis Reticularis 中的 Rhythm Generator，以及位於 Trigeminal Motor Nuclei 的 Burst Generator¹⁷，其控制及傳導路徑如圖2-11所示；另外咀嚼是一種目標導向性(goal-oriented)的行為¹⁸，除了中樞設定程式進行咀嚼運動，並在活動進行中適應環境的需求，透過中樞神經與周邊神經如肌梭、牙周膜、顎關節、口腔黏膜及牙髓腔內的接受器進入中腦核(midbrain circuitry) 進行修飾¹⁹。另外還加上舌頭及顏面的運動，此協調運動亦經由相同的發生器²⁰。

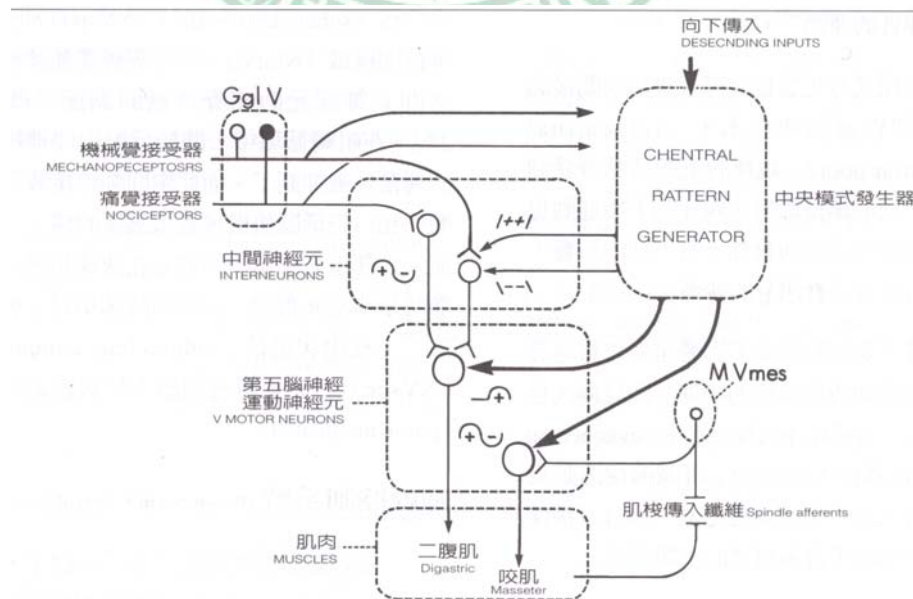


圖 2-11：中樞模式發生器控制咀嚼示意圖⁷

一般認為具有正常咬合的個體最常見的咀嚼模式（chewing pattern），從正面觀（frontal plane）來看是呈現淚珠形（teardrop-shaped）如圖2-12；然而即使是正常的個體，由於咀嚼過程中，需要經常進行調整，在淚珠型咀嚼模式之間也常出現一些不規則的咀嚼型態。對於每一個咀嚼週期而言，閉口路徑的一致性會比開口路徑的一致性就功能而言會來得較佳，因此有學者推測閉口時接近咬合位置的角度一致性有利於咀嚼效率²¹。

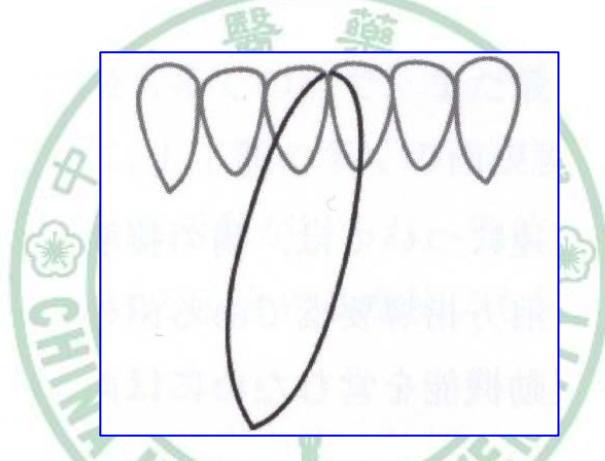


圖 2-12：正面觀呈現淚滴型的咀嚼模式

除此之外，就咀嚼循環的速率而言，一般人自然的咀嚼速率（voluntarily determined rates）平均為每秒1.25次(1.25 Hz)，不同個體其自然咀嚼速率也不一樣，學者在實驗中加快受試者的咀嚼速率，最快可達每秒6下(6 Hz)。當個體欲加速咀嚼速度時，會藉由加快開口速度與減短咬合期（occlusal phase）而達成，同時下顎的運動範圍會縮小²²。

2-1-3 影響咀嚼功能表現的內在因子

咀嚼是幫助個體消化食物的重要過程。個體的咀嚼功能不良時，常在進食的過程中會吞嚥較大塊的食糰或避免吃某些食物²³，這樣的結果可能導致腸胃的不適或造成營養的缺失。

影響咀嚼功能的因子在生理上可分為兩部分：一是頭頸部的解剖組織，包括牙齒，骨骼，肌肉，顛顎關節及韌帶等。二是神經系統的協調運用的能力，其整合來自周邊的感覺與中樞模式發生器的規律性咀嚼運動；頭頸部的解剖組織之中，個體齒列狀況的好壞對於咀嚼功能最具直接的影響力，影響咀嚼功能好壞的因子中最重要的是牙齒，其中包括以下幾點²⁴：

- (1) 牙齒數目的多寡：Calsson在1984年的研究顯示，牙齒數目大於二十顆的個體超過百分之九十都認為擁有良好的咀嚼功能²⁵。
- (2) 牙齒的咬合狀態：不理想的咬合關係，包括：牙齒發育不良 (multiple aplasia)、前牙開咬 (open bite) 或深咬 (deep bite)、嚴重的牙齒錯咬 (crossbite)、牙齒擁擠或分散 (crowding or spacing) 等等會造成咀嚼功能障礙²⁶。
- (3) 牙齒本身型態的完整：缺乏後牙支持的齒列其咀嚼運動型態會變的不規則，然而使用活動義齒重建後牙之後，咀嚼運動型態獲得改善，咀嚼時的下顎運動範圍會減少範圍至規律的型態；

不過一旦活動義齒的固持力下降，患者的垂直及側向運動量會跟著下降²⁷。

(4) 牙齒接觸面積：而咬合接觸面積越大則在咀嚼較軟的食物時有較理想的咀嚼效率²⁸。

另外在解剖結構來說，最直接影響到咀嚼運動的就是顛顎關節，具顛顎關節障礙患者的下顎運動在範圍、閉口速度、咬力都會下降，咀嚼週期時間也會變長²⁹。

除了解剖構造因素外，性別和年齡也會影響咀嚼時下顎運動週期的型態。就性別而言，男性咀嚼運動的垂直位移量會比女性來得大，速度也比女性快³⁰。但就年齡而言，老年人的閉口速度較慢，垂直張口量較小；小孩與成人的咀嚼週期型態並不一樣³¹；但是在1980年的一位學者Feldman認為，當年齡增長時，通常會伴隨著牙齒的缺失，導致咀嚼功能下降，但如果除去牙齒數目這項因子時，年齡本身對咀嚼功能的影響是不顯著的³²。

2-1-4 影響咀嚼功能表現的外在因子

就外在因素來討論，咀嚼運動受到食物的種類、大小、軟硬程度所影響。食物的體積大，下顎運動的垂直位移也大。咀嚼硬食時，下顎會有較大的側向偏移；食物越硬，下顎運動範圍會越大，下顎運動的閉口角度也越大；由這些研究顯示，食物的外部特徵（即形狀、大小或體積）會影響咀嚼運動的垂直位移量。食物本身的物理性質（即硬度或彈性係數）提供下顎運動過程中的感覺回饋，影響咀嚼週期閉口的型態³³。

在咀嚼速度方面並沒有一個定論；Takada在1994年發現咀嚼硬食的時候閉口速度變慢，另外他也同時發現多數人咀嚼硬食需要花更多時間才能準備好吞嚥³⁴，但Anderson在2002年的研究確認為咀嚼硬食速度反而會變快³⁵，除此之外也有研究發現少數個體不論食物的硬度，只要咀嚼到某個特定次數就準備要吞嚥了³⁶。

除此之外，牙醫師對於自然齒列的型態調整，也能影響咀嚼模式，Ogawa曾經改變病人的犬齒導引，結果發現咬合調整會馬上使得的咀嚼運動改變，包括咀嚼速度減慢、咀嚼閉口路徑的側向位移增加、進入咬合位置的路徑變陡、開口路徑變的比較不穩定；但經過一段時間適應後，個體的咀嚼速度恢復為咬合調整前的速度，閉口路徑變得較窄，因此認定人類對於咬合型態的改變是能適應的³⁷。

2-2 下顎運動

運動學 (kinesiology) 是基於解剖學、生理學及機械學用以描述身體某部分活動的一門學問，所以下顎運動是用以描述上下顎間運動關係。在1952-1957 Posselt定義了著名的下顎邊界運動(border movement)。他主張在人類下顎邊界運動範圍中，包括後縮接觸位置(retruded contact position)、休息位置(rest position)和齒尖咬合位置(intercuspal position)以及在矢狀投影平面(sagittal plane)上之軌跡具備一定之特殊型式，但個別之差異也多。開口運動若超過約25 mm時就會由旋轉運動轉變成位移運動。並提出髁關節頭位於最後最上位置時，下顎旋轉運動之旋轉中心將通過兩側髁關節頭，他並定義該樞紐軸為終極樞紐軸(terminal hinge axis)。休息位置並非邊界運動上的位置，也不會經由咀嚼路徑到達，而是下顎體經由特殊之路徑直接進入，休息位置和齒尖咬合位可能有1.5mm之距離。但他也強調邊界運動上之位置並不會出現在正常功能中，Posselt氏的觀察，可以說是對古典下顎運動觀察作一總結，它對當時及後世的牙醫學產生深遠的影響³⁸。

下顎運動的運動方向包括了上下開合、左右平移、前後移動以及各方向的旋轉，就如圖2-13所示，分別代表了Vertical (垂直)、Lateral (側面)、Horizontal (水平)及Yaw、Pitch、Roll，故下顎

運動是一具有三度空間六自由度的複雜性運動。而在討論下顎運動在空間中的運動式複雜的，為了簡化對於下顎運動的描述，可以將其投射到三個平面上作討論，也即在座標平面上分別代表了矢狀面(sagittal plane)、水平面(horizontal plane)及前額面(frontal plane)。

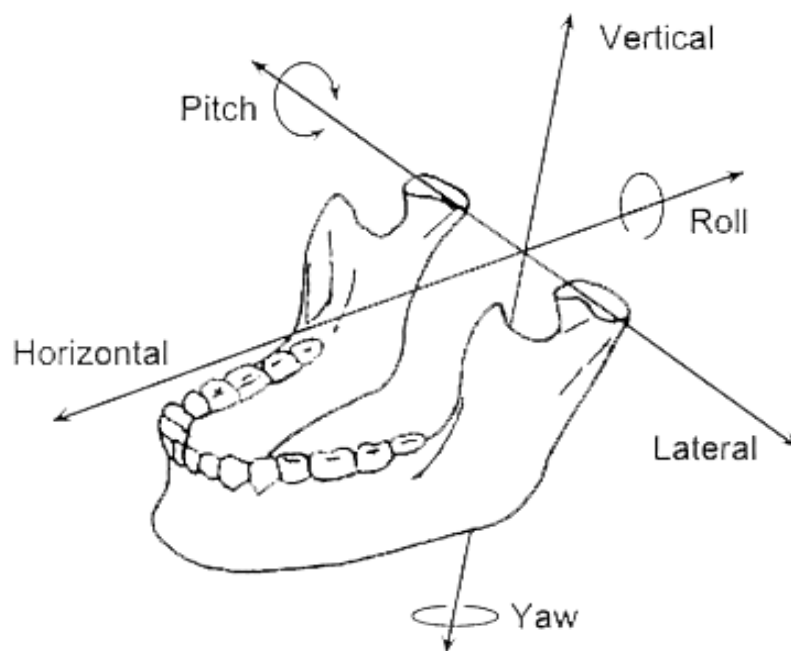


圖 2-13：下顎運動在三度空間六自由度示意圖³⁹

2-2-1 下顎邊際運動的矢狀面

當下顎運動時，由矢狀面來看會形成一個特殊的形式，如圖2-14所示，一般當病人咬緊時，下顎正中門牙的位置稱之為CO (center of occlusion)，但可以藉由牙醫師的導引將下顎後推至最後位置得到中心位置，稱之為CR(center of relation)，依據Posselt的主張，當在後縮位置的開口路徑中，由CR至B點是關節髁頭的旋轉運動，而當嘗試再張口更大，髁頭除了旋轉外還會有位移的現象，在門牙點的表現就是由B點移至E點。

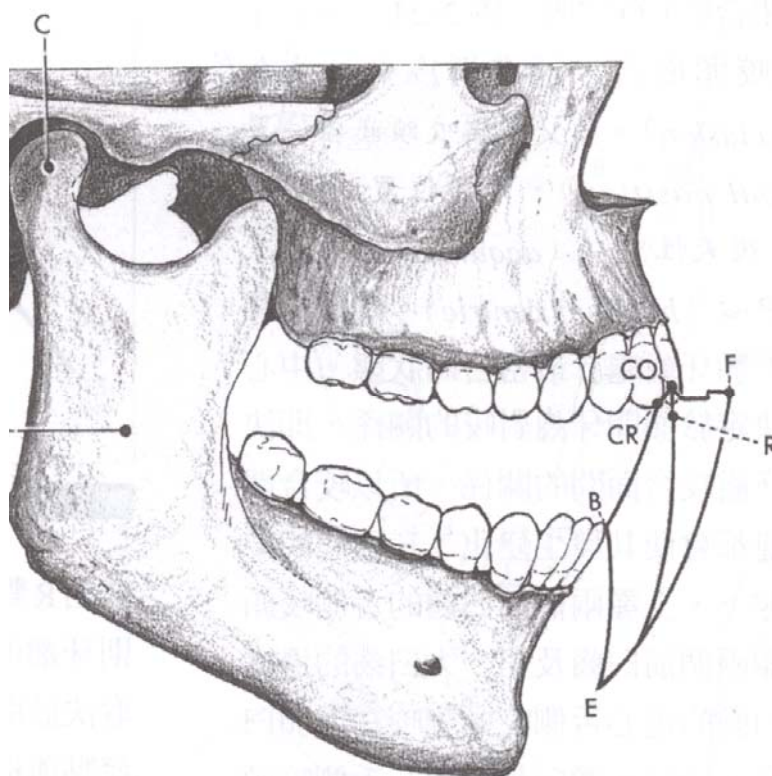


圖 2-14：矢狀面的下顎運動模式圖⁷

當下顎進行前突運動時，在門牙點所表現的軌跡是由CO至F點的路徑，路徑取決於上下間牙齒的咬合關係，當前突至F點再進行最大開口運動時集會產生F至E點的路徑。另外，R點是所謂的休息位置(rest position)當一個人平時不緊閉時，正中門牙會處於這個位置，於此於進行最大開口運動則會得到由R點至E點的路徑。就距離而言，一般在CO至B點的垂直距離約為20~25mm，CO至E點的垂直距離為40~60mm。



2-2-2 下顎邊際運動的水平面

下顎邊際運動 (border movement) 在水平面上的運動情況而言，一般是以門齒中心點為準 (Centric Relation, CR：中心關係，臨床定義為下顎相對上顎的水平參考點)，通常利用哥德式弧形描繪法 (Gothic Arch Tracing) 將下顎運動軌跡繪於水平面上如圖2-15。

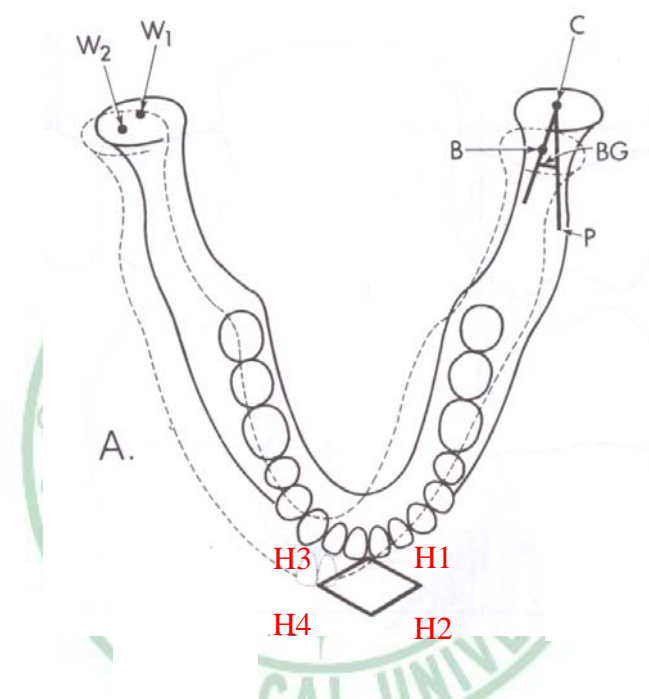


圖 2-15：水平面的下顎運動模式圖⁷

所示當下顎由後縮位置做側方運動時，門齒中心點會產生H1之路徑，若再由此處向前向近心滑動時則會產生H2之路徑，現今換另一側方運動時也會得類似圖形，也就是門齒中心點會產生H3之路徑，然後再由此處向近心滑動則又將另產生出H4之路徑，其在水平面下顎運動軌跡之路徑單側大約平均為5 mm~15 mm。

2-2-3 下顎邊際運動的前額面

前額面下顎邊際運動 (border movement) 的情況如圖2-16所示分別代表為下顎前額面的軌跡及運動狀態。由於咀嚼時的側向功能和磨牙症的特殊形式，以及咬合接觸面關係不同，導致下顎運動軌跡在前額面的紀錄有很大的變化。就單側的邊際運動移動的最大距離，大多數的運動路徑約為5 mm~13 mm。

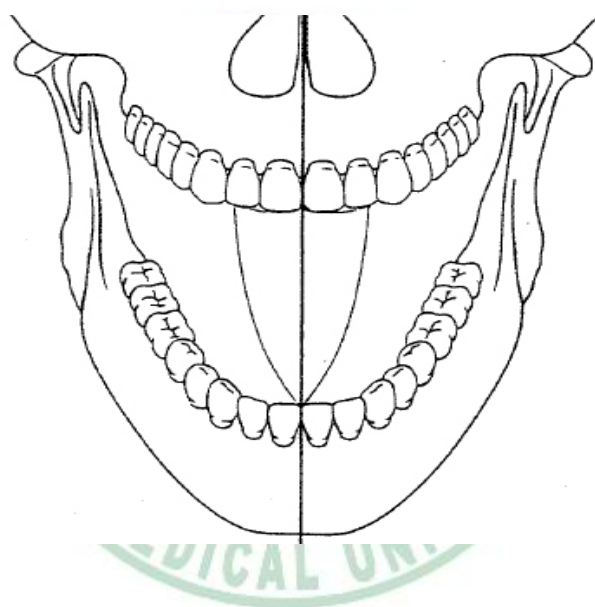


圖 2-16：前額面的下顎運動模式圖⁴⁰

從上述矢狀面、水平面、前額面的下顎運動軌跡中，證明下顎雖是具有隨意的六個自由度運動，但其運動範圍因關節、牙齒、肌肉等解剖結構關係仍會有所限制，所以導致下顎運動在各平面座標上會有一定的運動範圍，分別是在矢狀面40 mm~60 mm、水平面5 mm~15 mm、

前額面5 mm~13 mm。其所代表意義是所有有關下顎的功能性運動皆會在此範圍內完成動作；包括所有的咀嚼運動也都是會在這些下顎的邊際運動內完成⁴¹。

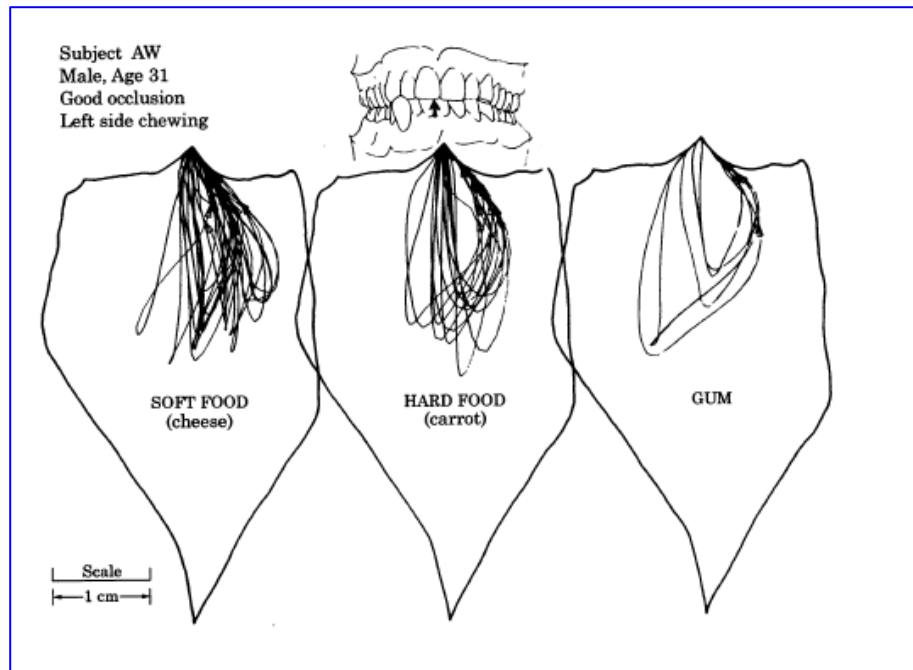


圖 2-17：咀嚼各式食物的咀嚼運動皆在下顎邊際運動的範圍之內⁴¹

2-3 下顎運動的觀察與量測

2-3-1 古典式的下顎運動紀錄

早期對於下顎運動的觀察多著重於下顎髁關節頭運動之描述，而其描述多來自對於大體標本中下顎髁關節頭被動式運動之觀察；所以 Ferrai 在 1744 年提出髁關節頭運動包含轉動及位移的觀察。

1860 年時 Langer 利用圖解法 (graphical method) 首次於活體受試者定位出下顎運動可能的轉動中心，並描述下顎運動之開閉口軌跡為一半月狀之範圍。1889 年 Luce 首次利用攝影術 (photography)，將一個光點固定在下顎面弓 (face bow) 上的口外參考點然後以照相機連續拍攝的方式進行下顎運動軌跡的研究⁴²。

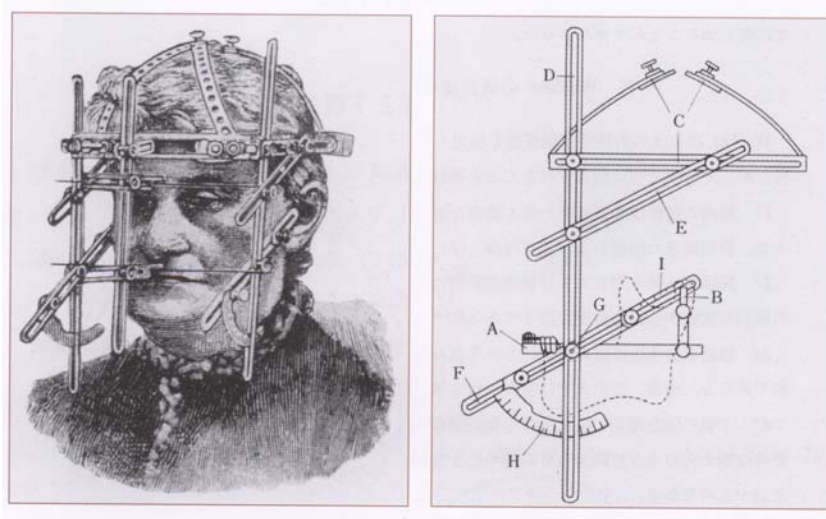


圖 2-18：Walker 利用機械式的方式紀錄下顎運

之後，Walker 首創利用機械式的方式將下顎運動的路徑加以記錄；到了 1908 年，Gysi 將哥德式弧形描軌圖 (Gothic arch tracing)

更加成熟地運用於下顎水平運動之描繪，如圖2-19、2-20⁴³，利用分別置於上顎及下顎間的面弓間的相對移動以及分別至於其上的筆與記錄板繪出運動軌跡，但只能得到二維的運動軌跡。

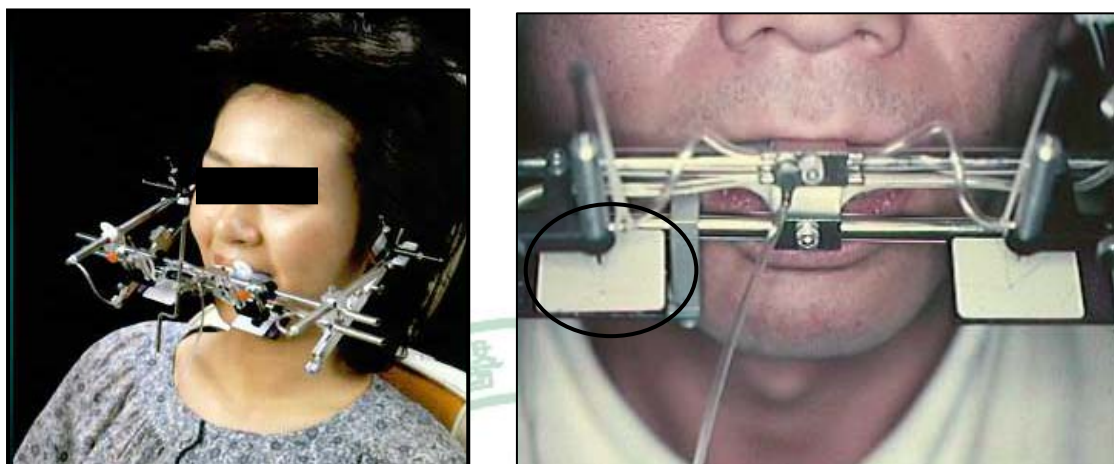


圖 2-19, 2-20：哥德式弧形描軌圖(Gothic arch tracing)

之後，1931年Hilderbrand提出動態光學攝影術(cinephotography)以及動態放射攝影術(cineradiography)，1940年Klastsky提出動態螢光攝影術(cinefluorography)，1942年Kurth提出頻閃觀測光學攝影術(stroboscopic photography)；以上這些方法都是用以記錄下顎運動的各式方法⁴⁴。

在1952~1957年間，Posselt利用放射線攝影術及顛顎運動立體描軌法(pantograph)對一頭顱標本進行被動式之下顎運動記錄研究，提出了所謂的下顎邊際運動(Mandible Border Movement)的觀

察與理論³⁸。

以上這些測量下顎軌跡的方法有一些共同的限制，在非活體測量方面，pantograph 只能描繪單點的三個移動自由，即是單點沿著 X-Y-Z 三個方向軸的移動，卻無法描述沿著三個方向軸的旋轉，所以在下顎運動當中的行為描述並不完整。而在活體的測量方面，在記錄下顎運動時必須固定受測者的頭部，否則，頭部的移動會影響下顎運動的觀察；除此之外，放置於口中的器具過於龐大，只能進行單邊的咀嚼運動，會限制下顎的運動甚至會干擾之，造成觀察以及解讀難度及錯誤。



2-3-2 電子式的下顎運動記錄

在1953年時，Jankelson⁴⁵是第一位利用電子儀器記錄下顎運動的學者，他設計的儀器是將上下顎於咬合面附著一金屬板，隨著下顎運動時會相互接觸、分開像形成開關般的電流變化，再以固定於頭部的波形器記錄，也就是一個利用電子儀器記錄下顎運動時的咬合接觸頻率與時間長短的概念。之後在1961年Brewer所提出的咬合電測定法(Occlusal telemetry)也是使用相同的方式；這一類儀器的感應器是固定在受試者頭部，在測量時可以記錄更廣泛的功能性與非功能性的下顎運動。然而置於口內的精密訊號傳導器需要較高的花費，也需要很長的裝置時間，除此之外傳導器體積龐大只能裝置於無牙脊，對於受試者的選擇有限。

1967年Messerman⁴⁶設計了電子測量裝置Case Gnathic Replicator，主要是使用六個傳導器及兩副面弓，是第一位對下顎運動進行六個自由度運動記錄的學者，如圖2-21。之後他與Gibbs合作將此裝置的運動學資料與電腦連線，進行數位分析，對於下顎運動在矢狀面(sagittal plane)、前額面(frontal plane)及水平面(horizontal plane)上的表現有了更進一步的探討。但是Case Gnathic Replicator體積龐大，操作不易，甚至極有可能會對於受試者之下顎生理運動產生干擾。

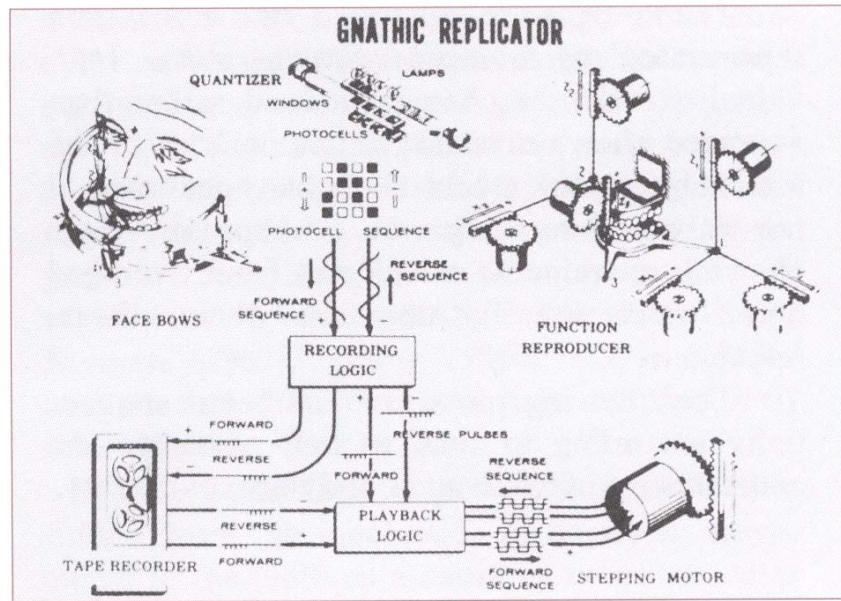


圖 2-21：電子測量裝置 Case Gnathic Replicator⁴⁶

此後，各式各樣的下顎運動記錄設備陸續被發展出來以利六個自由度下顎運動的記錄分析，而目的在於減少儀器的重量與體積、簡化操作之複雜度、增加測量之精確度以及減低對生理運動的干擾。

2-3-3 磁感應式的下顎運動記錄

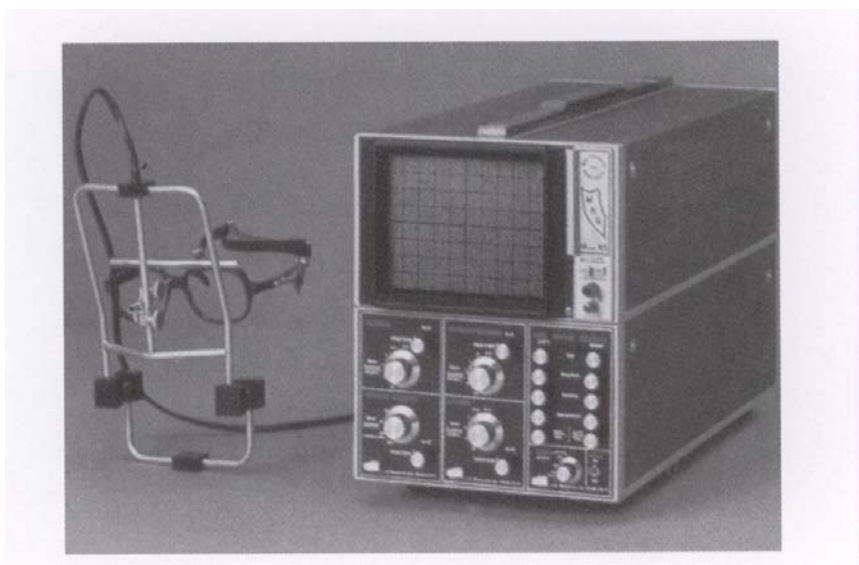


圖 2-22：Jankelson 發展出的 mandibular kinesiograph K-2 之改良型 K-5R⁵

1975年，Jankelson⁵利用磁鐵在磁場中運動造成磁力線改變的原理，發展出mandibular kinesiograph (MKG) 進行下顎運動的觀察，包含了感應器、感應磁鐵和資料處理的電腦系統與顯示器如圖2-22，並將資料存在磁帶中進行分析，之後透過 customized pulsegenerator-Bio EGN™ 的校正，kinesiograph 改良為 sirognathograph。

其作用方式均在下顎前齒區黏附小磁鐵片，並由固定在受測者頭部X型支架上的感應器感應磁場的變化而記錄下顎運動狀況。磁區感應器 (magnetic field sensors) 是一個磁流量記錄器 (flux gate

magnetometers)，可以感應因磁鐵距離改變所造成的磁場強度變化。磁區感應器將其放置在X型的塑膠內再固定於特製的鋁管支架上，以便固定在受試者頭部如圖2-23⁴⁷所示，整個感應器裝置約重134 公克。置於口內的感應磁鐵如圖2-24⁴⁸，一般黏附於下顎門牙的唇側，因為感應磁鐵體積小，而且並不需外接能量來源，不會帶給受測者明顯的異物感，改變其本體感覺之反應。下顎運動記錄器會將所蒐集的磁場變化轉換為下顎的三度空間位置變化呈現，以電腦系統儲存分析資料。系統輸出的資料包括下顎矢狀面(sagittal plane)、前額面(frontal plane)及水平面(horizontal plane)三平面方向的位移變化和垂直方向的下顎移動速度。

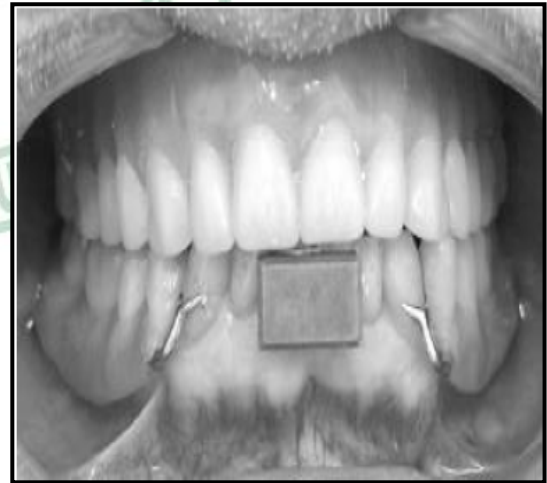
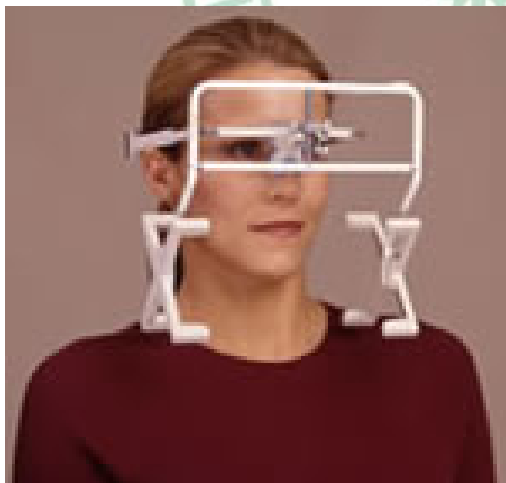


圖 2-23：

K-7 的 X 型磁區感應器⁴⁷

圖 2-24：

口內的感應磁鐵⁴⁸

不論是mandibular kinesiograph 或是sirognathograph，雖然裝置尚稱輕巧，但磁力線的變化會因運動範圍的擴大而造成扭曲，進而影響運動軌跡的描繪；另外系統容易因外在磁場的干擾而被影響，因此在頭部套管上要額外設置磁流量計來防止地球磁場的干擾，但卻導致系統之便利性無預期之效；根據Hannam⁴⁹等人的實驗數據，mandibular kinesiograph可靠的測試垂直範圍約為14-20mm，側方範圍則約為3-7mm，而sirognathograph可靠垂直測試距離約40mm，側方測試距離則約10mm。不論是kinesiograph 或是sirognathograph，於進行運動記錄時顱部應儘量維持穩定以免產生誤差，但是自發性的生理運動就會被干擾而難以測量⁵⁰。



2-3-4 光電子式的下顎運動記錄

在1977年，Karlsson⁵¹建立了一套新的系統，他利用兩個發光二極體 (Light-Emitting Diode, LED) 作為標記，以攝影機拍下不同時間下標記點的位置來分析下顎運動，此項裝置是光電子下顎運動追蹤儀 (Optoelectronic jaw tracking system) 的前身；使用的方式是將第一個發光二極體固定在受試者的額部做為參考點，以代償頭部的移動；另一個發光二極體則是黏在下顎門牙區，由發光二極體發出的紅外光 (infrared light) 可以穿透軟組織然後被放置於受試者正前方和左或右側的兩台攝影機錄製下來。口內的發光二極體的能量來源則是藉由兩條小電線連接至供電器，大大地降低口內的異物感。欲以光電子下顎運動追蹤儀來記錄六個自由度的剛體運動，必須要在待測剛體上標記三個不共線的標誌，標誌的位置必須同時被兩架以上之攝影機紀錄，這些不共線的標誌就可以在攝影機定義之廣義座標系統 (global coordinating system) 中定義出該剛體附屬之局部座標系統 (local coordinating system)。在受測構造為剛體的前提下，由剛體中任何點乃至於整個剛體的運動行為均可經由局部座標系統在全域座標系統中的空間變化運算得知⁵²。

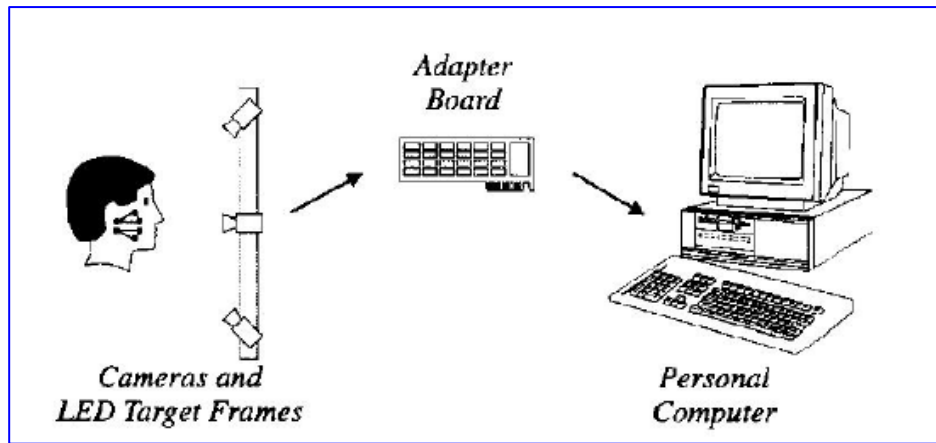


圖 2-25： Palla 研發的 Jaw-3D 下顎運動記錄系統⁵³

之後陸陸續續也有一些光電子下顎運動追蹤儀被研發出來，如1986年Palla的研究團隊開始利用光電原理研發出Jaw-3D下顎運動記錄系統（圖2-25）⁵³，此系統輕巧且精確，可同時記錄六個自由度的下顎運動，1995年荷蘭籍學者Naeije 亦利用光電原理發展出OKAS-3D系統（圖2-26）⁵⁴，另外還有一些廣泛應用在人體關節研究的紅外線光電攝影組Vicon 512等皆是以相同學理進行下顎運動的紀錄與分析。

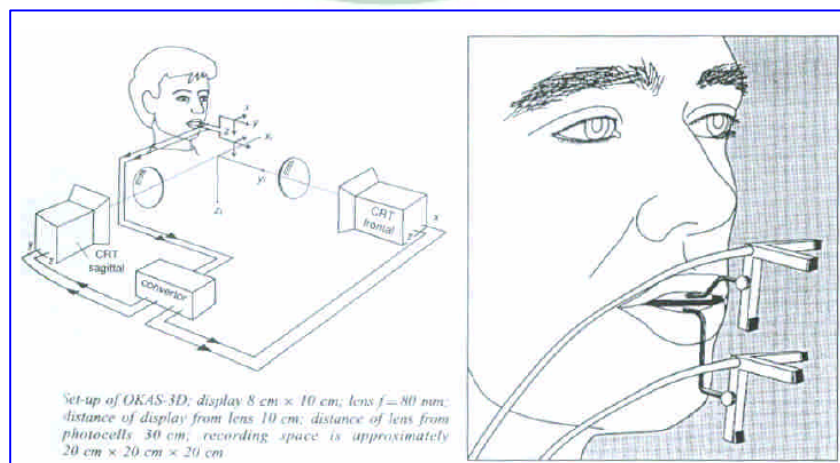


圖 2-26： Naeije 研發的 OKAS-3D 系統⁵⁴

光電子下顎運動追蹤儀隨著時代的進步越來越輕巧、測量越來越精確，但是相對的所需要的設備空間相對會來得大，也即是需要大的空間來擺設這些儀器及設備；另外在儀器的採購金額方面也相對地高昂。

在2004年日本東北大學大學院齒學研究科顎口腔矯正學分野研發應用了光學式motion capture的顎運動解析system⁵⁵，利用市售的數位相機的動態攝影機能擷取下顎運動的影像再將影像以此軟體進行解析，並與MKG等其他系統進行比較，發現就診斷而言在路徑與速度的量測上並無顯著的差異；但是可讓臨床醫師在診療椅旁就進行量測，不需要額外昂貴的儀器，分析速度快，而且可以自動地求得下顎運動的分散、運動速度、平均的運動路徑。可說是目前為止進行下顎運動量測最為簡單的分析方式。

綜合以上各種下顎運動記錄器來說，其運用的範圍相當廣泛，用於診斷方面，可用來評估下顎運動的範圍、關節的障礙，開口、閉口路徑的偏移，上下顎間咬合垂直距離（interocclusal vertical dimension）的評估，下顎過早接觸（premature contacts）至完全最大嵌合位（complete intercuspation）的偏差；在評估口顎系統的功能方面，如下顎休息位置（rest position）到咬合位置（intercuspal position）的空間關係和移動路徑，利用休息位置評

估肌肉的放鬆狀況，評估肌肉的協調性 (coordination) 或以速度分析評估肌肉發生不協調 (incoordination) 的位置等，另外也可以用來評估治療的成效，如假牙因咬合力造成鬆脫的方向和程度、利用連續性的記錄客觀評估臨床治療的進展狀況；對於許多關於下顎運動或功能研究的進行，運用亦相當多。



2-4 不正咬合-前方反咬 (anterior crossbite)

正常的前方咬合是上顎門牙覆蓋在下顎門牙前方 (圖2-27)，而所謂的前方反咬指的是上下顎前牙的咬合關係完全相反 (圖2-28)，常見的特徵就是在上顎骨與下顎骨之間會有個水平方向的落差以及前牙齒軸的不正常傾斜。



圖 2-27：具適當 overjet 及 overbite 的安格式一級正常咬合



圖 2-28：前牙反咬

在西方國家而言，前牙反咬並不常見，1973年Kelly⁵⁶主張在白種人族群當中約有0.8%的前牙反咬，而在非洲人種中則是約0.6-1.2%的人是屬於這類的咬合。但在黃種人而言，前方反咬是個常見的問題，特別是在亞洲方面，Lew⁵⁷曾經提出過在中國約有12%的盛行率，另外也有學者⁵⁸估計在日本約有2.3%至13%的比率，所以前牙反咬在台灣也是一個是常見的臨床問題。

2-4-1 前方反咬的分類、病因及影響

前方反咬依成因可分為三類，第一類屬於齒性反咬 (dental crossbite)，在上顎骨及下顎骨兩者並沒有成長的問題，因為上顎門牙單顆或者多顆向舌側傾斜或者下顎門牙向唇側傾斜而引起的。第二類的前方反咬是指骨性反咬 (skeletal crossbite)，指的是上顎骨的生長不足或者是下顎骨生長過盛，亦或是兩者合併所造成的。第三類的前方反咬是功能性反咬 (functional crossbite)，指的是當下顎由開口位置到中心咬合運動的時候，因為前牙區域有所干擾而使得下顎被強制性地向前方偏移，則稱之為功能性反咬，如圖2-29。



圖 2-29：A. 齒性反咬 B. 骨性反咬 C1、C2. 為同一人功能性反咬

在病因方面，依照McDonald所述造成前牙反咬的原因可分為：1. 顏面受到撞擊或外傷導致繼生牙牙胚異位生長。 2. 多生牙生長在唇側導致恆牙牙齒位置扭轉異位。 3. 上顎牙弓窄小導致恆牙萌發空間不足而造成恆牙往腭側生長。

除此之外，先天的病因方面，遺傳是一個因子，曾有學者主張，約有24%的前牙反咬的病人其父母亦是前牙反咬⁵⁹；在後天的成長發育中，門牙的牙胚所在的位置以及當牙齒萌發時候環境所造成的壓力、乳牙延遲脫落造成恆牙萌出路徑改變、側門牙太小或是缺失等也都是一個造成前牙反咬的原因。另外當牙齒正常萌發後，也會受到一些來自舌頭、臉頰、嘴唇等力量改變牙齒的位置進而形成前牙反咬，例如患者會有吸嘴唇的習慣等。正常而言，上下顎嘴唇會放鬆並輕輕地接觸，但在前牙反咬的病人中，通常會發現上嘴唇或上下嘴唇被強烈地吸入口腔中，之後由於一連串的生理反射使得上嘴唇將上顎門牙往後推擠，使齒軸傾斜造成前方反咬⁶⁰；除此之外，當患者發生嚴重的白齒齲齒，造成後牙區缺乏良好的垂直咬合支撐，改由咬合不穩定的前牙進行咀嚼時亦容易導致前牙反咬。

前牙反咬是種不正咬合，具有前牙反咬的矯正病人中通常在齒列裡會呈現擁擠的上下顎門牙；1990年Eismann⁶¹發現前牙反咬的關係通常會讓病人在咀嚼時導致牙周組織過度的受力，若是前牙反咬的病人

還有合併一些磨牙等症狀，顛顎關節也會因咬合力的巨大與其方向而受力改變；因此來自於牙周韌帶及TMJ的壓力受器也會因為前牙反咬而改變咀嚼時的下顎移動以防止本身的不舒服或結構受損⁶²。但長期下來不管對於解剖結構或是功能方面而言都是不利的。另外在前牙反咬的病人中最為介意的就是臉型的部分，這些患者的臉型會呈現下顎前突，相對地中臉部凹陷，此外對於發音方向也會有相當的影響，如圖2-30。

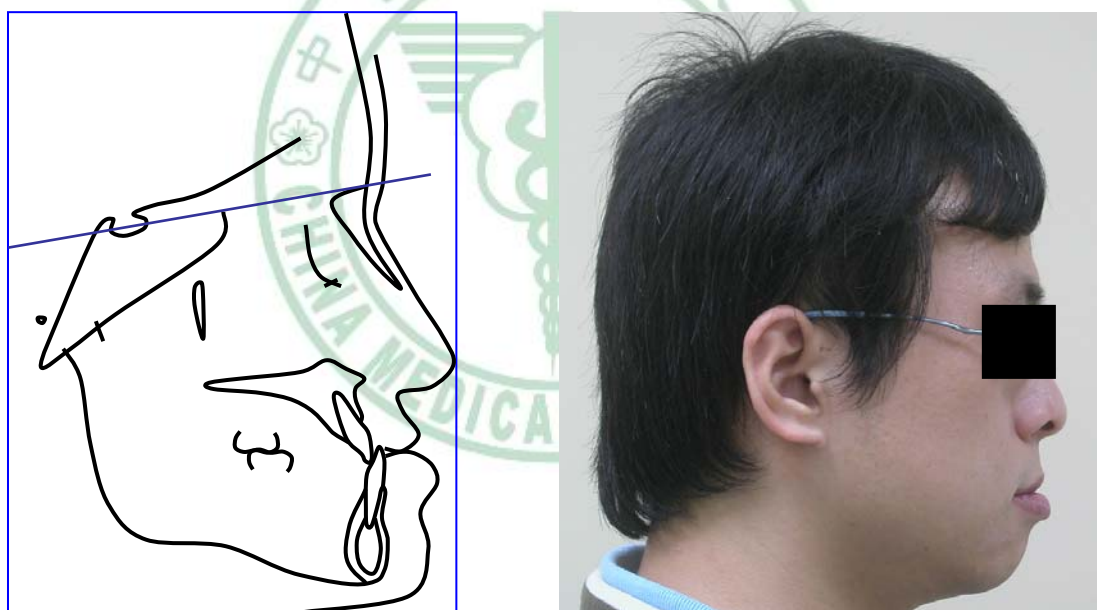


圖 2-30：前牙反咬的病人呈現下顎前突的臉型

2-4-2 前牙反咬的治療

矯正治療的主要目的之一就是去創造一個具功能的健康咬合，在1997年Sohn⁶³研究發現在咀嚼過程中升顎肌的作用時間是與咬合功能的穩定性成反比，而改正上下門牙的反咬會減少升顎肌的作用期間以及在咀嚼過程中增加下顎由側邊至中央的速度，間接證明了前牙反咬的改正能夠使咬合功能的穩定性提高，也說明了前牙反咬治療的重要性。

在前牙反咬的治療選擇上，通常會依照其形成的原因來決定如何矯治：在齒性的前牙反咬部分，通常固定式的矯正裝置來進行排列即可在短時間內矯治完成；若是因為上下顎骨有骨性的差距，則會以手術的方式來加以治療；功能性的反咬治療則與齒性反咬治療原則相同，但是需要先將齒間干擾去除，確定下顎的顎位(mandibular position)後再進行一般的矯正治療。

Proffit⁶⁴曾提到在前牙反咬又不需手術進行治療的病人其矯正治療原則即是將上顎前牙的齒軸往唇側傾斜或者是將下顎門牙齒軸往舌側傾斜。在治療的方式上則有許多的選擇，大致尚可分為可撤式(removable appliance)的矯正裝置及固定式(fixed appliance)的矯正裝置；最常見的可撤式裝置就是裝置在上下顎的咬合板(bite plane)、附有指樣彈線的咬合板(Lingual arch with finger-like

spring)及Z型彈簧裝置 (Z spring appliance) 如圖2-31，但是使用可撤式裝置需要病人的配合，否則難以收到相當的成效，除此之外，當牙齒一旦移動到預期的位置的時候就應該立即停止使用，否則還要花費時間將過度的效果加以調整回來；在治療的機轉方面，可撤式裝置除了將上顎門牙向唇側推擠之外，並無在垂直方向的控制力量，容易會造成overbite的減少或併發其他問題。

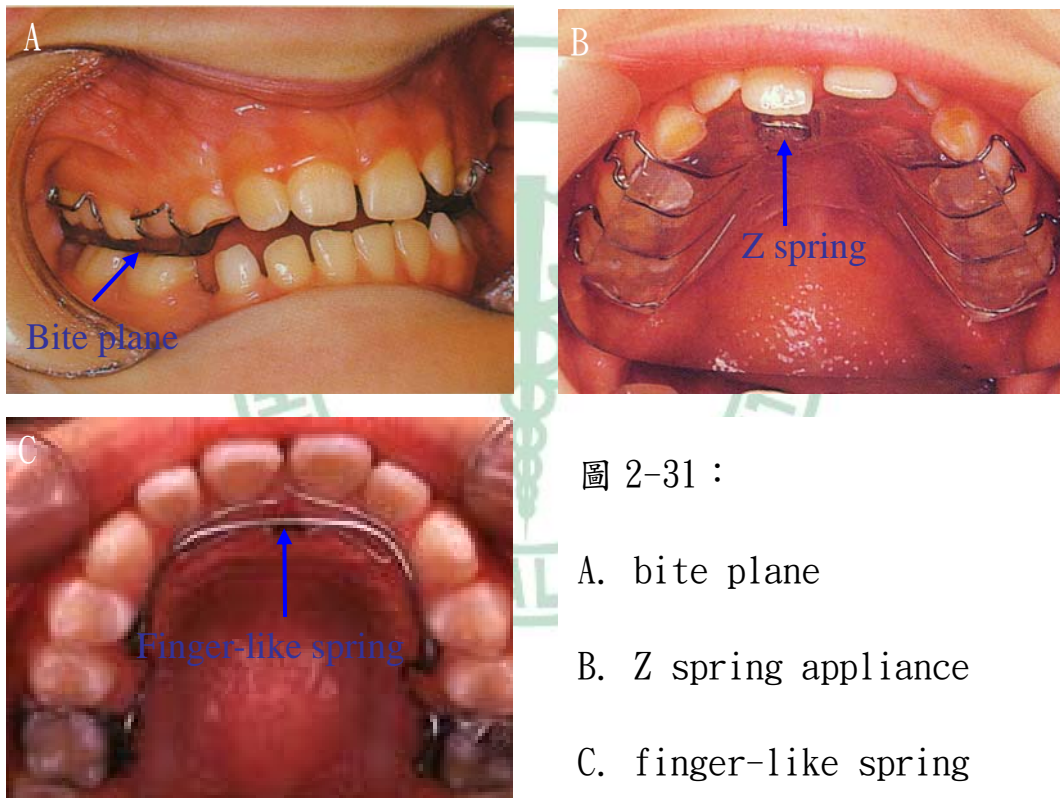


圖 2-31：

- A. bite plane
- B. Z spring appliance
- C. finger-like spring

因此使用固定式的矯正裝置漸漸成為改正前牙反咬的主流；並且隨著各式各樣矯正材料的進步使得前牙反咬的治療更為簡單。

2007年王意嘉醫師⁶⁵提到利用改良型超彈性鈦鎳合金線 (Improved super-elastic Ti-Ni alloy wire, ISW)與Rebellato的

2x4及2x6裝置的原理治療前牙反咬的病人快速且有效；改良型超彈性鈦鎳合金線只要在前方或後方夾上2個可夾式的定位鉤(crimpable stopper)，就可形成所謂前牙反咬牙弓裝置 (Anterior Crossbite Arch)，如圖2-32，其原理機轉是強迫反咬牙齒往唇側前方移動，促使上顎前牙牙弓往前擴大(arch expansion)，則可以輕易改正前牙反咬的問題。

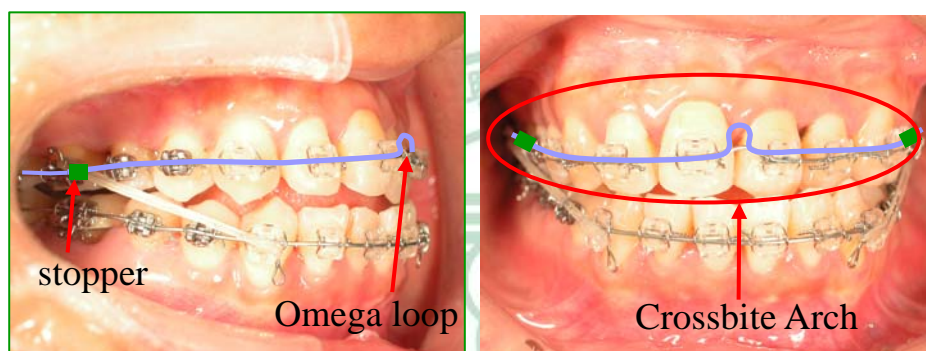


圖 2-32：前牙反咬牙弓裝置 (Anterior Crossbite Arch)

前牙反咬牙弓裝置與傳統治療前牙反咬的方法相較下，可發現有下列幾點益處：

1. 對於前牙牙根有較好的扭力控制(torque control)，不易造成牙根吸收(root resorption)。亦不會有因戴咬合板將咬合高度增高，而造成顛顎關節異常病症產生。
2. 治療中完全不需要咬合板等額外裝置，增加病患舒適感，減少穿戴疼痛、不適(異物)感。

3. 因無需咬合板裝置，不需要依賴病患的合作配合，而影響治療療效。亦較容易維持口腔衛生清潔工作。
4. 操作容易，節省病患就診次數及減少技工費用支出。
5. 利用矯正器及彈性橡皮鏈可以早期控制並關閉前牙反咬改正後的縫隙。

因此前牙反咬牙弓裝置 (Anterior Crossbite Arch) 為目前對功能性前牙反咬治療的最佳選擇。



2-5 研究目的

綜合以上，前牙反咬為一種不正咬合，而其咬合不正本身即為一類會影響咀嚼的因子，除此之外也會對於顫顎關節造成一定的影響；當齒顎矯正醫師對前牙反咬進行矯正治療之後將反咬改正至”正常”咬合後，咀嚼的模式以及顫顎關節的活動會有所改變嗎？那在矯正治療進行的過程中，對於咀嚼及顫顎關節會有怎樣的影響呢？在口顎系統中，牙齒的咬合型態與功能之間的相關性到底是咬合的型態影響功能，抑或是功能的關係改變了咬合的型態？

以上這些在文獻中都是很少被提及的，因此本研究旨在建立對於食物咀嚼效率之有效評估方法，並藉此探討具前牙功能性反咬之恆牙齒列在矯正治療前後的下顎運動、咀嚼運動、咀嚼效率及齒列型態之間的關係，以期在面對不正咬合治療及功能評估能有所助益。

3-2 實驗材料

以下分別就受試者的選取條件、咀嚼測試的食物以及不正咬合的治療過程詳述。

3-2-1 受試者

本實驗以私立中國醫藥大學附設醫院牙醫部齒顎矯正科五位門診病人為研究對象，年齡介於16~28歲之間，男性兩名、女性三名，其年齡詳細資料及矯正檢驗的基本資料如表3-1。



圖 3-2：受試者治療前正中咬合位置正面觀

表 3-1：受試者年齡資料表

	Male 01	Male 02	Female 01	Female 02	Female 03
年齡	23y0m	21y3m	26y3m	16y1m	27y1m
治療時間	32 weeks	28 weeks	28 weeks	28 weeks	20 weeks

表 3-2：受試者治療前 cephalometric analysis 數值

	Male 01	Male 02	Male 標準值	Female 01	Female 02	Female 03	Female 標準值
Facial angle	90.2	86.3	85.07	92.4	92.0	90.0	84.83
Convexity	3.0	9.2	5.60	-7.0	-6.5	-7.8	7.58
A-B plane	-2.6	-3.2	-5.10	4.2	1.0	8.3	-4.81
Mandibular plane	25.6	28.4	26.25	28.8	10.0	22.1	28.81
Y-axis	62.7	68.7	65.71	57.3	55.8	59.4	65.38
Occlusal plane	5.1	10.8	9.52	10.7	26.1	1.0	11.42
Interincisal	140.0	120.3	129.66	121.0	141.0	144.0	124.09
L-1 to Occlusal	11.6	24.7	21.69	19.1	-8.5	8.4	23.84
L-1 to Mandibular	81.1	97.1	94.67	91.0	97.6	77.4	96.33
U-1 to A-P plane	2.6	5.8	7.86	4.4	0.9	1.4	8.92
FMIA	73.3	54.5	58.98	60.3	72.3	80.5	54.63
FH to SN plane	7.2	1.6	5.98	10.7	10.2	5.6	6.19
SNA	84.4	89.1	81.82	78.4	78.9	80.7	82.32
SNB	82.8	86.0	78.61	81.5	80.3	85.6	78.90
SNA-SNB diff.	1.6	3.1	3.28	-3.0	-1.4	-4.9	3.39
U-1 to N-P plane	3.6	9.3	9.91	2.3	-1.0	-1.0	11.74
U-1 to FH plane	113.3	114.1	108.94	119.2	111.4	116.6	111.13
U-1 to SN plane	106.1	112.5	103.06	108.6	101.1	111.0	104.54
Gonial angle	122.7	116.7	119.38	133.1	102.9	122.2	122.23
Ramus inclination	82.9	91.7	87.36	75.7	87.1	79.9	87.07

表 3-3：受試者治療後 cephalometric analysis 數值

	Male 01	Male 02	Male 標準值	Female 01	Female 02	Female 03	Female 標準值
Facial angle	87.9	92.2	85.07	90.9	89.5	87.6	84.83
Convexity	7.5	7.6	5.60	-0.1	-2.0	-1.0	7.58
A-B plane	-2.6	-2.2	-5.10	-1.5	-2.0	4.9	-4.81
Mandibular plane	29.9	22.1	26.25	29.1	8.3	25.6	28.81
Y-axis	65.7	62.4	65.71	59.8	59.5	62.5	65.38
Occlusal plane	10.0	3.4	9.52	7.8	1.3	1.8	11.42
Interincisal	120.3	116.0	129.66	114.2	127.8	137.2	124.09
L-1 to Occlusal	16.6	21.0	21.69	19.3	15.0	7.3	23.84
L-1 to Mandibular	86.6	92.4	94.67	88.1	98.0	73.5	96.33
U-1 to A-P plane	9.6	13.8	7.86	8.6	4.3	6.7	8.92
FMIA	63.4	65.6	58.98	62.9	73.7	80.9	54.63
FH to SN plane	7.3	9.8	5.98	9.9	3.3	3.2	6.19
SNA	84.3	86.2	81.82	81.0	85.3	83.9	82.32
SNB	81.7	83.6	78.61	80.4	84.9	86.3	78.90
SNA-SNB diff.	2.6	2.6	3.28	0.6	0.4	-2.4	3.39
U-1 to N-P plane	12.5	16.7	9.91	8.6	3.7	6.4	11.74
U-1 to FH plane	123.2	129.6	108.94	128.7	125.8	123.7	111.13
U-1 to SN plane	115.9	119.8	103.06	118.8	122.6	120.5	104.54
Gonial angle	126.5	121.8	119.38	129.3	91.9	121.7	122.23
Ramus inclination	83.5	80.2	87.36	79.7	96.4	83.9	87.07

而病人的臨床篩選標準如下：

- (1) 當牙齒咬合位於中心咬合(center of occlusion)時第一大白齒的咬合關係依據安格式分類為安格式第三類咬合 (Angle Class III)
- (2) 在上下顎門牙的關係，當位於中心咬合(center of occlusion)

時前方四顆門牙皆呈現前方反咬 (anterior crossbite) 的咬合關係，而在正中關係(center of relation)時上下顎門牙可以用門牙切緣接觸。

- (3) 恆牙齒列完整，除第三大白齒外無缺牙，牙齒沒有未填補的蛀蝕或明顯的牙周疾病。可允許有牙冠鑲復物 (single crown)，但沒有牙橋或活動假牙的鑲復。
- (4) 無明顯的顫顎關節障礙或咀嚼肌疼痛的現狀或過往病史。
- (5) 並未接受過任何形式的矯正治療。

受試者皆瞭解本實驗所有的步驟與注意事項，並同意參與本研究。



3-2-2 咀嚼測試食物

採用市售的『木糖醇+2無糖口香糖-蘋果薄荷』(LOTTE XYLITOL-apple mint, 製造商：LOTTE製菓株式會社，進口商：台灣樂天製菓股份有限公司，產地：韓國。)，如圖3-3，本研究先行取出十顆口香糖，以電子天平(AUW120D, Shimadzu, Japan)(圖3-4)及游標尺進行規格測量，平均值如下(如表3-4)：長與寬分別為13.65mm，厚度為5.42mm，重量為1.64g。

表 3-4：咀嚼測試食物-口香糖之規格

	Sample 01	Sample 02	Sample 03	Sample 04	Sample 05	Sample 06	Sample 07	Sample 08	Sample 09	Sample 10	平均值
長(mm)	13.75	13.75	13.6	13.5	13.55	13.7	13.65	13.7	13.55	13.7	13.645
寬(mm)	13.65	13.6	13.7	13.55	13.75	13.6	13.7	13.75	13.6	13.65	13.655
厚(mm)	5.4	5.4	5.45	5.4	5.45	5.45	5.4	5.4	5.45	5.45	5.425
重(g)	1.6511	1.6467	1.6113	1.6350	1.6513	1.6301	1.6337	1.6250	1.5913	1.6948	1.6370



圖 3-3：木糖醇+2 無糖口香糖-蘋果薄荷



圖 3-4：

Shimadzu 電子微量天平

型號：AUV 120D

秤重能力：120g/42g

最小顯示值：0.1 mg/0.01mg

3-2-3 前牙反咬的治療方式

每位病人都使用標準化的矯正器、黏著劑與改良型超彈性鈦鎳合金線(ISW)。

1. 矯正器：在前牙兩側犬齒間所使用的是Preadjusted Brackets, Esther II , Roth type , 0.018 slot透明樹脂矯正器(Tomy company, Tokyo, Japan)；在兩側小白齒至大白齒區域使用的矯正器是金屬矯正器：Preadjusted Brackets, Micro-arch, Roth type , 0.018 slot金屬矯正器(Tomy company, Tokyo, Japan)。
2. 矯正黏著劑：Super-Bond C&B(Sun Medical Company, Kyoto, Japan)，屬於4-META/MMA-TBB system樹脂，內含有：
甲、牙本質酸蝕劑 dentin activator solution (citric

acid/ferric chloride)。

乙、牙釉質酸蝕劑 enamel etchant (phosphoric acid)。

丙、聚合單體 monomer (內含有 4-META 及 MMA 單體)。

丁、催化劑 catalyst (tributyl borane, TBB)。

戊、聚甲基丙烯酸甲酯粉末, 分成透明無色及齒質顏色兩類
tooth colored and clear powders (PMMA powder)。



圖 3-5：

Super-Bond C&B 商品

3. 改良型超彈性鈦鎳合金線(ISW):在矯正治療所使用的主線為日本 L&H TITAN Nickel Titanium wire (Tomy company, Tokyo, Japan) , 其規格為.016x.022 inch , Accu Form 。

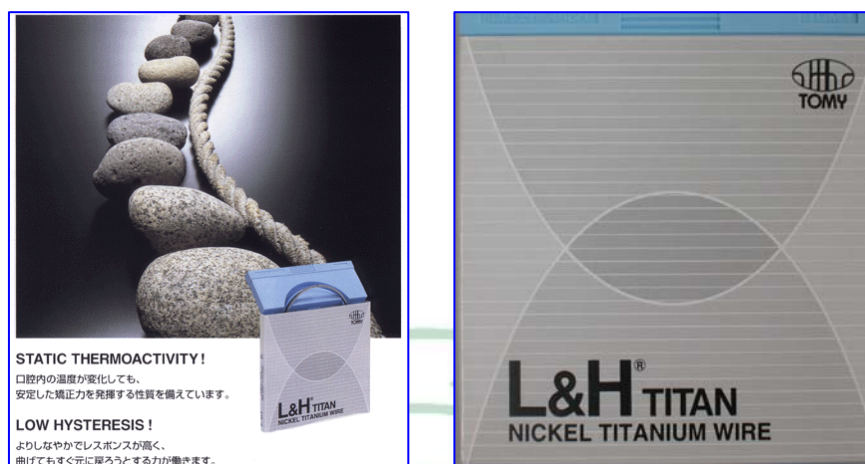


圖 3-6： L&H TITAN Nickel Titanium wire 圖示

在治療的步驟方面，首先先只黏上顎的矯正器，並配合改良型超彈性鈦鎳合金線進行平整化動作 (leveling)，同時使用 Anterior Crossbite Arch 進行上顎門牙的唇側傾斜 (labial tipping)，此時門診的回診時間為兩週一次，其目的在於避免門牙唇側傾斜太嚴重。直至上下顎門牙在中心咬合位置時上下顎門牙可以用切緣接觸時再將 Anterior Crossbite Arch 移除，改為平直 (plain) 改良型超彈性鈦鎳合金線進行排整，同時下顎也黏上矯正器並進行平整化，此時回診時間改為正常門診回診時間約每個月一次。另外在下顎牙弓必要時會加上 LH MEAW (Multiple bends Edgewise ArchWire) 將下顎門牙齒

軸往舌側調整，以及適當的IME (Intermaxillary Elastics) 進行顎位及牙齒的調整。

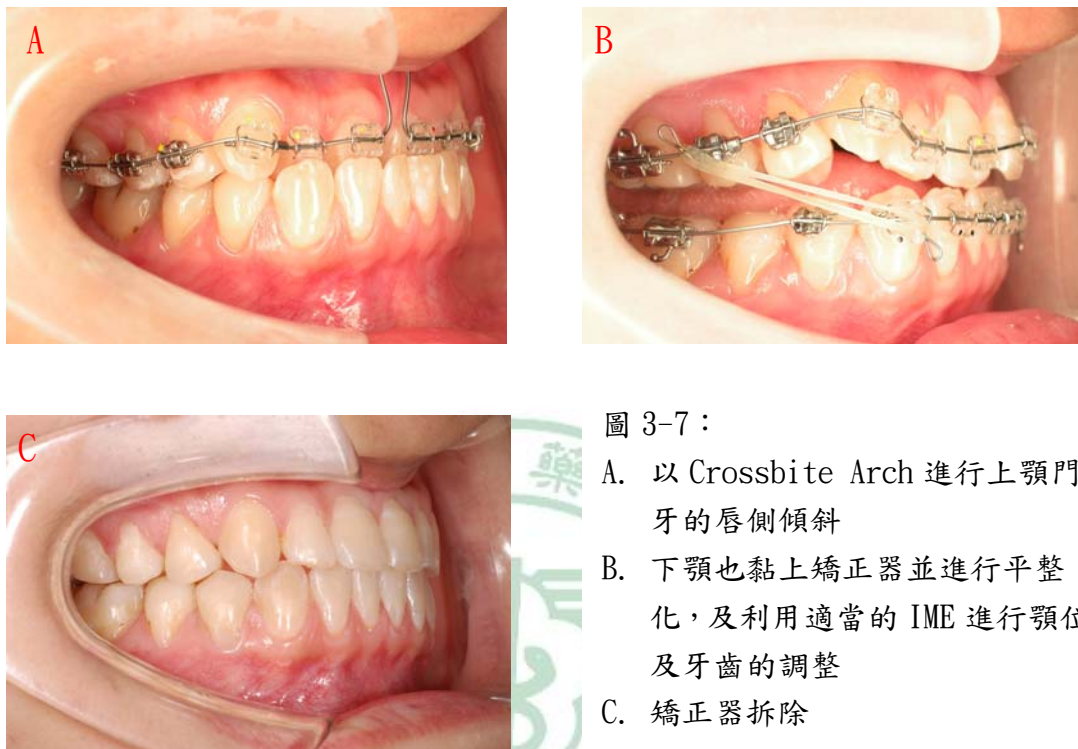


圖 3-7：

- A. 以 Crossbite Arch 進行上顎門牙的唇側傾斜
- B. 下顎也黏上矯正器並進行平整化，及利用適當的 IME 進行顎位及牙齒的調整
- C. 矯正器拆除

矯正器拆除的標準則是符合如下的Andrews六個準則⁶⁶：

1. Molar relationship: the distal surface of the distal-buccal cusp of the upper first permanent molar occludes with the mesial surface of the mesio-buccal cusp of the lower second permanent molar.
2. Crown angulation: the gingival portion of each crown is distal to the incisal portion and varied with each tooth type
3. Crown inclination: anterior teeth (incisors) are at a sufficient angulation to prevent overeruption; upper posterior teeth: lingual tip is constant and similar from 3-5 and increased in the molar; lower posterior teeth: lingual tip increases progressively from the canine to the molar
4. No rotations
5. Solid interproximal contacts: no spaces
6. Presence of Curve of Spee: flat occlusal planes

總共的治療時間約20~32週

3-3 實驗前置作業

本研究以攝影法將患者的下顎門牙位置的三度空間運動，包括垂直、前後及左右方向的運動記錄下來；記錄時以兩部攝影機分別置於患者的前額面及矢狀面的位置，兩部攝影機的夾角固定為九十度。記錄之後再以專門進行下顎運動分析的影像軟體DigiGnatho V1.3進行下顎運動的解析。

3-3-1 實驗儀器介紹

本實驗在進行下顎運動的影像紀錄攝影機初期選擇是以NIKON COOLPIXL 5000為記錄攝影機，此為門診使用相機，詳細規格如下表。

表 3-5：NIKON COOLPIXL 5000 規格表

感光元件形式	2/3 吋原色 CCD	有效畫素	500 萬
總畫素	524 萬	光學變焦	3 倍
焦距換算	25-85 mm	最大光圈	F2.8
數位變焦	4 倍	最大靜態影像	2560x1920 像素
未壓縮格式	無	最大動畫	640x480 像素
鏡片規格	7 群 9 枚	一般對焦最近距離	50 cm
微距對焦最近距離	3 cm	白平衡種類	自動 / 日光 / 陰天 / 陰影 / 鎢絲燈 / 螢光燈
ISO 感光度	100-800	最高快門速度	1/16000 秒
最低快門速	1/30 秒	對焦點	5 點

度			
測光系統	多區域/中央重點/點側光	曝光補償	±2EV
重複曝光	無	視度調整	無
內置閃燈	有	閃燈有效距離	N/A
自拍器	3/10 秒	遙控器	N/A
連拍速度	N/A 張/秒	連拍最多	N/A 張
閃燈同步	N/A 秒	閃燈測光	N/A
閃燈測光	N/A	外接閃燈	N/A
機背 LCD	1.8 吋	語言	N/A 國
單獨錄音功能	無	傳輸介面	USB1.1
記憶卡	CFI / CFII	尺寸	101.5(寬)x81.5(高)x67.5(深)mm
重量	360 克	電源	鋰離子電池 EN-EL1



圖 3-8 :

NIKON COOLPIXL 5000

3-3-2 下顎運動追蹤的追蹤點標定

本研究使用兩個樹脂球分別標定於受試者的鼻間與下顎正門牙中心點的切緣以便進行下顎運動的追蹤。會將下顎門牙定位為下顎運動追蹤的位置起因於Gibbs³證實後牙的軌跡和前牙是很相似的，基於這點，追蹤下門牙點變成分析咀嚼運動的標準工具。

樹脂球的直徑為5.0 mm，色彩分為綠色、藍色與黃色；在沒有連接桿連接的樹脂球以微量天平秤重得到其重量為0.07418g，有連接桿的樹脂球重量平均為0.13566g。

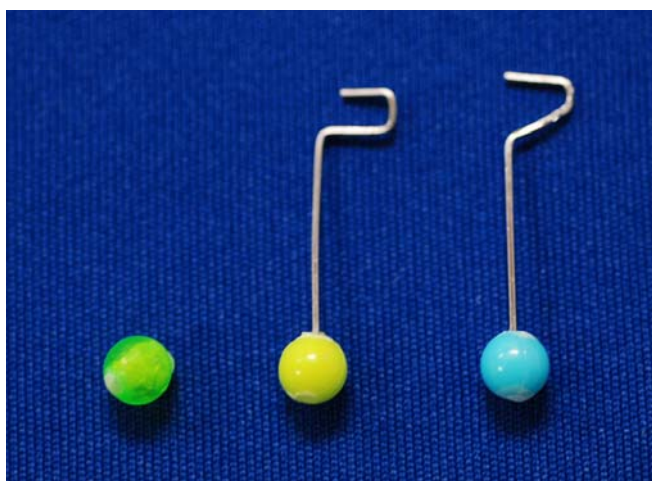


圖 3-9：
標記點的樹脂球
之圖示

在鼻間點的定位為兩鼻翼最突點的連線與顏面正中線的交點為上顎標定點的位置。在下顎標定點由於嘴唇會覆蓋住標定物(樹脂球)，因此以一段不銹鋼連接桿連結標定物使其能在口外表現出下顎門牙的運動特性，另外使用牙科用流動性樹脂固定下顎門牙與連接桿。

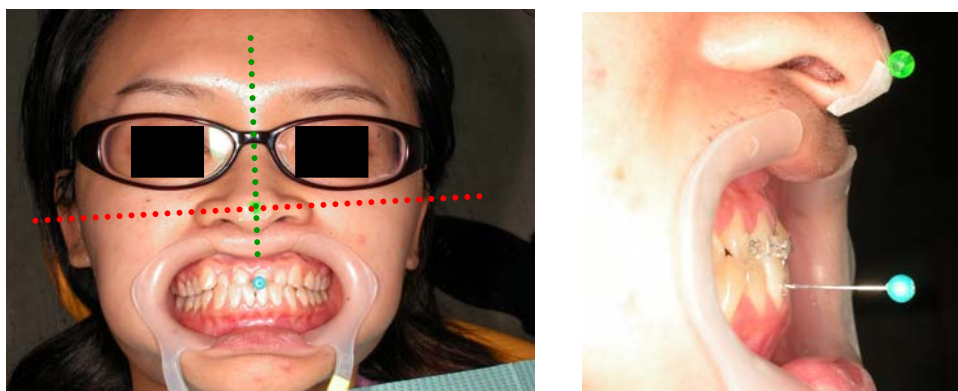


圖 3-10：下顎運動追蹤標定物裝置之圖示

3-3-3 前導試驗

為瞭解最適合觀察的下顎運動、咀嚼運動，以及瞭解是否有影響實驗進行的干擾存在，以期用最經濟的方式獲得最有效的評估結果，本實驗先進行前導實驗。

在前導試驗當中，選取一名年齡為30歲的男性，除為安格氏一級咬合外皆符合本章節受試者的選取條件(3-2-1)，咀嚼食物為前述的口香糖(3-2-2)。

進行下顎移動記錄時依據DigiGnatho V1.3原廠建議，將兩部NIKON COOLPIXL 5000 安裝於腳架上置於受試者的額狀面以及矢狀面，兩部相機夾角呈現90°；於鼻間的定位點使用綠色樹脂球，在下顎門牙定位點則分別使用藍色及黃色樹脂球分別記錄。



圖 3-11：前導試驗之記錄狀況

攝影場地位於私立中國醫藥大學牙醫部齒顎矯正科門診處，受試者坐在沒有頭靠的椅子上分別記錄下顎最大開口、前突最大開口、左及右側方最大運動各十個循環以及以左、右側咀嚼口香糖各二十秒。在進行咀嚼測試之前先確認受試者瞭解並練習受試動作直至受試者熟悉各項動作，在確認受試者可以順利進行受測動作後再進行測試。

在前導試驗的紀錄結束後將所得影像以DigiGnatho V1.3進行解析，發現幾個待解決的問題：

1. 門診的場地背景有過多不一致的色塊，在軟體追蹤下顎運動的色塊時會造成干擾，因此將背景一致化是必須的，且最好為白色背景，減少干擾的產生。
2. 以藍色或黃色樹脂球做為下顎運動標定物何者為佳？在經過軟體解析及追蹤後，以藍色樹脂球的追蹤判讀率較高，而黃色樹脂球因與皮膚色澤接近容易造成色塊追蹤之干擾。
3. 在攝影機的選擇上，由於NIKON COOLPIXL 5000攝影功能最快達15 fps，但是在個體的單一咀嚼循環時間由前導實驗中得到平均約0.86秒，所以在單一開或閉口時間約為0.43秒，換言之，若是以15 fps的速度拍攝，在單一開或閉口循環則只有7.45個追蹤點，但DigiGnatho V1.3在單一循環中需要有十個追蹤點尚能完整呈現一個循環路徑，因此15 fps不能符合研究需求；估計需要20 fps以上的速

度才能合乎研究需求。



圖 3-12：影像紀錄背景改為純白背景



圖 3-13：

上顎標記點為綠色樹脂球，下顎標記點為附連接桿之藍色樹脂球

基於前導試驗的反省，本研究將實驗器材及場地做了些許的修改，在場地部分為了減少追蹤干擾，改以純白背景の影像記錄室為實

驗記錄場地；在顏面及下顎追蹤點部分，分別以綠色樹脂球固定於鼻間，附連接桿的藍色樹脂球固定於下顎正中門牙接觸位置，可以便於軟體追蹤。相機部分更改為攝影速度為30 fps的Panasonic DMC-FX01為研究用攝影機，其規格如下表。

表 3-6：Panasonic DMC-FX01 規格表

感光元件形式	1/2.5 吋原色濾鏡 CCD	有效畫素	600 萬
總畫素	637 萬	光學變焦	3.6 倍
焦距換算	28-102 mm	最大光圈	F2.8
數位變焦	4 倍	最大靜態影像	2816x2112 像素
未壓縮格式	無	最大動畫	848x480 像素
鏡片規格	6 群 7 枚	一般對焦最近距離	50 cm
微距對焦最近距離	5 cm	白平衡種類	自動 / 日光 / 陰天 / 閃光燈
ISO 感光度	80-1600	最高快門速度	1/2000 秒
最低快門速度	8 秒	對焦點	5 點
測光系統	評價測光	曝光補償	±2EV
重複曝光	有	視度調整	有
內置閃燈	有	閃燈有效距離	W:0.6-4.0m T:0.3-2.0m
自拍器	3/10 秒	遙控器	N/A
連拍速度	8 張/秒	連拍最多	N/A 張
閃燈同步	N/A 秒	閃燈測光	N/A
閃燈測光	N/A	外接閃燈	不可
機背 LCD	2.5 吋	語言	N/A 國
單獨錄音功能	有	傳輸介面	USB2.0
記憶卡	SD	尺寸	94.1(寬)x51.1(高)x24.2(深)mm
重量	132 克	電源	充電式鋰電池



圖 3-14：

Panasonic DMC-FX01

3-3-4 辨證試驗

本研究使用材料試驗機機型為JSV H1000立式自動測試台 (Automatic Handy Stand)來進行辨證試驗，此座檯為電動移動式，同時也可以精確顯示移動距離及移動速度；在測試時仿照臨床上紀錄病人下顎運動的方式將綠色樹脂球固定於機台上不動的部分，另外將附連接桿的藍色樹脂球固定於測試機台可升降的部分，之後以 Panasonic DMC-FX01 30 fps紀錄60 mm、45 mm、30 mm、15 mm、5 mm 這些距離的來回垂直升降三十次，升降速度為600mm/min，並將影像輸入DigiGnatho V1.3分析數據。

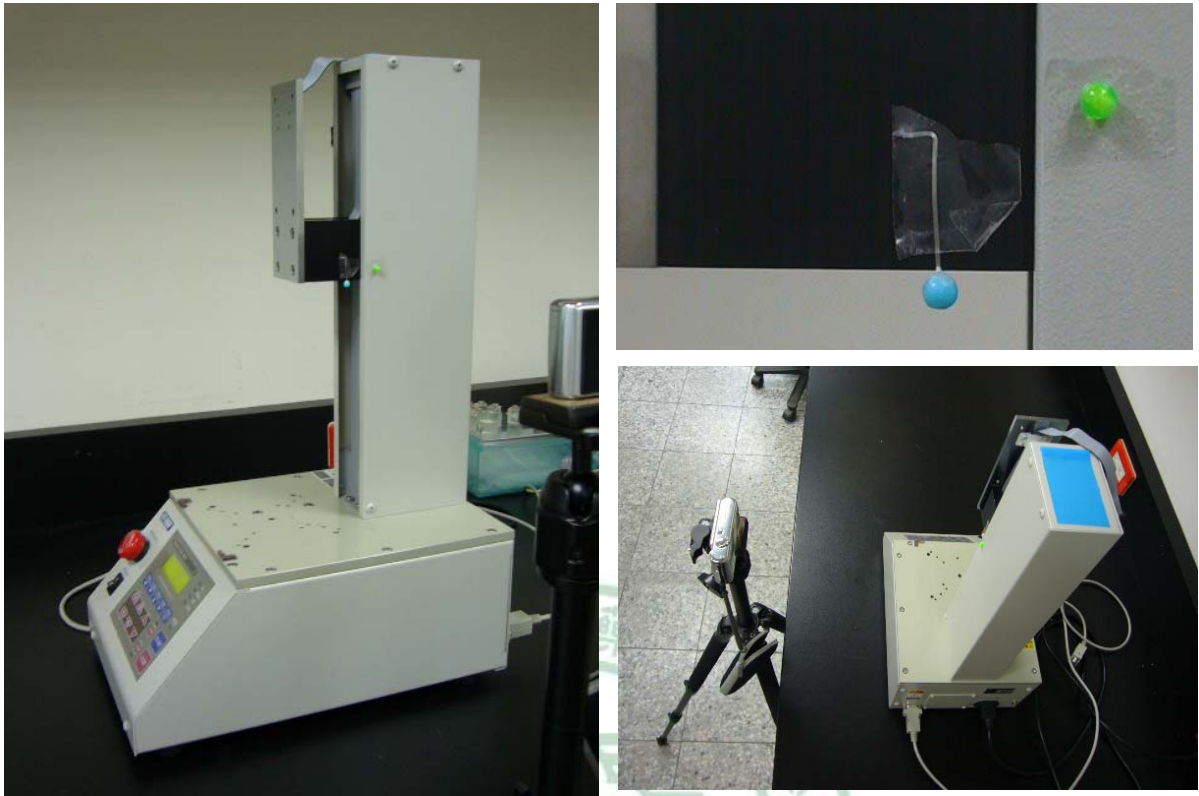


圖 3-15：以 JSV H1000 立式自動測試台進行辯證試驗

此外在DigiGnatho VI.3比例尺的辯證試驗方面，從以上的影像記錄中挑選45mm及15mm兩個影像紀錄，由同一人各進行三十次的比例尺輸入以釐清人為操作是否造成距離誤差。

3-4 實驗步驟

所有受試者都坐在沒有頭靠的椅子上進行下顎運動以及咀嚼口香糖的測試；受試者進行測試前先指導受試者採自然坐姿坐於椅子上，正面面對前額面的攝影機，並調整受試者使眼珠的連線平行於水平面線。在進行咀嚼測試之前先確認受試者瞭解並練習受試動作直至受試者熟悉各項動作，在確認受試者可以順利進行受測動作後再進行測試。

在下顎運動的測試方面，記錄最大開閉口運動、最大前突後開閉口、最大左方側方開閉口、最大右方側方開閉口四類下顎邊際運動，每項運動各進行七次；在進行下個類別的運動前讓受試者休息60秒，以免因為肌肉疲乏造成實驗誤差。

之後進行咀嚼口香糖的測試，正式咀嚼前，先請受試者將口香糖塊置於舌頭上，牙齒呈現正中咬合的狀況，待準備就緒後，令受試者跟隨指定動作完成指定嚼次。在咀嚼類別方面，分為四個咀嚼類別，分別為自由咀嚼硬的口香糖(free hard, FH)、自由咀嚼軟的口香糖(free soft, FS)、左側咀嚼軟的口香糖(left side soft, LS)、右側咀嚼軟的口香糖(right side soft, RS)；前述的口香糖(3-2-2)定義為硬的口香糖，當病人經過一定咀嚼後，在口香糖中沒有硬殼糖衣時定義為軟的口香糖。因此在整個測試中受試者必須咀嚼一個口香

糖。咀嚼口香糖的記錄方式為記錄每個嚼次各20秒，每個嚼次之間休息60秒，目的在於避免肌肉疲乏造成實驗誤差。

記錄的時間為受試者接受矯正治療前、矯正動態治療中每次病人回診時間以及矯正動態治療結束；動態治療中的回診時間區分為兩者，第一：矯正器黏著後至前牙反咬改正前，此段時間為兩個星期回診一次。第二：前牙反咬改正後至矯正器拆除前，此段時間為每個月回診一次。

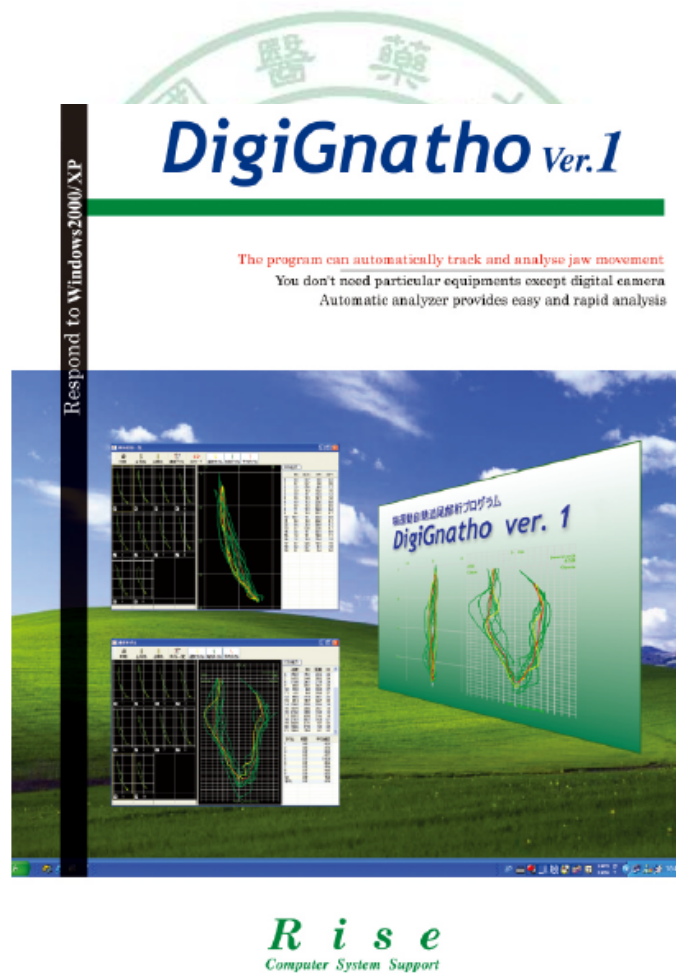


圖 3-16：下顎運動追蹤分析軟體：DigiGnatho V1.3

3-5 實驗資料分析

取得的所有影像紀錄以DigiGnatho V1.3分析，分別就前額面及矢狀面分析下顎邊際運動（最大開閉口運動、最大前突後開閉口、最大左方側方開閉口、最大右方側方開閉口四類）以及咀嚼運動（自由咀嚼硬的口香糖、自由咀嚼軟的口香糖、左側咀嚼軟的口香糖、右側咀嚼軟的口香糖四類）；我們將下顎三度空間的運動以兩個平面分別描述，分別是：受試者的正面觀（frontal plane）與受試者的側面觀（sagittal plane）。正面觀之平面以咀嚼運動的左右位移為橫軸（X軸），咀嚼運動的上下位移為縱軸（Y軸）；側面觀之平面以咀嚼運動的前後位移為橫軸（X軸）；咀嚼運動的上下位移為縱軸（Y軸）。

下顎運動的分析可分為兩大類：一是三度空間的下顎運動分析；一是下顎咀嚼週期型態（chewing cycle pattern）分析。

3-5-1 下顎邊際運動的運動分析

將最大開閉口運動、最大前突後開閉口、最大左方側方開閉口、最大右方側方開閉口四類進行下顎分析，其分析變項如下：

前額面的下顎邊際運動分析：

1. 垂直位移量，即該次下顎邊際運動週期最大上下位移量。

2. 水平位移量，即該次下顎邊際運動週期最大左右位移量。

矢狀面的下顎邊際運動分析：

1. 垂直位移量，即該次下顎邊際運動週期最大上下位移量。

2. 水平位移量，即該次下顎邊際運動週期最大左右位移量。

3-5-2 咀嚼循環運動的運動分析

將四個咀嚼類別，分別為自由咀嚼硬的口香糖、自由咀嚼軟的口香糖、左側咀嚼軟的口香糖、右側咀嚼軟的口香糖進行下顎分析，每個人的所有咀嚼循環第一次在電腦螢幕上以視覺評估，不正常的循環、變形（定義為：過度的延長咀嚼循環期間，過度的側向突出）如因為吞嚥、食糰換位置或不完全的嘴巴閉合等資料會被移除；其分析變項如下：

前額面的下顎邊際運動分析：

1. 垂直位移量：即該次咀嚼運動週期最大上下位移量。

2. 水平位移量：即該次咀嚼運動週期最大左右位移量。

3. 咀嚼週期垂直方向開口瞬間最大速度。

4. 咀嚼週期垂直方向開口瞬間最大速度發生位置。

5. 咀嚼週期垂直方向閉口瞬間最大速度。
6. 咀嚼週期垂直方向閉口瞬間最大速度發生位置。
7. 咀嚼週期的平均時間。
8. 咀嚼週期的平均速度。

矢狀面的下顎邊際運動分析：

1. 垂直位移量：即該次咀嚼邊際運動週期最大上下位移量。
2. 水平位移量：即該次咀嚼邊際運動週期最大左右位移量。



3-6 統計方法

本研究欲探討矯正治療後，下顎運動的功能是否會隨著時間改善。為了呈現時變趨勢，以前牙反咬改正的時間點為起始點，以欲分析的測量參數為依變項，咬合改正後的時間為自變項，依照受試者不同時間的資料畫出個別的迴歸線(regression line)，以便觀察每位受試者在前牙反咬改正後的變化趨勢。

另外，為了描述研究個案整體的時變趨勢，我們使用廣義線性模式 (generalized linear model) 中處理縱貫式資料 (longitudinal data) 的分析方法－廣義估計式 (generalized estimating equation, GEE)，來調整資料中的相關性在分析時所造成的估計偏差，並且在校正(adjust)性別的影響後，評估咬合改正後的時間變化對下顎邊際運動與咀嚼運動的影響。

本研究在GEE分析中估計參數所用的相關結構為AR(1) (auto-regression with first order correlation)。此模式同時考慮了時間與性別的效應。當雙尾(two-sided)的p-value<0.05時，視為具有統計上的顯著意義。所有的統計分析均以SAS 9.1統計套裝軟體執行。

第四章 結果

4-1 辯證試驗

本研究使用材料試驗機機型為 JSV H1000 立式自動測試台 (Automatic Handy Stand) 來進行辯證試驗方面，機台可以精確顯示移動距離及移動速度；在進行三十次的垂直升降測試之後，其進行的結果如下表：

表 4-1：JSV H1000 移動距離測試之結果

機台實際移動距離	60 mm	45mm	30 mm	15 mm	5 mm
平均垂直位移	59.74 mm	45.27 mm	29.99 mm	15.32 mm	4.92 mm
垂直位移之標準差	0.22 mm	0.25 mm	0.52mm	0.12 mm	0.07 mm
平均水平位移	-0.35 mm	-0.29 mm	-0.26 mm	-0.03 mm	-0.14 mm
水平位移之標準差	0.14 mm	0.13 mm	0.09 mm	0.16 mm	0.10 mm

另外本研究額外挑選45mm及15mm兩個影像紀錄，由同一人各進行三十次的比例尺輸入以釐清人為操作是否造成距離誤差的部分，結果如下表：

表 4-2：比例尺輸入之測試結果

機台實際移動距離	45 mm	15 mm
平均位移量	45.23 mm	15.13 mm
平均位移量之標準差	0.37 mm	0.34 mm

4-2 進行邊際運動時下顎運動軌跡的測量及分析結果

在後續每個不同運動觀測皆有兩個圖表以顯示本研究之結果；在左側的圖表是隨著時間而改變的變項，在路徑方面是以距離（單位為mm）表示；另外為了觀察受試者在反咬改正後的趨勢，研究會依照受試者不同時間的資料畫出個別的迴歸線(regression line)，以便觀察每位受試者在前牙反咬改正後的變化趨勢，如下列圖表顯示。

4-2-1 矢狀面的邊際運動軌跡測量及分析結果

由矢狀面對於下顎邊際運動的量測結果如下：

在表格中的橫軸代表時間，單位為週數，原點為反咬改正當週，原點之前是治療開始，原點之後是反咬改正後至矯正器拆除的治療時間；縱軸在觀察位移時是表示距離，單位是mm，在觀察速度時單位mm/sec，另外在觀察單一循環耗時單位為sec。

樣本為五位病人，分別以F1~F3代表女性病人1~3，M1、M2代表男性病人1與2。

1. 由矢狀面觀測下顎最大開口運動的垂直距離變化

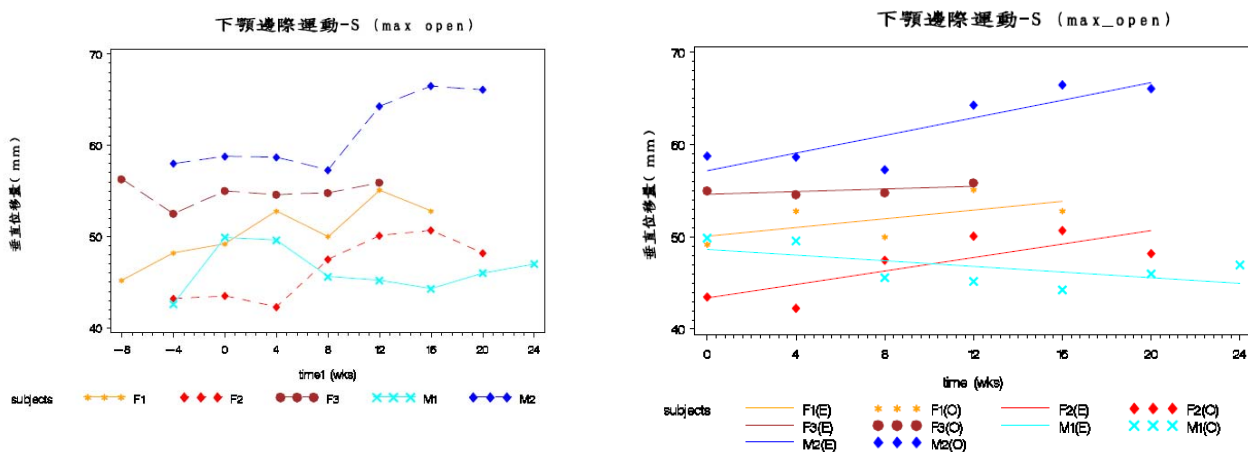


圖 4-1：矢狀面觀下顎最大開口運動的垂直距離變化與迴歸線之趨勢

2. 由矢狀面觀測下顎最大開口運動的前後距離變化

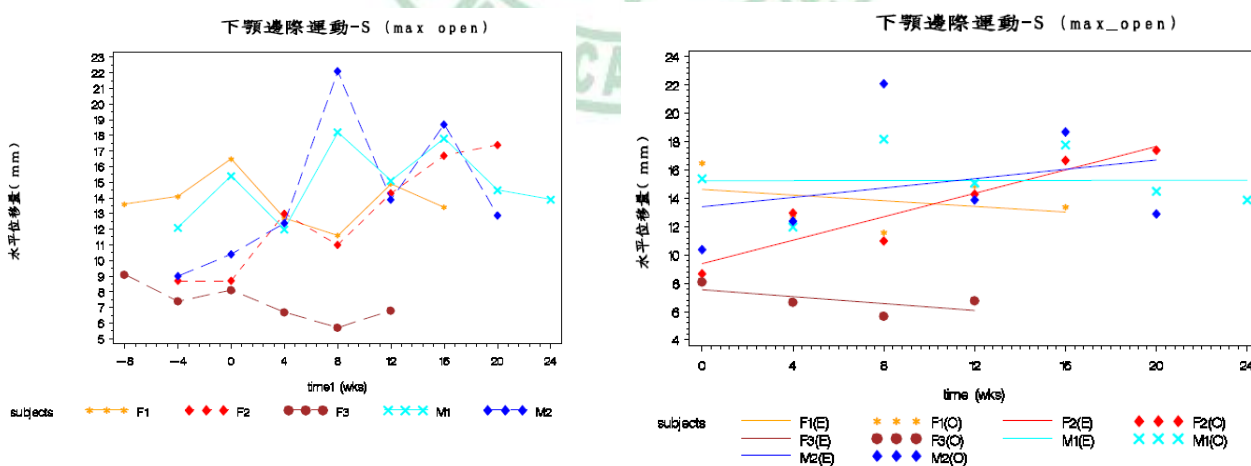


圖 4-2：矢狀面觀下顎最大開口運動的前後距離變化與迴歸線之趨勢

3. 由矢狀面觀測下顎最大前突運動的垂直距離變化

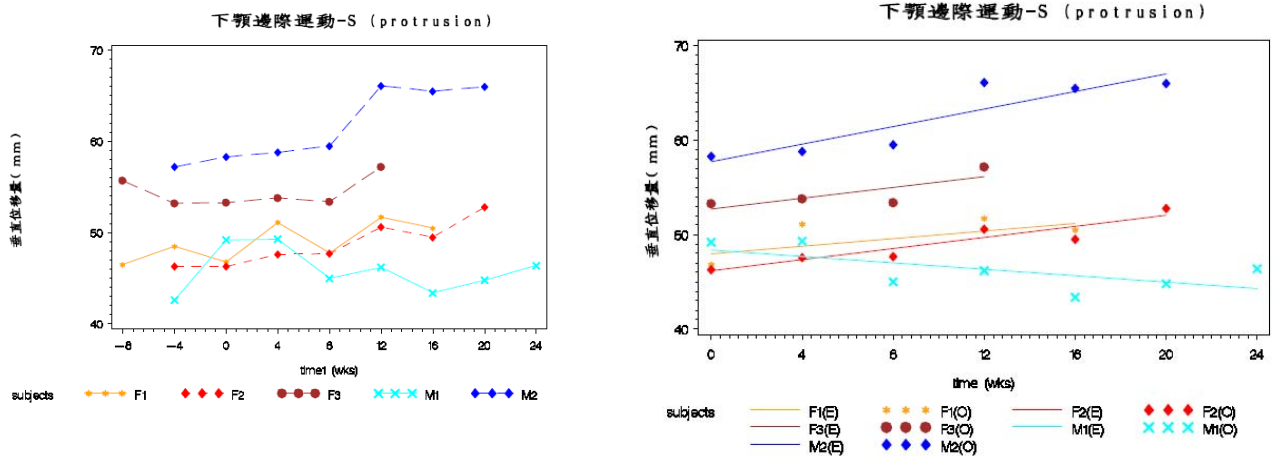


圖 4-3：矢狀面觀下顎最大前突運動的垂直距離變化與迴歸線之趨勢



4. 由矢狀面觀測下顎最大前突運動的前後距離變化

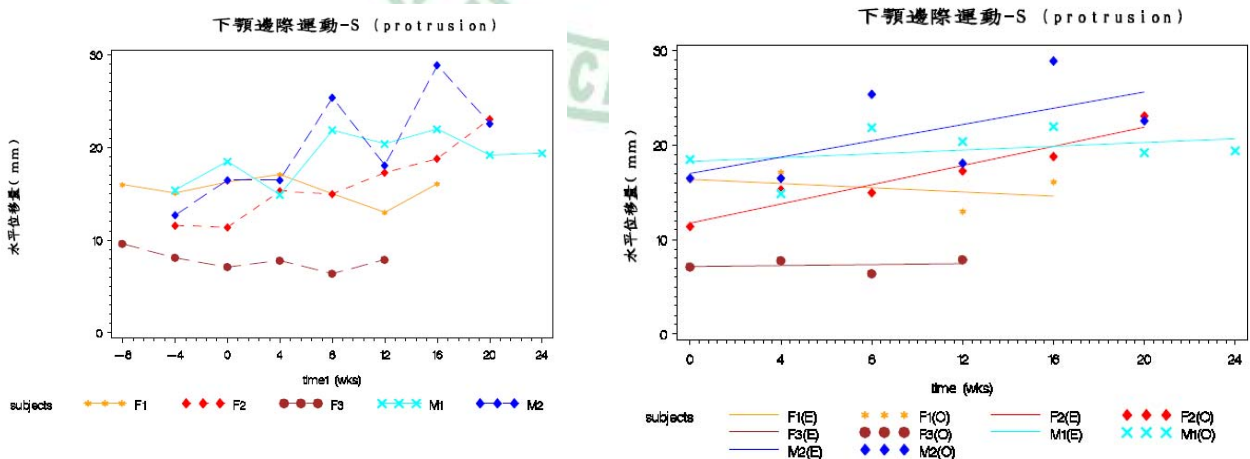


圖 4-4：矢狀面觀下顎最大前突運動的前後距離變化與迴歸線之趨勢

5. 由矢狀面觀測下顎最大左方側方運動的垂直距離變化

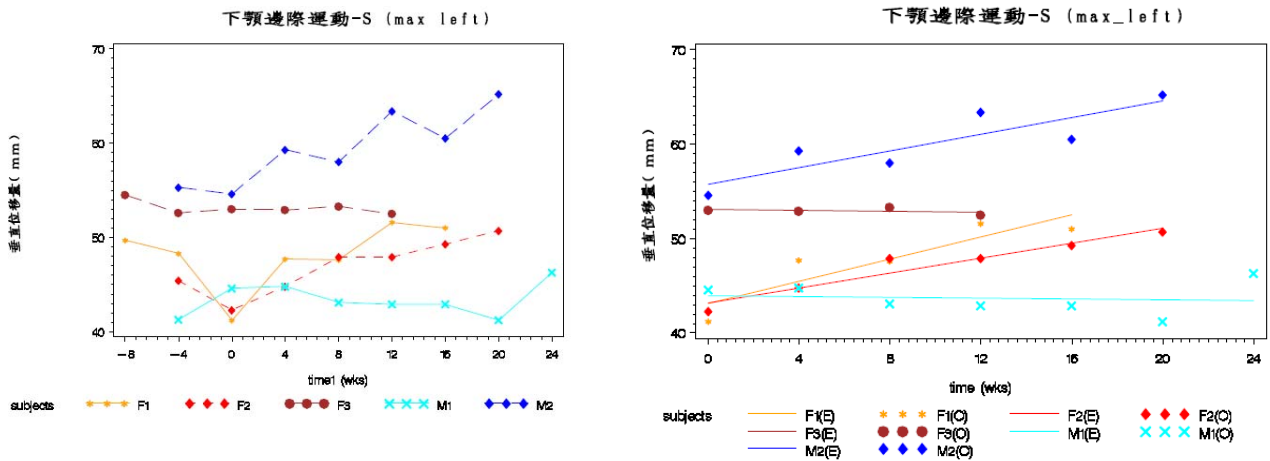


圖 4-5：矢狀面觀下顎最大左方側方運動的垂直距離變化與迴歸線之趨勢

6. 由矢狀面觀測下顎最大左方側方運動的前後距離變化

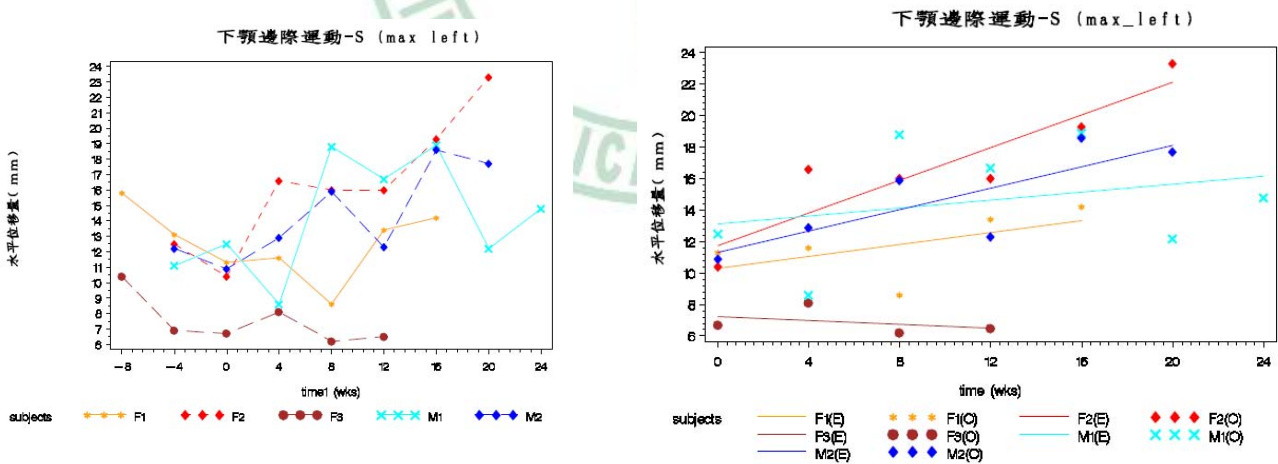


圖 4-6：矢狀面觀下顎最大左方側方運動的前後距離變化與迴歸線之趨勢

7. 由矢狀面觀測下顎最大右方側方運動的垂直距離變化

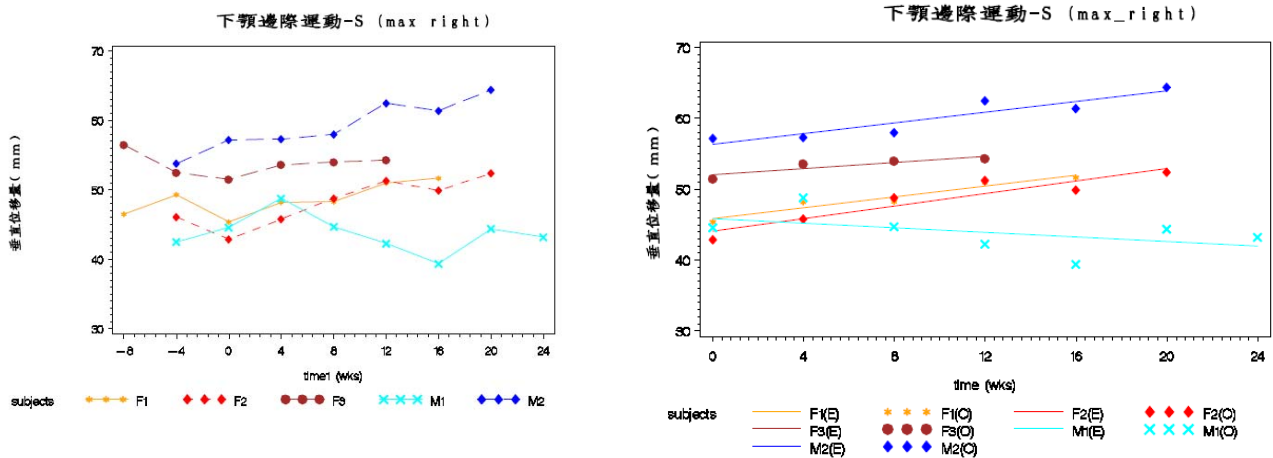


圖 4-7：矢狀面觀下顎最大右方側方運動的垂直距離變化與迴歸線之趨勢

8. 由矢狀面觀測下顎最大右方側方運動的前後距離變化

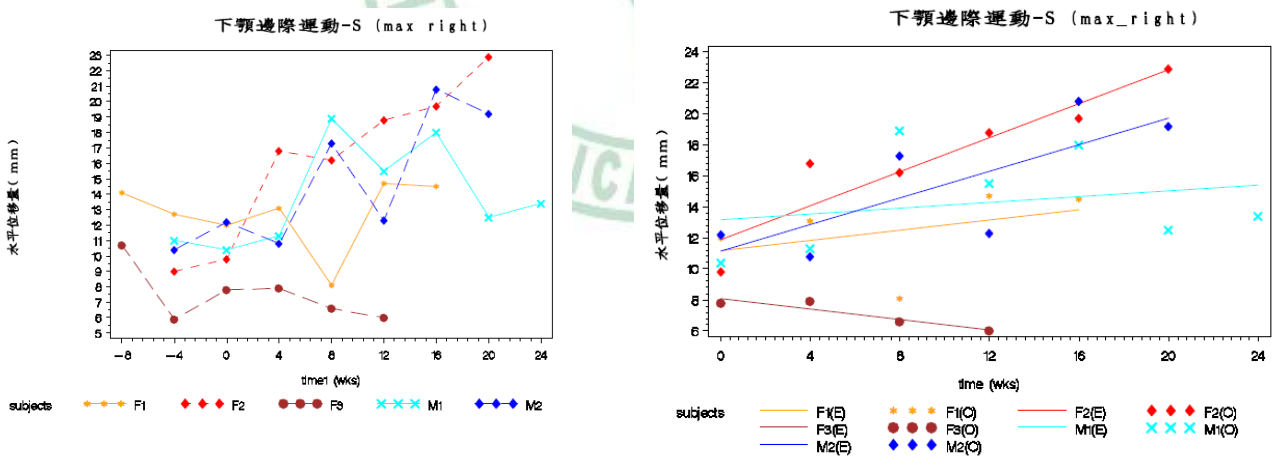


圖 4-8：矢狀面觀下顎最大右方側方運動的前後距離變化與迴歸線之趨勢

就矢狀面觀測下顎邊際運動的路徑來說，經過統計分析後如下表；不論性別所影響的因素而言，除了進行最大開口運動之外，其餘的邊際運動在垂直方面以及前後位移上都有明顯的改變。

就性別而言，男女間的差異則只有出現在最大前突運動的前後位移，男性會比女性多了5.604mm的移動量。

表 4-3：Generalized liner model with generalized estimating equation (GEE) under AR(1) correlation structure (矢狀面觀下顎邊際運動)

		垂直位移量 (mm)		前後位移量(mm)	
		Beta(SE)	p-value	Beta(SE)	p-value
最大開口運動位移	在反咬改正後的時間 (month)	0.570 (0.355)	0.108	0.543 (0.376)	0.149
	性別 (Male & Female)	4.130 (5.362)	0.441	2.784 (1.585)	0.079
最大前突運動位移	在反咬改正後的時間 (month)	0.821 (0.391)	0.036	1.057 (0.447)	0.018
	性別 (Male & Female)	3.193 (5.301)	0.547	5.604 (2.164)	0.010
最大左方側方運動位移	在反咬改正後的時間 (month)	1.300 (0.431)	0.003	1.237 (0.417)	0.003
	性別 (Male & Female)	3.215 (5.431)	0.554	1.222 (2.253)	0.588
最大右方側方運動位移	在反咬改正後的時間 (month)	1.033 (0.409)	0.012	1.217 (0.444)	0.006
	性別 (Male & Female)	1.767 (6.084)	0.772	0.950 (2.351)	0.686

4-2-2 前額面的邊際運動軌跡測量及分析結果

由前額面對於下顎邊際運動的量測結果如下：

1. 由前額面觀測下顎最大開口運動的垂直距離變化

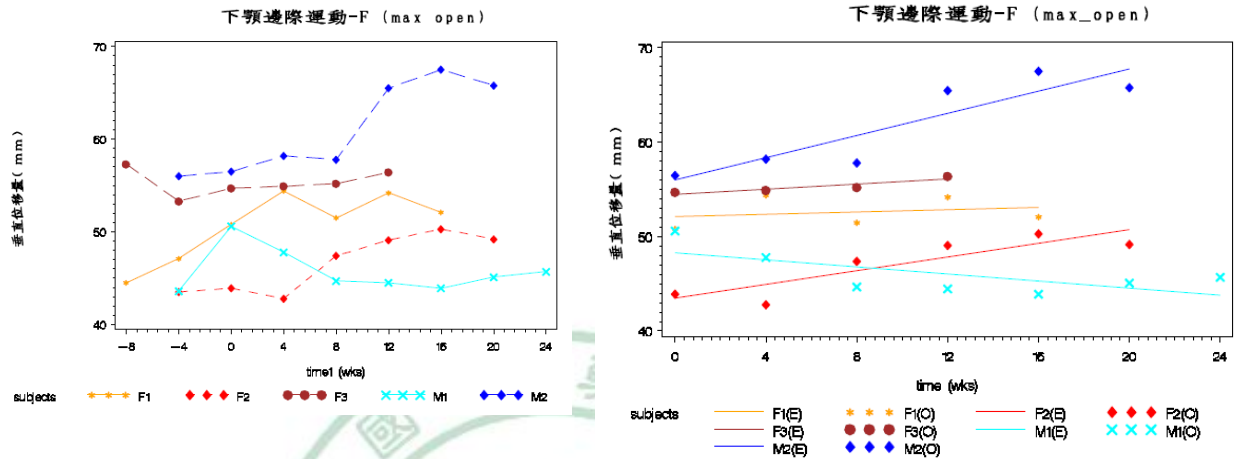


圖 4-9：前額面觀下顎最大開口運動的垂直距離變化與迴歸線之趨勢

2. 由前額面觀測下顎最大開口運動的水平距離變化

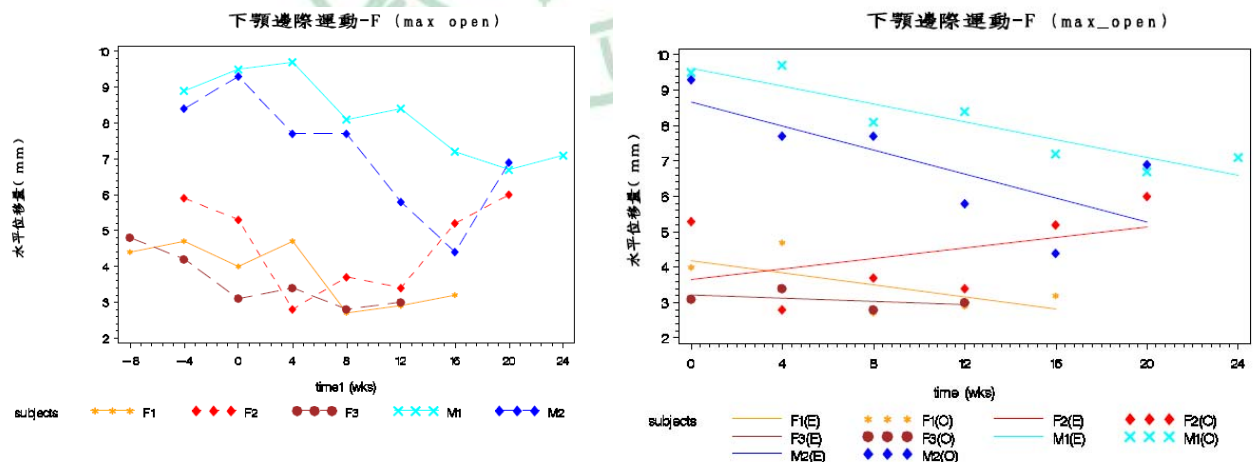


圖 4-10：前額面觀下顎最大開口運動的水平距離變化與迴歸線之趨勢

3. 由前額面觀測下顎最大前突運動的垂直距離變化

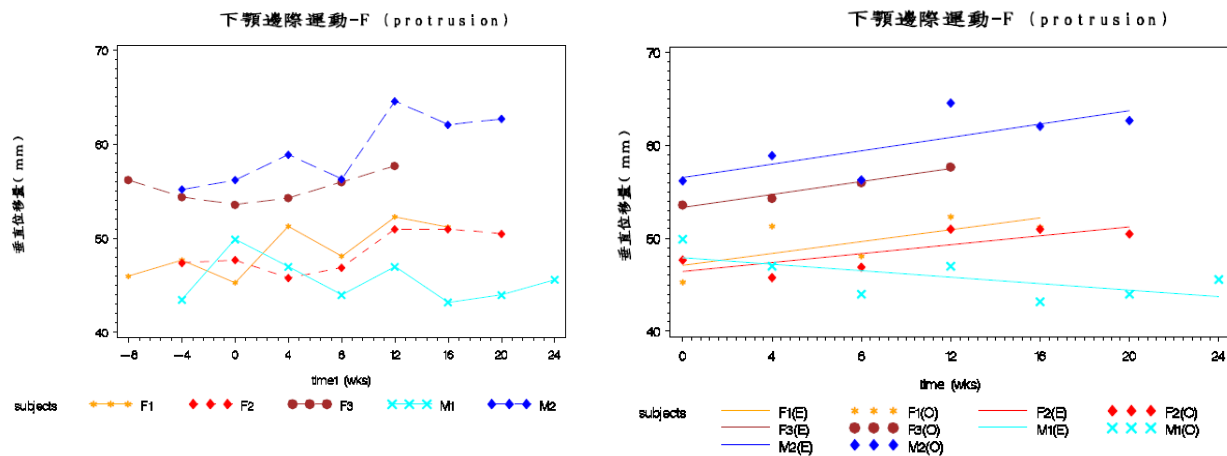


圖 4-11：前額面觀下顎最大前突運動的垂直距離變化與迴歸線之趨勢

4. 由前額面觀測下顎最大前突運動的水平距離變化

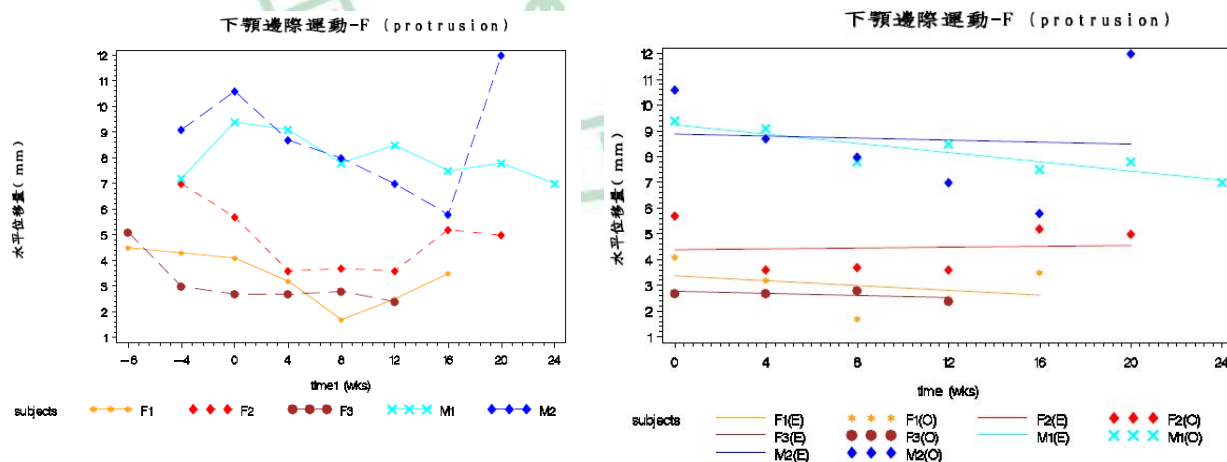


圖 4-12：前額面觀下顎最大前突運動的水平距離變化與迴歸線之趨勢

5. 由前額面觀測下顎最大左方側方運動的垂直距離變化

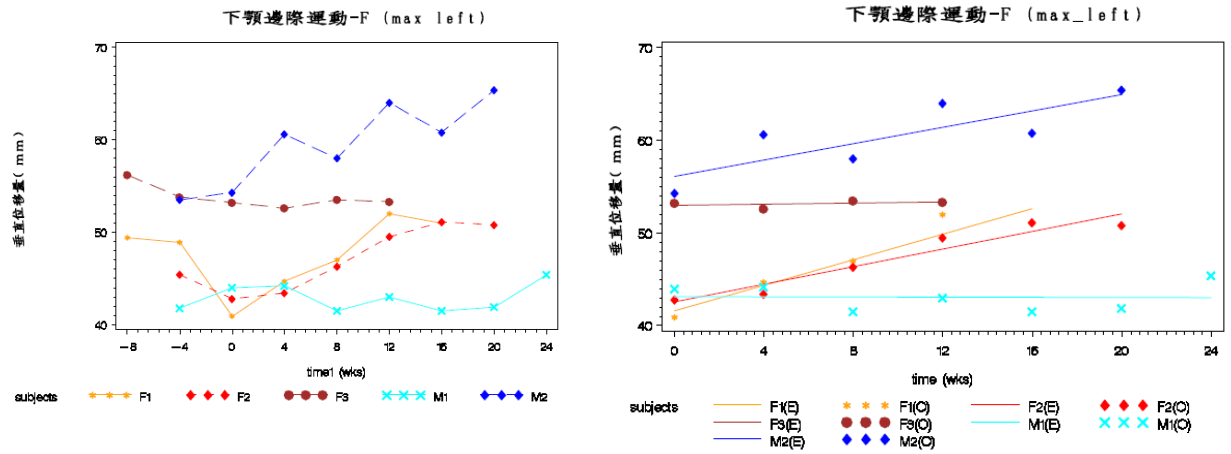


圖 4-13：前額面觀下顎最大左方側方運動的垂直距離變化與迴歸線之趨勢

6. 由前額面觀測下顎最大左方側方運動的水平距離變化

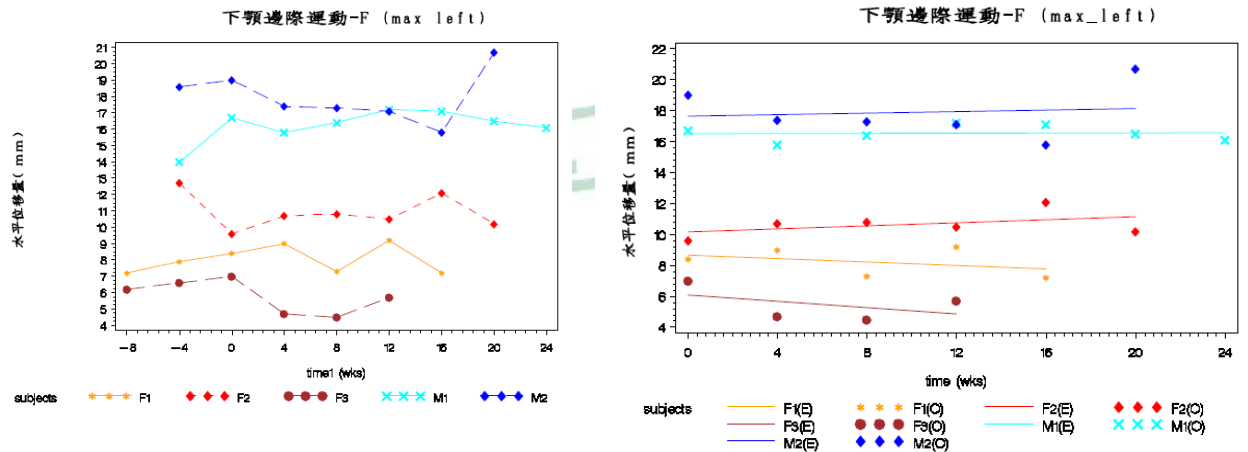


圖 4-14：前額面觀下顎最大左方側方運動的水平距離變化與迴歸線之趨勢

7. 由前額面觀測下顎最大右方側方運動的垂直距離變化

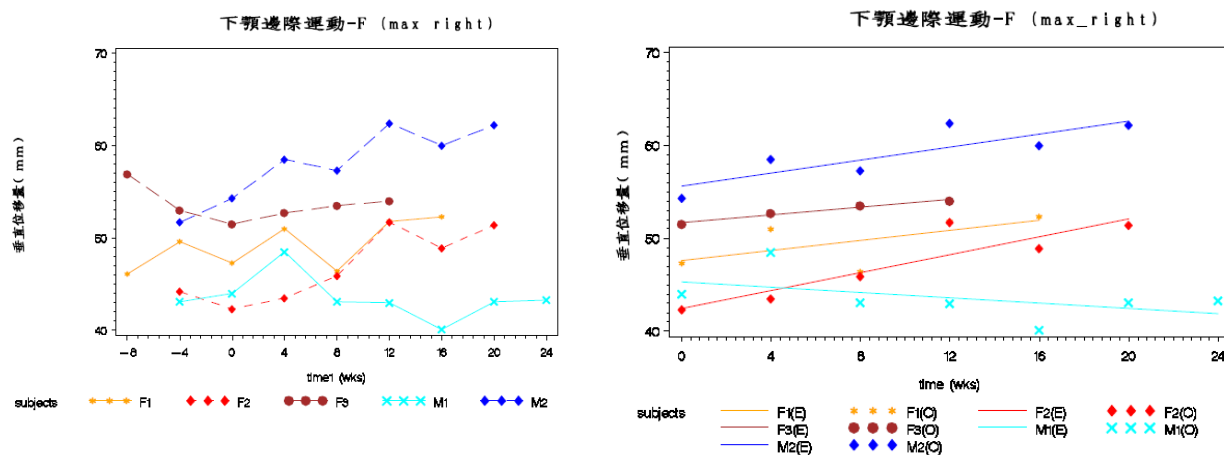


圖 4-15：前額面觀下顎最大右方側方運動的垂直距離變化與迴歸線之趨勢

8. 由前額面觀測下顎最大右方側方運動的水平距離變化

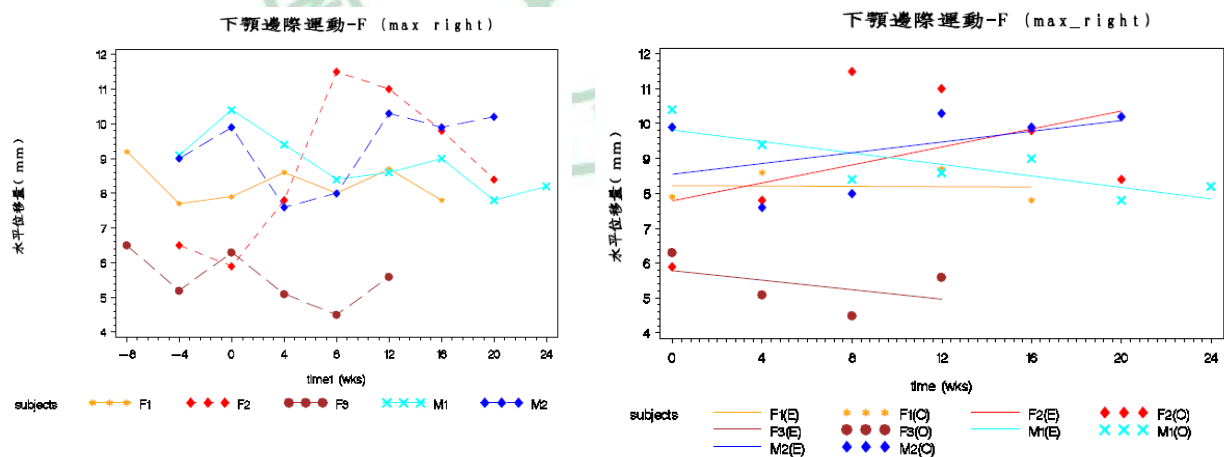


圖 4-16：前額面觀下顎最大右方側方運動的水平距離變化與迴歸線之趨勢

就前額面觀測下顎邊際運動的路徑來說，經過統計分析後如下表，在垂直位移量的變化方面，只有在側方運動有明顯的改變，同時是在左側與右側皆有變化；但是在水平位移量在最大開口量及前突運動方面有下降的趨勢，但是沒有統計上顯著的差異。

就男女差異而言，在垂直位移量上都沒有明顯的差異，但是在水平位移量上男性明顯都大於女性。

表 4-4 : Generalized liner model with generalized estimating equation (GEE) under AR(1) correlation structure (前額面觀下顎邊際運動)

		垂直位移量 (mm)		水平位移量(mm)	
		Beta(SE)	p-value	Beta(SE)	p-value
最大開口運動位移	在反咬改正後的時間 (month)	0.552 (0.471)	0.241	-0.219 (0.153)	0.152
	性別 (Male & Female)	3.052 (4.876)	0.531	4.030 (0.630)	<.0001
最大前突運動位移	在反咬改正後的時間 (month)	0.601 (0.425)	0.158	-0.115 (0.112)	0.303
	性別 (Male & Female)	1.980 (4.583)	0.666	5.013 (0.557)	<.0001
最大左方側方運動位移	在反咬改正後的時間 (month)	1.333 (0.441)	0.003	0.019 (0.095)	0.845
	性別 (Male & Female)	2.598 (5.692)	0.648	9.337 (1.309)	<.0001
最大右方側方運動位移	在反咬改正後的時間 (month)	0.992 (0.376)	0.008	0.006 (0.156)	0.970
	性別 (Male & Female)	0.404 (5.377)	0.940	2.167 (0.631)	0.001

4-3 進行咀嚼運動時下顎運動軌跡的測量及分析

4-3-1 矢狀面的咀嚼運動軌跡測量及分析結果

1. 矢狀面觀測自由咀嚼硬的口香糖垂直距離變化

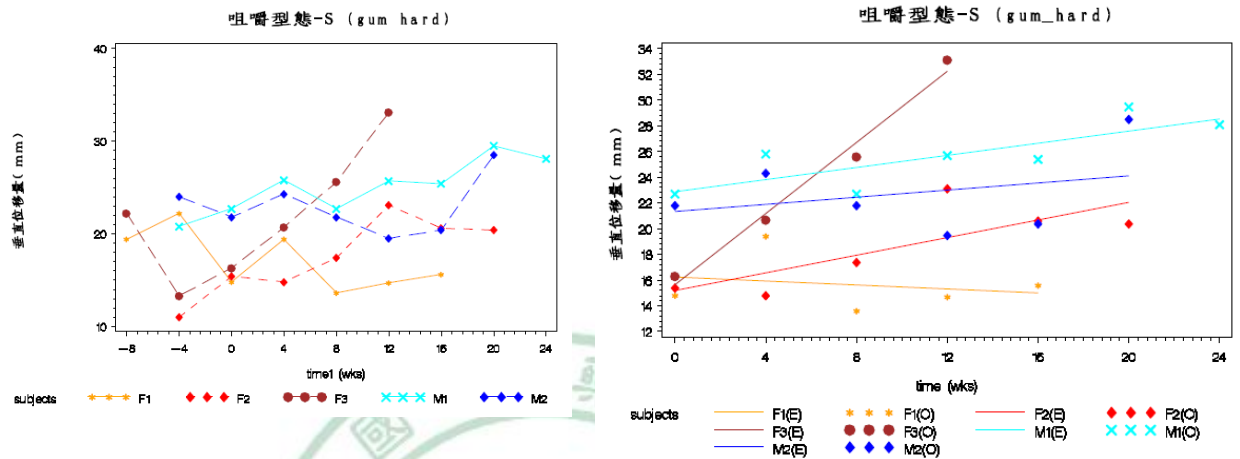


圖 4-17：矢狀面觀自由咀嚼硬的口香糖垂直距離變化與迴歸線之趨勢

2. 矢狀面觀測自由咀嚼硬的口香糖水平距離變化

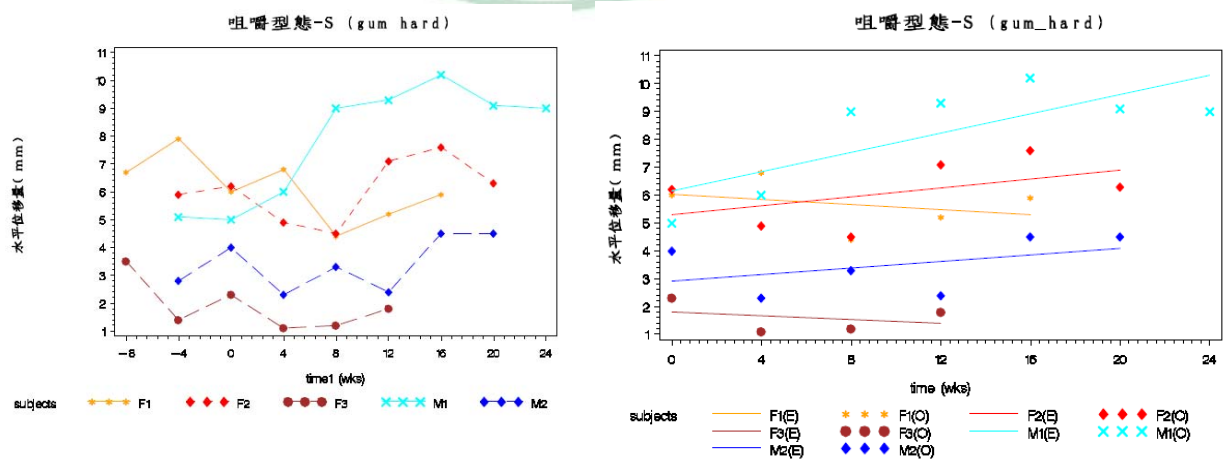


圖 4-18：矢狀面觀自由咀嚼硬的口香糖水平距離變化與迴歸線之趨勢

3. 矢狀面觀測自由咀嚼軟的口香糖垂直距離變化

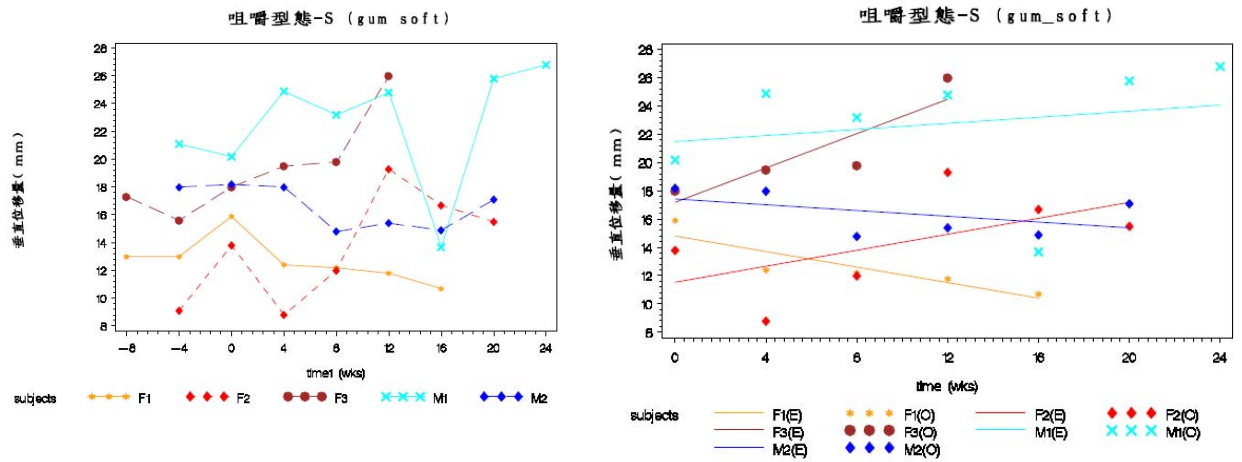


圖 4-19：矢狀面觀測自由咀嚼軟的口香糖垂直距離變化與迴歸線之趨勢

4. 矢狀面觀測自由咀嚼軟的口香糖水平距離變化

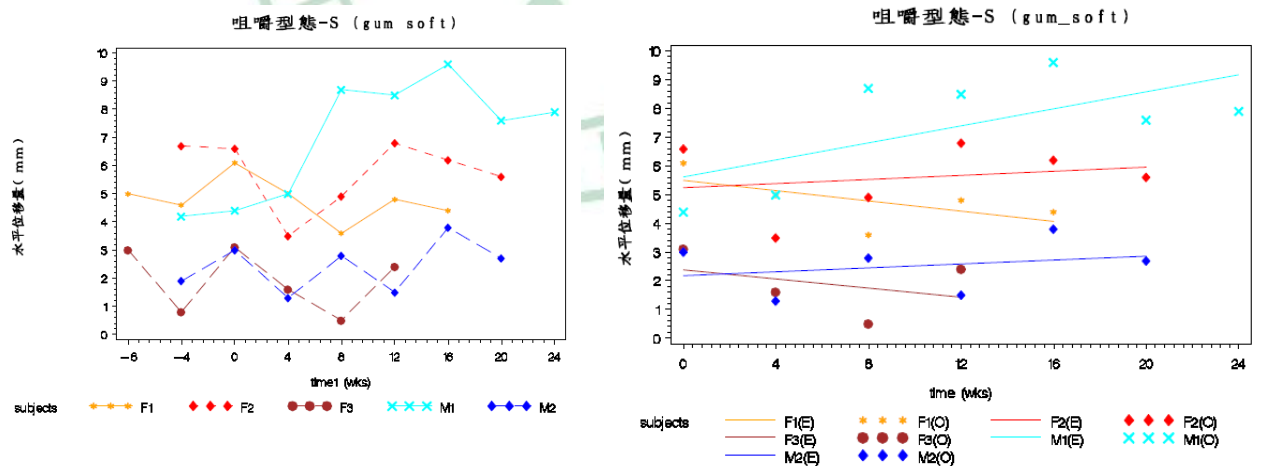


圖 4-20：矢狀面觀測自由咀嚼軟的口香糖水平距離變化與迴歸線之趨勢

5. 矢狀面觀測左側咀嚼軟的口香糖垂直距離變化

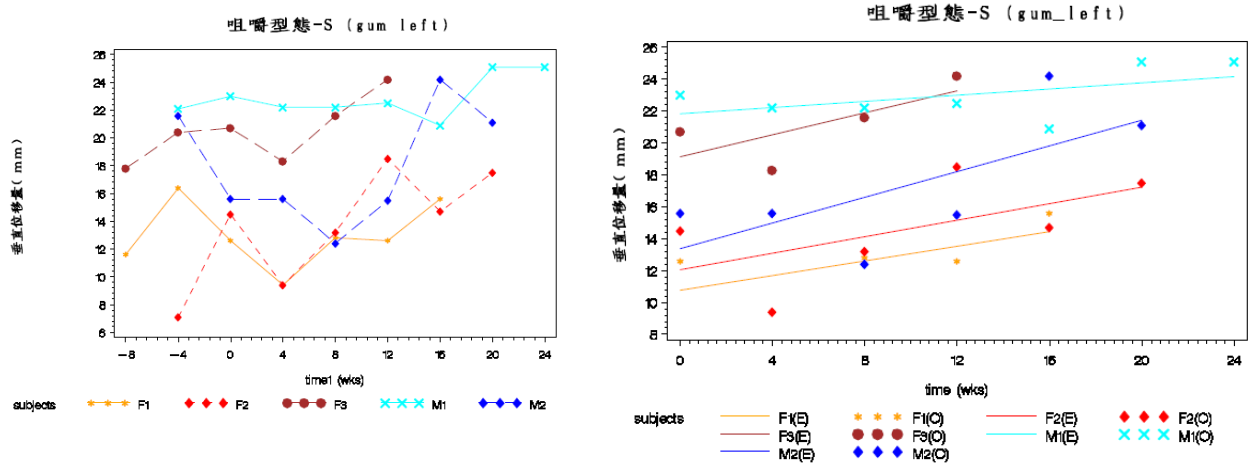


圖 4-21：矢狀面觀測左側咀嚼軟的口香糖垂直距離變化與迴歸線之趨勢

6. 矢狀面觀測左側咀嚼軟的口香糖水平距離變化

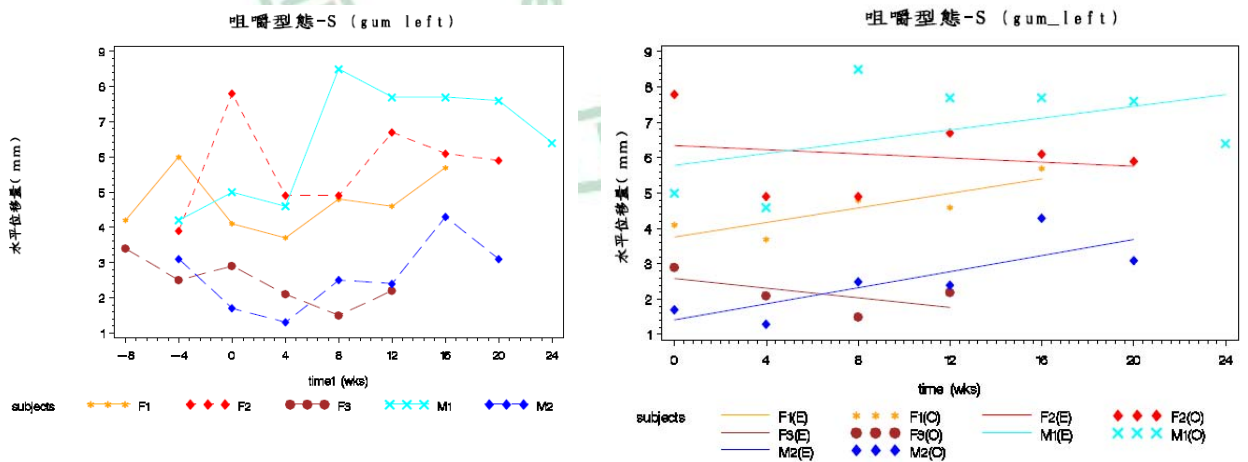


圖 4-22：矢狀面觀測左側咀嚼軟的口香糖水平距離變化與迴歸線之趨勢

7. 矢狀面觀測右側咀嚼軟的口香糖垂直距離變化

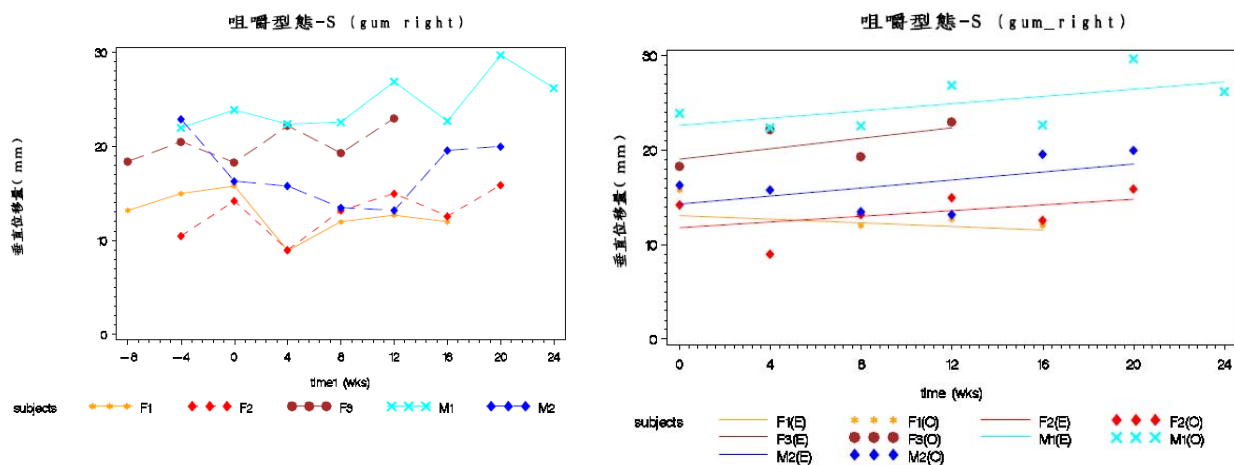


圖 4-23：矢狀面觀測右側咀嚼軟的口香糖垂直距離變化與迴歸線之趨勢

8. 矢狀面觀測右側咀嚼軟的口香糖水平距離變化

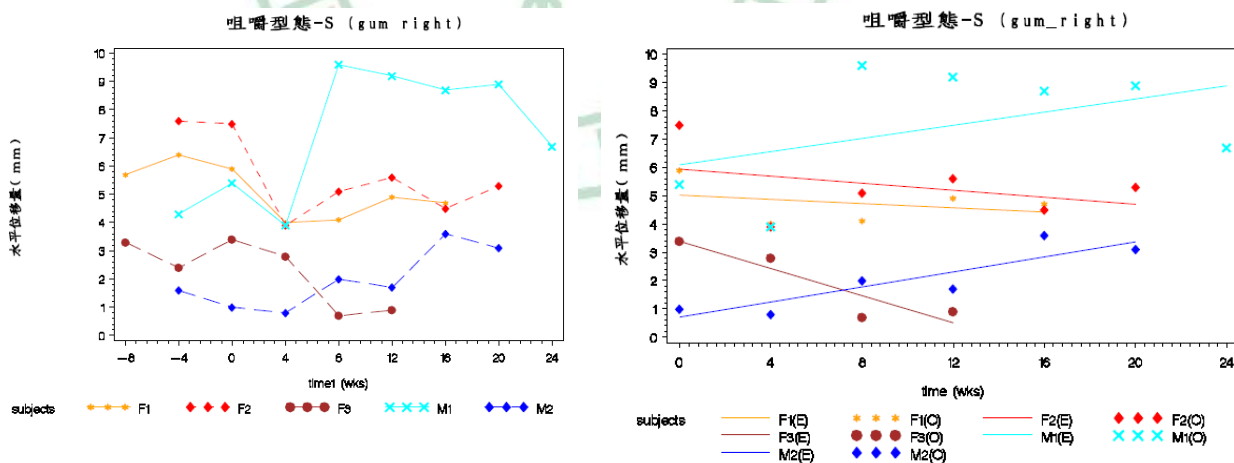


圖 4-24：矢狀面觀測右側咀嚼軟的口香糖水平距離變化與迴歸線之趨勢

由矢狀面來進行咀嚼路徑的評估而言，在垂直位移方面有統計學上有明顯意義的部分有咀嚼硬的口香糖、左側咀嚼口香糖，其趨勢都是隨著時間而有增加的，在性別上則沒明顯差異。

在前後的位移量上，無論在時間或性別上皆無明顯差異。

表 4-5：Generalized liner model with generalized estimating equation (GEE) under AR(1) correlation structure (矢狀面觀下顎咀嚼路徑)

		垂直位移量 (mm)		前後位移量(mm)	
		Beta(SE)	p-value	Beta(SE)	p-value
自由咀嚼硬的的口香糖	在反咬改正後的時間 (month)	1.176 (0.334)	0.000	0.192 (0.145)	0.183
	性別 (Male & Female)	4.619 (2.396)	0.054	0.792 (1.433)	0.581
自由咀嚼軟的的口香糖	在反咬改正後的時間 (month)	0.328 (0.312)	0.293	0.042 (0.180)	0.818
	性別 (Male & Female)	3.945 (2.895)	0.173	0.060 (1.480)	0.968
左側咀嚼軟的的口香糖	在反咬改正後的時間 (month)	0.719 (0.159)	<.0001	0.124 (0.124)	0.317
	性別 (Male & Female)	3.646 (2.867)	0.203	-0.479 (1.560)	0.759
右側咀嚼軟的的口香糖	在反咬改正後的時間 (month)	0.378 (0.240)	0.115	-0.037 (0.179)	0.837
	性別 (Male & Female)	5.161 (3.333)	0.122	-0.089 (1.895)	0.962

4-3-2 前額面的咀嚼運動軌跡測量及分析結果

1. 前額面觀測自由咀嚼硬的口香糖垂直距離變化

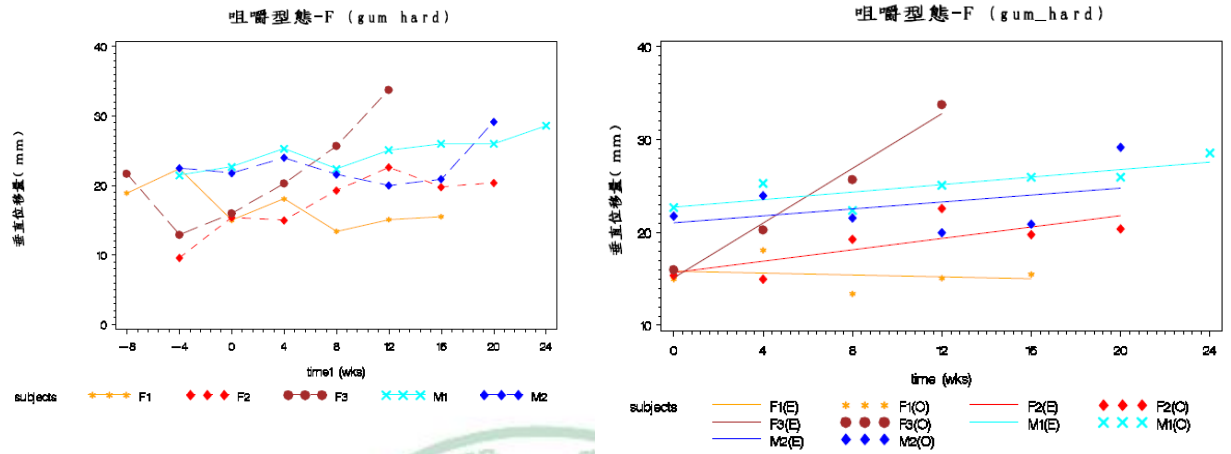


圖 4-25：前額面觀自由咀嚼硬的口香糖垂直距離變化與迴歸線之趨勢

2. 前額面觀測自由咀嚼硬的口香糖水平距離變化

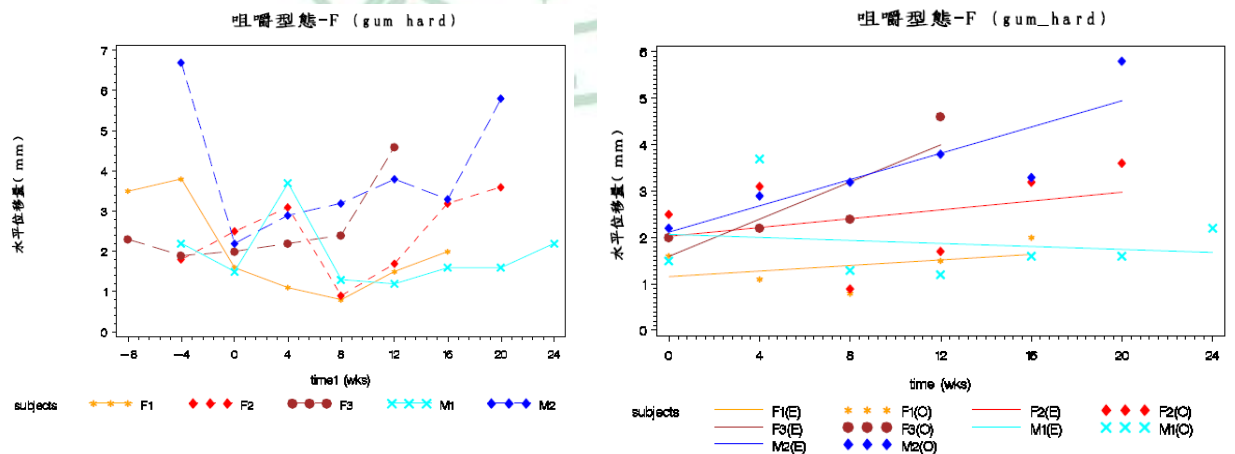


圖 4-26：前額面觀自由咀嚼硬的口香糖水平距離變化與迴歸線之趨勢

3. 前額面觀測自由咀嚼軟的口香糖垂直距離變化

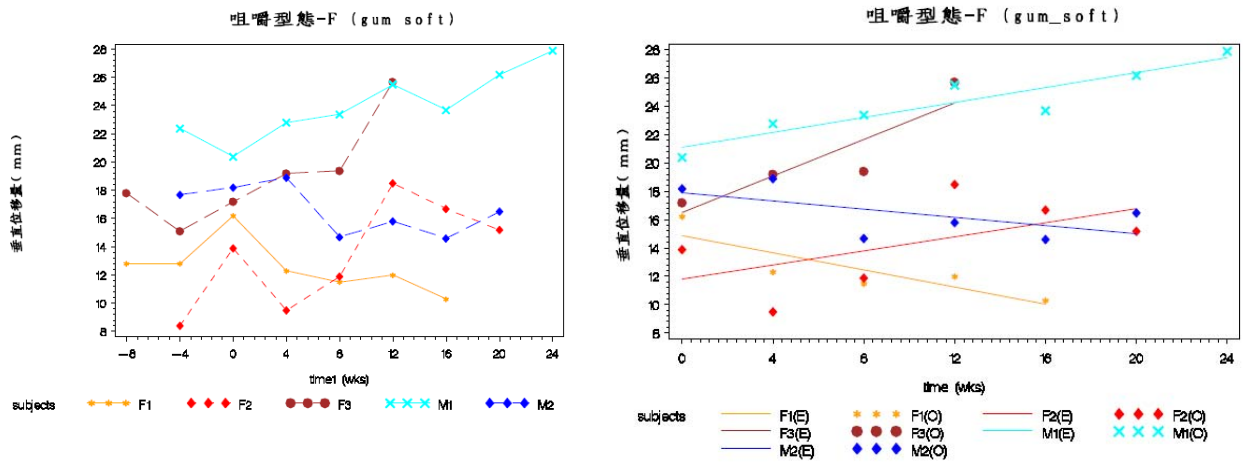


圖 4-27：前額面觀測自由咀嚼軟的口香糖垂直距離變化與迴歸線之趨勢

4. 前額面觀測自由咀嚼軟的口香糖水平距離變化

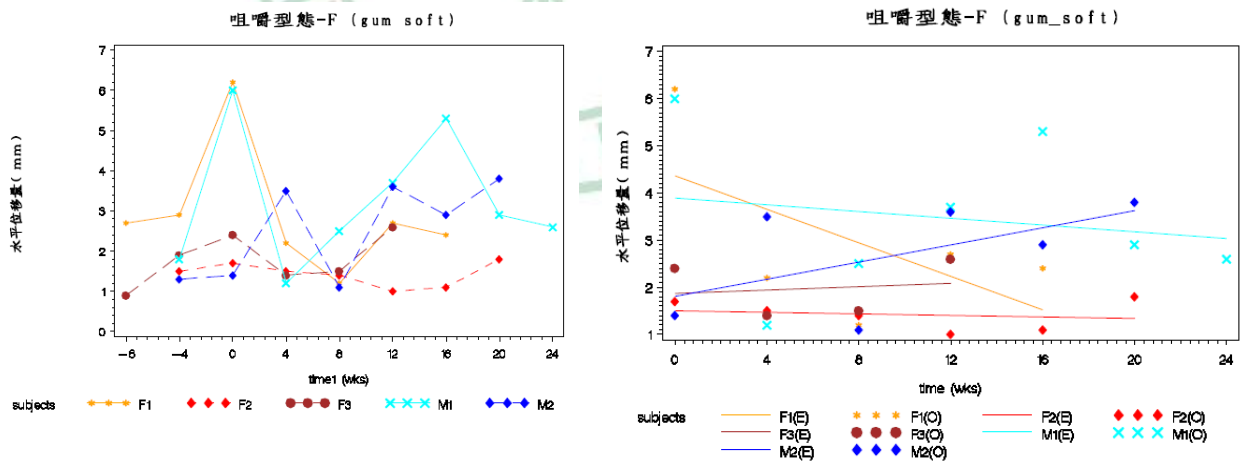


圖 4-28：前額面觀測自由咀嚼軟的口香糖水平距離變化與迴歸線之趨勢

5. 前額面觀測左側咀嚼軟的口香糖垂直距離變化

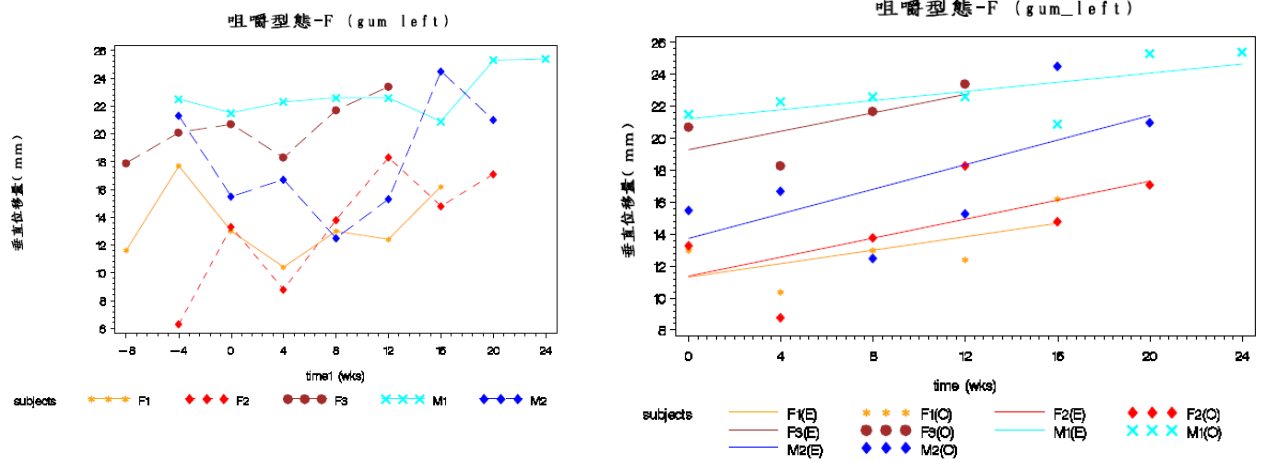


圖 4-29：前額面觀測左側咀嚼軟的口香糖垂直距離變化與迴歸線之趨勢

6. 前額面觀測左側咀嚼軟的口香糖水平距離變化

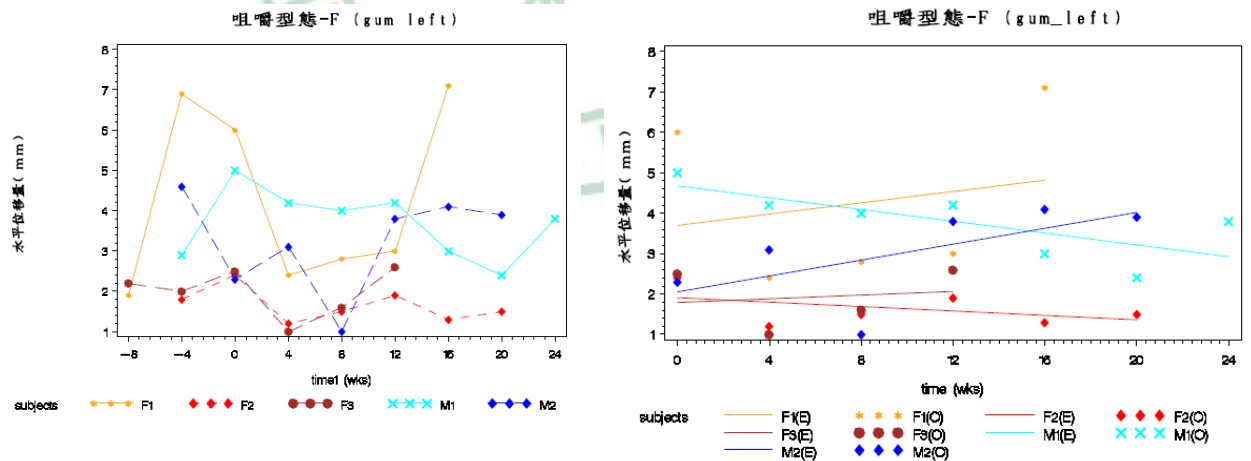


圖 4-30：前額面觀測左側咀嚼軟的口香糖水平距離變化與迴歸線之趨勢

7. 前額面觀測右側咀嚼軟的口香糖垂直距離變化

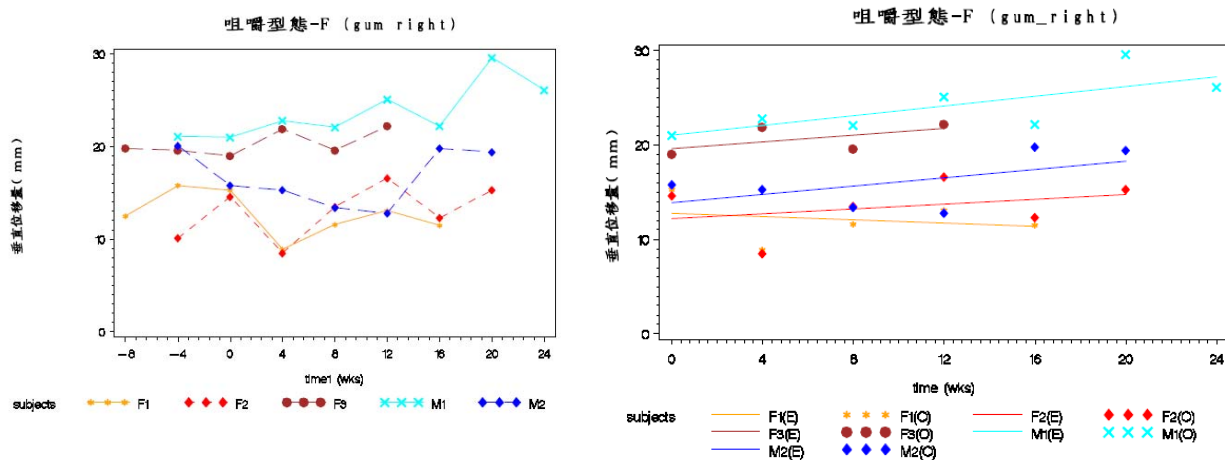


圖 4-31：前額面觀測右側咀嚼軟的口香糖垂直距離變化與迴歸線之趨勢

8. 前額面觀測右側咀嚼軟的口香糖水平距離變化

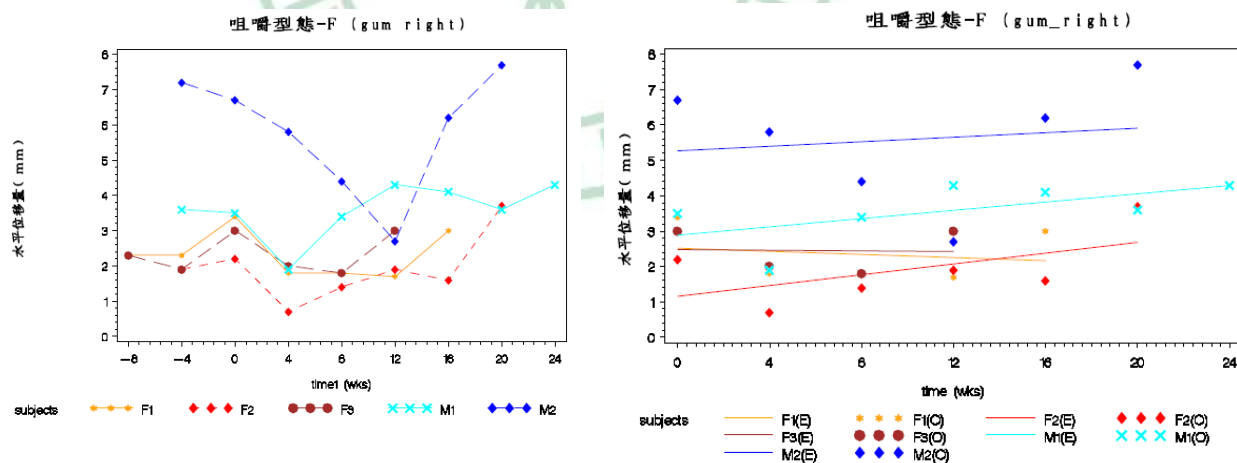


圖 4-32：前額面觀測右側咀嚼軟的口香糖水平距離變化與迴歸線之趨勢

咀嚼硬的口香糖在反咬改正後至咬合穩定時，在垂直位移以及水平位移都有明顯的增加，至於其他的部分沒有特別顯著的差異。在男女性別差異上，大致還是有男性大於女性的趨勢，大多還是沒有顯著差異。

表 4-6：Generalized liner model with generalized estimating equation (GEE) under AR(1) correlation structure (額面觀下顎咀嚼路徑)

		垂直位移量 (mm)		水平位移量(mm)	
		Beta(SE)	p-value	Beta(SE)	p-value
自由咀嚼硬的口香糖	在反咬改正後的時間 (month)	1.229 (0.373)	0.001	0.252 (0.118)	0.033
	性別 (Male & Female)	4.505 (2.433)	0.064	0.175 (0.700)	0.803
自由咀嚼軟的口香糖	在反咬改正後的時間 (month)	0.398 (0.462)	0.390	-0.056 (0.127)	0.658
	性別 (Male & Female)	4.470 (3.207)	0.163	1.100 (0.468)	0.019
左側咀嚼軟的口香糖	在反咬改正後的時間 (month)	0.805 (0.128)	<.0001	0.001 (0.139)	0.993
	性別 (Male & Female)	3.637 (2.682)	0.175	0.754 (0.878)	0.391
右側咀嚼軟的口香糖	在反咬改正後的時間 (month)	0.411 (0.278)	0.139	0.108 (0.049)	0.028
	性別 (Male & Female)	4.500 (3.122)	0.150	2.229 (0.824)	0.007

4-3-3 前額面的咀嚼運動最大速度測量及分析結果

1. 前額面觀測自由咀嚼硬的口香糖最大開口速度變化

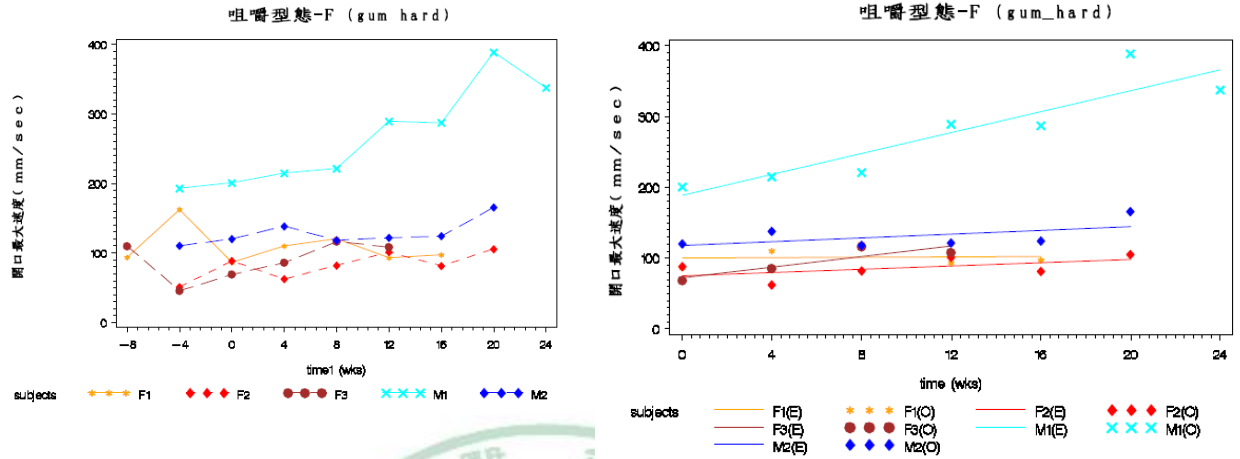


圖 4-33：前額面觀自由咀嚼硬的口香糖最大開口速度變化與迴歸線之趨勢

2. 前額面觀測自由咀嚼硬的口香糖最大閉口速度變化

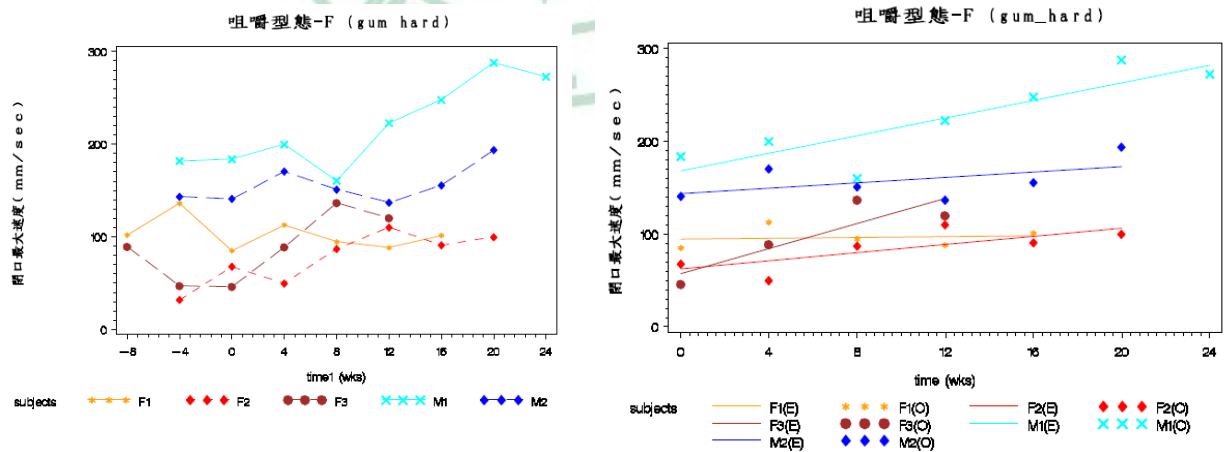


圖 4-34：前額面觀自由咀嚼硬的口香糖最大閉口速度變化與迴歸線之趨勢

3. 前額面觀測自由咀嚼軟的口香糖最大開口速度變化

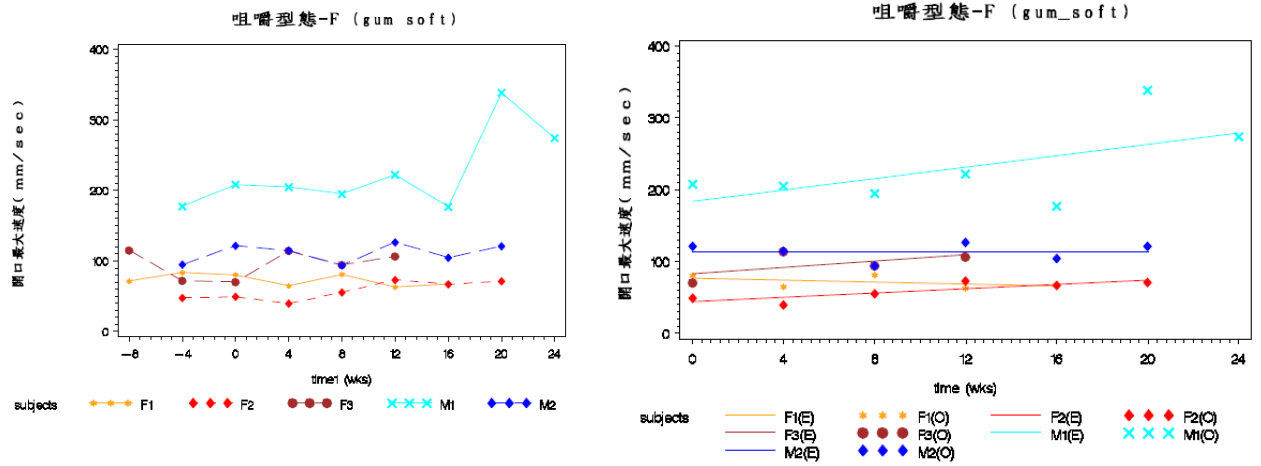


圖 4-35：前額面觀測自由咀嚼軟的口香糖最大開口速度變化與迴歸線之趨勢

4. 前額面觀測自由咀嚼軟的口香糖最大閉口速度變化

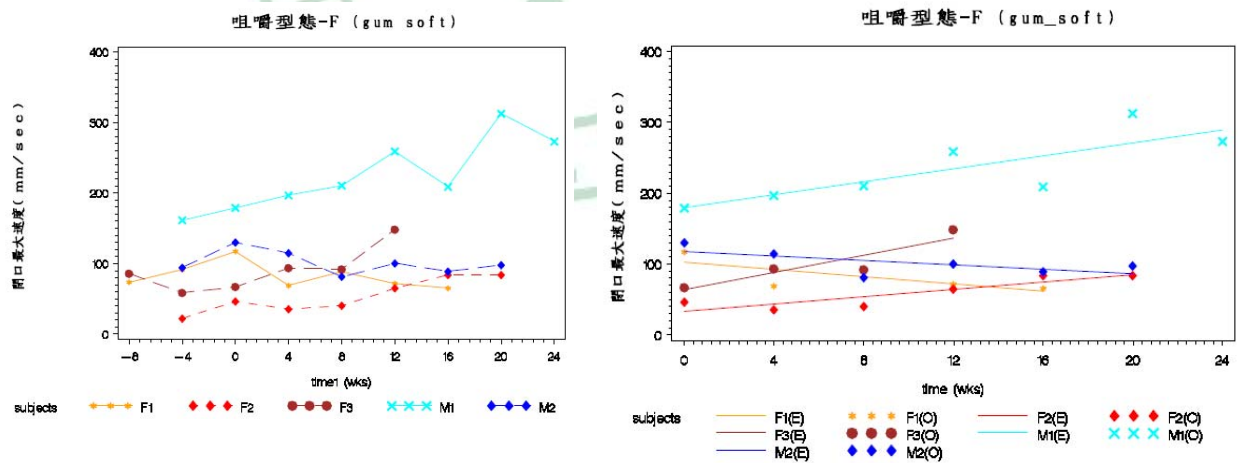


圖 4-36：前額面觀測自由咀嚼軟的口香糖最大閉口速度變化與迴歸線之趨勢

5. 前額面觀測左側咀嚼軟的口香糖最大開口速度變化

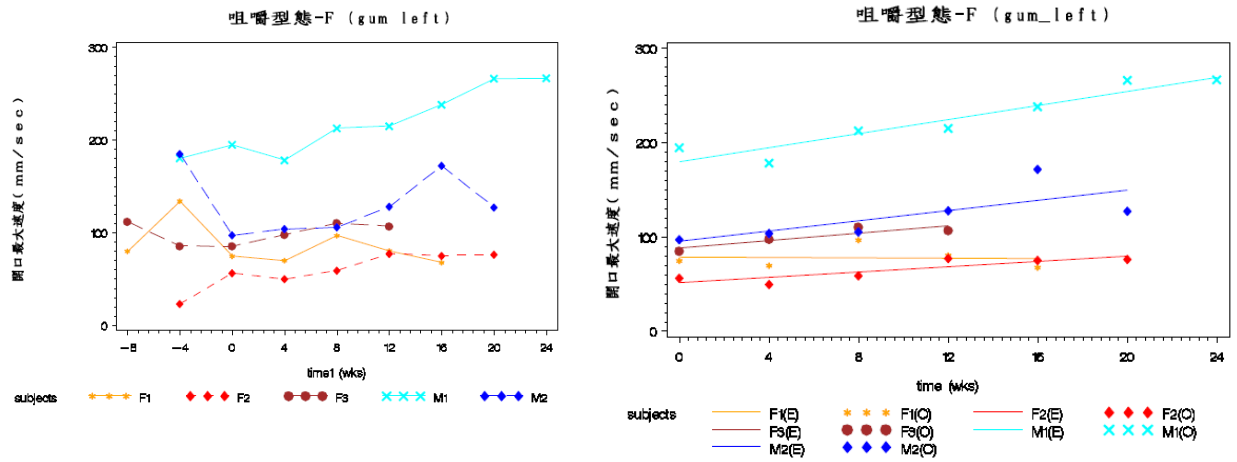


圖 4-37：前額面觀左側咀嚼軟的口香糖最大開口速度變化與迴歸線之趨勢

6. 前額面觀測左側咀嚼軟的口香糖最大閉口速度變化

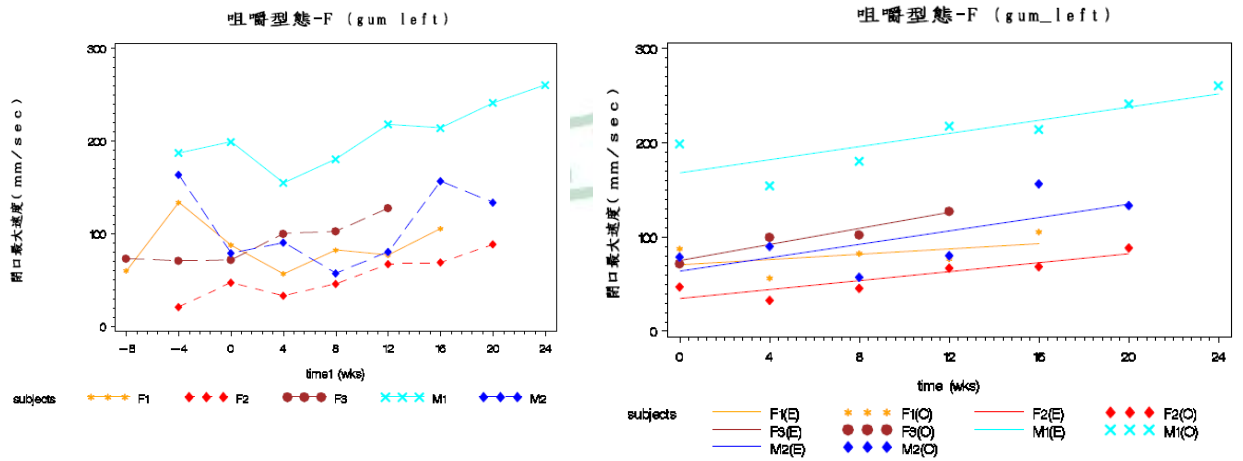


圖 4-38：前額面觀左側咀嚼軟的口香糖最大閉口速度變化與迴歸線之趨勢

7. 前額面觀測右側咀嚼軟的口香糖最大開口速度變化

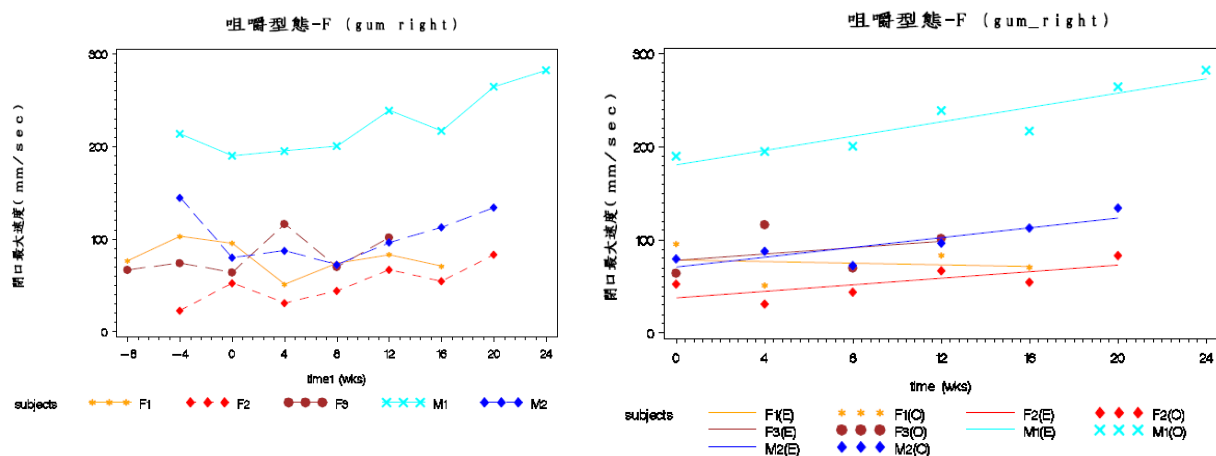


圖 4-39：前額面觀測右側咀嚼軟的口香糖最大開口速度變化與迴歸線之趨勢

8. 前額面觀測右側咀嚼軟的口香糖最大閉口速度變化

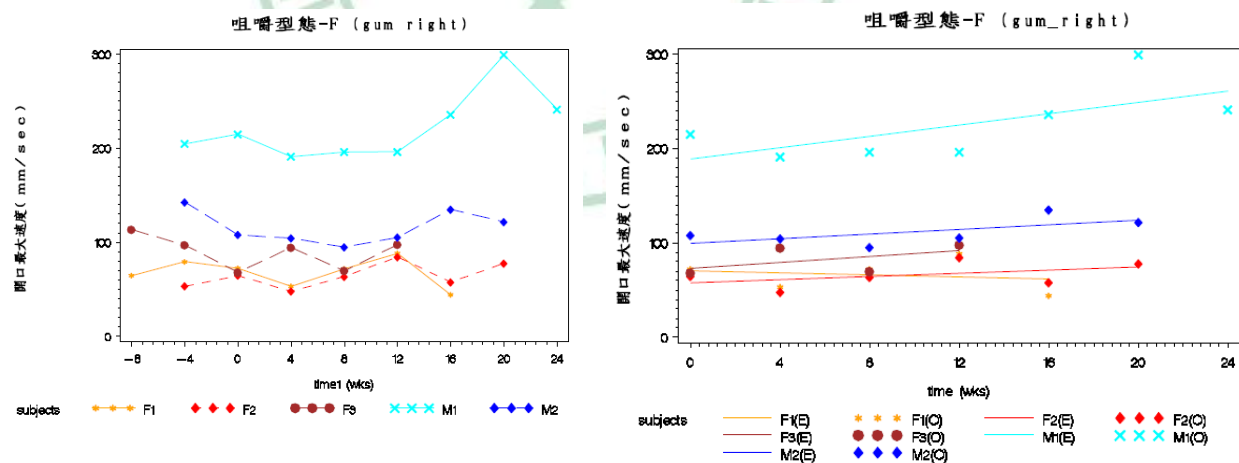


圖 4-40：前額面觀測右側咀嚼軟的口香糖最大閉口速度變化與迴歸線之趨勢

在開口階段的最大速度部分，除了在右側咀嚼軟的口香糖這部分沒有統計學上的顯著變化，其餘的都會隨著時間的增加而在咀嚼過程中最大開口的速度上而增加；在男女的比較上，男性也都會明顯地比女性快。

在閉口階段的最大速度變化，除了自由咀嚼軟的口香糖此項沒有顯著差異外，其餘的皆會隨著時間增加而速度會增加；但是在男女的差異上，除了咀嚼軟的口香糖外，男性皆會明顯快於女性。

表 4-7：Generalized liner model with generalized estimating equation (GEE) under AR(1) correlation structure (前額面觀最大開口速度)

		最大開口速度 (mm/sec)		最大閉口速度 (mm/sec)	
		Beta(SE)	p-value	Beta(SE)	p-value
自由咀嚼硬的口香糖	在反咬改正後的時間 (month)	11.130 (3.927)	0.005	11.658 (2.540)	<.0001
	性別 (Male & Female)	105.842 (41.883)	0.012	98.111 (20.556)	<.0001
自由咀嚼軟的口香糖	在反咬改正後的時間 (month)	5.704 (2.827)	0.044	5.869 (5.449)	0.282
	性別 (Male & Female)	101.167 (40.201)	0.012	81.970 (40.226)	0.042
左側咀嚼軟的口香糖	在反咬改正後的時間 (month)	6.286 (2.256)	0.005	10.214 (1.452)	<.0001
	性別 (Male & Female)	90.454 (39.431)	0.022	72.439 (41.757)	0.083
右側咀嚼軟的口香糖	在反咬改正後的時間 (month)	2.843 (1.895)	0.134	8.555 (3.296)	0.009
	性別 (Male & Female)	99.082 (39.783)	0.013	87.581 (43.998)	0.047

4-3-4 前額面的咀嚼運動最大速度發生位置的測量及分析結果

1. 前額面觀測自由咀嚼硬的口香糖最大開口速度發生位置的變化

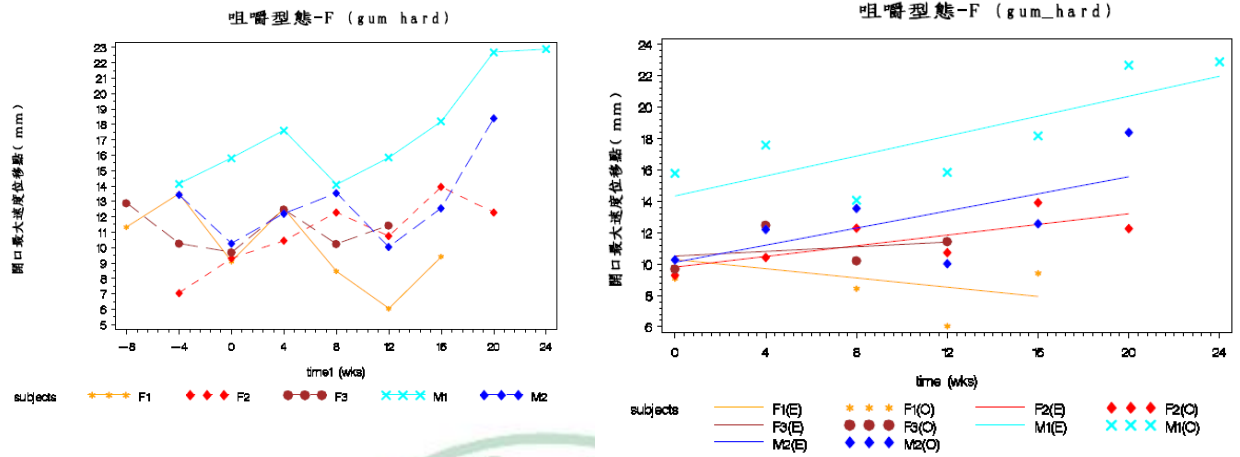


圖 4-41：前額面觀自由咀嚼硬的口香糖最大開口速度發生位置變化與迴歸線之趨勢

2. 前額面觀測自由咀嚼硬的口香糖最大閉口速度發生位置的變化

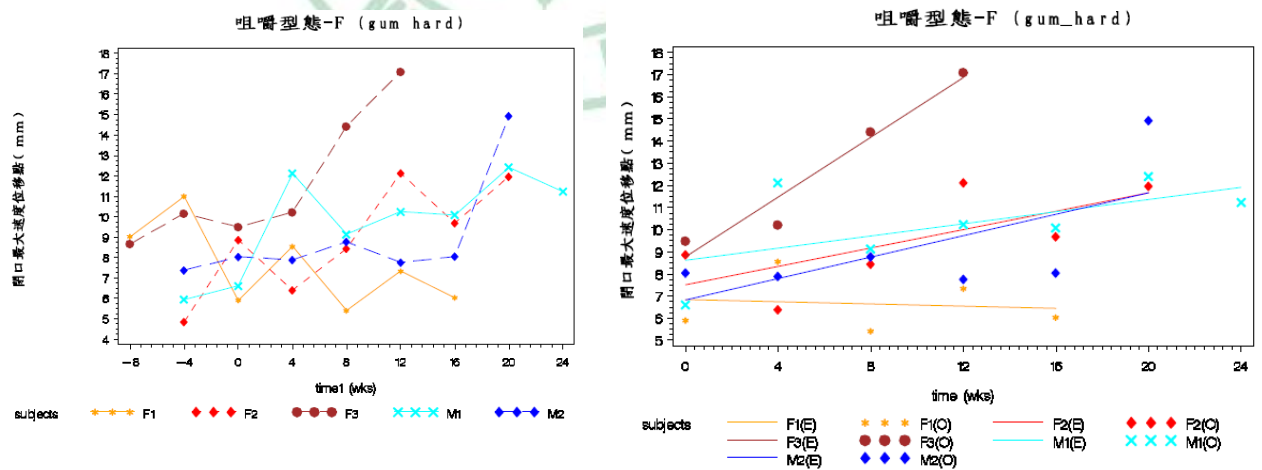


圖 4-41：前額面觀自由咀嚼硬的口香糖最大閉口速度發生位置變化與迴歸線之趨勢

3. 前額面觀測自由咀嚼軟的口香糖最大開口速度發生位置的變化

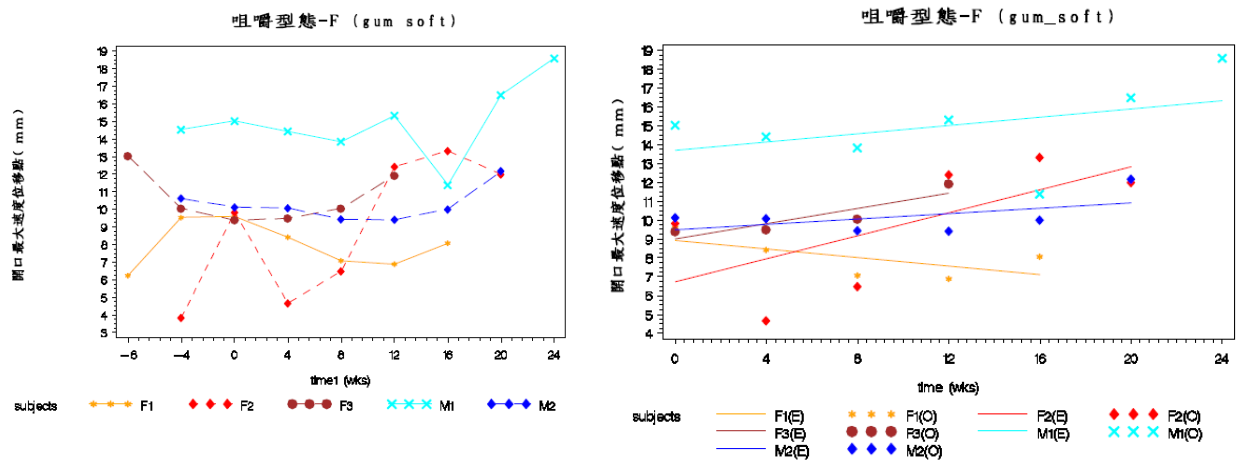


圖 4-43：前額面觀自由咀嚼軟的口香糖最大開口速度發生位置變化與迴歸線之趨勢

4. 前額面觀測自由咀嚼軟的口香糖最大閉口速度發生位置的變化

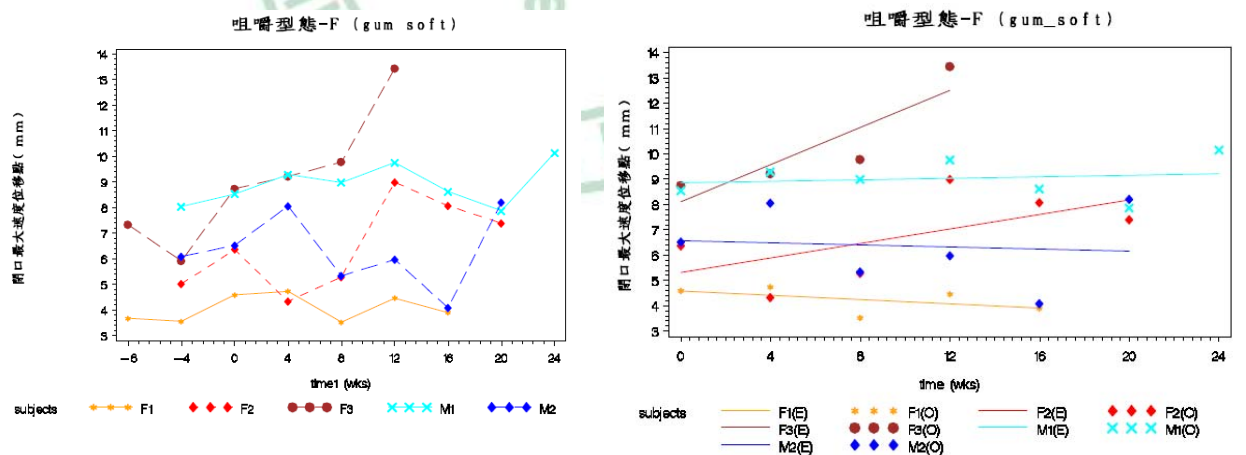


圖 4-44：前額面觀自由咀嚼軟的口香糖最大閉口速度發生位置變化與迴歸線之趨勢

5. 前額面觀測左側咀嚼軟的口香糖最大開口速度發生位置的變化

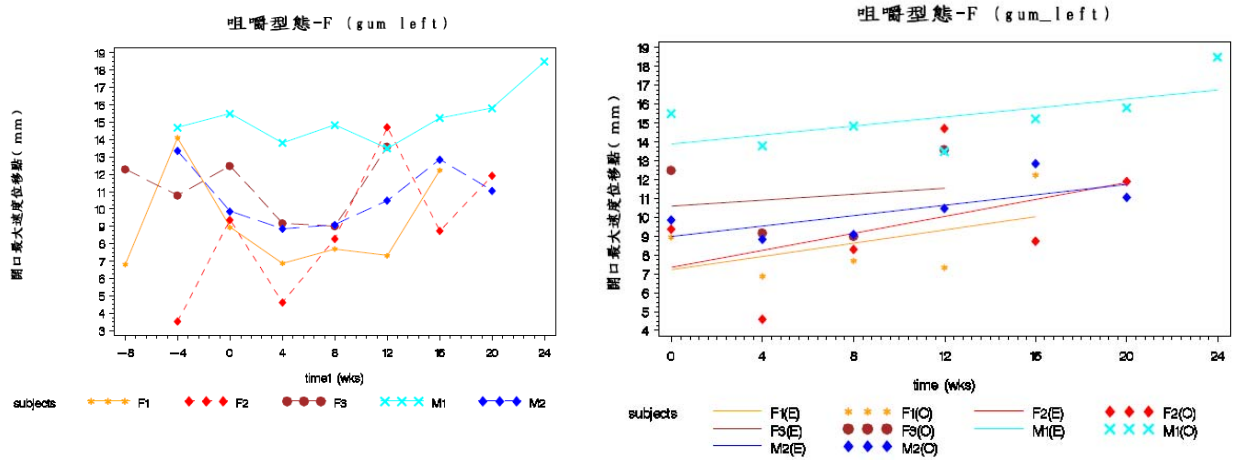


圖 4-45：前額面觀測左側咀嚼軟的口香糖最大開口速度發生位置變化與迴歸線之趨勢

6. 前額面觀測左側咀嚼軟的口香糖最大閉口速度發生位置的變化

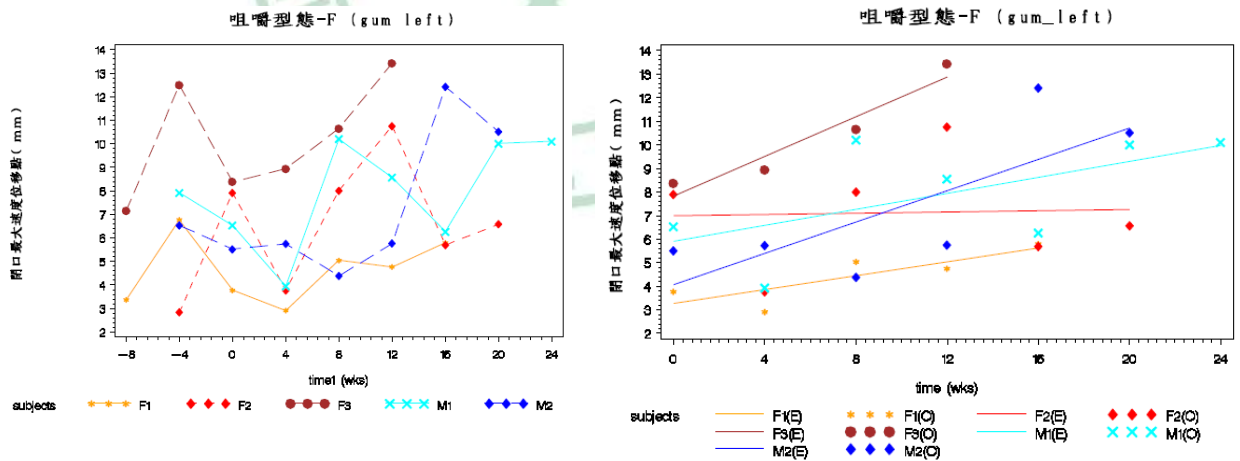


圖 4-46：前額面觀測左側咀嚼軟的口香糖最大閉口速度發生位置變化與迴歸線之趨勢

7. 前額面觀測右側咀嚼軟的口香糖最大開口速度發生位置的變化

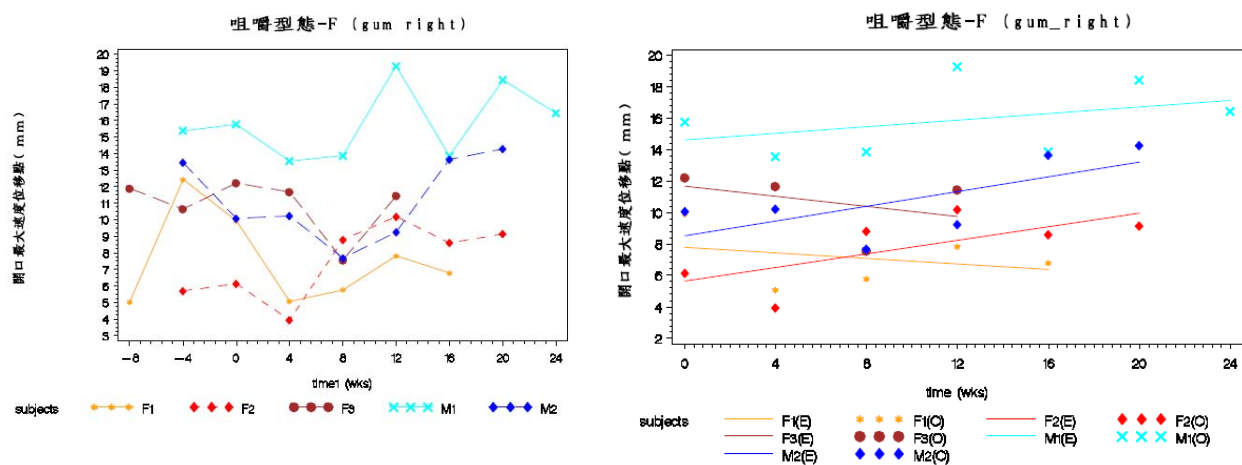


圖 4-47：前額面觀右側咀嚼軟的口香糖最大開口速度發生位置變化與迴歸線之趨勢

8. 前額面觀測右側咀嚼軟的口香糖最大閉口速度發生位置的變化

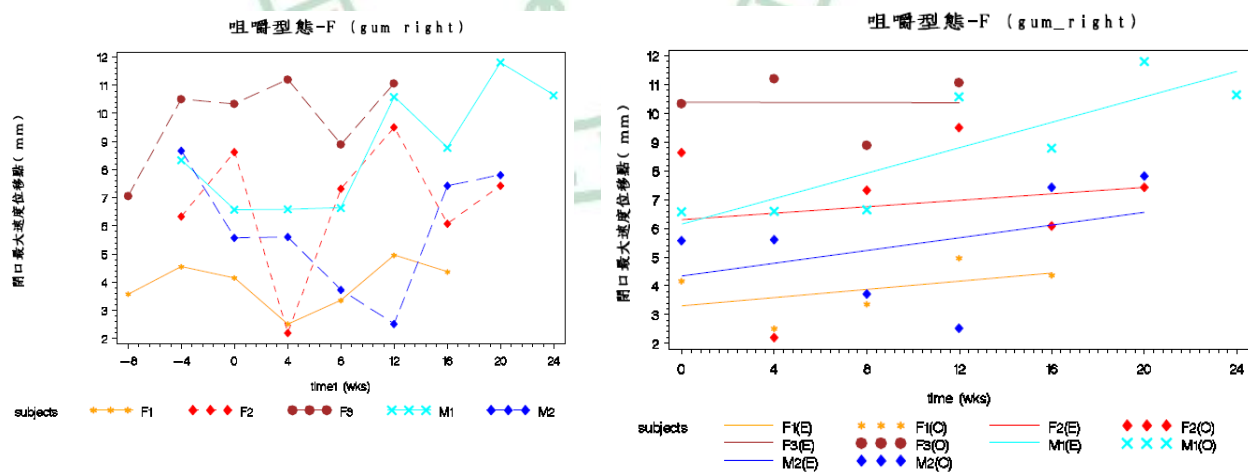


圖 4-48：前額面觀右側咀嚼軟的口香糖最大閉口速度發生位置變化與迴歸線之趨勢

在開口最大速度的發生位置部分，所有的位置都有往下方增加的趨勢，除了右側咀嚼軟的口香糖外皆具有顯著差異；在性別的比較上，男性發生的位置皆較女性下方，但只有自由咀嚼硬的口香糖以及右側咀嚼軟的口香糖有顯著差異。

在閉口最大速度發生點，同樣地皆會往下方移動，除了右側咀嚼軟的口香糖外皆具有顯著差異，就性別比較則無顯著差異。

表 4-8：Generalized liner model with generalized estimating equation (GEE) under AR(1) correlation structure (前額面觀最大開閉口速度發生位置)

		最大開口速度發生位置 (mm)		最大閉口速度發生位置 (mm)	
		Beta(SE)	p-value	Beta(SE)	p-value
自由咀嚼硬的口香糖	在反咬改正後的時間 (month)	0.916 (0.244)	0.000	0.762 (0.154)	<.0001
	性別 (Male & Female)	4.991 (1.778)	0.005	-0.236 (1.552)	0.879
自由咀嚼軟的口香糖	在反咬改正後的時間 (month)	0.452 (0.144)	0.002	0.278 (0.103)	0.007
	性別 (Male & Female)	3.230 (1.793)	0.072	0.706 (1.742)	0.685
左側咀嚼軟的口香糖	在反咬改正後的時間 (month)	0.592 (0.071)	<.0001	0.599 (0.203)	0.003
	性別 (Male & Female)	2.770 (1.795)	0.123	0.137 (1.371)	0.921
右側咀嚼軟的口香糖	在反咬改正後的時間 (month)	0.311 (0.237)	0.189	0.325 (0.188)	0.084
	性別 (Male & Female)	4.876 (1.915)	0.011	0.018 (1.710)	0.992

4-3-5 前額面的咀嚼運動平均速度測量及分析結果

1. 前額面觀測自由咀嚼硬的口香糖平均速度變化

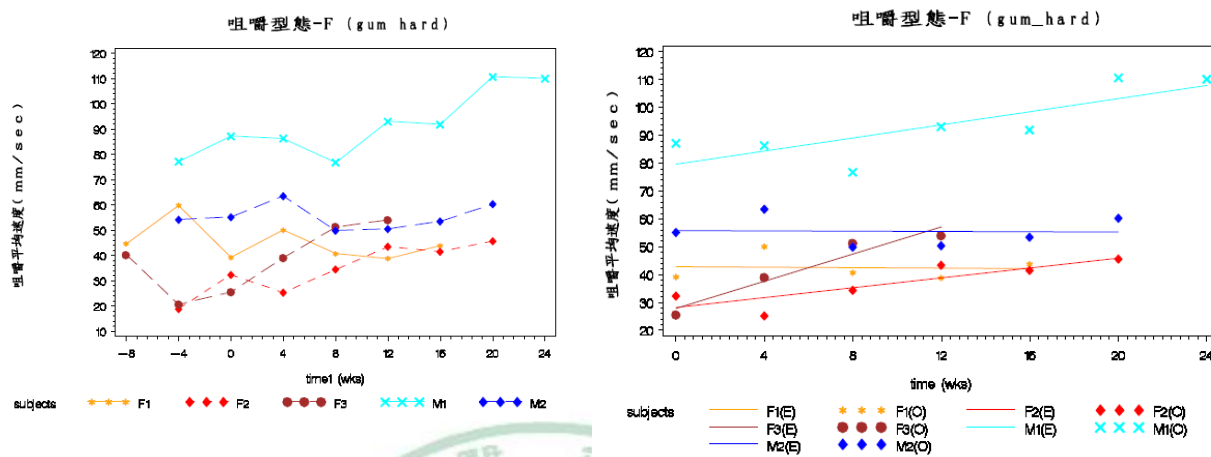


圖 4-49：前額面觀測自由咀嚼硬的口香糖平均速度變化與迴歸線之趨勢

2. 前額面觀測自由咀嚼軟的口香糖平均速度變化

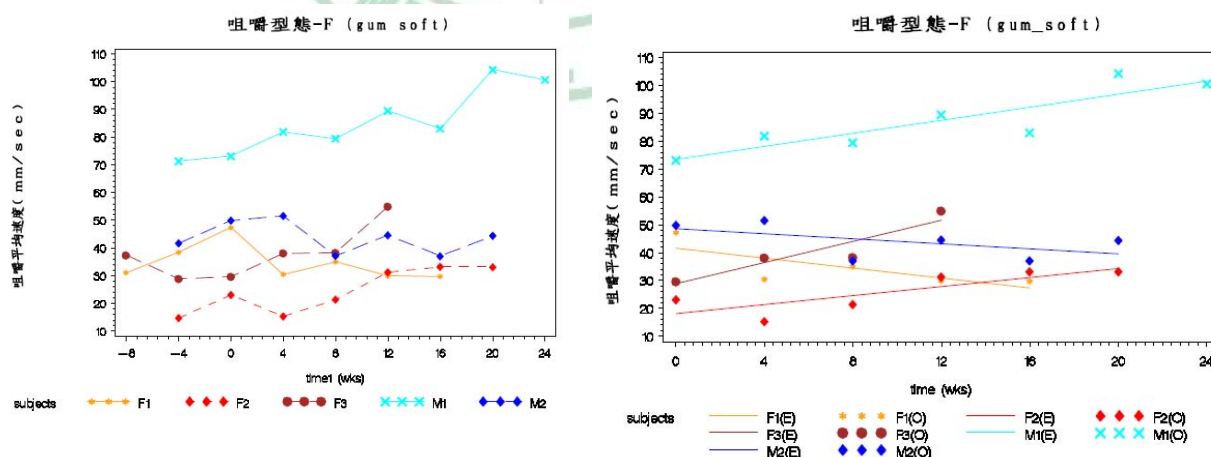


圖 4-50：前額面觀測自由咀嚼軟的口香糖平均速度變化與迴歸線之趨勢

3. 前額面觀測左側咀嚼軟的口香糖平均速度變化

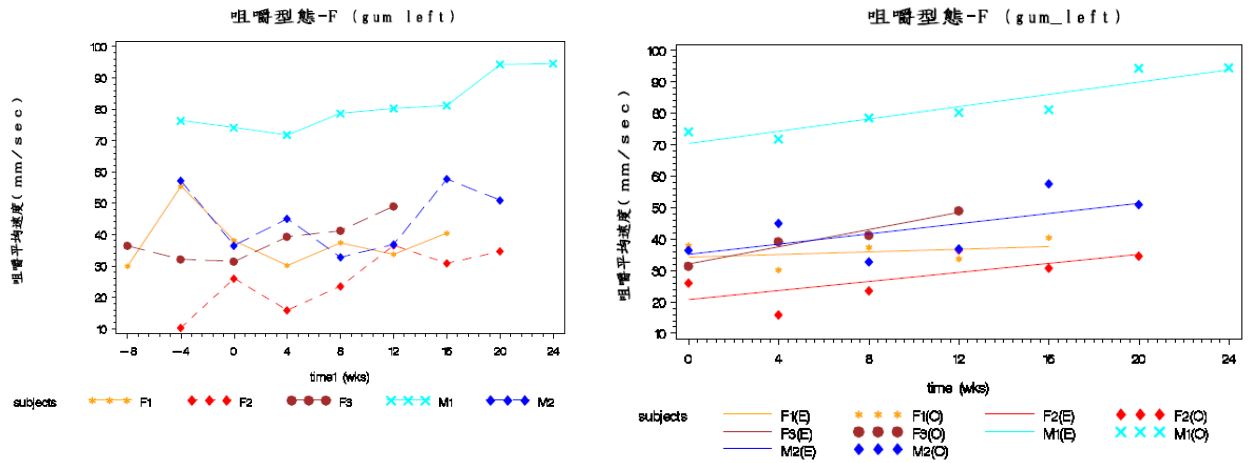


圖 4-51：前額面觀測左側咀嚼軟的口香糖平均速度變化與迴歸線之趨勢

4. 前額面觀測右側咀嚼軟的口香糖最大平均速度變化

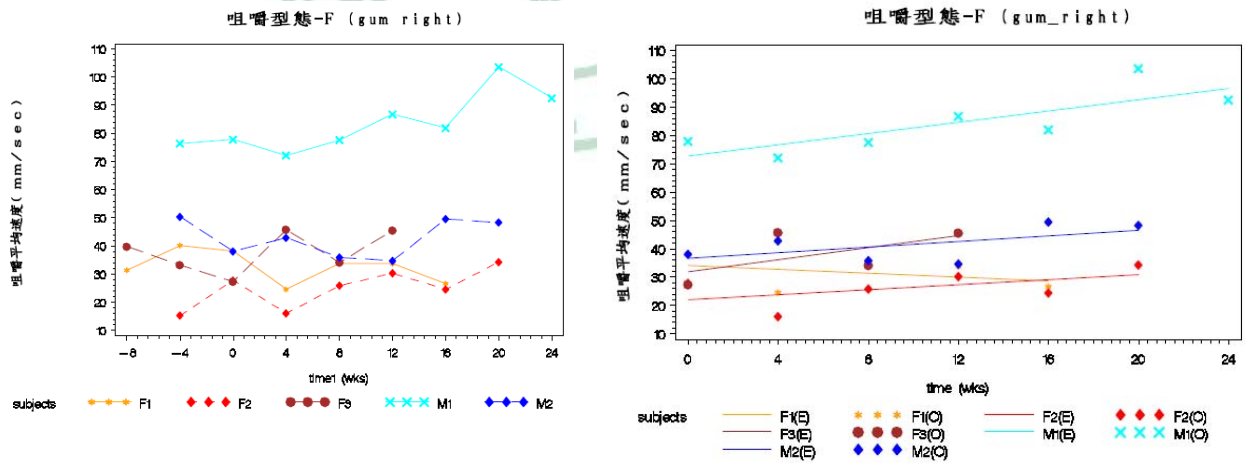


圖 4-52：前額面觀右側咀嚼軟的口香糖平均速度變化與迴歸線之趨勢

在咀嚼平均速度的比較上，都是具有隨著時間而增加的趨勢，但是只有咀嚼硬的口香糖以及由左側咀嚼軟的口香糖這兩組數據具有顯著差異；就性別的比較而言，男性的咀嚼平均速度皆大於女性的咀嚼速度，唯有左側咀嚼軟的口香糖的部分沒有明顯的差異。

表 4-9：Generalized liner model with generalized estimating equation (GEE) under AR(1) correlation structure (前額面觀平均速度)

		咀嚼平均速度(mm/sec)	
		Beta(SE)	p-value
自由咀嚼硬的的口香糖	在反咬改正後的時間 (month)	3.259 (0.954)	0.001
	性別 (Male & Female)	34.973 (13.317)	0.009
自由咀嚼軟的的口香糖	在反咬改正後的時間 (month)	1.762 (1.626)	0.278
	性別 (Male & Female)	30.239 (13.958)	0.030
左側咀嚼軟的口香糖	在反咬改正後的時間 (month)	2.796 (0.604)	<.0001
	性別 (Male & Female)	25.993 (14.061)	0.065
右側咀嚼軟的口香糖	在反咬改正後的時間 (month)	1.748 (0.943)	0.064
	性別 (Male & Female)	30.319 (14.770)	0.040

4-3-6 咀嚼運動的平均時間測量及分析結果

1. 前額面觀測自由咀嚼硬的口香糖平均時間變化

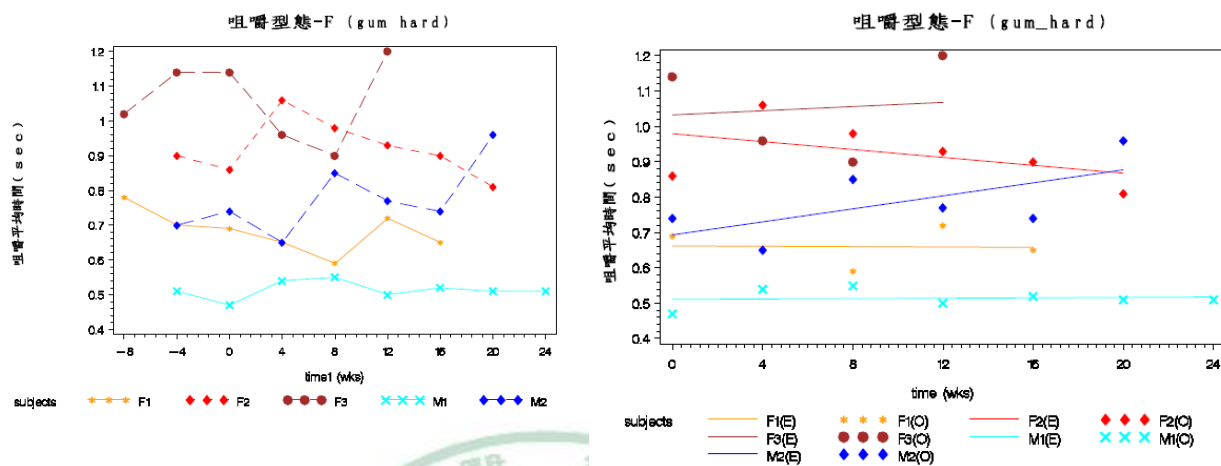


圖 4-53：前額面觀測自由咀嚼硬的口香糖平均時間變化與迴歸線之趨勢

2. 前額面觀測自由咀嚼軟的口香糖平均時間變化

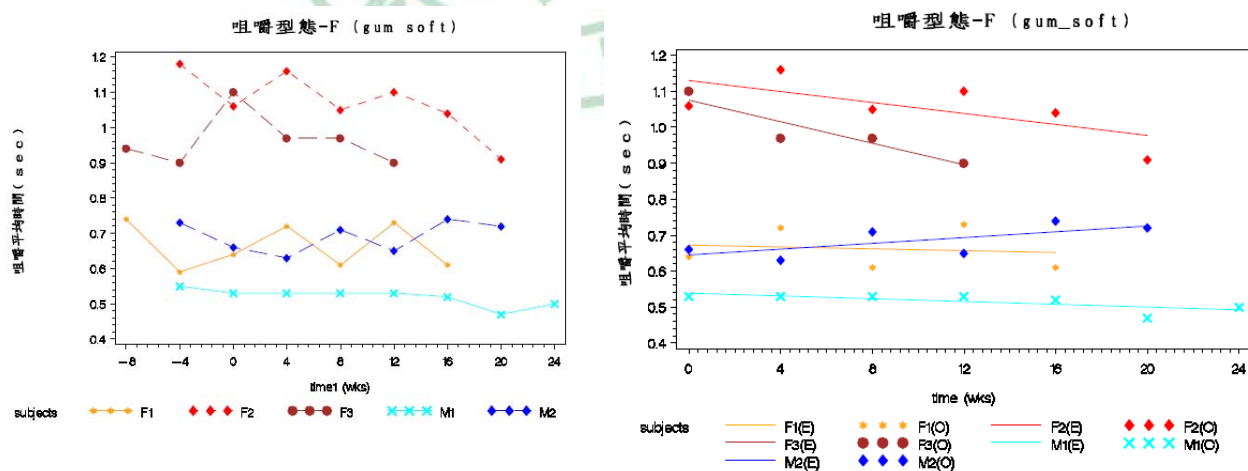


圖 4-54：前額面觀測自由咀嚼軟的口香糖平均時間變化與迴歸線之趨勢

3. 前額面觀測左側咀嚼軟的口香糖平均時間變化

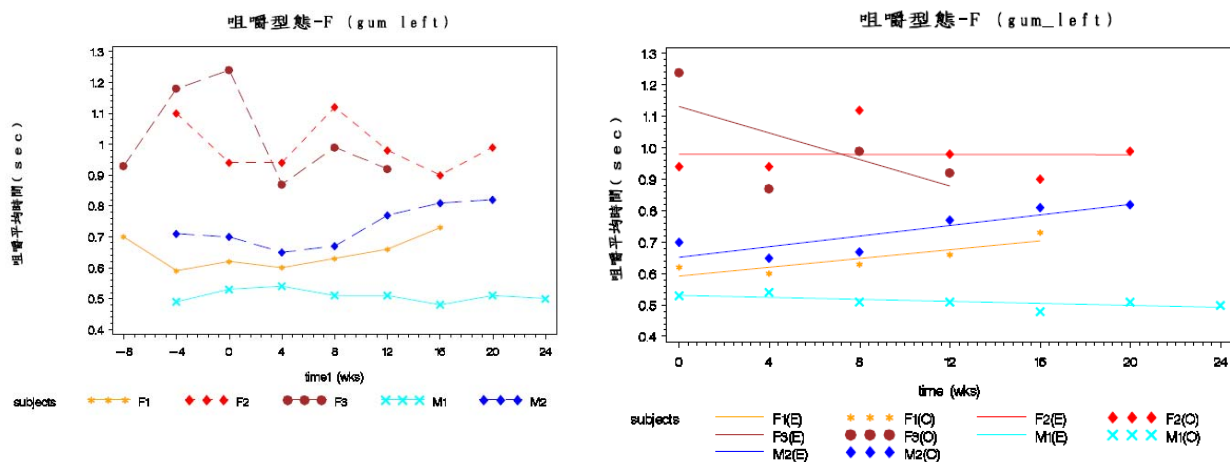


圖 4-55：前額面觀左側咀嚼軟的口香糖平均時間變化與迴歸線之趨勢

4. 前額面觀測右側咀嚼軟的口香糖平均時間變化

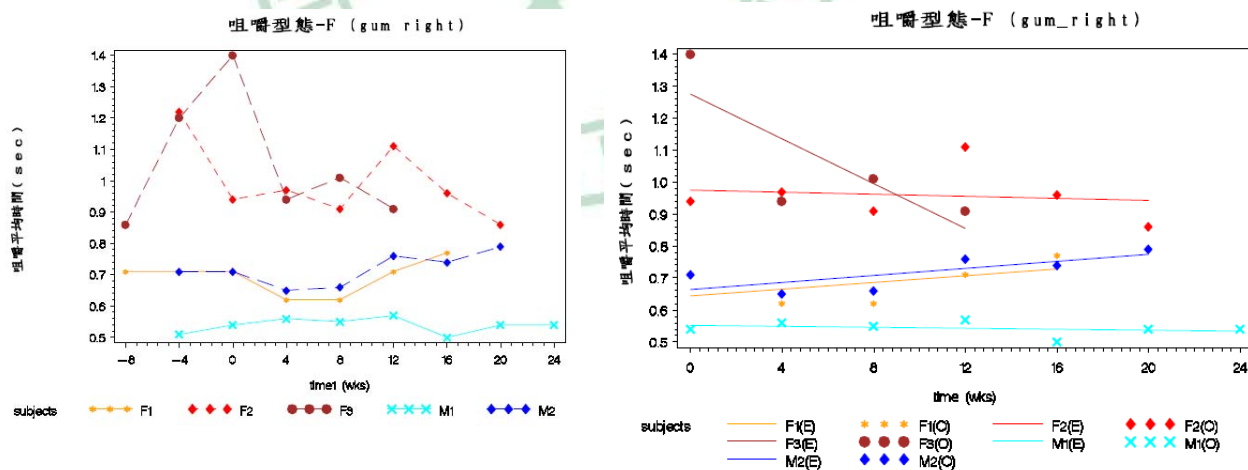


圖 4-56：前額面觀右側咀嚼軟的口香糖平均時間變化與迴歸線之趨勢

在單一循環所需的平均時間中，除了咀嚼硬的口香糖會有時間增加的趨勢外，咀嚼軟的口香糖不論是左、右或自由咀嚼皆有減少的趨勢，但沒有統計學上明顯的差異；就性別而論，男性平均咀嚼的時間皆少於女性，唯咀嚼硬的口香糖無明顯差異。

表 4-10：Generalized liner model with generalized estimating equation (GEE) under AR(1) correlation structure (前額面觀平均時間)

		咀嚼平均時間(sec)	
		Beta(SE)	p-value
自由咀嚼硬的的口香糖	在反咬改正後的時間 (month)	0.003 (0.008)	0.692
	性別 (Male & Female)	-0.231 (0.144)	0.108
自由咀嚼軟的的口香糖	在反咬改正後的時間 (month)	-0.015 (0.010)	0.121
	性別 (Male & Female)	-0.268 (0.113)	0.017
左側咀嚼軟的口香糖	在反咬改正後的時間 (month)	-0.003 (0.015)	0.854
	性別 (Male & Female)	-0.265 (0.119)	0.026
右側咀嚼軟的口香糖	在反咬改正後的時間 (month)	-0.016 (0.018)	0.398
	性別 (Male & Female)	-0.268 (0.100)	0.008

第五章 討論

5-1 治療方式之討論

在文獻⁶⁷中日本大阪大學曾以固定、活動矯正裝置至於上顎齒列治療十個前牙反咬，平均年齡十一歲的小孩，平均的治療時間是11個月，標準差為兩個月；另一在上海第二醫科大學附設醫院進行的孩童矯正治療平均年齡十二歲，治療時間為7~35個月⁶⁸。而在本研究中的病例皆為齒列完整的成人，在進行矯正的動態治療的時間為28~32週，在前牙反咬改正的時間為4~8週；而基於臨床經驗而論，使用一般矯正方式的平均時間通常是兩年左右。在孩童與成年人的矯正治療中，孩童會較成年人快治療結束，因此，就本研究中的病人而言，與一般使用咬合板與功能性裝置比較，算是快速很多；而本研究中能於32週內結束動態治療最大的原因則是歸功於使用改良型超彈性鈦鎳合金線。

5-1-1 使用改良型超彈性鈦鎳合金線的治療概念

由於前牙反咬在各年齡層的治療概念不同，所以會衍生出許多不同的治療裝置以及治療概念，而在成年人的功能性前牙反咬所注重的治療概念則是將是反咬牙齒強迫往唇側前方移動，促使上顎前牙牙弓往前擴大(arch expansion) 藉此達到前牙反咬改正的效果；因此為

了符合此治療概念且隨著材料的進步而應生的新的治療技術則是前牙反咬牙弓裝置 (Anterior Crossbite Arch)。

近年來日本國立東京醫科齒科大學致力於矯正鎳鈦合金線的研究，亦提出改良型超彈性鈦鎳合金線。其研發的目的乃因口腔溫度改變亦會增加線材的荷重(load)，由於發現一般超彈性鈦鎳合金線皆會受口腔溫度變化的和線材本身變形量改變而降低其特別原有性質，為了解決此問題於是降低線材應力遲滯性(stress hysteresis)⁶⁹。經改良(主要是調整鈦鎳成份的比例及經過兩階段熱處理：600°C 5分鐘，280°C 180分鐘)後，得以實現與原本鎳鈦合金在遲滯性 (hysteresis) 方面表現最大的不同，呈現出在口內不受溫度變化，壓力變化，而能在不受變形量的影響下，產生幾乎「恆定」的力量⁷⁰ (如下圖)。⁶⁵

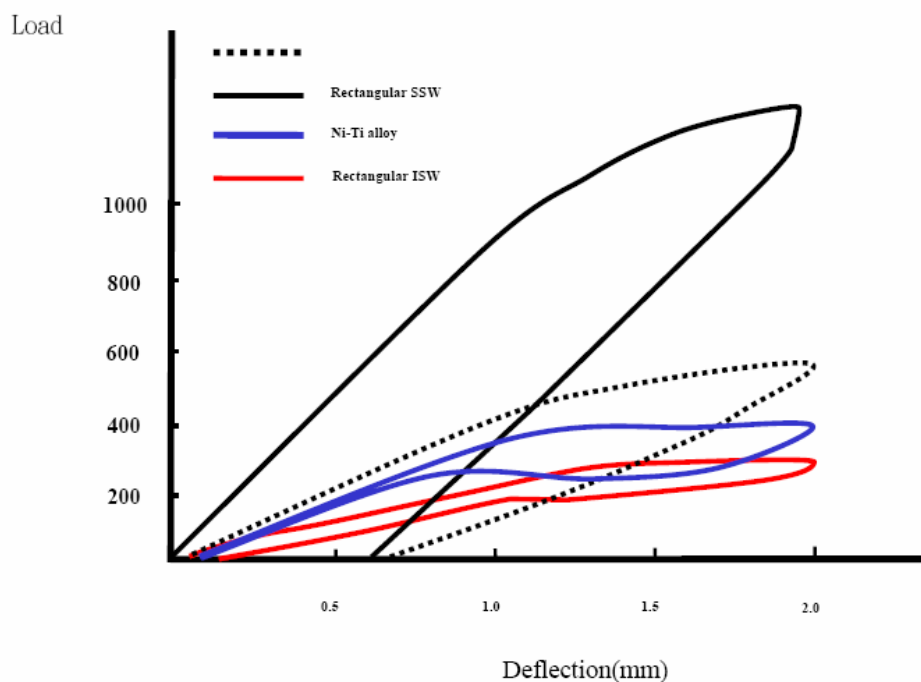


圖 5-1：ISW 暨各種矯正線負載(load)與形變(deflection)關係圖⁶⁵

其臨床表現除了形狀記憶(shape memory)，超彈性(super-elasticity)^{71, 72, 73, 74}之外，還有振盪吸收效果(shock & vibration absorbing property)⁷⁵，使用在牙齒矯正方面，可以提供牙齒恆定溫和的力量，由於其具極佳的柔軟性，可以減少矯正治療時牙周因為無法迴避而造成的碰撞，牙根吸收等症狀。

使用改良型超彈性鈦鎳合金線的治療歸納出幾點不同於一般鎳鈦合金線治療及不銹鋼線治療的差異：

1. 改良型超彈性鈦鎳合金線僅有方線，其硬度(stiffness)約為不銹鋼方線(stainless steel wire)的1/3，柔軟性(flexibility)與0.016 inch Sentalloy Ni-Ti wire 相當。由於它的超彈性，working range大，因此可以不必再彎折線圈(loops)便可以達成直接牽引牙齒的目的，可於初次黏完矯正器後，不管牙齒如何擁擠皆可將改良型超彈性鈦鎳合金線方線完全地置放於矯正器中。

2. 亦具有低遲滯特性(low hysteresis)，矯正線不管如何變形，其發揮的力量都幾乎一定的。如此在口腔內可以產生穩定的力量，牙齒移動起來比較合乎生理。

3. 具有高專一反振幅的能力(special damping capacities)，能發揮振盪吸收效果(shock & vibration absorbing property)，減少牙根受到過度的力量導致牙根吸收，另外週邊齒槽骨的重新形成也可

以較健康。

4. 不具固定的牙弓型態，可適應每個不同個體牙弓型態，而達成接近個人正常咬合關係(individual normal occlusion)。

5-1-2 避免改正反咬過程中的干擾

在改正反咬過程中最不容易達成的就是如何避免上顎前牙在往唇側移動時的干擾，而這樣的干擾常會因為患者緊咬導致下顎門牙成為路徑上的阻礙；因此在許多的治療方式裡會使用活動或固定式的裝置來增加患者的咬合高度以去除上述的干擾。但是使用活動式的矯正裝置需要患者的主動的配合以及當患者將裝置遺失後，增加回診的麻煩並且會拖延患者治療的時間，同時可能產生對顛顎關節的危害；而使用固定式的裝置，如在後牙的咬合面上以流動性樹脂等材料調高咬合的垂直高度亦是一種改善病人無法配合的方式之一，而事實上也是一個非常有效率的方法，但是由臨床上患者的反映回饋來說，大多數的患者對於被墊高的牙齒普遍會覺得疼痛，此外被墊高的牙齒因為受到過度的力量也容易遭受咬合傷害 (occlusal trauma)。

為了減少許多病人的不舒服，本研究中的患者除了利用改良型超彈性鈦鎳合金線的各项優點進行治療增加治療速度之外，另外在避免上顎前牙在往唇側移動時的阻礙，是以提醒患者平時讓牙齒盡量不接

觸，讓下顎的位置盡量維持在休息位置 (resting position)；除此之外，如果患者願意配合，會在空閒時利用壓舌板輔助性地將上顎門牙輔助性地往唇側推動，就臨床上的觀察，效果普遍都還不錯。 綜合以上的各項治療方式的優點，方能在短時間內 (4~8weeks) 將前牙反咬改正。



5-2 下顎邊際運動實驗結果之討論

下顎邊際運動是下顎的非功能性運動，是下顎向各個方向進行最大限度的可重複性運動，而且會受到顛顎關節、肌肉、韌帶等組織的影響，另外也與咬合型態也與其關係密切，換言之，下顎邊際運動受到解剖結構的限制極高，也因此只要其中一部份產生變化，下顎運動就可表現出異狀。另外，有研究曾顯示，個體間的下顎邊際運動存在著較大的差異性，而同一個體則會具有較高的可重複性。

5-2-1 下顎邊際運動前額面觀的結果討論

在本研究中的觀察，在最大開口的垂直開口量而言，普遍來說都是在治療後與治療前並無明顯差距，而在前牙反咬改正當下，則是達到開口量最少的時間，之後隨著時間會有緩慢增加的趨勢，平均每月的量約為 0.552 ± 0.471 mm；會造成這樣的結果推測原因則是來自於原先的解剖結構，如顛顎關節的各個韌帶、肌肉結構已經限制了最大開口的量，但是當反咬改正時上下顎門牙會以切緣接觸，提高了咬合的量，因此進行最大開口之後就減少了開口的量；但是隨著矯正治療的進行，使得病人的前牙覆蓋量慢慢減少至正常量，或是治療前的覆蓋量，因此在治療前後，最大開口的垂直位移量並不會有明顯的差異。

但是在側方的垂直位移量上則是有統計學上的明顯的差異，在反

咬改正後，平均每月左側的增加量為 $1.333\pm 0.441\text{mm}$ ，右側則是 $0.992\pm 0.376\text{mm}$ ；回顧功能性前牙反咬的型態，幾乎皆無犬齒導引，而且在進行側方運動時，會因為干擾的關係使得下顎必須先往下方移動，避開干擾才能再往側方移動，但是往往接下來也會因為干擾的原因使得側方移動無法繼續進行，也因此當反咬改正，干擾去除之後，運動的範圍增加了，自然在垂直方向上會有明顯的改變，這點與之前的研究相符合。

在1998年上海第二醫科大學附設醫院⁶⁸曾針對前牙反咬的孩童進行反咬改正前後下顎邊際運動變化的研究，他們認為當進行側方運動的時候，下顎為了避開上顎的干擾，必須先向下、向前移動，解除干擾後才能進一步側移，因此下顎前移及向下的垂直方向移動範圍較大，而且影響了下顎邊際運動的範圍及對稱性；而當反咬改正後側移時兩側會更加對稱，範圍也增大。

但是在本研究中對於側方運動的水平位移範圍而言，並無明顯的增加，與之前的研究相較是較為不同的地方，只在邊際運動的軌跡上有呈現更為平滑的趨勢，推測其原因可能是因為本研究中的受試者皆為成年人，並無骨骼方面的成長，而先前的研究受試者為10~14歲的孩童，在治療的一~二年的時間中，下顎骨有成長的趨勢，可能因為下顎骨的成長使其運動範圍增加。

即使水平的位移量在反咬改之後並沒有明顯增加的趨勢，但是由運動軌跡的圖形上來看，在往側方運動的路徑上仍有平滑上的改善，待反咬改正之後移動路徑上沒有反咬牙的干擾會有平滑的移動軌跡出現；如圖5-2，左圖在反咬改正前路徑上會因為干擾而有路徑上不平順的情況發生，右圖是咬合穩定後路徑則呈平滑狀。

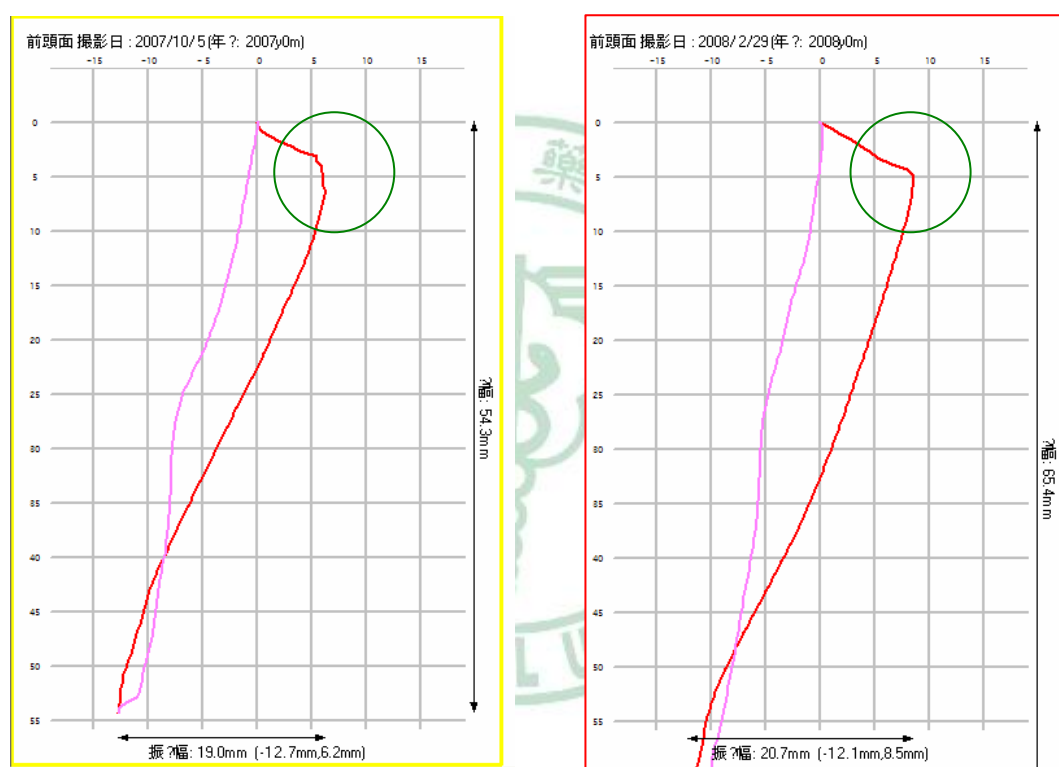


圖 5-2：治療前後往左側邊際運動的路徑示意圖

在男女性別的差異上而言，不論是在垂直方向的移動或者是水平方向上的移動，男性皆有大於女性的趨勢，但是就垂直方向的移動而言，沒有明顯的差異，而在水平位移上則有明顯的差異；在先前的研究⁷⁶中曾指出男性的邊際運動會較女性來的大，其原因來自於解剖學

上的結構，男性的下顎骨會較女性大，也因此當下顎開口時顛顎關節旋轉相同角度時，半徑越大的物體會有較大的移動量。而在水平的移動上，一般而言，會限制住顛顎關節側方運動移動量的韌帶為蝶顎韌帶(sphenomandibular ligament)及莖突下顎韌帶(stylomandibular ligament)，而由研究的結果發現，男性的側方移動皆會明顯較女性來的大，因此推測原因可能是男性的顛顎關節副韌帶會較女性不易限制顛顎關節的移動。

5-2-2 下顎邊際運動矢狀面觀的結果討論

在本研究中在下顎邊際運動矢狀面觀察到的運動軌跡中，在垂直方向的移動與前額面的運動一致，因為只是相同的運動在兩個測量面的觀察；但是在前後的運動軌跡上，都有增加的趨勢，又以在前牙反咬改正後在進行下顎前突、左右側方運動時都會有顯著的增加。

在前牙功能性反咬的病人身上，進行治療前下顎因為上顎門牙的干擾會強迫顎位往前，導致反咬的發生。而回歸到臨床治療的方式上，當反咬改正前是針對上顎門牙向唇側移動，但是在反咬改正後，我們會輔助三級的顎間橡皮筋以進行顎位的調整，將下顎的顎位向後移動，也因此，治療進行到越後期，下顎在前後方向的位移量就會越來越大，因此就會觀察到在前後位移方向上位移量增加的趨勢。除此

之外，如圖5-3在反咬改正前後可以觀察到受試者在治療前並無前牙導引的發生，但是在咬合穩定之後則會有前牙導引的產生，而前牙導引事實上也是一種咬合穩定的作用，使下顎能有適當的咬合停止 (occlusal stop)，防止顛顎關節長期處於受力過大的位置。

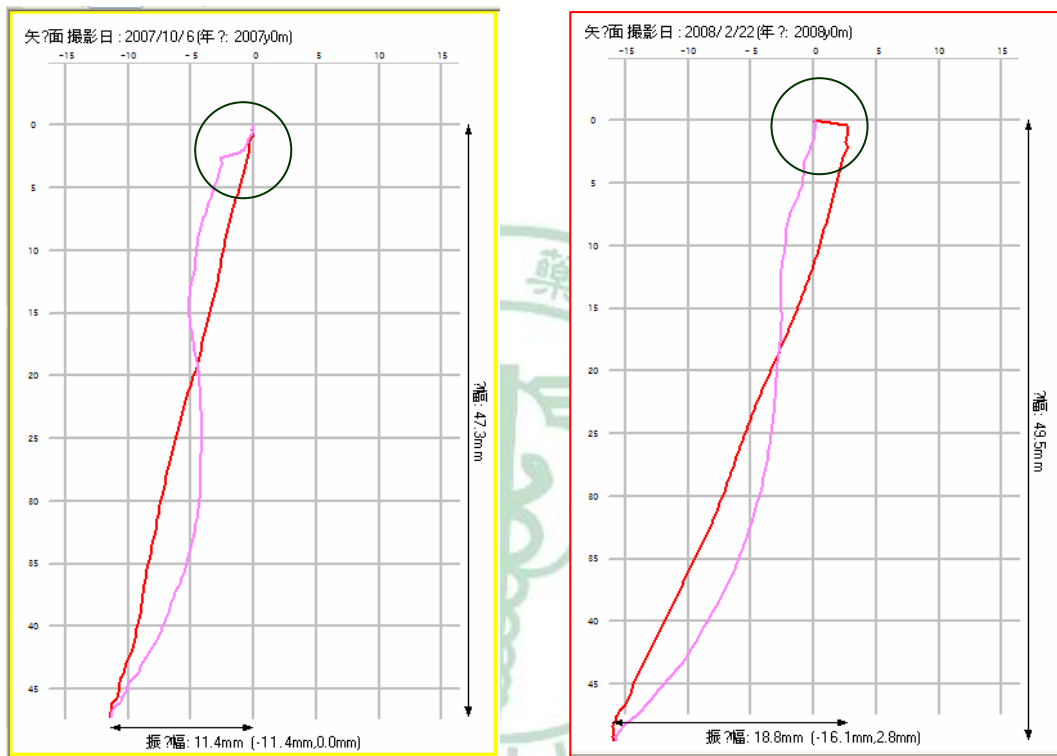


圖 5-3：治療前後前突運動的路徑示意圖

同1998年上海第二醫科大學附設醫院研究⁶⁸顯示，反咬者下顎前牙位於上顎門牙的外側，因此在進行下顎前突運動時，不必沿著上顎門牙的舌側端導引向前下滑動，而是直接向前滑動，因此前伸時會有較小的垂直分量；但是當反咬改正後，前伸及垂直方向的分量就會增加。

5-3 下顎咀嚼運動實驗結果之討論

Wilding在1994年⁷⁷聲稱咀嚼的表現不能只從咀嚼的模式中的定性去表現，也應該要有包括定量部分，因此他們在正常個體中使用超音波儀器測量，他們定量了八種不同的咀嚼模式指標，也去計算測量這些咀嚼表現。這些指標包括角度（在中央及水平的角度），bimode（兩次咀嚼的循環）、模型表現（移動路徑的寬度）、區域（咀嚼移動的區域）、最大開口的平均值、矢狀區域（矢狀路徑的中心區域）、加速度（速率的平均改變）及循環（咀嚼循環的平均率）。而就Wilding的研究觀察到好的咀嚼表現使以下的表現：低的牙齒接觸角度、較高的開口路徑、較低區域；就速度及加速指標而言，較低的加速度及高速的咀嚼代表是個高效的咀嚼效率。

但是Yamashita在1999年⁴⁴針對是否有特定的指標或模式可以真正去衡量咀嚼運動或效率發表看法，其結論是目前為止也並沒有特定的方式可以完全認定評估咀嚼效率或咀嚼模式，亦即是只能透過某些指標評估咀嚼功能中的某部分。因此而本研究中採用類似於Wilding的參考指標，以咀嚼食物的路徑以及速率來進行咀嚼運動的解析，以期能分析出前牙反咬病人的咀嚼運動之變化。

5-3-1 下顎咀嚼路徑前額面觀的結果討論

由前額面觀的下顎咀嚼運動的路徑在文獻中⁷⁸所提到的是類似一個淚滴型的咀嚼路徑，在本研究中也觀察到類似的一個路徑呈現，如圖5-4。

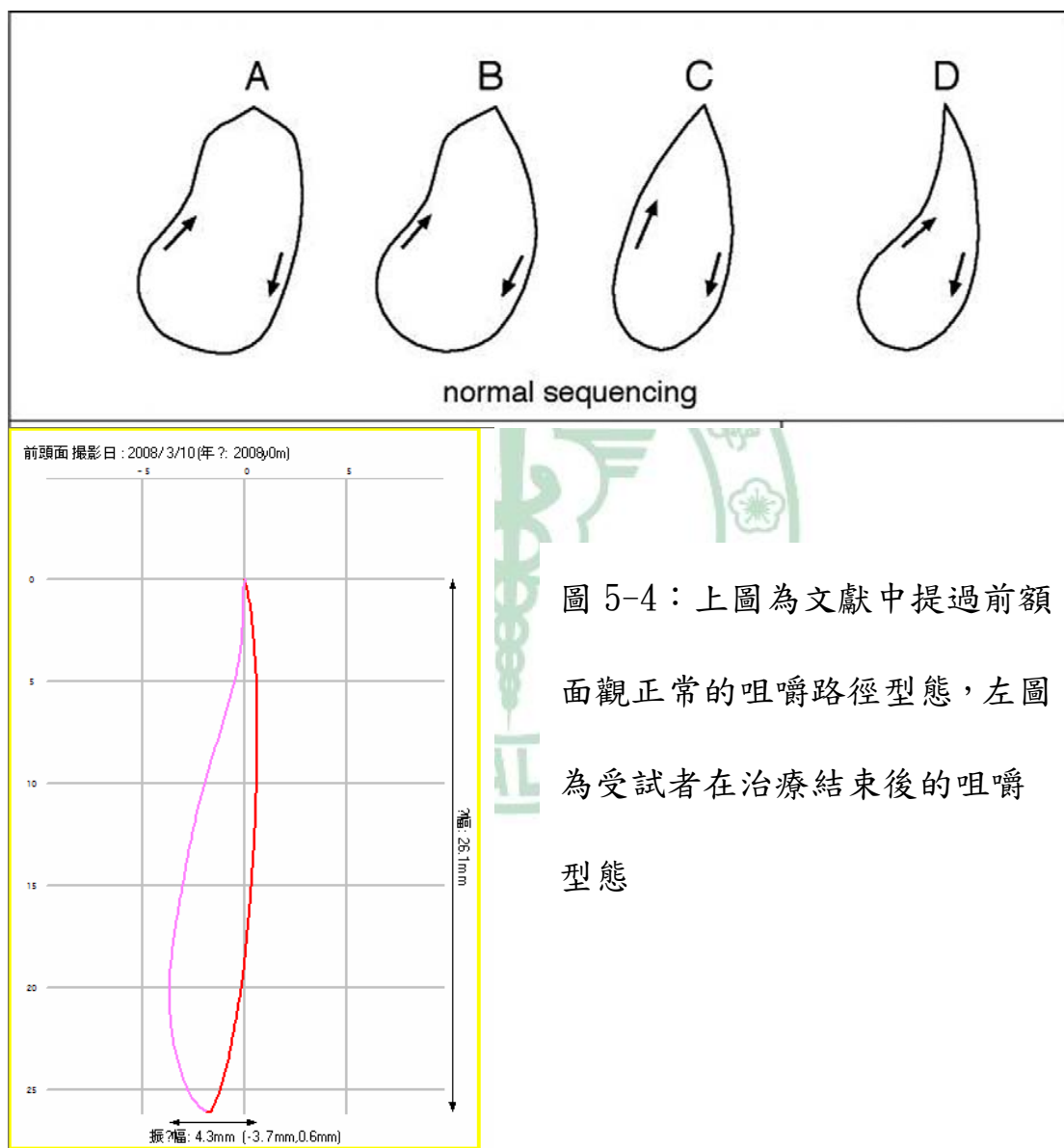


圖 5-4：上圖為文獻中提過前額面觀正常的咀嚼路徑型態，左圖為受試者在治療結束後的咀嚼型態

而就數據的分析，下顎咀嚼運動的軌跡由前額面觀察，將其分為垂直方向以及水平方向來分析；在垂直方向與時間的相關性而言，在反咬

改正之後，會隨著時間的增加些微地增加了垂直位移，但是增加量非常少，甚至沒有顯著的差異，在水平方向的位移上也是如此，唯有咀嚼硬的口香糖會在移動量上會有顯著的差異（垂直方向上 1.229 ± 0.373 mm/month，水平方向上 0.252 ± 0.118 mm/month），在軟食的咀嚼上則是沒有一個確定的相關性。推測其原因在於隨著軟、硬兩種食物本身的性質不同，在進行咀嚼運動時，本體受器所感覺到的壓力也會有所不同，因此文獻上記載咀嚼硬食的時候需要較大的下顎移動的範疇（包括在垂直及側方的方向上）以達到將食物擊碎的效果，但咀嚼軟食只是將相同的食物進行研磨，所以在運動的路徑上會維持比較一致的穩定度；但是從本研究中所觀察，當咬合的型態改變後，在將其調整至穩定的咬合的這個過程，咀嚼硬食會有越來越大的路徑但相較下軟食並沒有顯著的增加量，可得到的推測是穩定的咬合會對於咀嚼硬食擊碎食物的這個功能會有較大的幫助，但在研磨食物的這個功能上或許會取決於其他的因素。

從觀察單純使用左側或右側來咀嚼軟的食物時也可以得到相同的結論，因為在咀嚼軟食使用任兩側的結果分別為一者有差異另一者則無差異，並沒有一致的結論；但是由左右側會有不同的差異顯示，這可能與受試者的習慣咀嚼側會有相關，因此在一些研究當中會為了簡化研究的變項會將左、右側合併計數，這樣的作法可能較為不恰

當，在本研究中顯示隨著咬合穩定度的改變，左側、右側會有不同的差異，也因此分開計算會能夠排除一些誤差。

在性別方面的差異而言，無論是垂直方向的位移或是水平方向的位移，男性都有大於女性的趨勢，但是在統計學上並沒有明顯的差異，會有這樣的結果推測還是與解剖結構上，男性的顱骨會大於女性而導致會有如此的結果。

5-3-2 下顎咀嚼路徑矢狀面觀的結果討論

由矢狀面觀察咀嚼運動的軌跡可從垂直方向以及前後方線觀察，在垂直方向的變化與前額面的描述是一致的，而由矢狀面觀測會希望知道前後方向上的關係；在本研究中所觀測到的結果在前後關係上並無顯著增加或減少的關係。有研究認為咀嚼的模式應該會由前額面評估其側方移動的位移是個較具信度的指標，而矢狀面的位移較無法提供一個確實的判定標準，本研究中也觀察到類似的結果，即使反咬改正後，在咀嚼食物時，依然主要還是依賴後牙進行咀嚼，門牙的導引似乎在這個咬合穩定的過程中對咀嚼運動無太大的影響。

同時在前後位移上，男性與女性也沒有明顯差異，相對於垂直方向與水平方向上男性皆較女性增加的趨勢，間接說明當進行咀嚼運動時，在前後方向上的位移變化量是很小的。

5-3-3 下顎咀嚼速率與時間的結果討論

進行咀嚼運動時的速度表現，其速度變化是呈現一封閉式的紡錘型，如圖5-5。隨著開口量增加，開口速度之會增加，多數的受試者在開口量達最大開口量的三分之一至三分之二時，會有最大速度產生；隨著開口量繼續增加，速度會慢慢減小，到達最大開口位置時，速度變零，並開始閉口動作的產生；隨著閉口的過程，閉口速度會逐漸增加，至閉口量三分之一至三分之二時，會有最大速度產生；隨著閉口量繼續增加，速度會慢慢減小，到達牙齒進入正中咬合位置時，速度歸零¹¹。



圖 5-5：左圖是平均速度分佈，右圖是個別循環速度分佈，中間圖為兩者綜合關係圖。

在本研究中，咀嚼運動的速度也是一個觀察的項目，以開口最大速度，閉口最大速度以及咀嚼運動的平均速度來進行評估；在治療的初期，即是在前牙反咬改正之前在咀嚼的開閉口最大速度具有一個的趨勢，而在反咬改正回診當次達到最低，但隨著矯正的治療，速度會有一個顯著增加的趨勢。

會造成在矯正後下顎運動速度有立即性的降低的原因可能是因為疼痛的關係。因矯正治療使牙齒移動所產生之疼痛開始的時間和持續的時間目前仍無一確切的定論，Anstendig⁷⁹的動物研究指出，此類疼痛之發生與牙周韌帶之缺血區之產生有關，而後的疼痛增加則是因為於發炎的牙根尖施予壓力所致，且於矯正力施予後通常很快的也會有輕微的牙髓炎出現；Yamasaki指出，矯正疼痛於施力後三小時開始發生，一到兩天後到達高峰，持續的時間從六小時到七天都有。

下顎運動的速度主要由咀嚼肌收縮強度決定，亦會受到神經系統的協調控制及骨骼系統的力學條件影響。因此綜合以上歸納出可能的機轉是當咀嚼過程中牙齒接觸時會將咬合壓力所產生的疼痛回饋到中樞神經，經過調控後反映在咀嚼肌的表現之上。

在咀嚼硬的口香糖時，在速度方面以及增加的趨勢都會比較食來的快，在反咬改正之後，在最大開口速度而言，咀嚼硬的口香糖會有 11.130 ± 3.927 mm/sec的增加比率，而在咀嚼軟的口香糖時，則是

每個月會有 5.604 ± 2.827 mm/sec的增加率，相同的在最大閉口速率也是一樣的，咀嚼硬食的增加率約為軟食的兩倍。

在相同的口香糖咀嚼不同側的比較上，平均來說，咀嚼左側的速度增加率會比咀嚼右側的增加率來的高，在左側咀嚼口香糖最大開口速度上的增加比率為 6.286 ± 2.256 mm/sec，在最大閉口速度增加比率上是 10.214 ± 1.452 mm/sec，而在右側咀嚼口香糖最大開口速度上的增加比率為 2.843 ± 1.895 mm/sec，在最大閉口速度增加比率上是 8.555 ± 3.296 mm/sec，再次間接證明事實上左側與右側的咀嚼是不同的。

而在比較相同條件下，通常閉口的速度與開口的速度相比較而言，閉口的速度會略大於開口速度，也就是下顎閉口速度比下顎張口速度來得快，這與之前的研究結果相似，這是可能是因為在咀嚼系統中，閉口肌群比張口肌群來的強壯。另外就反咬改正後開口與閉口的最大速度增加比率而言，普遍來說，也都是在於閉口速度的增加率會大於開口速度的增加率。

在性別的探討上，無論是最大開口咀嚼速率或是最大閉口咀嚼速率上，無論咀嚼軟食或硬食，也不論左側或右側，男性的咀嚼速度皆會大於女性的咀嚼速度，而且在男性會較女性快，具體數字上可以得到約為 $90 \sim 105$ mm/sec。

另外，在本研究中也記錄了當開閉口最大速度發生時的位置，在反咬改正之後，發生最大速度的位置會隨著時間緩緩往下方移動，在咀嚼硬的口香糖時會比軟的口香糖來的大，增加率約為2~3倍；而在左右側咀嚼口香糖時也是有往下方位移的趨勢，左右的差異量也是約為兩倍，同時與由前額面咀嚼口香糖時垂直增加趨勢相當一致。

在男性與女性的差異上男性仍然大於女性的。受到內分泌系統及其他因素的影響，男女的肌肉組成有明顯的差異存在。文獻⁷⁶指出，咬合力的表現男性明顯大於女性；咀嚼時下顎運動速度的表現上，也有相同的差異存在，亦為男性高於女性。

當討論到整個的咀嚼平均速度的時候，在本研究中可以發現在反咬改正之後，咀嚼口香糖的平均速度都是有增加的趨勢，特別是在咀嚼硬的口香糖有顯著的差異；但是在單一咀嚼循環所需要的時間上，則是有減少的趨勢，而且女性會較男性在單一循環中需要更多的時間。

5-4 測試食物評估治療之討論

在咀嚼的能力測試的時候，可分為主觀式評估與客觀式評估兩種方式；主觀性評估的研究方式主要是受試者的自我評估，大多採用問卷或是訪談的方式進行，使用問卷研究的方式比較主觀，但卻可以進行大規模的普查，其結果仍具有一定的參考價值，因為曾經有研究⁸⁰顯示受試者自評的咀嚼能力與使用客觀科學方法所得的咀嚼效率之間仍有微弱的相關性；不過進行學術研究時主觀性評估方式其重複性（reproduction）及有效性（validity）較低，受試者間的變異性可能相當大。

客觀性評估方面，主要是以標準化的方法進行評估，去除主觀性判斷，評估方法是給予受試者相同標準的測試物；使用理想的測試食物來評估咀嚼功能仍是目前最理想的方式，但是根據食物之物理性質，而有不同的測試分析方法。

5-4-1 在咀嚼食物種類的探討

在眾多研究中進行過的咀嚼測試食物當中，若是以食物的來源進行分類可分為天然食物（如花生、蘿蔔、杏仁、椰仁碎片、小魚乾、洋菜）及人造食物（如加入formalin固定硬化的gelatin、以矽膠製成圓錠狀之Optosil、內含色素的膠囊或藥錠、製成固定硬度大小的錠

形測試食物、石蠟、口香糖)，使用天然食物會有製備上難以達到均質的效果，但是使用人工製作的測試食物可以達到均質、大小、形狀皆容易控制，但是某些食物是不可食用的，難免讓受試者有疑慮而影響受試結果。

若是以測試時的食物性質則又可將其分為兩類的食物，一類是硬食，另一類是軟食；使用硬食的評估咀嚼效率在於評估個體在一定時間內或以一定的咀嚼次數將食物粉碎、研磨之能力；評估軟食咀嚼效率時著重於個體攪拌食物的能力，利用擠壓（pulverizing）和研磨（grinding），使口水浸潤形成食糰（bolus），達到混合釋出及軟化食物內成分物質之目的的能力。

因此綜合以上各種的優缺點，在進行本研究的測試食物選取時，考量到國人平日進食習慣中的食物大多是經過烹煮後的食物，較為細緻柔軟，因此採用軟食來進行評估咀嚼時會較為貼近生活習慣。另外選取食物時需要考量的是儘量能夠避免在測試過程當中產生干擾，所謂的干擾有可能是因為可食性的食物會咀嚼中和併吞嚥而減少食物的量，又再者因為可吞嚥而增加吞嚥次數而干擾咀嚼評估的正確性；因此一個不可吞嚥、質地一致、體積不變的食物才是一個良好的咀嚼測試食物，所以口香糖雖然是一個不可吞嚥的食物，但是與其他測試物比較起來，造成不可吞食的恐懼是最少的，也因此是一個最恰當的

測試食物。

5-4-2 軟食與硬食對於咀嚼的影響

在本研究中進行的口香糖選取的是長與寬分別為13.65mm，厚度為5.42mm，重量為1.64g的方塊型的口香糖，由於外層包覆著一層硬糖衣，與咀嚼後完全沒有顆粒的口香糖（定義為軟食）相比較可視之為硬食的口香糖。

Lundeen 與 Gibbs兩位學者曾在1982年⁴¹提出過當食物越硬就會有越側方的閉口撞擊；當食物越軟，閉口撞擊會牽涉到較小的側方運動。Proschel與Hofmann在1988年⁸¹時對193個正常咬合及41個下顎前突的病人進行研究也有發現到當咀嚼硬的食物與軟的食物比較時會有較寬的橫向運動；但是對於下顎前突的病人而言，咀嚼模式分佈並無明顯的差異，亦即是Class III的咬合不能全力執行磨合的移動。

在本研究中也觀察與Proschel與Hofmann較不同的情況，除了一般咀嚼硬食時會有較寬的下顎運動範圍，包含了垂直距離的移動以及水平距離的移動，也包含了前後的移動，但是比較明顯的表現還是在於垂直距離的移動以及水平距離的移動。因此在功能性反咬的病人其實與骨性反咬的病人不同點在於功能性反咬的病人在咀嚼軟硬食物時還是會有所區別的。

另外在本研究中治療前後，無論咀嚼軟硬的口香糖都會有在路徑上的增加，包含在水平方向以及垂直方向；但是若比較咀嚼硬的口香糖會在移動增加量上會有顯著的差異（垂直方向上 $1.229\pm 0.373\text{mm/month}$ ，水平方向上 $0.252\pm 0.118\text{mm/month}$ ），在軟食的咀嚼上則是有趨勢但沒有一個確定的相關性。

在咀嚼硬的口香糖時，在速度方面以及增加的趨勢都會比軟食來的快。



5-5 實驗檢討及其限制

在早期的研究中，進行下顎運動的量測時盡量都要將頭部固定在支架上，避免頭部的移動會影響觀察的結果，而在這些早期的研究當中，如果是進行下顎邊際運動這類的非常態功能性運動時是相當地準確，但是若是在進行一般咀嚼食物的運動紀錄時，則會影響到自身的咀嚼運動，反而會導致觀察結果的不正確。

Abrahams和Richmond在1977年⁸²的研究顯示在頭部、頸部、下顎之間就生物機械與解剖關係而言有強烈的功能性關係，Abrahams在1993年⁸³的研究也顯示在顎顏面與顱頸部的運動系統有相關密切的關係；Eriksson在2000年⁸⁴的研究中顯示下顎功能性的運動是頸部的肌肉、顱顎關節、頸部關節、下顎等的協調動作的產物；Häggman Henrikson在2006年⁸⁵的研究認為當限制住頭部的動作後，一定會影響下顎的運動，同時也認為頸部的運動神經元也會參與一般的咀嚼運動。

因此在後續的研究儀器開發中，無不致力於減少限制頭部的這個缺點，因此在後續的研究儀器中，如磁力式的mandibular kinesiograph、Sirognathograph，如光電子式的OKAS-3D系統等，都是不需要將頭部固定住的下顎運動記錄器，如此一來是可以減少固定頭部所造成的影響。

而在這些非固定式的下顎運動紀錄器中，雖然除去的固定頭部的裝置，但是還是需要在臉部、頭部上裝置一些記錄裝置，如在Mandibular kinesiograph、Sirognathograph需要在頭部裝置磁區感應器，再將其放置在X型的塑膠內再固定於特製的鋁管支架上，以便固定在受試者頭部，整個感應器裝置約重134 公克，有國內的研究顯示，戴上這樣的支架在頭上，即使沒有固定住頭部也都會減少了咀嚼效率，這個現象在女性尤其明顯；而類似的裝置也出現在光電記錄系統上，有些感光體需要裝置在面弓上再置於口腔內；即使這些裝置已朝著體積小、重量輕的方向發展，但仍還是有繼續發展的空間。

另外還有一些廣泛應用在人體關節研究的紅外線光電攝影組Vicon 512 (圖5-6) 也被利用來使用於記錄下顎運動軌跡，而這樣的儀器在進行臉部或關節處標定時會將標定點置於臉部表面上，即是皮膚標記，而若是下顎移動點亦置於臉部表面，會因為軟組織的移動與骨骼的移動並非一致也會影響，導致觀察的不正確。

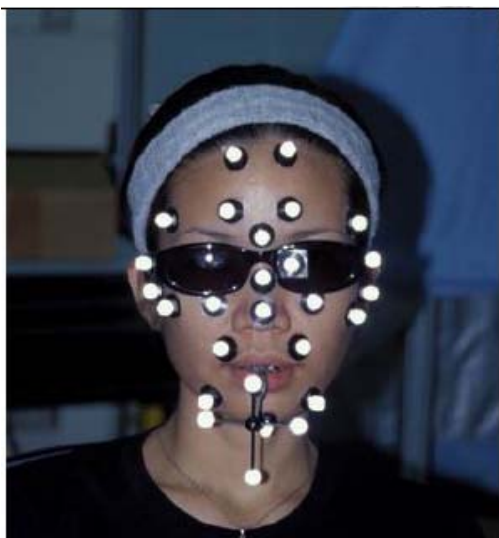


圖 5-6：使用 Vicon 512 來紀錄下顎運動時，某些標記點置於皮膚之上⁸⁶

而在本研究所使用的標記點為一顆直徑5 mm的樹脂球以及另一具連接桿的樹脂球，重量分別為0.07418g以及0.13566g，以如此的重
量相信是可以達到以最輕的重量減少在這一方面對咀嚼運動的觀察
所造成的干擾。



圖 5-7：MKG 置於臉部的磁場感應器（左）與本研究中標記（右）之比較

而本研究雖然儘量減少標記物以及儀器的重量及體積，但還是會
有造成干擾的部分；由於標記物需要置於下顎正中門牙的位置，然後
透過連接桿連接樹脂球，當受試者進行咀嚼運動時，在某些受試者會
發生下顎嘴唇受到連接桿的壓迫，尤其是當反咬尚未改正前會特別明
顯。當嘴唇壓迫連接桿時下顎門牙也受到力量的牽引，如果經過門牙
周遭的本體受器經咀嚼反射回饋至中樞，推測應會對於咀嚼運動的表
現會有所影響；這是本實驗中對於咀嚼運動造成最大的干擾與影響。



圖 5-8：由前額面及矢狀面觀測連接桿壓迫嘴唇之狀況

除此之外，頭部與身體的移動也是一個誤差；由於每次進行測量並沒有固定受試者的頭部與身體，所以每次受試者回診的角度會有些許的誤差，但是在本研究中還是儘量在本次回診中儘量維持在相同的位子上進行記錄。而與將受試者的身體與頭部固定起來進行咀嚼運動所影響的誤差比較，目前並無文獻進行這方面的研究，但是就現有文獻中所提到的，在進行咀嚼功能中限制頭部的運動的確會影響到咀嚼運動的呈現；因此本研究中會選擇盡量減少干擾咀嚼運動的因子，讓咀嚼在完全自由的狀況中呈現。

在實驗器材方面的限制而言，記錄下顎運動所使用的是一般市售具動態記錄功能的數位相機，目前紀錄速度為30fps，然而在文獻中所發現個體最快的咀嚼次數為6Hz，亦即是每秒6次，若是每次循環要有20的點紀錄以完成循環的判斷，即是需要120fps以上才能達到如此的要求，因此減少每秒鐘記錄的次數就可能造成紀錄上的誤差；在本

研究中的受試者中，最快的咀嚼次數為每秒1.5次，接近於30fps可處理的速度，因此可能造成部分誤差。

除相機記錄影像的速度之外，影像的品質也可能產生些許誤差；在本研究中所記錄的影像畫質為640x480的影像，而一般記錄病人的頭顱部範疇約為150~200mm，因此在垂直方向上一個pixel約為0.3~0.4mm，而從辯證實驗當中，當固定測試機台的移動距離後進行量測的距離大多座落於在正負一個pixel值的誤差當中，而標準差也皆小於一個pixel值，因此在下顎邊際運動當中，若是正常開口為45mm，誤差範圍約為3.6%，但是若是在咀嚼運動的路徑約為15mm，則會造成較大的誤差，約為10%。因此若能在影像的品質部分進行改善，依本研究所進行的方式應可得到更為精確的結果。

另外本研究中受試者的數量只有男性兩名，女性三名，樣本的數目上是比較少的，再加上在咀嚼運動以及下顎邊際運動上，個體間就存在很大的差異，所以只有增加樣本數才能得到一個更加適用於群體的結果；除此之外，就治療時間而言，矯正器拆除後並非就是觀察結束的時間，因為拆除矯正器之後還有配戴維持器，而且之後牙齒在日後的活動當中會有輕微的移動，也因此神經生理上對於重新建構的咀嚼要花多久的時間才能夠到達一個穩定的狀況是個一個需要更深入的問題，也需要更多的時間進行觀察。

第六章 結論

1. 就成人的功能性反咬而言，利用固定式矯正器以及配合超彈性鈦鎳合金線可以在短期（4~12週）利用反咬弓（crossbite arch）將前牙咬好改正，並且可在一年之內完成治療，因此這是個有效並確實的治療方法。
2. 下顎邊際運動反咬改正當下在垂直方向會有減少的趨勢，但是在反咬改正後至咬合穩定後，在垂直方向以及前後的位移上會增加，但是在側方的移動上則沒有增加的趨勢。
3. 反咬改正後至咬合穩定的這段時期在咀嚼的路徑上只有在垂直方向上有增大的趨勢，而在水平以及前後的位移量上則無明顯的差異。
4. 反咬改正後至咬合穩定的這段時期在咀嚼的開閉口最大速率上會有明顯增加的趨勢，而且開閉口最大速度的發生位置會往下方移動；另外在咀嚼的平均速度也是會增加的。
5. 在男女性的差異部分，男性在下顎邊際運動的各個方向的移動量都會大於女性，尤其是在側方運動的位移量；在咀嚼運動的路徑上也是男性大於女性；而在咀嚼速度的差異上，最大開口速度以及平均速度也都是男性比女性快。
6. 在型態改正之後，會立即性地影響咀嚼的功能，而最明顯的就是表現在咀嚼的速度之上。

第七章 未來的展望

在下顎的邊際運動最有關係的是解剖的結構，包括顱顏骨的型態、肌肉的伸縮度以及韌帶的限制關係，這方面已經有很多的研究，也有很多的指標可以參考，但是在咀嚼運動方面，除了解剖構造的研究、運動學方面的研究外，其實咀嚼運動是基於神經傳遞回饋來操控肌肉來操作所有的動作，因此能在神經傳遞的路徑上能有進一步的瞭解會更有助於臨床治療上的評估。

其次，由於下顎運動的測量方式日漸進步，會影響下顎咀嚼運動的儀器也越來越少，但是截至目前為止，仍在精確度、影響度上仍有進步的空間；若能在影像處理、資料統整上能有更進步的方式，也是對於瞭解人類咀嚼運動與不正咬合型態之間的關係能有所助益。

第三，目前對於咀嚼模式的評估也沒有一項非常確定的指標或標準，因此建立咀嚼生理評估的標準化將能夠有效助於臨床醫師在進行不正咬合的治療有更好的評估標準。

最後，咀嚼的模式約是在兒童時期即養成，但是對於各種的不正咬合是否在改正之後就會改變了咀嚼的模式仍有許多的疑問存在，因此瞭解各類不正咬合對咀嚼模式所造成的影響以及是否是在兒童時期就進行早期治療的評估是未來一項重要的課題。

參考文獻

1. Manly, R.S. & Braley, L.C. Masticatory performance and efficiency. *Journal of Dental Research*, 29, 448-462,1950.
2. Ahlgren, J. Mechanism of mastication. *Acta Odontologica Scandinavica*, 24 (Suppl. 44) 1,1966.
3. Gibbs, C.H., Messerman, T., Reswick, J.B. & Derda, H.J. Functional movements of the mandible. *the Journal of Prosthetic Dentistry*, 26, 604-620,1981.
4. Mongini, F., Tempia-Valenta, G.& Benvegno, G. Computer-based assessment of habitual mastication. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 55, 638,1984.
5. Jankelson B, Carroll WS , Patrick FC , Radke JC : Kinesiometric instrumentation : a new technology . *JADA* 90 April 834-840 ,1975 .
6. Bates, J.F., Stafford, G.D. & Harrison, A. Masticatory function: a review of the literature. III. Masticatory performance and efficiency. *Journal of Oral Rehabilitation*, 3, 57-67,1976.
7. Ash MM , Ramfjord . Pain : Neurophysiology and clinical correlation . In : *Occlusion* , 4th Ed. , Philadelphia . Chap 1 , p1-41, 1995 .
8. *Fundamental of functional anatomy for Chairside Evaluation of Stomatognathic Functions*,1th ED, Chap 1,p1-119,2004
9. Posselt, U.: Studies in the mobility the human mandible. *Acta. Odont. Scand.*, 10(Suppl.):10, 1952.
10. Kiliaridis S. Masticatory muscle influence on craniofacial growth. *Acta Odontol Scand*, 53:196-202, 1995.
11. 關儀妍。成人之下顎運動速度與顱顏齒列型態的關係。私立台北醫學院口腔復健醫學研究所，碩士論文，2002。
12. Bates, J.F., Stafford, G.D. & Harrison, A. Masticatory function: a review of the

literature. III. Masticatory performance and efficiency. *Journal of Oral Rehabilitation*, **3**, 57-67, 1976.

13. Friel, S: Occlusion: Observations on its development from infancy to old age. *Int. J. Orthodont. Oral Surg*, 13:322, 1927.

14. Moller, E.: The chewing apparatus: An electromyographic study of the action of the muscles of mastication and its correlation to facial morphology. *Acta. Physiol. Scand.*, 69(Suppl.):280, 1966.

15. Hannam, A.G. et al: Medical pterygoid activity during the closing and compressive phase of human mastication. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 55:359, 1981.

16. Dessem, D. et al.: The role of periodontal receptors in the jaw-opening reflex in the cat. *J. Physiol.*, 406:315, 1988.

17. Feldman, R.S., Kapur, K.K., Alman, J.E. & Chauncey, H.H. Aging and mastication: change in performance and in the swallowing threshold with natural dentition. *Journal of American Geriatric Society*, **28**, 97-103, 1980.

18. Yamada, Y. & Haraguichi, N. Reflex changes in the masticatory muscles with load perturbations during chewing hard and soft food. *Brain Research*, 669, 86-92, 1995.

19. Morimoto, T., Inoue, T., Nakamura, T. & Kawamura, Y. Frequency-dependent modulation of rhythmic human jaw movements. *Journal of Dental Research*, 63, 1310-1314, 1976.

20. Dubner, R. Neurophysiology of pain. *Dental Clinics of North America*, **22**, 11-30, 1978

21. Hayasaki, H., Saitoh I., Throckmorton G.S., Iwase, Y., Nakata, S. & Nakata, M. Occlusal phase of gum-chewing strokes. *Journal of Oral Rehabilitation*, **30**, 1041-1046, 2003.

22. Throckmorton, G.S., Buschang, B.H., Hayasaki, H. & Phelan, T. The effects of chewing rates on mandibular kinematics. *Journal of Oral Rehabilitation*, 28, 328-334, 2001.

23. Manly, R.S. & Braley, L.C. Masticatory performance and efficiency. *Journal of Dental Research*, 29, 448-462, 1950.
24. 簡麟懿。以標準化測試食物評估軟食咀嚼效率並探討下顎運動與咬合型態對於軟食咀嚼效率的影響。國立台灣大學醫學院臨床牙醫學研究所補綴學組。碩士論文。2006。
25. Carlsson, G.E. Masticatory efficiency: the effect of age, the loss of teeth and prosthetic rehabilitation. *the International Dental Journal*, 34, 93-97, 1984.
26. Omar, S.M., McEwen, J.D. & Ogston, S.A. A test for occlusal function. *British Journal of Orthodontics*, 14, 85-90, 1987.
27. Tallgren, A., Mizutani, H. & Tryde, G. A two-year kinesiographic study of mandibular movement patterns in denture wearers. *the Journal of Prosthetic Dentistry*, 62, 594-600, 1989.
28. Bourdiol, P. & Mioche, L. Correlations between functional and occlusal tooth-surface areas and food texture during natural chewing sequences in humans. *Archives Oral Biology*, 45, 691-699, 2000.
29. Hansdottir, R. & Bakke, M. Joint tenderness, jaw opening, chewing velocity, and bite force in patients with temporomandibular joint pain and matched healthy control subjects. *Journal of Orofacial Pain*, 18, 108-113, 2004.
30. Buschang, P.H., Hayasaki, H., Throckmorton, G.S. Quantification of human chewing-cycle kinematics. *Archives Oral Biology*, 45, 461-474, 2000.
31. Kiliaridis S., Karlsson S., Kjellberg H. Characteristics of Masticatory Mandibular Movements and Velocity in Growing Individuals and Young Adults. *J Dent Res* 70(10)1367-1370, October, 1991
32. Feldman, R.S., Kapur, K.K., Alman, J.E. & Chauncey, H.H. Aging and mastication: change in performance and in the swallowing threshold with natural dentition. *Journal of American Geriatric Society*, 28, 97-103, 1980.
33. Agrawal, K.R., Lucas, P.W. & Bruce, I.C. The effect of food fragmentation

index on mandibular closing angle in human mastication. *Archives Oral Biology*, 45, 577-584, 2000.

34. Takada, K., Miyawaki, S. & Tatsuta, M. The effects of food consistency on jaw movement and posterior temporalis and inferior orbicularis oris muscle activities during chewing in children. *Archives Oral Biology*, 39, 793-805, 1994.

35. Anderson, K., Throckmorton, G.S., Buschang, P.H. & Hayasaki, H. The effects of bolus hardness on masticatory kinematics. *Journal of Oral Rehabilitation*, 29, 689-696, 2002.

36. Horio, T. & Kawamura, Y. Effects of texture of food on chewing patterns in human subjects. *Journal of Oral Rehabilitation*, 16, 177-183, 1989.

37. Ogawa, T., Ogawa, M. & Koyano, K. Different responses of masticatory movements after alteration of occlusal guidance related to individual movement pattern. *Journal of Oral Rehabilitation*, 28, 830-841, 2001.

38. Posselt U. Studies in the mobility of the human mandible. *Acta Odont Scand* 10, Supplementum 10, 1952.

39. Eric V.B. and David J., "Analysis and Modeling of 3D Jaw Motion in Speech and Mastication." *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, vol. 40, pp. 1256-1248, 1997.

40. 洪昭民，洪純正，王震乾，“下顎運動最大範圍之研究”，*中華牙誌*，vol. 3, pp. 15-21, 1984。

41. Lundeen, H.C. & Gibbs, C.H. *Advances in Occlusion*, pp. 18–19. John Wright PSG Inc., Boston, 1982.

42. 范倩彧。下顎運動軌跡雛型系統設計開發與臨床測試。長庚大學/醫療機電工程研究所。碩士論文。2003

43. <http://www.dent.tokushima-u.ac.jp/hotetu2/WCB/WCB03.html>

44. Yamashita, S., Hatch, J.P. & Rugh, J.D. Review. Dose chewing performance depend upon a specific masticatory pattern? *Journal of Oral Rehabilitation*, 26,

547-553, 1999

45. Jankelson B, Hoffman GM, Hendron JA. Physiology of the stomatognathic system. JADA, 46: 375, 1953.

46. Messerman T. A means for studying mandibular movements. J Prosthet Dent 17:36-43, 1967.

47. http://www.myotronics.com/NR/store/index.cfm?action=cat.prodInfo&partNo=k7_jaw

48. Renatu C., Viviane M., and Altair A., “Short Term Evaluation of Interocclusal Istance During Speech After New Removable Prosthesis Insertion” Journal of Applied Oral Science; vol. 11, pp. 216-22, 2003

49. Hannam AG., DeCou RE, Scott JD, Wood WW . The kinesigraphic measurement of jaw displacement. J Prosthet Dent 44:88-93, 1980.

50. Kazazoglu E , Heath MR, Ferman AM, Davis GR, Kazazoglu E. Recording mandibular movement: technical and clinical limitations of the sirognathograph. J Orofac Pain 8:165-177, 1994.

51. Karlsson S . Recording of mandibular movements by intraorally placed light emitting diodes. Acta Odont Scand 35:111-117, 1977.

52. 林顯書。顱顏面型態與頭頸部姿勢對於下顎-頭頸運動學策略的影響。臺灣大學/臨床牙醫學研究所。碩士論文。2005。

53. Airoidi L R, Gallo LM, Palla S . Precision of the jaw tracking system JAWS-3D. J Orofac Pain 8:155-164, 1994.

54. Naeije M, Vander Weijden JJ, Megens CCEJ . OKAS-3D: optoelectronic jaw movement recording system with six degrees of freedom. Med & Biol Eng & Comput. 33:683-688, 1995.

55. Sato K, Konno M, Matsuda T, Development and clinical application of jaw movement analyzing system by optical motion capture, The 63rd annual meeting of the Japanese orthodontic society; 2004

56. Kelly JE, Sanchez M, Van Kirk LE. An assessment of the occlusion of the teeth of children. DHEW Publication No (HRA) 74-1612, Washington, DC: National Center for Health Statistics; 1973.
57. Lew KKK, Foong WC, Loh E. Malocclusion status in Singapore school children. Cited in: Lew KKK, Foong WC. Horizontal skeletal typing in an ethnic Chinese population with true Class III malocclusion. *Br J Orthod* ;20:19-23, 1993.
58. Susami R, Asai Y, Hirose K, Hosoi T, Hayashi I, Takimoto T. The prevalence of malocclusion in Japanese school children [in Japanese]. *J Jpn Orthod Soc* ;31:319-24,1972.
59. 林錦榮，中國孩童九至十五歲異常咬合流行調查研究。臨床牙醫學 1984;4:227-34
60. HIDEHARU Y, KENJI S. Malocclusion associated with abnormal posture. *Bull. Tokyo dent. Coll.*, Vol. 44, No. 2, pp.43_54, May, 2003
61. Eismann D, Prusas R. Periodontal findings before and after orthodontic therapy in cases of incisor cross-bite. *Eur J Orthodont.* ;12:281–283,1990
62. Faulkner MG, Hatcher DC, Hay A. A three-dimensional investigation of temporomandibular joint loading. *J Biomech.* ;20:997–1002,1987.
63. Sohn BW, Miyawaki S, Noguchi H, Takada K. Changes in jaw movement and jaw closing muscle activity after orthodontic correction of incisor crossbite. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* ;112:403–409,1997.
64. William R. Proffit, Hery W. Fields, Jr. David M. Sarver,: Contemporary orthodontics, 4th Ed, Mosby. Chap 18, p643, 2006.
65. 王意嘉,吳興國,余建宏:使用改良型超彈性鈦鎳合金線治療前牙反咬暨擁擠症例.J. Taiwan Assoc. Ortho. 19(3): 44-53,2007
66. Andrews LF. The six keys to normal occlusion. *Am J Orthodont*;62:296- 309, 1972.
67. K. Yashiro, S. Miyawaki, K. Takada. Stabilization of jaw-closing movements

during chewing after correction of incisor crossbite. *Journal of Oral Rehabilitation* 31; 949–956,2004.

68. 唐成忠,彭適生：恒牙初期前牙反习合治疗前后下颌运动轨迹的研究. *上海口腔医学*Vol · 7 No · 1 1998

69. Otsubo, K.: Development of the super-elastic Ti-Ni alloy wire appropriate to the oral environment, *J Jpn Orthod Soc* 53(6)41-650,1994.

70. 徐嘉隆。改良型超彈性矯正線之有限元素分析。中國醫藥大學/醫學研究所碩士班。碩士論文。2005。

71. Yoneyama, T., Doi., Hamanaka, H., et al.:Super-elasticity and thermal behavior of Ni-Ti alloy orthodontic archwire, *J Jpn Dent Mater* 11:1-10,1992.

72. Soma, K.,Otsubo, K. and Kuroda, K.:Metallic Materials Possessing Functional Properties –A Newly Developed Super-elastic Ti-Ni Alloy Orthodontic Wire–, *J Jpn Dent Assoc* 48:17-27,1995.

73. Warita, H., Iida, J.,Yamaguchi, S., et al.:A study on experimental Tooth Movement with Ti-Ni alloy Orthodontic Wire:Comparison between Light Continuous Force and Light Dissipating Force, *J Jpn Orthod Soc* 55:515-527,1996.

74. Yoneyama, T.,Doi,H., Kobayashi, E.,et al.:Stress transmission through Ti-Ni alloy, titanium and stainless steel in impact compression test, *J Mater Sci Mater Med* 11:300-336, 2000.

75. Miura, H., Otsubo, K., Yoneyama, T.,et al.:Comparative examination of damping capacities with laser displacement apparatus in orthodontic wires, *J Jpn Orthod Waves* 61(6):435-440,2002.

76. S. Kiliaridis, S. Karlsson, and H. Kjellberg : Characteristics of Masticatory Mandibular Movements and Velocity in Growing Individuals and Young Adults ;*J Dent Res* 70(10)1367-1370, October, 1991

77. WILDING, R.J.C. & LEWIN, A. The determination of optimal human jaw movements based on their association with chewing performance. *Archives of Oral Biology*, 39, 333, 1994.

78. Peter Alfred Proeschel: Chewing Patterns in Subjects with Normal Occlusion and With Malocclusions; Sem in Orthod ;12:138-149,2006.
79. Anstendig H , Kronman J : A histologic study of pulpal reaction to orthodontic tooth movement in dogs . Angle Orthod 42 : 50-55 , 1972 . In Proffit WR , Fields HW Jr . Contemporary orthodontics . St Louis : CV Mosby , p280-281 , 1993 .
80. Slagter, A.P., van der Glas, H.W., Bosman, F. & Olthoff, L.W. Force-deformation properties of artificial and natural foods for testing chewing efficiency. Journal of Prosthetic Dentistry, 68, 790-799,1992.
81. Pro'sschel, P. & Hofmann, M. Frontal chewing patterns of the incisor point and their dependence on resistance of food and type of occlusion. Journal of Prosthetic Dentistry, 59,1988 617.
82. Abrahams VC, Richmond FJ . Motor role of the spinal projections of the trigeminal system. In: Pain in the trigeminal region. Anderson DJ, Mathews B, editors. Amsterdam: Elsevier/North-Holland Biomedical Press, pp. 405-411.1977
83. Abrahams VC, Kori AA, Loeb GE, Richmond FJ, Rose PK, Keirstead SA . Facial input to neck motoneurons: trigemino-cervical reflexes in the conscious and anaesthetised cat. Exp Brain Res 97:23-30.1993.
84. Eriksson PO, Häggman-Henrikson B, Nordh E, Zafar H . Coordinated mandibular and head-neck movements during rhythmic jaw activities in man. J Dent Res 79:1378-1384. 2000.
85. B. Häggman-Henrikson, E. Nordh, H. Zafar1, and P.-O. Eriksson1. Head Immobilization can Impair Jaw Function. J Dent Res 85(11):1001-1005, 2006.
86. 陳健誌。正常顛顎關節之開閉口運動分析。臺灣大學臨床牙醫學研究所。碩士論文。2003。

作者簡歷

1. 姓名：林志杰

2. 性別：男

3. 生日：民國 67 年 09 月 10 日

4. 學歷：中國醫藥大學牙醫學系第18屆 (86.7-92.6)

中國醫藥大學臨床醫學研究所牙醫學門 (95.7-97.7)

5. 經歷：中國醫藥大學附設醫院齒顎矯正科代訓醫師 (94.7-95.6)

