

中國醫藥大學

碩士論文

編號：DOSH-0109

立姿電腦工作站之偏好設定及上肢之姿勢
與肌肉負荷的評估

Evaluation of preferred settings and the
posture and muscular load of the upper
extremity for standing VDT workstation

所 別：職業安全與衛生學系碩士班

指導教授：許文信 博士

學 生：黃宏凱 Huang, Hung-Kai

學 號：9372009

中 華 民 國 九 十 五 年 七 月

誌謝

在研究所的兩年裡，讓我對事情有了不一樣的想法，感謝所有教導我的教授和老師，尤其是我的指導教授許文信老師，給予我細心的指導與諄諄教誨，使我處事的態度與方法更圓融，同時要感謝口試委員江舟峰教授與吳欣潔老師所提供的寶貴意見，令本論文能更臻完善。感謝馨文、詠惠、宜亭及幸家等學妹，有妳們的幫忙與協助，實驗才能夠完成。並感謝參與實驗的 55 位受試者，妳們更是實驗成功的幕後推手。

感謝賴俊雄院長認同我的成長與改變，系上老師在課業上的指導，戴學長與宜文學姊的鼓勵，揚琮與建宗學長給予的建議，儒鳴、崇惟、之弼、瑞宏、彥伶、舒婷、若蓉及芳如等同學的揶揄與激勵，口試時，惟潔與佩琳學妹的幫忙，並感謝我的女友慈雅，在我低潮時，陪伴我度過，最後感謝我的家人給予我精神上的支持，並讓我求學時，無金錢和生活上的壓力，讓我更能夠專心於學業上。

在誌謝撰寫完成之時，代表著求學階段的結束，亦是另一階段的開始，一個必須對自己負責的開端，感謝這一路上幫助、支持及鼓勵我的所有人，甚至敵人給予我的激勵，讓我產生動力向前邁進。

棒球比賽 3 小時、研討會 2 天，實驗過程 3 個月、研究所 2 年，而收穫卻是一輩子！我願將甜美的回憶化作這本論文與大家分享。

中文摘要

由於空間的限制，在某些工作場所中如在半導體廠的無塵室，必須使用立姿電腦工作站(Standing Visual Display Terminal Workstation)，以取代傳統的坐姿電腦工作站，並搭配使用筆記型電腦以進行資料輸入。經由查閱國外文獻發現，立姿電腦工作站設定之研究很少，僅有依據人體計測數據，將鍵盤高度設訂於立姿肘高之建議，然而若將筆記型電腦置於立姿肘高，因為其螢幕與鍵盤連結在一起，會造成螢幕高度太低，導致頸部過度向下彎曲或身體向前彎曲，進而造成肩頸及背部的不適。因此我們懷疑，使用者是否會偏好將筆記型電腦置於高於立姿肘高之位置，以降低肩頸不適，但此時可能導致上臂因前屈而增加負荷。

本研究分為兩階段進行，第一階段目的為探討電腦立姿工作站之偏好設定(Preferred settings)、姿勢與肌肉負荷，由於第一階段實驗完成後，發現受試者仍偏好將筆記型電腦置於立姿手肘高，因此第二階段進一步探討在不影響偏好鍵盤高度下，藉由改變桌面之傾斜角以提高螢幕高度，對作業人員視角、頸部前傾角與上肢肌肉負荷之影響。

二階段實驗，分別有 40 位與 24 位女性大學生參與，第一階段獨立變數包括：電腦種類(12 吋、14 吋筆記型電腦與對照之 15 吋桌上型電腦)、工作站種類(電動可調立姿電腦工作站、固定式平台電腦工作站)、偏好桌面高度起始設定(高到低、低到高)。第二階段實驗獨立變數包括：

桌面傾斜角起始設定(分別為由 30 度往下調，水平 0 度未調整與由 0 度往上調)，而評估之應變數為頸部與上肢姿勢參數及以肌電儀量測受試者之上肢肌肉負荷。所有實驗獨立變數均為受試者內變數(within-subject variables)，實驗次序以完全隨機方式進行，以避免疲勞與學習效果之影響，兩階段實驗時間分別約為 180 分與 165 分，並且在每次實驗完成後填寫主觀不適問卷。

第一階段實驗結果顯示，偏好桌面高度受到起始桌面高度設定影響有顯著的差異($p < 0.001$)，但不同電腦種類對偏好桌面高度並無顯著影響，而偏好桌面高度非常接近受試者之平均立姿手肘高，顯示受試者並未將筆記型電腦的置放高度提至超過其立姿手肘高，藉此降低向下視角與頸部彎曲向前角度，此外，12吋的筆記型電腦明顯有比較大的向下視角、頸部彎曲角度與肌肉負荷，而15吋之桌上型電腦則是有最小的向下視角、頸部彎曲角度與肌肉負荷；第二階段實驗結果顯示不同電腦種類與起始桌面高度設定對偏好桌面傾角並無顯著影響，有大於54.2%受試者喜歡桌面傾角可調整，僅有4.2%受試者不喜歡，其偏好角度範圍平均值為4.8到6.8度，實驗結果亦顯示起始桌面高度設定($p < 0.001$)與起始桌面傾角設定($p < 0.001$)均對偏好桌面原始高度有顯著影響，此外增加桌面傾角會提升螢幕中心高，改善受試者向下之視角與頸部傾斜角度，但同時會些微增加手腕伸展角度與增加左肩三角肌之負荷；而在主觀不適問卷的統

計結果發現兩階段實驗皆無顯著差異。研究結果除了能提供立姿電腦工作站設計參考外，也可以作為半導體廠立姿電腦工作站實務改善之依據。

關鍵字：立姿電腦工作站、桌面傾斜角度，肌肉負荷、工作相關肌肉骨骼不適、半導體製造



Abstract

Owing to the space limit the standing visual display terminal (VDT) workstation was necessary and can not be replaced by sitting VDT workstation in practice at some workplaces such as at the semiconductor fabrication cleaning room. The guides or recommendations for standing VDT workstation were few. Only recommendation based on standing elbow height was reported. The elbow-height based recommendation for stand VDT workstation equipped with laptop PC will still possibly result in the neck/shoulder discomfort because of the lower monitor height. We wonder that will the subjects prefer to elevate the keyboard height higher than the standing elbow height to ease the shoulder and neck discomfort. Through, in opposite, this will increase the upper arm discomfort.

There are two stages of experiments. Aims of the first experiment are to evaluate the preferred settings for standing VDT workstation especially for laptop PC and the associated postural and workstation settings and muscular loads. Results of the first stage of experiments show that the subjects still preferred to set keyboard height at about standing elbow height. Therefore, the second stage of experiment aimed to evaluate the effects of increasing laptop stand tilt on the posture and muscular load of the upper extremity.

There were forty and twenty-four healthy female university students participated in the two stages of experiments respectively. They were all familiar with laptop and desktop PC use. The explored independent variables included type of computer (12.1- and 14-inch laptops and desktop PC with 15-inch monitor), initial desk height setting (i.e. from highest/lowest position before adjustment), and initial laptop stand tilt setting (i.e. from 30 degrees to preference, flat, from 0 degrees to preference). All independent

variables are within-subject variables. Electromyograph and dynamic single/two-axis goniometers were utilized to evaluate the associated muscular loads and postural settings for the upper extremity. Each subjects completed all sessions of experiments which were completely randomized to reduce fatigue and learning effects. The first and second stage of experiment took about 180 and 165 minutes respectively for each subject. Besides, a questionnaire was used to evaluate the subjective discomfort after each session of experiment.

Results of the repeated measures ANOVAs showed that initial settings significantly affected the preferred desk height settings. However, no significant differences for the preferred desk height among the three experiment computers were found. The preferred desk height in average was quite close to the average standing elbow height of the subjects which indicated that subjects did not elevate the keyboard higher than their elbow height to ease the large neck flexion and gaze angle for the two laptops. Besides, significantly large neck flexion angle, gaze angle, and muscular loads were reported for the 12 inch laptop compared with the other two types of computers. The desktop PC with 15 inch monitor was found with the smallest neck flexion and gaze angles and the muscular loads. Results of the second stage of experiments showed that the preferred laptop stand tilt was significantly affected by the initial laptop stand tilt settings in the second experiment. 54.2% of subjects preferred the increased laptop stand tilt than the flat setting. The preferred range of laptop stand tilt was between 4.8 to 6.8 degrees. The results also showed that the preferred desk height of VDT workstation was not affected by types of monitor and initial laptop stand tilt settings. The increased laptop stand tilt resulted in elevated monitor center

height and therefore decreased gaze angle to monitor center and downwards gaze angle. However, minor but significant increased wrist extension angle muscular load for left deltoids were found. No significant differences were reported for the subjective discomfort data of the two experiments.

Recommendations of our study for standing VDT workstation can be applied to the improvement of the design of standing VDT workstation of semiconductor fabrication.

Keywords: Standing VDT Workstation, Laptop Stand Tilt, Muscular Load, Work-related Musculoskeletal Disorders (WRMSDs), Semiconductor Manufacturing



目錄

中文摘要	I
英文摘要	IV
目錄	VII
表目錄	XI
圖目錄	XV
第一章 緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究之重要性	3
1.3 研究目的	4
第二章 文獻探討	5
2.1 肌肉骨骼不適之定義及其風險因子	5
2.2 電腦作業所與肌肉骨骼不適之關聯性	6
2.3 電腦作業肌肉骨骼之風險因子	7
2.4 偏好設定	11
2.4.1 偏好設定的研究	11
2.4.2 偏好設定的影響因子	13
2.5 姿勢及肌肉負荷量測方法與儀器探討	14

2.5.1	上肢姿勢角度量測方法及儀器探討.....	16
2.5.1.1	靜態手動量測之量測評估方法.....	16
2.5.1.2	動態電子紀錄之量測評估方法.....	17
2.5.1.3	靜態與動態量測方法之比較.....	18
2.5.2	肌肉負荷量測方法及儀器探討.....	18
2.6	研究架構.....	20
第三章	研究方法.....	22
3.1	實驗對象.....	22
3.2	實驗設備.....	25
3.2.1	可調式立姿工作站.....	25
3.2.2	無塵室中使用之貨架平台.....	27
3.2.3	實驗操作之電腦設備.....	28
3.2.4	實驗作業.....	29
3.3	儀器量測及其紀錄方法.....	30
3.3.1	肌肉電位量測儀及其紀錄方法.....	30
3.3.2	動態雙軸量角器及其紀錄方法.....	36
3.3.3	其他量測儀器及其紀錄方法.....	44
3.4	主觀不適問卷調查.....	45

3.5 實驗設計	46
3.5.1 自變項	46
3.5.2 應變項	51
3.5.3 控制因子	53
3.6 實驗流程	54
3.7 資料統計與分析	56
第四章 實驗結果	57
4.1 偏好設定實驗之結果	57
4.1.1 工作站偏好設定	59
4.1.2 姿勢偏好設定	64
4.1.3 肌肉負荷	71
4.1.4 主觀不適程度問卷結果	77
4.2 可調式立姿工作站與貨架平台之比較	78
4.2.1 工作站偏好設定	78
4.2.2 姿勢偏好設定	81
4.2.3 肌肉負荷	89
4.2.4 主觀不適程度問卷結果	94
4.3 偏好傾角實驗之結果	95
4.3.1 工作站偏好設定	97

4.3.2 姿勢偏好設定.....	105
4.3.3 肌肉負荷.....	117
4.3.4 主觀不適程度問卷及喜好程度結果.....	129
4.3.4.1 主觀不適問卷.....	129
4.3.4.2 桌面傾斜角度可調整之喜好程度.....	132
第五章 討論.....	133
5.1 立姿電腦工作站偏好設定實驗.....	133
5.1.1 置放鍵盤與滑鼠桌面高度.....	133
5.1.2 電腦類型對肌肉負荷之影響.....	134
5.2 可調式立姿工作站與貨架平台比較.....	135
5.3 偏好傾角實驗.....	136
5.4 實驗結果應用之限制.....	138
第六章 結論與建議.....	139
參考文獻.....	141
附錄一.....	151
附錄二.....	152
附錄三.....	153

表目錄.....	XI
表 2-1 電腦作業肌肉骨骼不適之風險因子	10
表 3-1 第一階段實驗受試者之基本資料	23
表 3-2 第二階段實驗受試者之基本資料	23
表 4-1 重複量數變異數分析結果(n=40)	58
表 4-2 偏好桌面(鍵盤)操作高度數據(n=40).....	59
表 4-3 偏好螢幕中心高度數據(n=40)	61
表 4-4 偏好螢幕傾斜角度數據(n=40)	62
表 4-5 鍵盤置放深度數據(n=40)	63
表 4-6 偏好向下視角(至螢幕中心)數據(n=40).....	64
表 4-7 偏好視距(至螢幕中心距離)數據(n=40).....	66
表 4-8 偏好頸部向下彎曲角度數據(n=40)	67
表 4-9 上臂前屈角度之偏好數據(n=40)	68
表 4-10 上臂外展角度之偏好數據(n=40)	68
表 4-11 偏好肘關節角度數據(n=40).....	70
表 4-12 右肱二頭肌之肌肉負荷%MVC 值(n=40).....	71
表 4-13 右肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值(n=40).....	73
表 4-14 右斜方肌之肌肉負荷%MVC 值(n=40).....	74
表 4-15 左肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值(n=40).....	75

表 4-16 左斜方肌之肌肉負荷%MVC 值(n=40).....	76
表 4-17 主觀不適程度問卷結果(平均值±標準差) (n=40)	78
表 4-18 偏好螢幕傾斜角度之比較(n=40)	79
表 4-19 螢幕中心高度之比較(n=40)	81
表 4-20 偏好向下視角之比較(n=40)	82
表 4-21 偏好視距之比較(n=40).....	83
表 4-22 頸部向下彎曲角度之比較(n=40)	84
表 4-23 肘關節角度之比較(n=40)	86
表 4-24 上臂前屈角度之比較(n=40)	87
表 4-25 上臂外展角度之比較(n=40)	87
表 4-26 右肱二頭之肌肉負荷%MVC 值比較(n=40).....	89
表 4-27 右三角肌之肌肉負荷%MVC 值比較(n=40).....	90
表 4-28 右斜方肌之肌肉負荷%MVC 值比較(n=40).....	90
表 4-29 左三角肌之肌肉負荷%MVC 值比較(n=40).....	90
表 4-30 左斜方肌之肌肉負荷%MVC 值比較(n=40).....	91
表 4-31 主觀不適程度問卷比較結果(平均值±標準差) (n=40)	94
表 4-32 重複量數變異數分析結果(n=24)	96
表 4-33 偏好桌面(鍵盤)傾斜角度數據(n=24).....	97
表 4-34 偏好桌面(鍵盤)操作高度數據(n=24).....	99

表 4-35 桌面原始高度數據(n=24)	100
表 4-36 偏好螢幕中心高度數據(n=24)	102
表 4-37 偏好螢幕傾斜角度數據(n=24)	104
表 4-38 偏好鍵盤置放深度(至桌緣距離)數據(n=24).....	105
表 4-39 偏好向下視角(至螢幕中心)數據(n=24).....	106
表 4-40 偏好視距(至螢幕中心距離)數據(n=24).....	108
表 4-41 手腕之伸展角度數據(n=24)	109
表 4-42 起始傾角對手腕伸展角度之影響(n=24)	110
表 4-43 起始高度對手腕伸展角度之影響(n=24)	110
表 4-44 偏好頸部向下彎曲角度數據(n=24)	112
表 4-45 起始傾角度對頸部向下彎曲角度之影響(n=24)	112
表 4-46 上臂前屈角度數據(n=24)	114
表 4-47 上臂外展角度數據(n=24)	114
表 4-48 起始高度對上臂前屈角度之影響(n=24)	115
表 4-49 肘關節角度數據(n=24).....	116
表 4-50 起始傾角對肘關節之影響(n=24)	117
表 4-51 右伸腕肌之肌肉負荷%MVC 值(n=24).....	118
表 4-52 起始傾角對右伸腕肌負荷之影響(n=24)	119
表 4-53 右肱二頭肌之肌肉負荷%MVC 值(n=24).....	120

表 4-54 起始傾角對右肱二頭肌負荷之影響(n=24)	120
表 4-55 右肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值(n=23).....	122
表 4-56 起始傾角對右肩三角肌負荷之影響(n=23)	122
表 4-57 右斜方肌之肌肉負荷%MVC 值(n=24).....	124
表 4-58 起始傾角對右斜方肌負荷之影響(n=24)	124
表 4-59 左肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值(n=22).....	126
表 4-60 起始傾角對左肩三角肌負荷之影響(n=22)	126
表 4-61 斜方肌之肌肉負荷%MVC 值(n=24).....	128
表 4-62 起始傾角度對左斜方肌負荷之影響(n=24)	128
表 4-63 主觀不適問卷程度調查結果(平均數±標準差) (n=24)	130
表 4-64 對於桌面傾斜角度可調整之主觀喜好程度(n=24)	131
表 5-1 估計邊際平均數(平均數±標準誤)	135

圖目錄.....	XV
圖 1-1 作業情形一.....	2
圖 1-2 作業情形二.....	2
圖 1-3 作業情形三.....	2
圖 2-1 研究流程.....	21
圖 3-1 立姿偏好設定實驗之身高分佈圖(n=40).....	24
圖 3-2 立姿偏好高度實驗之身高分佈圖(n=24).....	24
圖 3-3 可調式之立姿工作站(正面).....	26
圖 3-4 可調式之立姿工作站(側面).....	26
圖 3-5 立姿工作站之小台面(正面).....	26
圖 3-6 立姿工作站之小台面(側面).....	26
圖 3-7 可調桌面傾角立姿工作站(正面).....	27
圖 3-8 可調桌面傾角立姿工作站(側面).....	27
圖 3-9 貨架平台(正面).....	28
圖 3-10 貨架平台(側面).....	28
圖 3-11 作業程式畫面.....	30
圖 3-12 肌肉電位量測儀.....	31
圖 3-13 伸腕肌之測試方法.....	33
圖 3-14 肱二頭肌之測試示意圖.....	34

圖 3-15 肩三角肌之測試示意圖	35
圖 3-16 斜方肌之測試示意圖	35
圖 3-17 訊號放大器與接收器	37
圖 3-18 動態單/雙軸量角器	37
圖 3-19 肘關節黏貼部位	39
圖 3-20 腕關節黏貼位置一	40
圖 3-21 腕關節黏貼位置二	40
圖 3-22 耳眼線角度依據圖	41
圖 3-23 角度校正儀器	43
圖 3-24 實驗流程	55
圖 4-1 偏好桌面(鍵盤)操作高度	60
圖 4-2 偏好螢幕中心高度	61
圖 4-3 偏好螢幕傾斜角度	62
圖 4-4 鍵盤置放深度	63
圖 4-5 偏好向下視角(至螢幕中心)	65
圖 4-6 偏好視距(至螢幕中心)	66
圖 4-7 偏好頸部向下彎曲角度	67
圖 4-8 上臂前屈角度	69
圖 4-9 上臂外展角度	69

圖 4-10 偏好肘關節角度	70
圖 4-11 右肱二頭肌之肌肉負荷%MVC 值	72
圖 4-12 右肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值	73
圖 4-13 右斜方肌之肌肉負荷%MVC 值	74
圖 4-14 左肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值	75
圖 4-15 左斜方肌之肌肉負荷%MVC 值	77
圖 4-16 偏好螢幕傾斜角度之比較	80
圖 4-17 偏好螢幕中心高度之比較	81
圖 4-18 偏好向下視角之比較	82
圖 4-19 偏好視距之比較	83
圖 4-20 頸部向下彎曲角度之比較	85
圖 4-21 肘關節角度之比較	86
圖 4-22 上臂前屈角度之比較	88
圖 4-23 上臂外展角度之比較	88
圖 4-24 右肱二頭之肌肉負荷%MVC 值比較	91
圖 4-25 右肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值比較	92
圖 4-26 右斜方肌之肌肉負荷%MVC 值比較	92
圖 4-27 左肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值比較	93
圖 4-28 左斜方肌之肌肉負荷%MVC 值比較	93

圖 4-29 偏好桌面傾斜角度	98
圖 4-30 偏好桌面(鍵盤)操作高度.....	99
圖 4-31 桌面原始高度.....	101
圖 4-32 螢幕中心高度.....	102
圖 4-33 偏好螢幕傾斜角度	104
圖 4-34 偏好向下視角(至螢幕中心).....	107
圖 4-35 偏好視距(至螢幕中心).....	108
圖 4-36 手腕之伸展角度	110
圖 4-37 偏好頸部向下彎曲角度	113
圖 4-38 上臂前屈角度.....	115
圖 4-39 肘關節角度.....	117
圖 4-40 右伸腕肌之肌肉負荷%MVC 值.....	119
圖 4-41 右肱二頭肌之肌肉負荷%MVC 值.....	121
圖 4-42 右肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值.....	123
圖 4-43 右斜方肌之肌肉負荷%MVC 值.....	125
圖 4-44 左肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值.....	127
圖 4-45 左斜方肌之肌肉負荷%MVC 值.....	129
圖 4-46 桌面傾斜角之喜好程度比例圖	132

第一章 緒論

1.1 研究背景

近年來，高科技產業已經成為我國工業發展的主流，而半導體製造業為其中最為突出者。一份我國行政院勞委會勞工安全衛生研究所民國八十五年的研究發現顯示⁽¹⁾，半導體之從業人員於肩膀、手肘、臀／大腿、膝蓋、腳／腳踝等身體部位酸痛之比例均高於全產業及製造業之比例，其中以肩膀及腳／腳踝所佔的比例為最高，分別為41.97%與33.08%。

而在先前一份以半導體廠無塵室作業人員為研究對象之工作相關肌肉骨骼不適(Musculoskeletal Disorders, MSDs)風險因子研究計劃⁽²⁾指出，無塵室作業人員之電腦資料輸入與填寫作業所佔整體工作時間比率是最高者，約在22%至47%之間，其通常使用筆記型電腦，而筆記型電腦通常置放於機台前之貨架平台上(如圖1-1~1-2所示)，雖然現場貨架平台規格不一致，但最常見之貨架平台(如圖1-3所示)，其高度約在88cm左右(明顯低於一般人員肘高約102cm⁽³⁾)，而且無適當書寫台面，因此容易造成人員頸部前彎角度過大，有時甚至需彎腰或曲腿來進行輸入，造成肩頸部與腰部或下肢之危害，此應為造成半導體廠無塵室作業人員頸肩部不適原因之一，因此需要朝現有置於貨架之電腦工作站台與書寫台面之高度與支撐來進行改善。

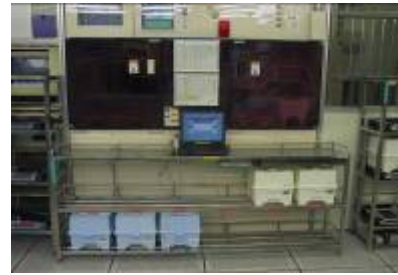


圖1-1 作業情形一 圖1-2 作業情形二 圖1-3 最常見之貨架平台

由於半導體廠無塵室之空間限制，利用坐姿電腦工作站來進行資料輸入與書寫是不可行的，因此立姿電腦工作站(Standing Visual Display Terminal Workstation)有其存在之必要性，但經由查閱國外文獻發現，有關立姿電腦工作站設定之數據很少，只有考慮以人體計測之立姿手肘高度去建議立姿工作桌面高度⁽⁴⁾，而電腦作業是屬於輕度作業，於一般輕度作業則建議為低於手肘10~15公分⁽³⁾。

此建議針對螢幕與鍵盤分開之桌上型電腦或許適用，但由於會使用立姿電腦工作站之工作場所常有空間限制，因此筆記型電腦較常被採用，而筆記型電腦因螢幕連接於鍵盤上，因此若直接以此建議去推估設定立姿電腦工作站的高度，可能因此會有頸部過度前傾或身體向前彎腰之風險存在，進而造成肌肉骨骼的不適，所以進行立姿電腦工作站設定與相關姿勢與肌肉負荷評估是有其必要的。

1.2 研究之重要性

肌肉骨骼系統傷害是常見的職業傷害，除了急性傷害外，由於慢性職業暴露所造成的累積性傷害，近年來越來越受到重視。其對作業人員之影響，不只引起個人不適、降低其工作能力，甚至造成肢體功能喪失等，更會對於功能及生活品質產生重大影響，而對於事業單位而言，則可能產生產能、效率的降低，以及工時的損失與管理階層的困擾等問題。

近年許多研究均證明肌肉骨骼傷害和電腦作業之間的相關連性 (Bernard *et al.* 1994⁽⁵⁾, Carter *et al.* 1994⁽⁶⁾, Faucett *et al.* 1994⁽⁷⁾, Amell *et al.* 1999⁽⁸⁾, Hsu *et al.* 2003⁽⁹⁾)，相關文獻指出，一般電腦作業所造成的肌肉骨骼不適的部位，主要都是發生在頸部、上臂、下臂及手腕等部位 (Fogleman *et al.* 1995⁽¹⁰⁾)，以美國為例，每年因電腦作業而造成的累積性傷害 (Cumulative Trauma Disorders, CTDs) 所付出的損失甚至可到達每年200億美金，其中包括了生產成本、醫藥成本、及重新訓練員工之成本等等 (Wise 1995⁽¹¹⁾, Rizzo 1994⁽¹²⁾, 黃証柳 1998⁽¹³⁾)，因此針對立姿電腦工作站設計之研究存在其必要性，且有助於降低相關肌肉骨骼不適之發生。

1.3 研究目的

本研究共分為兩階段，主要目的為評估符合使用者偏好之相關立姿電腦工作站之設計及相關之上肢姿勢與肌肉骨骼負荷，第二階段為依據第一階段實驗數據而衍生之進一步評估。

第一階段實驗之主要研究目的為：

- (1) 設計一可調高低之立姿實驗工作站，量測使用人員之偏好設定數據(preferred settings)，並量測及評估相關姿勢角度與肌肉負荷。
- (2) 探討相關影響因子包括使用者身高、電腦種類(桌上型與筆記型電腦)、螢幕尺寸及工作站起始設定對使用者偏好設定、姿勢與肌肉負荷之影響。

第二階段實驗主要研究目的為：

- (1) 針對筆記型電腦，增加實驗工作站之桌面傾斜角度調整機制，以評估藉增加桌面傾斜角度以提高螢幕高度對受試者之上肢肌肉負荷與姿勢參數的影響。
- (2) 量測並評估受試者之偏好桌面傾斜角度數據。

第二章 文獻探討

2.1 肌肉骨骼不適之定義及其風險因子

肌肉骨骼不適(musculoskeletal disorders, MSDs)為肌肉骨骼因為肌腱、神經及肌肉的受損而導致之酸、痛、麻無力等症狀所引起之身體不適，而造成肌肉骨骼不適的原因很多，根據世界衛生組織(World Health Organization, WHO⁽¹⁴⁾)之定義，肌肉骨骼不適是由多種風險因子所造成的，包括物理性因子(physical factor)、工作組織性因子(work organizational factor)、心理社會性因子(psychosocial factor)，個人(individual factor)及社會文化因子(social-cultural factor)，其中物理性因子包含施力(force)、重複性(repetition)及姿勢(posture)等；工作組織性因子包含溝通(communications issues)及福利(benefit)等；心理性因子包含與工作環境相關如工作負荷(workload)、工作控制(job control)、工作職位等，及非工作相關環境例如家庭因素；個人性因子包含性別、遺傳、個性等，而社會文化因子包含教育程度等。

在一份由美國職業安全與衛生研究所(NIOSH)於1997年所發表肌肉骨骼危害與其風險因子之流行病學綜合研究報告中指出引起的肌肉骨骼不適之物理性風險因子主要可分為四類，包括施力(force)、姿勢(posture)、重複性(repetition)及振動(vibration)(NIOSH, 1997⁽¹⁵⁾)，此外心理社會性因子亦被許多研究證實與工作引起肌肉骨骼不適存在顯著的關聯

性(Hsu *et al.* 2003⁽⁹⁾)。

2.2 電腦作業與肌肉骨骼不適之關聯性

近年來多數的研究都發現了電腦作業和肌肉骨骼傷害之間的相關連性(Bernard *et al.* 1994⁽⁵⁾, Carter *et al.* 1994⁽⁶⁾, Faucett *et al.* 1994⁽⁷⁾, Amell *et al.* 1999⁽⁸⁾, Hsu *et al.* 2003⁽⁹⁾)，其主要可能影響的部位以眼睛、肩頸部和背部最為顯著(Hsu *et al.* 2001⁽¹⁶⁾)。

Kamienska-Zyta *et al.* 1996⁽¹⁷⁾ 在一份針對波蘭約 600 位電腦作業員工之作業研究調查指出，因電腦作業而產生之主觀肌肉骨骼不適症狀，以眼睛部位之不適比例為最高約為 70%，其次是背部，所佔之比例為 40~50%，而肩膀部位肌肉骨骼不適比例為 20~30%；在韓國，Yne *et al.* 2001⁽¹⁸⁾ 在一份有關肌肉骨骼不適的問卷調查研究中，分析 950 位的女性銀行出納員，發現員工抱怨其肩部位不適的有 51.4%、下背為 38.3%、頸部為 38%、上背則是 31.2%、而手腕與手指的部位分別為 21.7% 與 13.6%；而在性別的差異上，發現女性員工比男性員工容易有肌肉骨骼不適的症狀產生，如 Blatter *et al.* 2002⁽¹⁹⁾ 在其研究中指出，女性工在每天四小時的電腦作業後會增加上肢肌肉骨骼不適的症狀，在男性則是六小時。而 Jensen *et al.* 2002⁽²⁰⁾ 在丹麥的十一家公司或機構中，針對其 5033 位的受雇員工進行滑鼠電腦作業與肌肉骨骼症狀相關性的問卷訪談，在分析其中

的 2579 位全職員工發現，女性在肩頸部位的肌肉骨骼不適症狀之勝算比 (Odds Ratio, OR) 分別為 1.92(CI：1.21~3.02)、1.83(CI：1.13~2.95)，而男性在手腕部位的肌肉骨骼症狀之 OR 值為 2.76(CI：1.51~5.06)；Kilbom *et al.* 1987⁽²¹⁾ 發現，電腦作業人員，若增加頸部向前彎曲角度則會有較高的肩頸部位的肌肉骨骼不適風險。另有文獻發現，在 30 分鐘的電腦資料輸入作業後，會增加肩部之斜方肌(trapezius muscle)的僵硬，而在使用筆記型電腦(Laptop PC or notebook)的電腦作業狀況下，則是 15 分鐘後就會造成肩部斜方肌的僵硬(Horikawa 2001⁽²²⁾)。

2.3 電腦作業肌肉骨骼不適之風險因子

歸納文獻可發現與電腦作業相關之肌肉骨骼不適風險因子如同一般肌肉骨骼不適之風險因子，亦可歸類包括：(1)個人因子：如年齡、性別與工作年資；(2)物理性因子：如長時間的使用電腦、靜態負荷和重覆性工作、螢幕大小與螢幕置放位置的高低、因工作站設計不良引起之上肢支撐不夠，操作滑鼠之橈尺偏與操作頻率問題、電腦工作站桌面與椅子高度；及(3)心理社會因子：如工作滿意度、缺乏同儕支持、工作單調與過度工作負荷等，說明如下：

在個人因子方面：Kamwendo *et al.* 1991⁽²³⁾ 在研究中亦指出，頸部和肩部症狀的增加與年齡和工作年資有關，Blatter *et al.* 2002⁽¹⁹⁾ 在其研究中

指出，女性員工較男性易因電腦作業導致上肢肌肉骨骼不適的症狀，女性在每天四小時的電腦作業後會增加上肢肌肉骨骼不適的症狀，而男性則是六小時。

在物理性因子方面：Bernard *et al.* 1994⁽⁴⁾ 與 Shuval *et al.* 2001⁽²⁴⁾ 之研究指出，工作傷害的增加與長時間的使用電腦有關；Carter *et al.* 1994⁽⁵⁾ 的研究發現，在電腦作業肌肉骨骼的不適可歸因於靜態負荷和重覆性工作，Serina *et al.* 1999⁽²⁵⁾ 在其研究中發現，不良的上肢姿勢與重複性的腕部活動亦是造成上肢肌肉骨骼不適的風險因子之一。也有文獻指出，在操作螢幕較小的電腦時，會有較大的脊椎彎曲姿勢，進而增加脊椎負荷，導致增加肌肉骨骼不適之風險(Szeto *et al.* 2002⁽²⁶⁾)；Bergqvist *et al.* 1995⁽²⁷⁾ 指出螢幕置放位置的高低與頸部的不舒服有顯著的關聯性存在；此外上肢長時間以無支撐的方式操作滑鼠，亦會造成上肢之肌肉骨骼的不適(Bergqvist *et al.* 1995⁽²⁷⁾, Karlqvist *et al.* 1996⁽²⁸⁾)，Shuval *et al.* 2001⁽²⁴⁾ 的研究中指出工作站設計不良會增加其上肢肌肉骨骼不適的風險；Visser *et al.* 2000⁽²⁹⁾ 也發現在使用電腦作業時，手臂有支撐的狀況下，操作者的斜方肌(trapezius muscle)部位負荷有明顯的下降。此外，若鍵盤相對於手肘高度太高或太低，就容易造成手腕的過度屈曲或伸展，進而產生手腕部位的肌肉骨骼不適。而使用滑鼠操作時，假使手腕有較大的尺偏角度，則肩膀也隨之外轉，若頻率過高也會導致上肢之肌肉不適的問題

(Karlqvist *et al.* 1994⁽³⁰⁾)；而電腦工作站高度及空間亦為工作面的相關配置重要因子，上臂於過高的桌面而需藉由上手臂外展提高置於桌面支撐來彌補提高肩膀的姿勢，則會明顯影響三角肌(deltoid muscle)之肌肉活動，將造成使用者背部變形彎曲，肌腱、骨頭、脊椎肌肉緊繃，並在長期累積刺激下而轉為背部、頭部、肩膀、手腕及手臂的傷害(Harvey *et al.* 1999⁽³¹⁾)。

在心理社會因素方面：Bernard *et al.* 1994⁽⁴⁾之研究指出時間壓力與肌肉骨骼不適的症狀有關，Nelson *et al.* 1998⁽³²⁾指出工作單調、個人習慣、社經地位與電腦作業之肌肉骨骼不適的症狀有關，Hsu *et al.* 2003⁽⁹⁾研究指出雖然心理社會因子如工作滿意度、缺乏同儕支持、工作單調與過度工作負荷不如物理性因子與肌肉骨骼不適之關聯性強，但是亦存在顯著相關，我們將上述之研究整理如下表2-1。

表2-1 電腦作業肌肉骨骼不適之風險因子

風險因子	說明	出處
個人因子		
年齡與工作年資	頸部和肩部症狀的增加與年齡和工作年資有關	Kamwendo <i>et al.</i> 1991 ⁽²³⁾
性別	女性員工比男性員工容易有肌肉骨骼不適的症狀產生	Blatter <i>et al.</i> 2002 ⁽¹⁹⁾
物理性因子		
長時間使用電腦	長時間的使用電腦增加工作傷害	Bernard <i>et al.</i> 1994 ⁽¹³⁾ , Shuval <i>et al.</i> 2001 ⁽²⁴⁾
不良的作業姿勢	長時間用固定的作業姿勢造成肌肉負荷	Carter <i>et al.</i> 1994 ⁽¹⁴⁾ , Serina <i>et al.</i> 1999 ⁽²⁴⁾ ,
重複性工作	長時間的重複打字作業會造成肌肉骨骼不適的產生	Carter <i>et al.</i> 1994 ⁽¹⁴⁾ , Serina <i>et al.</i> 1999 ⁽²⁵⁾
操作滑鼠之橈尺偏與操作頻率問題	過大的橈尺偏角度及較高的操作頻率	Karlqvist <i>et al.</i> 1994 ⁽³⁰⁾
螢幕大小與螢幕置放位置的高低	螢幕過小與螢幕高度過低會增加肌肉骨骼不適的風險	Bergqvist <i>et al.</i> 1995 ⁽²⁷⁾ , Visser <i>et al.</i> 2000 ⁽²⁹⁾
工作站設計不良	因工作站設計不良引起之上肢支撐不夠而造成上肢肌肉骨骼不適的風險	Bergqvist <i>et al.</i> 1995 ⁽²⁷⁾ , Karlqvist <i>et al.</i> 1996 ⁽²⁸⁾ , Visser <i>et al.</i> 2000 ⁽²⁹⁾ ,
心理社會因子		
社經地位	社經地位與電腦作業之肌肉骨骼不適的症狀有關	Nelson <i>et al.</i> 1998 ⁽³²⁾
時間壓力、工作滿意度、缺乏同儕支持、工作單調與過度工作負荷	時間壓力、工作滿意度、缺乏同儕支持、工作單調與過度工作負荷與肌肉骨骼不適有顯著相關性	Bernard <i>et al.</i> 1994 ⁽¹³⁾ , Hsu <i>et al.</i> 2003 ⁽⁹⁾

資料來源：本研究整理

2.4 偏好設定

2.4.1 偏好設定的研究

國際標準協會(International Standards Association, ISO)於其所公佈的 ISO6385 標準中指出工作場所必須適合作業人員個人體型之需求⁽³³⁾，此也包含符合個人偏好(preferred settings)之概念，其要求包括：

- (1) 作業表面的高度必須依據人的體型與所從事的工作而調整；
- (2) 座椅的安排應依個人需求而調整；
- (3) 必須提供足夠的身體運動空間；
- (4) 控制器必須裝置於手、腳可觸及的範圍之內；
- (5) 把手與抓柄必須適合手的大小。

因此在使用可以依個人需求調整的電腦工作站情況下，會比不能使用調整的電腦工作站，產生較少的身體不適(Grandjean *et al.* 1983⁽³⁴⁾)，而缺乏人因考量的電腦工作站設計，通常都會導致電腦作業者的視覺和肌肉骨骼不適的產生(Sauter *et al.* 1991⁽³⁵⁾, Bergqvist *et al.* 1992⁽³⁶⁾)，而進行人因工程改善，調整適合操作者的作業環境，在經過調整後，大多數的人都可以立即感受到不適的情況會有所改善(Mekhora *et al.* 2000⁽³⁷⁾, Lewis *et al.* 2000⁽³⁸⁾)。因此，使用考量人體計測值與個人偏好而做調整的可調式工作站，已經被廣泛認為是降低肌肉骨骼不適的產生很有價值的方法(Grandjean *et al.* 1983⁽³⁴⁾, Wang *et al.* 1999⁽³⁹⁾, Hsu *et al.* 2001b⁽⁴⁰⁾)。

進一步回顧有關電腦工作站之偏好設定相關研究可發現，在允許使用者可調整工作站至其偏好設定時，其姿勢絕大部分為身體向傾斜靠於椅背上，上臂微向前屈曲，此與傳統電腦作業指引如ISO9241⁽⁴¹⁾、OSHA3092⁽⁴²⁾之建議的上身直立，上臂自然下垂，手肘成90度之姿勢明顯不同(Grandjean *et al.* 1983⁽³⁴⁾, Ong *et al.* 1988⁽⁴³⁾, Hsu *et al.* 2001b⁽⁴⁰⁾)。傳統人因建議為大約90度的角度最為合適，但許多的研究都發現，電腦作業人員的偏好坐姿姿勢是背部些微向後，以得到較大的視距以及較大的手肘角度，在Jonai *et al.* 2002⁽⁴⁴⁾的研究中指出，電腦作業者會隨著螢幕大小及螢幕傾斜角的不同而改變其手肘的角度，使得手肘角度並不會成90度角。另外，Bergqvist *et al.* 1995⁽²⁷⁾提出了作業者於電腦工作站在調整上的取捨，若提高鍵盤的高度會增加肩頸部位的肌骨骼不適的機會，但卻可以降低手臂及手腕部位肌肉骨骼不適的發生率。

Ankrum *et al.* 1995⁽⁴⁵⁾主張，使用電腦之作業者應該將螢幕置放在眼睛高度水平向下約15°的位置上。在Jaschinski *et al.* 1999⁽⁴⁶⁾的研究結果發現，電腦作業者之偏好的視距在60~100 cm 之間，視角則是在水平與水平向下16°間。Jaschinski *et al.* 1998⁽⁴⁷⁾的研究發現，電腦作業者在低於偏好視距的作業環境下，其產生視覺疲勞的不適較多。Burgess-Limerick *et al.* 1998⁽⁴⁸⁾在研究中發現，電腦作業者將螢幕上緣高度置放在低於眼睛高度的位置上，似乎可以降低視覺及肌肉骨骼不適的產生。

2.4.2 影響偏好設定的因子

可能影響電腦工作站之偏好設定的可能因子包括使用者體型之人體計測值與個人偏好習慣，此外所使用之電腦種類如桌上型或筆記型電腦，螢幕大小也有影響。

Burgess-Limerick *et al.* 1998⁽⁴⁸⁾的研究發現，個人身體計測的差異性會影響同一大小的螢幕尺寸之置放高度，然而亦有其他文獻指出並不是所有人體計測值都會影響偏好設定，如身高對偏好設定的參數設定之影響效果並不顯著，亦即代表偏好設定與身高資料相關性並不顯著，例如在鍵盤設定高度上就與使用人員之身高與坐姿身高無顯著相關(Grandjean *et al.* 1983⁽³⁴⁾, Miller *et al.* 1981⁽⁴⁹⁾, Hsu *et al.* 2001b⁽⁴⁰⁾)。

Van der Heiden *et al.* 1984⁽⁵⁰⁾發現，使用CAD工作站的作業者所偏好螢幕上緣向操作者傾斜角度，與PC工作站之作業者螢幕上緣向後傾斜角度(螢幕上緣較遠離操作者)有差異，此可能因為CAD工作站與一般的個人電腦工作站的工作性質不盡相同，CAD工作站主要作業性質是以電腦繪圖為主，其電腦螢幕尺寸較大，使用者因而會偏好螢幕上緣向使用者傾斜。Wall *et al.* 1992⁽⁵¹⁾發現，若CAD工作站作業者將螢幕中心高度置放在與眼睛高度一樣的高度位置上，對作業者而言會得到較好的作業姿勢，而PC工作站則是發現將螢幕上緣高度置放於低於眼睛的高度位置上(Burgess-Limerick *et al.* 1998⁽⁴⁸⁾, 1999⁽⁵²⁾)。而Byström *et al.* 2002⁽⁵³⁾亦指

出，CAD工作站之作業者會有較小的頸部彎曲角度因為螢幕置放的位置與其他非CAD工作站的作業，以上的結果似乎都顯示在不同的工作站設計上操作會造成使用者有不同的偏好設定。

2.5 姿勢與工作施力肌肉負荷量測方法與儀器探討

Li *et al.* 1999⁽⁵⁴⁾指出在評估人因工程危害，常用之姿勢角度量測可使用的方式包括：

- (1) 紙筆觀察而做記錄的基本方法(Pen-paper based observational methods)；
- (2) 攝影及電腦輔助之分析(Videotaping and computer-aided analysis)；
- (3) 直接使用儀器測量之方法(Direct method or instrumental techniques)；
- (4) 自覺問卷調查的評估方式(Self-reports assessment)。

一般紙筆觀察方法主要是做觀察基本的姿勢，它不需要精密儀器就可以完成姿勢的初步評估，但觀察者必須接受訓練，才能提高可靠度，又因無法做連續的觀察紀錄，而缺少了精確性。並且在某些關於持續時間、頻率上的變化或標準數值評分的高低，定義上仍不太明確，不同的觀察方式與不同的觀察者，在結果上會有些許之差異。

在攝影帶及電腦輔助的觀察法上，是將工作上的姿勢和活動，記錄在電腦或錄影帶上，然後再使用電腦做分析。具有儲存和處理姿勢數據的能力、避免觀察者的偏見。在電腦系統上，主要是利用 2-D 或 3-D 的電腦模擬記錄工具，如動作分析儀(Motion Analysis)，它是將身體的姿勢用三度空間的方式記錄，可記錄動作上的距離、角度的改變、速度和加速度，又可同時記錄多種關節角度；並且在精密的軟體幫助下，能使得分析變的較為簡易。

直接儀器測量之方法可分為手動式測量工具或動態電子儀器量測，使用手工量角器作為測量工具的方法稱之為靜態手工量測法(Manual goniometry)，其測量儀器主要為馬丁式量角器，它是測量關節相鄰兩個部份的角度；而動態電子儀器測量的方法，主要是將電子所輸出的訊號以比例的方式置換成我們所要觀察的數值。包括了一些姿勢定位量測與姿勢張力、肌肉疲勞負荷量測。而動態電子儀器量測主要為動態電子量角器(Electrogoniometers)。

自覺問卷調查評估，主要是用來評估身體的工作負荷、不適或工作上的壓力，此方法是利用一些簡單且易懂的問題，讓受試者直接的表達本身的不適感覺與負荷情況。

在量測評估工作施力時之肌肉負荷之儀器則是多以表面肌肉電位量測儀(surface Electromyograph)作為主要的量測評估儀器。本研究採用動態

電子量角器進行主要上肢與頸部之姿勢量測，並搭配其他如馬丁式量角器進行靜態姿勢角度量測，而工作肌肉施力負荷則以表面肌肉電位量測儀(surface Electromyograph)進行量測。此外也利用自覺問卷評估實驗作業後之負荷與不適。

2.5.1 靜態與動態姿勢角度量測方法比較與儀器探討

2.5.1.1 靜態手動量測之量測評估方法

手工測量法(Manual goniometry)是即時測量典型的使用法，然而，姿勢是為多變性的動態狀況，這種多變性使得許多流行病學研究對評估多變性的姿勢採用單一姿勢角度值產生了懷疑，舉例而言，使用手工測量法對電腦作業者的作業姿勢作量測時，每次量測的角度數據為單一時間作業者的姿勢數據，而此姿勢數據的再現性(reproducible)於整個作業時間仍是未知的(NIOSH, 1992⁽⁵⁵⁾)。

採用手工測量法時，必須考慮量角器中心位置擺放的基準點與量角器的移動臂(moving arm)與不動臂(stationary arm)此兩臂放置的參考位置，中心基準點與參考位置多以解剖學上顯而易見的標的，舉例來說，以手肘而言，中心基準點為肱骨外上髁(Lateral epicondyle of humerus)，不動臂(stationary arm)放置位置為肩峰突(Acromion process of scapula)與肱骨外上髁此兩點之連線上，另一移動臂(moving arm)則是放置在肱骨外

上髌與尺骨莖突(Styloid process of ulna)此兩點的連線位置上(Norkin *et al.* 2003⁽⁵⁶⁾)。

2.5.1.2 動態電子紀錄之量測評估方法

動作分析儀常被使用作為姿勢評估的儀器。其原理是利用攝影機偵測專用的反光球之空間座標，透過攝影機的感應，可以找出每一個反光球的2-D或3-D的空間座標。在每次量測之前，必須先利用校正的步驟訂出2-D或3-D的座標原點的位置，之後再透過軟體加以運算，即可得出反光球間的相對距離、角度、移動速度等資訊(Burgess-Limerick *et al.* 1998⁽⁴⁸⁾, Juul-Kristensen *et al.* 2001⁽⁵⁷⁾, Moffet *et al.* 2002⁽⁵⁸⁾)。

動態電子量角器則可即時量測姿勢之動態角度資訊，動態電子量角器之感測元件可分為單軸向與雙軸向兩類，需依使用上的需要選購長度與旋轉方向匹配之元件。該元件需於記錄器上額外設計一組橋式訊號放大器，將訊號放大再傳至記錄器擷取紀錄，其原理是利用感測元件內之電阻改變，因角度變大則電阻變小使得電壓電位變高，以電壓電位改變去推估角度的變化，其中必須給予已知之角度作為電位之基準，所以每次量測之前必須先經過角度校正，即可得知感測元件之相對角度資訊(勞工安全衛生研究所 2002⁽⁵⁹⁾)。

2.5.1.3 靜態與動態量測方法之比較

在許多的狀況下，姿勢並不是固定不變的，而是隨著時間做動態的改變的，因此，許多流行病學的研究並沒測量電腦作業操作時的姿勢，是因為在某種程度上對姿勢是很難快速且確實地測量及評估，並且測量時必須保持姿勢的穩定(Ortiz *et al.* 1997⁽⁶⁰⁾)。肌肉骨骼不適的產生，除了極端的姿勢角度會造成急性不適的產生外，主要的還是與時間與和頻率最為相關，然而，使用靜態手工測量法去評估姿勢改變量較大的角度，其可信度難免會遭受到質疑，在本研究中，雖有使用此方法量測，實驗中所量測的姿勢角度部位是為較不易改變的位置，因此並不會因為此方法而產生太大誤差。而本研究採用動態電子量角器來量測姿勢角度而非動作分析儀，雖然兩者各優缺點，動作分析儀可藉由反光球定位獲得較複雜之姿勢參數如上身之於垂直面之傾斜角度等，但對於細部如手腕屈曲與橈尺偏角度則較難定位，因此本研究採用電子動態量角器進行上肢姿勢量測。

2.5.2 上肢肌肉負荷之量測評估方法及儀器探討

在量測肌肉負荷評估上，肌肉電位量測儀(Electromyograph, EMG)的量測是一套相當有用的方法。EMG 原理是神經本體位於腦幹或是脊髓的運動神經元(motor neuron)，其軸突在肌肉處產生多分支，每一分支與一

肌肉細胞形成單一連結。單一條運動神經元支配了許多的肌細胞稱為一個運動單位(motor unit)。位於軸突末端正下方的肌肉細胞膜具有特化的性質，稱為運動終板(motor end plate)，而軸突末端與運動終板的連結稱為神經肌肉連結(neuromuscular junction)。當動作電位抵達軸突的末梢造成運動終板的去極化引發可被附近電極偵測到的肌肉細胞動作電位(muscle fiber action potential)，進而產生肌肉的收縮。由一運動神經元所引發的肌肉細胞動作電位為運動單位動作電位(motor unit action potential)，具有在時間上以及空間上可加成的特性。當電極偵測一連串的運動單元動作電位訊號稱為肌電訊號(Electromyographic signal)，一般慣稱所量測到的訊號為肌電圖(Electromyography, EMG)訊號。

由於不同肌肉本身的差異，如紅肌與白肌之比例、肌絲長度及個人肌群施力不同的特性等，為了衡量各肌群之相對施力程度與比較個人於某特定肌群之施力程度差異等，必須將肌肉電位訊號與施力程度予以關聯起來，此即所謂 MVC(Maximal Voluntary Contraction)最大自主收縮之觀念。然而肌肉電位量測儀(EMG)相關的應用研究發現，因受試者體型、肌力上的差異等因素，使最大自主收縮百分比產生很大的變異而限制其應用，因此必須將收集到的 EMG 訊號資料透過運算處理，即將每次施力所測得之 EMG 訊號與最大自主收縮值作轉換處理後(以%MVC 稱之)，再進行比較(王賢令 1999⁽⁶¹⁾, Kawowasaki *et al.* 1999⁽⁶²⁾, Hägg *et al.* 2000⁽⁶³⁾),

Stashuk 2001⁽⁶⁴⁾, Ollivier *et al.* 2005⁽⁶⁵⁾。

在訊號的處理上，一般較常用的是 RMS(Root Mean Square)振幅的參數，再利用%MVC 的方式，來分程度與等級進行探討(Hägg *et al.* 2000⁽⁶³⁾, Kollmitzer *et al.* 1999⁽⁶⁶⁾)。假如超過此等級，就可能造成工作上肌肉骨骼的不適。然而在持續收縮的時間和施力的%MVC 等級交互作用下，可觀察到，在 20%MVC 的情況，肌肉持續施力的時間是低於 1 小時的 (Kawowasaki *et al.* 1999⁽⁶²⁾)。Kollmitzer *et al.* 1999⁽⁶⁶⁾發現，EMG 之訊號紀錄的再現性(reproducible)表現，短期的會比長期的表現好。

2.6 研究架構

本研究依據圖 2-1 的研究流程循序進行。第一階段立姿電腦工作站之偏好設定實驗完成後再進行第二階段立姿電腦工作站之偏好桌面傾斜角度實驗。

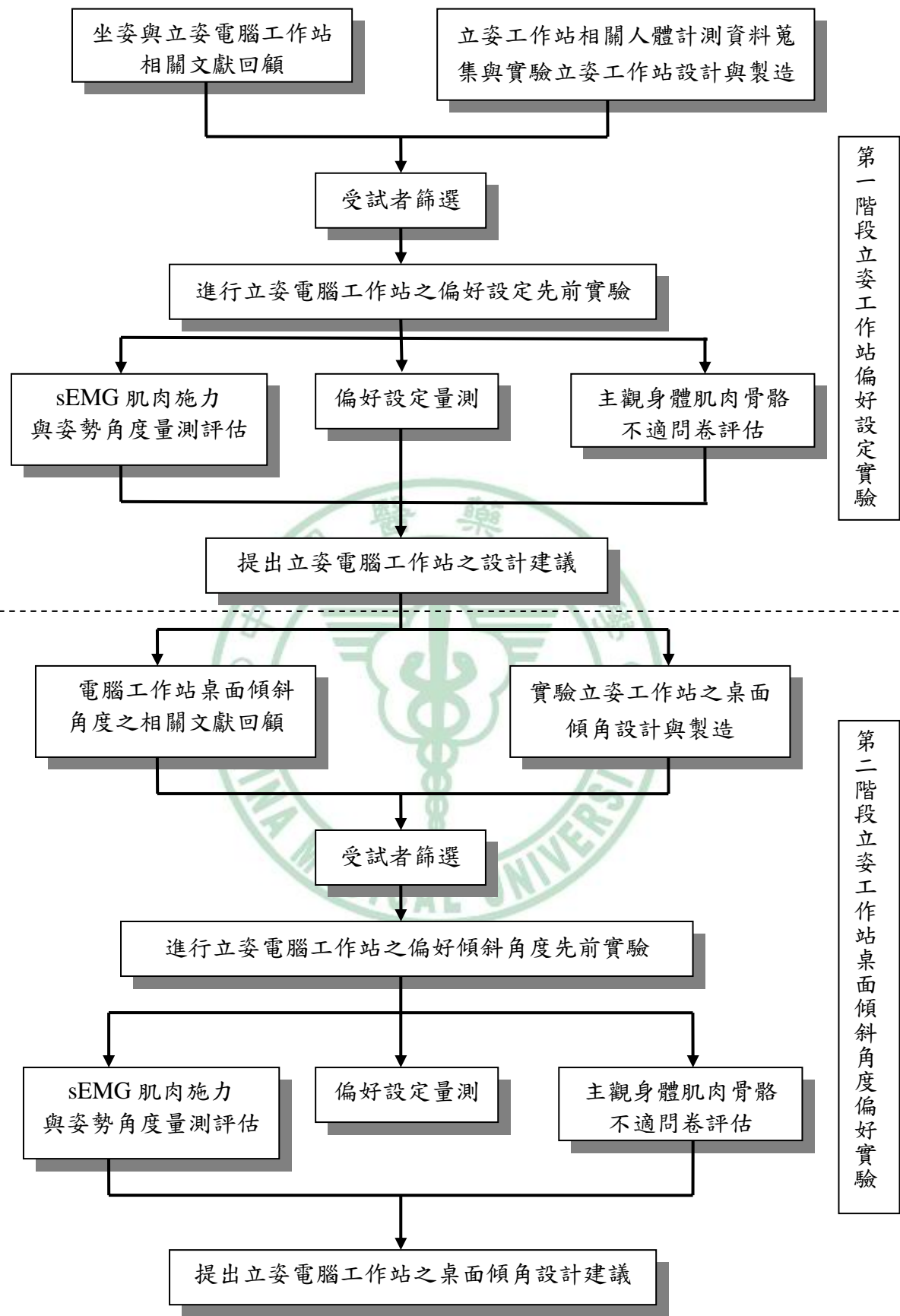


圖 2-1 【研究流程】

第三章 研究方法

3.1 受試者

由於立姿工作站之偏好設定可能會與人體計測數值相關(尤其是立姿手肘高度),為了使實驗數據能夠符合國內半導體廠立姿工作站主要使用族群,我們參考國內人體計測資料庫⁽³⁾中 18 歲至 50 歲的女性勞工之身高分佈來篩選受試人員,第一階段實驗之受試者共 40 人,皆為大學女性學生,其平均年齡為 20.4 歲,平均身高為 157.9 公分,平均立姿眼高為 148.9 公分,其立姿肘尖至地板平均高度為 96.5 公分,平均體重為 52.8 公斤,而其相關受試者基本之描述性統計資料如下表 3-1 所示,受試者身高分佈如圖 3-1 所示。此外為了避免受試者個人因素對實驗之偏好設定與肌肉負荷量測,受試者必須符合下列之條件:

- (1) 無任何明顯之肌肉骨骼相關的疾病歷史。
- (2) 無任何因為打工而造成上肢肌肉骨骼不適等症狀。
- (3) 眼睛視力校正過後達 1.0 以上。

第二階段實驗之受試者共 24 人,其中不含先前實驗受試者 4 人,其身高分佈要求與第一階段受試者相同,皆為大學女性學生,其平均年齡為 20.6 歲,平均身高為 157.7 公分,平均立姿眼高為 147.5 公分,其立姿肘尖至地板平均高度為 98.4 公分,平均體重為 52.1 公斤,其相關受試者基本的描述性統計資料如下表 3-2 所示。

表 3-1 第一階段實驗受試者之基本資料

	第一階段實驗之受試者(n=40) 國內人體計測資料庫 18 歲至 50 歲的女性勞工(n=424)			
	平均值	標準差	平均值	標準差
年齡(歲)	20.4	1.53		
身高(公分)	157.7	4.11	156.6	5.02
體重(公斤)	52.8	7.43	53.3	7.13
立姿肘尖下點高度(公分)	97.1	3.31	97.5	3.60
立姿眼睛高度(公分)	148.9	3.95	146.9	4.99

表 3-2 第二階段實驗受試者之基本資料

	平均數	標準差	最小值	最大值
年齡(歲)	20.6	1.64	19	27
身高(公分)	157.7	3.52	149.5	165
體重(公斤)	52.08	8.76	38	80
立姿肘尖下點高度(公分)	98.0	3.13	91	103
立姿眼睛高度(公分)	147.8	3.23	139.6	153

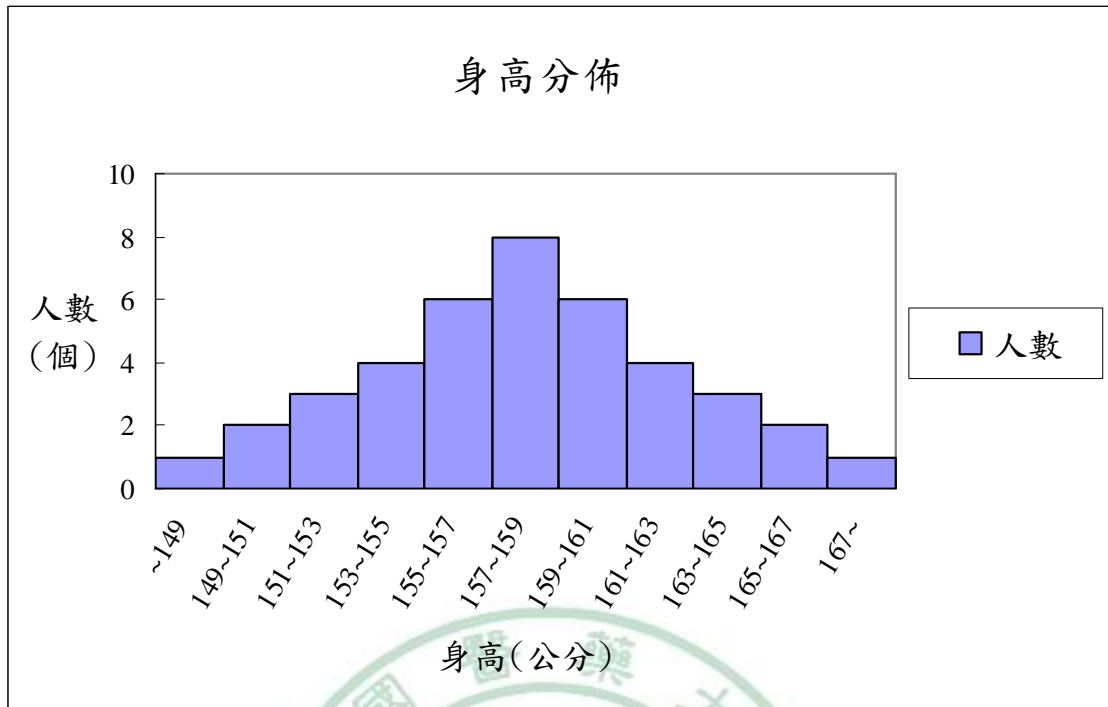


圖 3-1 立姿偏好設定實驗之身高分佈圖(n=40)

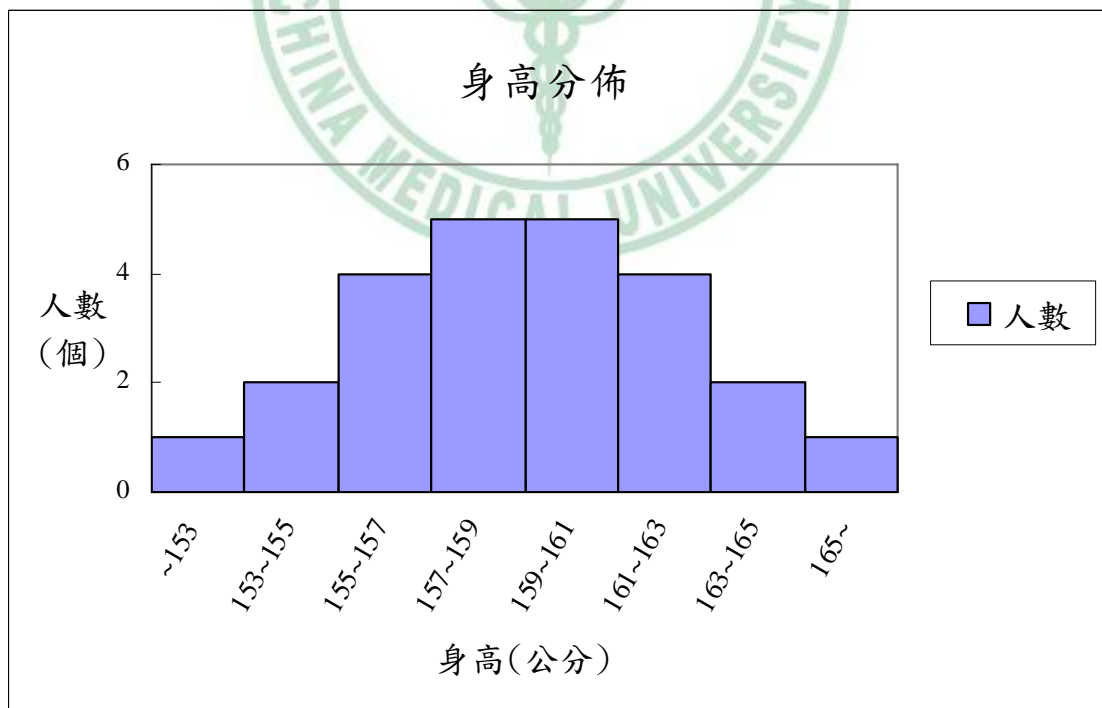


圖 3-2 立姿偏好傾角實驗之身高分佈圖(n=24)

3.2 實驗設備

3.2.1 電動可調式之立姿工作站

本研究第一階段實驗所使用的電動可調式立姿工作站，如圖3-3、3-4所示，其鍵盤置放高度與螢幕置放高度(桌上型電腦螢幕所使用)，可分別利用電動輔助方式調整其高度，其中鍵盤置放高度之可調整範圍以勞研所之台灣人體計測資料庫⁽³⁾中的20歲至50歲的台灣勞工立姿手肘高度數據依據最為基礎，以女性立姿手肘高度之5%ile(916mm)與男性之95%ile(1116mm)數據，加減100mm，即約800mm至1200mm作為調整規格。而桌上型電腦螢幕至放高度可調整之範圍，在不考慮下潛式螢幕擺放方式下，其調整範圍為鍵盤置放高度再向上增加300mm如圖3-5、3-6所示。桌上型電腦螢幕置放台面有設置手動式滑軌，當螢幕高度調整高於鍵盤置放高度時可向前與向後滑動0~200mm。

第二階段實驗則是將電動可調式立姿工作站做些許的改造如圖3-7、3-8所示，由於針對筆記型電腦不需要使用到原電動可調式立姿工作站之螢幕可分開調整之機制(桌上型電腦置放其螢幕之位置)，因此利用此機制作為桌面傾斜角度可調整之升降機制，利用一新增桌面前方可做360度旋轉之金屬元件固定於原立姿工作站之鍵盤置放台面上，而後方採用滑動機制，利用原可調式立姿工作站之獨立螢幕可調整高低的機制，以其高度可調整來改變桌面傾斜角度，其角度調整範圍約為0度(水平)~30

度。

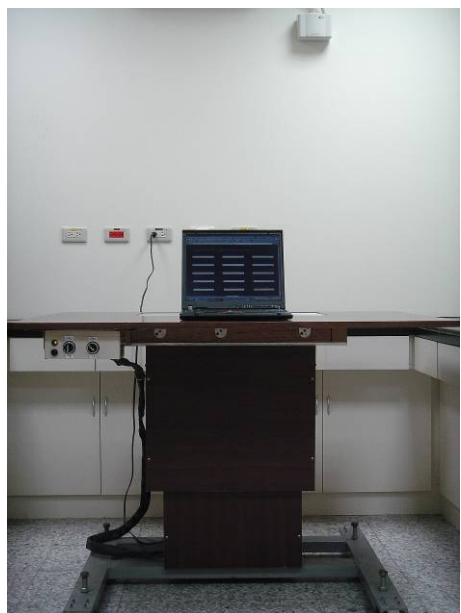


圖3-3 可調式之立姿工作站(正面)

圖3-4 可調式之立姿工作站(側面)

使用筆記型電腦

使用筆記型電腦



圖3-5 立姿工作站之小台面(正面)

圖3-6 立姿工作站之小台面(側面)

使用桌上型電腦

使用桌上型電腦



圖3-7 可調桌面傾角立姿工作站

(正面)

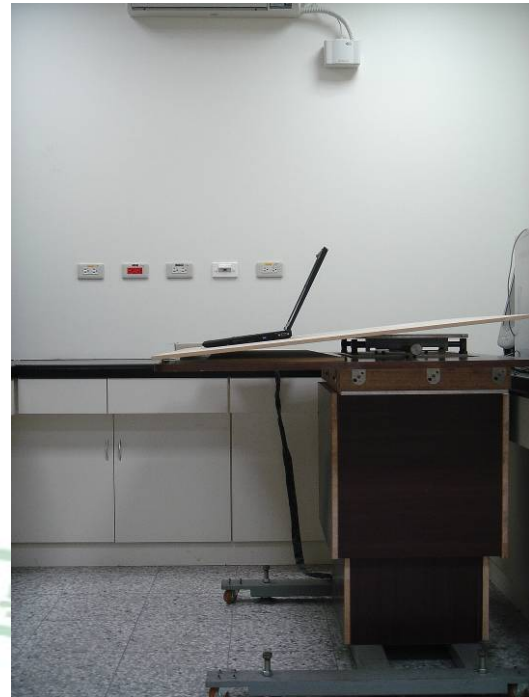


圖3-8可調桌面傾角立姿工作站

(側面)

3.2.2 無塵室中使用之貨架平台

無塵室中所使用之貨架平台規格並不一致，但其深度皆為 30cm，寬度約在 60~135cm 之間，高度約在 76~86cm 之間，而貨架平台之高度則以 88cm 為最常使用之高度，本研究中所做為與立姿工作站對照之用的貨架平台如圖 3-9、3-10 所示，其規格為寬度 60cm，高度為 86cm。



圖 3-9 貨架平台(正面)



圖 3-10 貨架平台(側面)

3.2.3 實驗操作之電腦設備

第一階段實驗之電腦設備共有三種，第一個為桌上型電腦(Desktop PC)及二台筆記型電腦(Laptop PC)，其規格如下：

- (1) 12 吋螢幕(XGA)之筆記型電腦(廠牌為 Acer)，其垂直螢幕上緣高度為 23.2cm、垂直螢幕中心高為 13.8cm、鍵盤寬度為 27.4cm、鍵盤深度為 23cm 與輸入鍵(enter)深度為 13.3cm。
- (2) 14 吋正常螢幕(XGA)之筆記型電腦(廠牌為 IBM)，其垂直螢幕上緣高度為 26.2cm、垂直螢幕中心高為 15.5cm、鍵盤寬度 31cm、鍵盤深度 25.5cm 與輸入鍵(enter)深度為 14cm。

- (3) 15 吋正常螢幕(LCD)之桌上型電腦顯示器(廠牌為 Acer)，其垂直螢幕上緣高度為 36cm、垂直螢幕中心高為 24.7cm、鍵盤寬度為 46.2cm、鍵盤深度為 16.7cm 與輸入鍵(enter)深度為 7cm。

3.2.4 實驗電腦作業

本研究實驗電腦作業程式為以全螢幕為基礎的輸入作業，採模擬半導體廠房中所使用的輸入作業方式進程式設計，為了更接近半導體廠房中真實作業狀況，受試者必須只能夠以鍵盤與筆記型電腦的觸碰盤(touchpad)進行輸入作業。

受試者必須依照作業程式所給予之英文字母及數字輸入到其所相對應之位置上，輸入順序並無規定。程式所給予的英文字母及數字是類似於半導體廠房中所使用之輸入物料之編號所設計的，並且其相關位置、英文字母及數字皆採用隨機方式給予。

受試者將程式給予的資料輸入完成後必須將游標移至按鍵『下一頁』後，將作業畫面移至下一個輸入畫面再進行輸入，其輸入速度並無限制，受試者自行調整其輸入速度，但受試者必須盡可能將其完整無誤的輸入到其相對位置上。而作業程式輸入畫面如圖 3-11 所示：

index1.htm

請輸入: [2.pfxuk79054] [6.nqrho18492] [7.cyagk08519] [10.ejzbi36275] [15.dlems92648]

1. <input type="text"/>	2. <input type="text"/>	3. <input type="text"/>
4. <input type="text"/>	5. <input type="text"/>	6. <input type="text"/>
7. <input type="text"/>	8. <input type="text"/>	9. <input type="text"/>
10. <input type="text"/>	11. <input type="text"/>	12. <input type="text"/>
13. <input type="text"/>	14. <input type="text"/>	15. <input type="text"/>

下一頁 回上頁

圖 3-11 作業程式畫面

3.3 肌肉負荷與作業姿勢量測儀器及其記錄方法

3.3.1 肌肉電位量測儀及其記錄方法

肌肉電位量測儀是可以量測肌肉施力時電位的變化，進而評估施力狀況。其程序為電極貼片接收施力肌肉之電位訊號，經由傳輸線傳至訊號放大器(Signal Conditioners)經過放大、濾波等過程，然後再經由訊號線將訊號數據傳至訊號主機(Power Lab Systems)，最後再將訊號數據輸出至接收電腦，以記錄肌肉施力的電位變化的訊號。本實驗所採用肌電儀器設備是 ADInstruments 公司(澳大利亞)所設計的 Power Lab System 及 Chart

5.0 操作軟體(如圖 3-12)。



圖 3-12 肌肉電位量測儀

本研究所使用肌肉電位量測儀之表面電極片電極板為鍍上氯化銀的銀板，此銀板覆在皮膚表面，而銀板與皮膚表面之間有一糊狀的電解質，此電解質是用以增加皮膚之導電性，此時表面電極片便可用測量皮膚下方肌肉的肌肉電位，因此表面電極片適用於淺層肌群。本實驗所使用之電極種類是屬於貼在皮膚表面之非侵入式表式面電極，以黏貼方式貼於肌肉皮膚表面，即可將肌肉活動時造成皮膚表面電位變化傳導至電極版。實驗中使用電極貼片規格如下：

- (1) 電極貼片材質：Al/AgCl。
- (2) 電極貼型狀：圓形。
- (3) 電極貼大小：直徑為 30mm、35mm。

(4) 黏貼時兩片距離：為 30mm、35mm。

為了獲取良好的肌肉電位訊號，然後於貼上電極貼片前，將欲量測部位的肌肉皮膚表面將其毛髮剃除(如果需要的話)，再用酒精棉片擦拭，使皮膚乾淨以去除皮膚表面油漬，並可減少皮膚表面阻抗，因此本研究將實驗室環境溫度控制在約 $24\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，以保持皮膚乾燥降低干擾。電極貼片黏貼方法是將其貼於肌腹(muscle belly)，並在平行肌肉纖維(muscle fiber)的方向貼上一對電極貼片(Babski-Reeves *et al.* 2005⁽⁶⁷⁾, Ives *et al.* 2003⁽⁶⁸⁾, Lin *et al.* 2004⁽⁶⁹⁾)，而另外於肌肉纖維數量較少處，貼上一片電極貼來當作參考電位，大多以尺骨莖突(Styloid process of ulna)或尺骨鷹嘴突(Olecranon process of ulna)當作參考電位。本實驗負責貼電極貼片之人員皆經過訓練，避免人為誤差。

本實驗中使用肌肉電位量測儀的採樣頻率為 200HZ，高低濾波分別為 1000HZ 及 10HZ。於實驗進行前，必需先量測欲測肌肉放鬆時的肌肉電位，連續採樣紀錄 5 秒，則有 1000 筆原始數據，後將此 1000 筆原始數據，由小至大依序排序後，取其前 500 筆數據作均方根(root mean square, RMS)處理，此定義為肌肉放鬆之肌肉電位；而後量測欲測肌肉之最大自主收縮(Maximal Voluntary Contraction, MVC)的肌肉電位，再次由小至大排序後，取其 500 筆數據作均方根(root mean square, RMS)處理，此定義為大自主收縮之肌肉電位，而後以最大自主收縮之肌肉電位

減去肌肉放鬆之肌肉電位得之值，定義為此肌肉之 MVC 的肌肉電位值。

於本實驗第一階段所量測之肌肉，係針對電腦作業時主要負責動作之肌肉群來選取，包括為左/右斜方肌(left/right trapezius muscle)^(70·71)、左/右三角肌(left/right deltoid muscle)^(70·71)、右手肱二頭肌(right biceps brachii muscle)^(65·72·73·74·75)，第二階段實驗中為評估桌面傾斜角度對手腕之影響而增加測試的右手尺側伸腕肌(right extensor carpi ulnaris muscle)^(71·72·73)，所量測肌肉群之功用與量測方式說明如下(Carola *et al.* 1995⁽⁷⁶⁾, Hislop *et al.* 2002⁽⁷⁷⁾)：

- (1) 右手尺側伸腕肌：其作用主要是伸直及內收手腕的動作，其量測方式為先使受試者坐在椅子上，而上身直立且無靠背，受試者將前臂平放在桌上，手掌朝下，在收集數據時，受試者之右手腕向上伸起，操作人員把手放置受試者的手掌背上面施一個往下的力量，受試者盡最大力量把手腕向上伸起起作抵抗，產生最大的自主收縮(MVC)，如圖 3-13 所示。

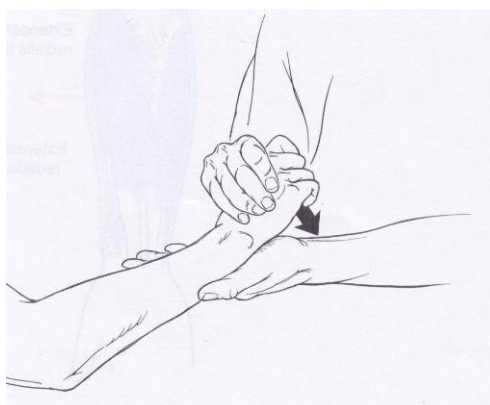


圖 3-13 伸腕肌之測試方法 (出處 Hislop *et al.* 2002⁽⁷⁷⁾)

- (2) 右手肱二頭肌：其作用主要是為肘部彎曲及前臂旋後，其量測方式將前臂平放桌上，手掌朝上，手肘略為彎屈，擷取測試數據時，操作者手握持受試者之腕部並施一個向下的力量，使受試者手臂向內縮抵抗產生最大自主收縮(MVC)，圖 3-14 所示。

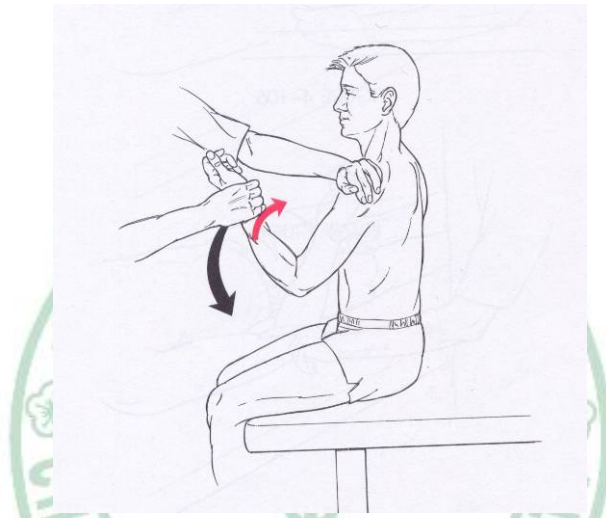


圖 3-14 肱二頭肌之測試示意圖 (出處 Hislop *et al.* 2002⁽⁷⁷⁾)

- (3) 左/右三角肌：本研究所量測之三角肌為肩胛棘端部位(Spine of scapula)，而此部位之主要作用為伸直及外旋上臂，其量測方式為先使受試者坐在椅子上，而上身直立且無靠背，在收集數據時，受試者右手抬起，手臂與肩膀垂直，操作人員把手放置受試者的上臂並施一個往下的力量，受試者盡其最大力量將手臂向上抬起作抵抗，產生最大的自主收縮(MVC)，如圖 3-15 所示。

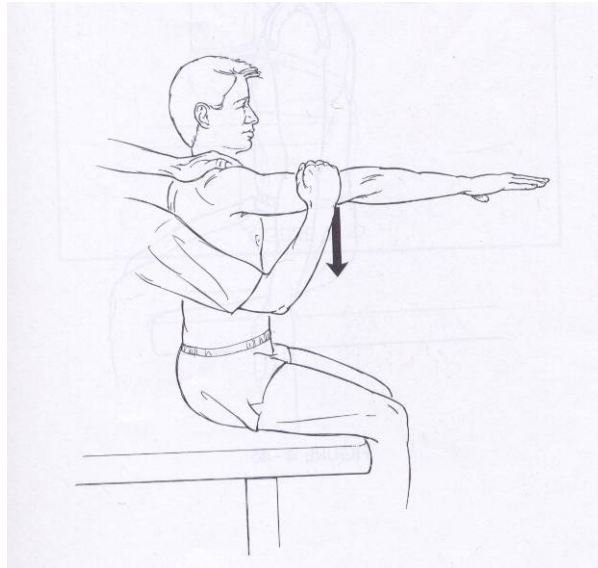


圖 3-15 肩三角肌之測試示意圖 (出處 Hislop *et al.* 2002⁽⁷⁷⁾)

- (4) 左/右斜方肌：其主要功能為穩定、上提、內收及旋轉肩胛骨，其量測方式為先使受試者為坐在椅子上，上身直立且無靠背，在收集數據時，操作人把手放置受試者的肩膀施一個往下的力量，受試者盡最大力量作聳肩動作抵抗，產生最大的自主收縮(MVC)，如圖 3-16 所示。

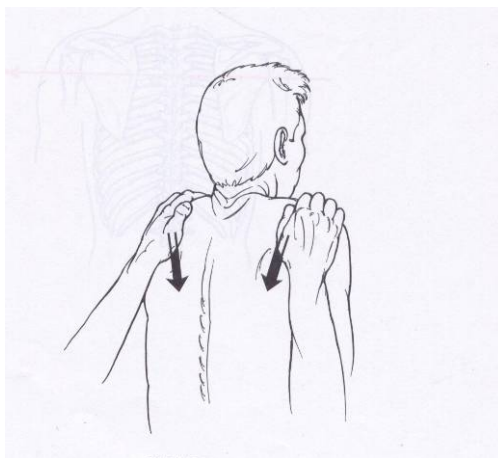


圖 3-16 斜方肌之測試示意圖 (出處 Hislop *et al.* 2002⁽⁷⁷⁾)

完成整個實驗流程後，將各肌群的負荷值與其最大的自主收縮值，取其百分比值及換算成成為%MVC後，作後續的研究分析。

%MVC 公式如下：

$$\%MVC = \left[\frac{(\text{實驗肌電位}) - (\text{肌肉無收縮肌電位})}{(\text{最大自主縮收肌電位}) - (\text{肌肉無收縮肌電位})} \right] \times 100\%$$

3.3.2 動態雙軸量角器及其記錄方法

實驗中用於量測姿勢角度的儀器是電子動態雙軸量角器(如圖 3-18)，其中一端為伸縮版(Telescopic Endblock)，另一端為固定版(Fixed Endblock)與兩端中間之連接線為測量元件及保護彈簧(Measuring Element and Protective Spring)，其測量原理為伸縮版(Telescopic Endblock)與固定版(Fixed Endblock)的角度變化，則使測量元件內之電阻改變，因角度變大則電阻變小使得電壓電位變高，以電壓電位改變去推估角度的變化，其中必須給予兩個已知之角度作為電位之基準。而其程序為將測量元件內之電壓電位改變之訊號資料經由傳輸線傳送至訊號放大器與接收器(如圖 3-17)，再經由訊號線將訊號資料傳輸至 ADInstruments 之訊號主機(PowerLab Systems)，最後將訊號資料輸出至接收電腦，以同步紀錄訊號資料。

實驗中共使用之三組電子動態雙軸量角器(Electrogoniometer)，其中共分為兩種型號，一組 x-65(如圖 3-18 右)及兩組 x-110(如圖 3-18 左)，x-65

伸縮版至固定版長度較短適合於頭頸與手腕部位的量測，於第一階段實驗中使用在量測頸部彎曲角度(使用單軸)，而 x-110 伸縮版至固定版長度較長適合於肘關節及肩關節的量測。



圖 3-17 訊號放大器與接收器



圖 3-18 動態單/雙軸量角器

本研究所量測身體姿勢參數角度包括：(1)第一階段實驗所量測之頸部屈曲伸展之角度(neck extension/flexion angle)，目的為評估受試者在不同的操作條件下，對其頸部屈曲伸展角度的影響；(2)右上臂屈曲與外展內縮角度(right shoulder abduct/adduction、extension/flexion angle)，目的為評估受試者在不同的操作條件下，對其右上臂之屈曲與外展內縮角度的影響；(3)右手肘關節彎曲之角度(right elbow angle)，目的為評估受試者在不同的操作條件下，對其手肘關節角度的影響；(4)第二階段實驗中為評估桌面傾斜角度對手腕之影響而增加測試的右手腕伸屈之角度(right

wrist extension/flexion angle)；

動態雙軸量角器於黏貼前，先利用酒精棉片擦拭以清潔其黏貼位置，然後利用雙面膠固定於所量測的肢體上，再利用透氣膠布固定，以避免移位；其黏貼位置與方法說明如下：

- (1) 頸部屈曲伸展角度(單軸)(Juul-Kristensen *et al.* 2001⁽⁵⁷⁾)：受試者直立面向前，兩眼平視，上肢自然下垂於身體兩側，手掌面向前，然後以第七頸椎(C₇)之棘突(Spinous process of vertebra prominens (C₇))為中心點，以脊椎做為基準線，再將動態雙軸量角器伸縮版(Telescopic Endblock)端之中心貼於頸部的基準線上，而另一端的固定版(Fixed Endblock)之中心則貼於背部的基準線上。
- (2) 上臂屈曲與外展內縮角度位置(雙軸)(Ortiz *et al.* 1997⁽⁶⁰⁾)：受試者直立面向前，兩眼平視，上肢自然下垂於身體兩側，手掌面向前，然後以將身體或構造分成前後兩部份之冠狀切面(Coronal plane)為基準線，再以肩胛骨之肩峰突(Acromion process of scapula)為中心點，將動態雙軸量角器一端的伸縮版(Telescopic Endblock)中心貼於上臂之基準線上，而另一端之固定版(Fixed Endblock)中心則貼於肩膀之基準線上。
- (3) 手肘關節角度位置(Buchholz *et al.* 1997⁽⁸⁴⁾)：受試者直立面向

前，兩眼平視，上肢自然下垂於身體兩側，手掌貼於大腿外側，然後以肩胛骨之肩峰突(Acromion process of scapula)經過肱骨外上髁(Lateral epicondyle of humerus)之直線作為基準線，在以肱骨外上髁(Lateral epicondyle of humerus)為中心點，將動態雙軸量角器一端的伸縮版(Telescopic Endblock)中心貼於前臂之基準線上，而另一端之固定版(Fixed Endblock)中心則貼於上臂之基準線上，如圖 3-19 所示。

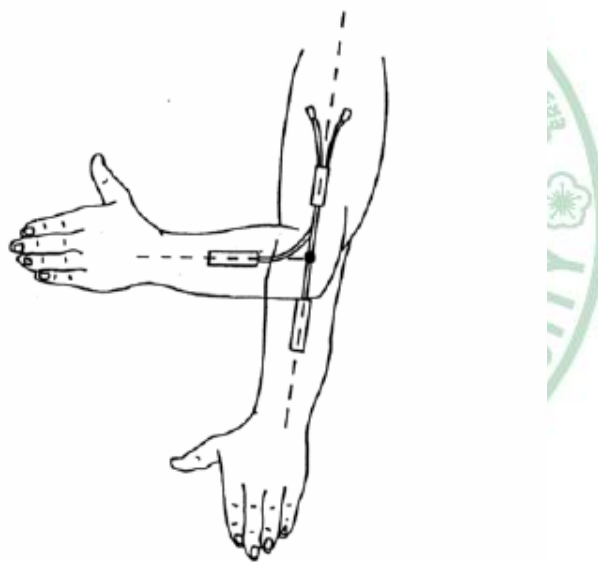


圖 3-19 肘關節黏貼部位

- (4) 手腕屈曲伸展角度(單軸)(Buchholz *et al.* 1997⁽⁷⁸⁾, Ortiz *et al.* 1997⁽⁶⁰⁾, Jonsson *et al.* 2001⁽⁷⁹⁾): 受試者採坐姿，以自然的前臂與手腕的姿勢，而肩膀外展及手肘彎曲成九十度，然後以第三掌骨(中指)與肱骨外上髁之連線做為基準線，再以尺骨

莖突和饒骨莖突兩點之連線，兩線之交點為動態雙軸量角器之中心點，再將動態雙軸量角器之伸縮版端之中心貼於手掌之基準線上，而另一端之固定版則貼於手臂之基準線上，如圖 3-20、3-21 所示。

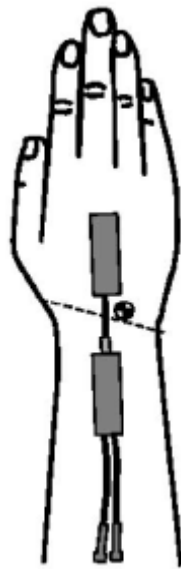


圖 3-20 腕關節黏貼位置一

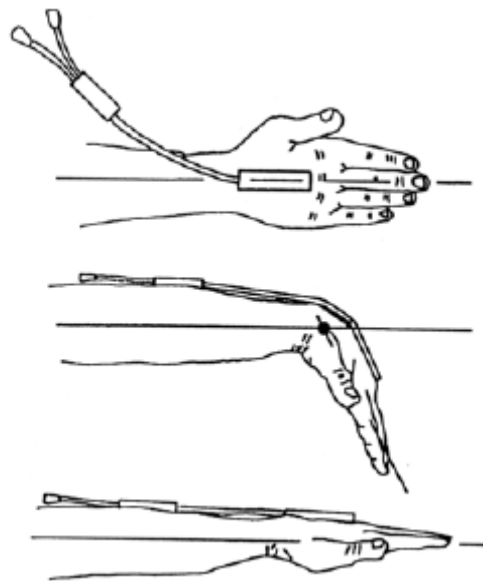


圖 3-21 腕關節黏貼位置二

動態雙軸量角器於貼上欲測部位角度位置後，在開始測量角度前必須先經過電位與角度之校正，而其校正方式說明如下：

- (1) 頸部彎曲角度之校正方式：本研究是以肉眼線與水平線的夾角作為基礎去評估頸部伸屈角度(Burgess-Limerick *et al.* 1998⁽⁴⁸⁾、1999⁽⁵²⁾, Jonai *et al.* 2002⁽⁴⁴⁾)，而肉眼線為眼睛的外眼角(Outer canthus of the eye(OC))與乳突(Mastoid

process(MP))之假想線，其校正方式為受試者直立面向前，兩眼平視，上肢自然下垂於身體兩側，手掌面向前，將傾斜度量角器對準受試者之肉眼線，以受試者放鬆時之頸部自然姿勢(natural posture)的肉眼線角度定義為動態量角器之零度角，再請受試者將其頸部向下彎曲使肉眼線角度與水平線夾角成零度(虛線與水平線夾角)，此角度定義為其頸部彎曲之角度(與受試者之肉眼線角度相同)，以此兩角度作為動態量角器之角度校正依據，如圖3-22所示。



圖 3-22 肉眼線角度依據圖

- (2) 右肩關節之角度之校正方式：本研究所量測之右肩關節角度是以雙軸方式進行量測，因此必須分別對 X 軸與 Y 軸作角度的校正，而其校正方式受試者直立面向前，兩眼平視，上肢自然下垂於身體兩側，將動態量角器貼於之前所敘述之黏貼位置上，而 X 軸為上臂之前屈角度，本研究以放鬆之自然姿勢定義為動態量角器之零度角，再以靜態馬丁尺測量上臂

前屈角度為 45 度角的姿勢定義為動態量角器之 45 度角，以此兩角度作為動態量角器 X 軸之角度校正依據；Y 軸為上臂之外展角度，以放鬆之自然姿勢定義為動態量角器之零度角，再以靜態馬丁尺測量上臂外展 90 度角的姿勢定義為動態量角器之 90 度角，以此兩角度作為動態量角器 Y 軸之角度校正依據。

(3) 右手肘關節角度之校正方式：本研究所量測之右手肘關節角度是將動態量角器貼於之前所敘述之黏貼位置上，其校正方式為使受試者直立面向前，兩眼平視，上肢自然下垂於身體兩側，手掌貼於大腿外側，以此角度定義為動態量角器之零度角，再以靜態馬丁尺測量手肘彎曲角度為 90 度角的姿勢定義為動態量角器之 90 度角，以此兩角角度作為動態量角器之角度校正依據。

(4) 右手腕之伸屈角度之校正方式：本研究中所測量之手腕伸屈角度是參考 Jonsson *et al.* 2001⁽⁷⁹⁾ 的研究報告，而製作成的角度校正儀器(Calibration Fixture)如圖 3-23 所示，其製作方式是利用兩塊木板及可三百六十度旋轉的鐵片與靜態馬丁尺所組合而成，然後在上面劃以手掌中指為基準線，在尺偏及橈偏三十度，各劃一條，主要是在校正手腕的橈尺偏之角

度，而靜態馬丁尺主要的功能在校正手腕伸屈的角度，而在本研究中只針對手腕伸屈角度做校正。其校正方式為將動態量角器貼於之前所敘述之黏貼位置上，再將受試者之手掌以自然姿勢貼放於校正儀器之前板上，以此姿勢作為動態量角器之零度角，之後再將前板上抬到靜態馬丁尺顯示為 30 度角時之手腕姿勢為動態量角器之 30 度角，以此兩角度作為動態量角器之角度校正依據。



圖 3-23 角度校正儀器

動態雙軸量角器量之量測採樣頻率為每秒為 200 筆數據，其數據處理方式說明如下：

- (1) 伸腕角度：取其第十百分位、第五十百分位、第九十百分位及總平均作為數據分析依據。

- (2) 上臂之前屈角度：取其第十百分位、第五十百分位、第九十百分位及總平均作為數據分析依據。
- (3) 上臂之外展角度：取其第十百分位、第五十百分位、第九十百分位及總平均作為數據分析依據。
- (4) 手肘之彎曲角度：本研究使用的動態量角器之定義角度方法與一般定義有些許差異，因此必須換算處理，先取其第十百分位、第五十百分位、第九十百分位及總平均，而後分別以 180 度角減去所取得之數據，以此做為數據分析依據。
- (5) 頸部彎曲角度：取其第十百分位、第五十百分位、第九十百分位及總平均作為數據分析依據。

3.3.3 其他量測儀器及其記錄方法

本研究使用之其他量測儀器，計有捲尺、數位量角器、雙臂式馬丁尺、傾斜度量角器、攝影機、數位相機等，以手工量測記錄數據，其使用目的與時機說明如下：

- (1) 捲尺：功能為量測直線距離，如受試者之身高、立姿肘高、螢幕中心至地面的高度及鍵盤至桌緣距離等。
- (2) 數位量角器：功能為量測受試者之關節角度，如手肘關節之角度。

- (3) 雙臂式馬丁尺：功能為校正動態量角器之角度時，量測受試者之關節角度時所使用的，並搭配水平儀使用。
- (4) 傾斜度量角器：功能為量測傾斜角度，如螢幕傾斜角度、桌面傾斜角度等。
- (5) 攝影機：紀錄實驗中受試者之實驗過程，並與日後資料處理作為比對。
- (6) 數位相機：紀錄受試者的操作姿勢，以及立姿電腦工作站設定的影像資料。

3.4 主觀不適問卷調查

本研究使用之主觀不適調查問卷內容包括二部份，如附件二、附件三所示，包括受試者之個人基本資料及各實驗後主觀肌肉骨骼不適症狀問卷，說明如下：

- (1) 受試者之個人基本資料：問卷中所收集的受試者之基本資料包括，受試者之年齡、身高、體重、立姿手肘高與立姿眼高等人體計測相關資料，並了解受試者是否有明顯之肌肉骨骼相關之病史資料，作為日後實驗分析與相關資料比對。
- (2) 主觀肌肉骨骼不適問卷：了解受試者於各實驗條件下，實驗後受試者之身體各部位的肌肉骨骼不適情形，將採 Borg

Scale 11 點量表(Baron *et al.* 1996⁽⁶⁴⁾)。於評估實驗後主觀不適症狀時，把人體區分十六個部位分別作評估，最不舒服為 10 分，無不舒服為 0 分。

- (3) 喜好程度調查：在立姿傾角實驗中，在受試者完成所有實驗情況後，實驗人員以口頭方式向受試者詢問對於立姿工作站之桌面傾斜角度可以調整的偏好程度，其偏好程度以 1 為非常不喜歡、2 為不喜歡、3 為無意見、4 為喜歡、5 為非常喜歡。

3.5 實驗設計

本研究二階段實驗均採全因子實驗設計方式(Full factorial design)，所有實驗自變項均為受試者內變項(within-subject variable)。

3.5.1 自變項

第一階段立姿電腦工作站之偏好設定實驗的自變項如下：

- (1) 電腦種類：有三個實驗條件，分為 12 吋螢幕的筆記型電腦、14 吋螢幕的筆記型電腦與 15 吋之桌上型電腦，三個電腦螢幕均為 LCD 形式。
- (2) 立姿工作站種類：有二個實驗條件，分為可調式之立姿工作站及半導體廠中所使用的固定式之貨架平台立姿工作站。

- (3) 可調式立姿工作站之桌面高度的調整起始位置：有二個實驗條件，分別為由最高位置(120cm)向下調整與由最低位置(80cm)向上調整。

其中 15 吋之桌上型電腦僅於可調式工作站上量測並未將其置放於貨架上作測試，因此總共分為八種(可調式立姿工作站上 3 種電腦種類 x 2 個起始設定位置 + 固定式貨架平台工作站上 2 種電腦種類)作業狀況，其八種作業狀況如下：

- (1) 12 吋螢幕之筆記型電腦置放於可調式之立姿工作站上，調整方式為從最高之高度調整至偏好高度(12H)。
- (2) 12 吋螢幕之筆記型電腦置放於可調式之立姿工作站上，調整方式為從最低之高度調整至偏好高度(12L)。
- (3) 14 吋螢幕之筆記型電腦置放於可調式之立姿工作站上，調整方式為從最高之高度調整至偏好高度(14H)。
- (4) 14 吋螢幕之筆記型電腦置放於可調式之立姿工作站上，調整方式為從最低之高度調整至偏好高度(14L)。
- (5) 15 吋螢幕之桌上型電腦置放於可調式之立姿工作站上，調整方式為從最高之高度調整至偏好高度(15H)。
- (6) 15 吋螢幕之桌上型電腦置放於可調式之立姿工作站上，調整方式為從最低之高度調整至偏好高度(15L)。

(7) 12 吋螢幕之筆記型電腦置放於不可調整之固定式貨架平台工作站上(12F)。

(8) 14 吋螢幕之筆記型電腦置放於不可調整之固定式貨架平台工作站上(14F)。

第二階段實驗則是以第一階段實驗設計為基礎，並針對立姿電腦工作站的桌面傾斜角度作為改善，因此加入桌面傾角之因子，並將桌上型電腦排除，而第二階段立姿電腦工作站之偏好傾角實驗的自變項如下：

(1) 電腦種類：有二個實驗條件，分為 12 吋與 14 吋螢幕的筆記型電腦。

(2) 可調式立姿工作站之桌面高度的調整起始位置：有二個實驗條件，分別為由最高(120cm)向下調整與由最低(80cm)向上調整。

(3) 可調式立姿工作站之桌面傾斜角度的調整起始位置：有三個實驗條件，分為由最大角度(30 度)向下調整、水平不可調整及由水平(0 度)向上調整。

本階段實驗也是採用全因子設計方式(Full factorial design)進行實驗，總共有十二種(2x2x3)作業條件，受試者必須完成每一種狀況之測試，其十二作業狀況如下：

(1) 12 吋螢幕之筆記型電腦置放於可調整式之立姿工作站上，調

整方式為從桌面最高之高度調整至偏好高度及桌面傾角最大角度調整至偏好角度(12HH)。

(2) 12 吋螢幕之筆記型電腦置放於可調整式之立姿工作站上，調整方式為從桌面最高之高度調整至偏好高度及桌面傾角水平未作調整(12HF)。

(3) 12 吋螢幕之筆記型電腦置放於可調整式之立姿工作站上，調整方式為從桌面最高之高度調整至偏好高度及桌面傾角最大角度調整至偏好角度(12HL)。

(4) 12 吋螢幕之筆記型電腦置放於可調整式之立姿工作站上，調整方式為從桌面最低之高度調整至偏好高度及桌面傾角最大角度調整至偏好角度(12LH)。

(5) 12 吋螢幕之筆記型電腦置放於可調整式之立姿工作站上，調整方式為從桌面最低之高度調整至偏好高度及桌面傾角水平未作調整(12LF)。

(6) 12 吋螢幕之筆記型電腦置放於可調整式之立姿工作站上，調整方式為從桌面最高之高度調整至偏好高度及桌面傾角水平調整至偏好角度(12LL)。

(7) 14 吋螢幕之筆記型電腦置放於可調整式之立姿工作站上，調整方式為從桌面最高之高度調整至偏好高度及桌面傾角最

大角度調整至偏好角度(14HH)。

(8) 14 吋螢幕之筆記型電腦置放於可調整式之立姿工作站上，調整方式為從桌面最高之高度調整至偏好高度及桌面傾角水平未作調整(14HF)。

(9) 14 吋螢幕之筆記型電腦置放於可調整式之立姿工作站上，調整方式為從桌面最高之高度調整至偏好高度及桌面傾角最大角度調整至偏好角度(14HL)。

(10) 14 吋螢幕之筆記型電腦置放於可調整式之立姿工作站上，調整方式為從桌面最低之高度調整至偏好高度及桌面傾角最大角度調整至偏好角度(14LH)。

(11) 14 吋螢幕之筆記型電腦置放於可調整式之立姿工作站上，調整方式為從桌面最低之高度調整至偏好高度及桌面傾角水平未作調整(14LF)。

(12) 14 吋螢幕之筆記型電腦置放於可調整式之立姿工作站上，調整方式為從桌面最高之高度調整至偏好高度及桌面傾角水平調整至偏好角度(14LL)。

實驗作業次序皆採隨機分配方式處理，每位受試者皆有其相對之作業順序，此目的為排除作業順序對實驗產生干擾。

3.5.2 應變項

本研究之應變項可分為立姿電腦工作站偏好設定參數、姿勢設定參數、肌肉負荷狀況及主觀自覺不適程度問卷，說明如下：

(1) 立姿電腦工作站偏好設定參數：實驗中所量測與立姿電腦工

作站相關之偏好設定，包括：

- 桌面(鍵盤)高度：實驗中以輸入鍵(enter)下緣桌面高度至地板垂直距離為量測基準。
- 桌面傾斜角度：於第二階段之偏好傾斜角實驗中，傾斜桌面與水平面夾角之角度。
- 螢幕中心高度：螢幕中心至地板之垂直距離。
- 螢幕上緣高度：螢幕畫面最上緣至地板的垂直距離。
- 螢幕傾斜角度：螢幕與垂直線之夾角，螢幕向前為負、向後為正。
- 鍵盤深度：鍵盤前緣至桌面的距離。

(2) 姿勢設定參數：受試者在操作立姿電腦工作站時其姿勢的角度與高度，分為 7 個姿勢角度及 3 個姿勢高度或距離，包括：

- 視角(gaze angle)：眉間中心至螢幕中心的連線，與水平線之夾角，俯角為正、仰角為負，以繩子搭配傾斜度量角器作量測。

- 頸部角度(neck angle)：使用電子動態量角器作量測，俯角為正、仰角為負。
 - 上臂前屈角度(upper extremity flexion angle)：使用電子動態量角器作量測，前屈角度為正、後伸角度為負。
 - 上臂外展角度(upper extremity abduction angle)：使用電子動態量角器作量測，外展角度為正、內縮角度為負。
 - 肘關節角度(elbow angle)：為上臂與前臂在三度空間之夾角，於第一階段實驗中使用電子動態量角器作量測，而在第二階段實驗中則是以數位量角器作量測。
 - 伸腕角度(wrist extension angle)：使用電子動態量角器作量測，手掌向上伸展角度為正、手掌向下彎屈角度為負。
 - 視距：受試者眉間中心至螢幕中心的連線距離。
- (3) 肌肉負荷狀況：使用肌電儀作量測，將測得之肌肉電位訊號轉換成為%MVC再進行，以下依各實驗量測肌肉群進行說明：
- 右手肱二頭肌(right biceps brachii muscle)：其主要功用是負責右手肘關節彎曲及前臂旋後，在兩階段實驗中皆為評估在不同的實驗條件下，操作時之肌肉負荷狀況。
 - 左/右三角肌(left/right deltoid muscle)：其主要功用是負責彎曲及外展上臂，在兩階段實驗中皆為評估在不同的實驗

條件下，操作時之肌肉負荷狀況。

- 左/右斜方肌(left/right trapezius muscle)：其主要功用是負責穩定、上提、內收與旋轉肩膀，在兩階段實驗中皆為評估在不同的實驗條件下，操作時之肌肉負荷狀況。
- 右手尺側伸腕肌(right extensor carpi ulnaris muscle)：其主要功能是伸展及輔助外展手腕動作，只有第二階段實驗中為評估增加桌面傾斜角度後，操作時之肌肉負荷狀況。

(4) 主觀自覺不適程度問卷：採用問卷方式進行，紀錄受試者在每一種實驗狀況測試後，身體之 16 個部位之不舒服程度情形。

3.5.3 控制因子

本實驗控制因子為實驗室環境，其中包括實驗進行之照度、溫度和溼度。在照度方面，將照度水準固定在約 500 Lx(ANSI100 建議範圍之內)，而室內溫度控制在 $24\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，溼度則是約在 60% 左右。

3.6 實驗流程

本研究實驗流程如下圖 3-25 所示，第一、第二階段受試者族群不同，並於不同時間點進行實驗，於實驗開始前，實驗人員向受試者說明實驗流程、目的及相關注意事項，並填寫個人基本資料(如附錄二)，實驗人員

將給予受試者個別的編排作業次序(詳見 3.5)；受試者填寫實驗同意書(如附錄二)，換著測試衣並且接受測量實驗所需之人體計測值；受試者黏貼電極貼片及動態量角器，並接受 EMG 最大自主收縮力量(MVC)測試與動態量角器角度校正；在第一階段實驗中之完整實驗時間約為 180 分鐘，其中前置作業與儀器校正總共約為 60 分鐘，而在八種作業狀況下，每種作業狀況之偏好設定調整時間為 5 分鐘，作業時間為 5 分鐘，並於每次替換作業狀況中休息 5 分鐘並且填寫主觀自覺不適問卷，共約為 120 分鐘；第二階段實驗則約為 165 分鐘，其中前置作業與儀器校正總共約為 60 分鐘，而在十二種作業狀況下，每種作業狀況之偏好設定調整時間為 3 分鐘，作業時間為 3 分鐘，並於替換作業狀況中休息 3 分鐘並且填寫主觀自覺不適問卷，共約為 105 分鐘，所有作業狀況次序採取完全隨機分配並予之排定。

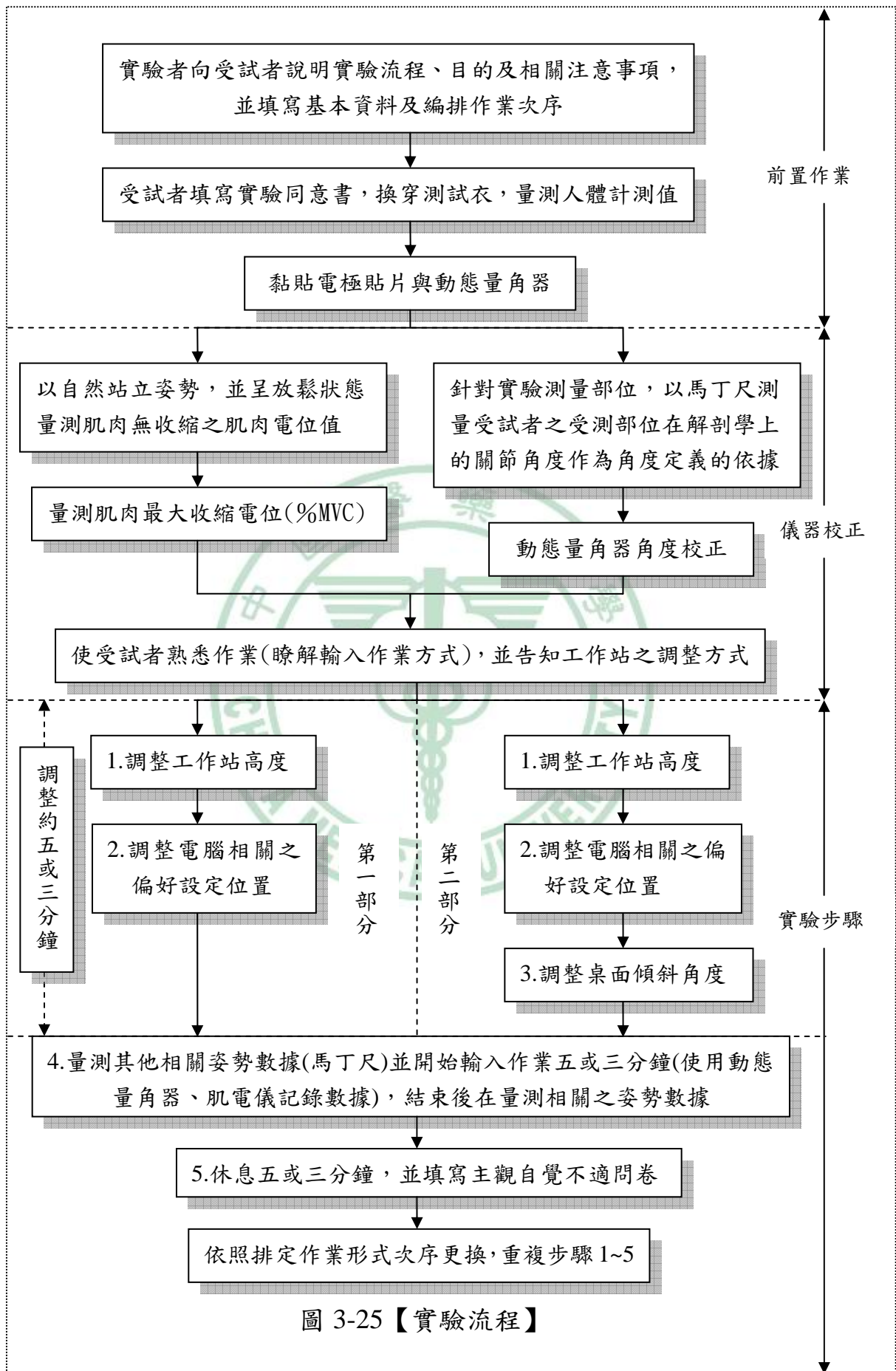


圖 3-25 【實驗流程】

3.6 資料統計與分析

本研究將所收集到的數據資料輸入至Excell軟體中計算偏好設定參數的平均數、標準差等等相關統計值，而並將各肌肉負荷電位值換算成最大自主收縮百分比(%MVC)再進行後續分析。分析方法是使用統計軟體SPSS12.0內之重複量數變異數(Repeated Measures ANOVA)分析方法對實驗之自變項與主觀不適問卷進行分析檢定，再視情況進行事後配對T檢定，探討在不同作業狀況下，偏好設定參數與肌肉負荷之差異。



第四章 實驗結果

本章分別針對兩階段實驗(偏好設定實驗與偏好傾角實驗),依序對工作站之偏好設定、姿勢偏好設定、肌肉負荷與主觀不適程度問卷之數據分析結果進行說明,其中第一階段實驗數據並分別依據可調式工作站上之數據及可調式工作站與貨架平台之比較分別進行說明。

4.1 偏好設定實驗之結果

針對於可調式立姿工作站上,三種電腦種類與二個起始設定進行重複量數變異數分析,其結果彙整如下表 4-1 所示,由表 4-1 可知受到不同電腦種類影響有顯著差異的包括:偏好螢幕中心高度、偏好螢幕傾斜角度、偏好鍵盤置放深度、偏好向下視角、偏好視距、偏好頸部向下彎曲角度、上臂前屈角度、右肱二頭肌負荷、右肩三角肌負荷、右斜方肌負荷、左肩三角肌負荷、左斜方肌負荷;而受到不同起始設定有顯著影響的有偏好桌面(鍵盤)操作高度、偏好螢幕中心高度、偏好向下視角、偏好頸部向下彎曲角度、偏好肘關節角度及左斜方肌負荷,至於各個實驗條件下實驗後之主觀不適則均不顯著,以下依序針各類對應變項進行說明:

表 4-1 重複量數變異數分析結果(n=40)

應變項	自變項	電腦種類 (CT)	起始設定 (IS)	交互作用 (CT x IS)	個別差異
工作站偏好設定					
桌面(鍵盤)操作高度			***		***
螢幕中心高度		***	***		***
螢幕傾斜角度		***		**	***
鍵盤 enter 鍵至桌緣距離				**	***
姿勢偏好設定					
向下視角		***	***		***
視距		***		*	***
頸部向下彎屈角度		***	*		***
上臂前屈角度		*			***
上臂外展角度					***
肘關節角度				*	***
肌肉負荷					
右肱二頭肌		***			***
右肩三角肌		***			***
右斜方肌		**			***
左肩三角肌		***			***
左斜方肌		***	*		***
主觀不適問卷部位					
眼部					***
頸部					***
左肩					***
右肩					***
上背					***
左手肘					***
右手肘					***
左手腕					***
右手腕					***
下背					***
左臀部				*	***
右臀部					***
左膝					***
右膝					***
左踝					***
右踝					***

註：*p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

4.1.1 工作站偏好設定

(1) 偏好桌面(鍵盤)操作高度：受試者之偏好桌面(鍵盤)操作高度數據如表 4-2 所示，由表 4-1 及 4-2 可發現三種電腦種類對偏好桌面(鍵盤)操作高度影響並不顯著($p=0.787$)，但是起始高度設定有顯著影響($p<0.001$)，此結果顯示受試者在起始高度設定高至低的狀況下會有較高的偏好桌面(鍵盤)操作高度，而不同電腦種類(包含筆記型電腦與桌上型電腦)不會影響受試者之偏好桌面(鍵盤)操作高度，如圖 4-1 所示，值得注意的是各電腦種類之偏好桌面(鍵盤)操作高度會受起始設定影響，因此並非一個微小變異之定值，而是一個約在 94~96 公分之間的範圍。

表 4-2 偏好桌面(鍵盤)操作高度數據(n=40)

電腦種類	起始設定	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		公分	公分	下限	上限
$p=0.787$ 12 吋 Laptop PC	高至低	96.7	4.28	95.3	98.1
	低至高	94.6	4.16	93.2	95.9
14 吋 Laptop PC	高至低	96.8	3.98	95.5	98.1
	低至高	94.9	3.93	93.7	96.2
15 吋 Desktop PC	高至低	97.0	4.16	95.7	98.3
	低至高	94.6	3.71	93.5	95.8

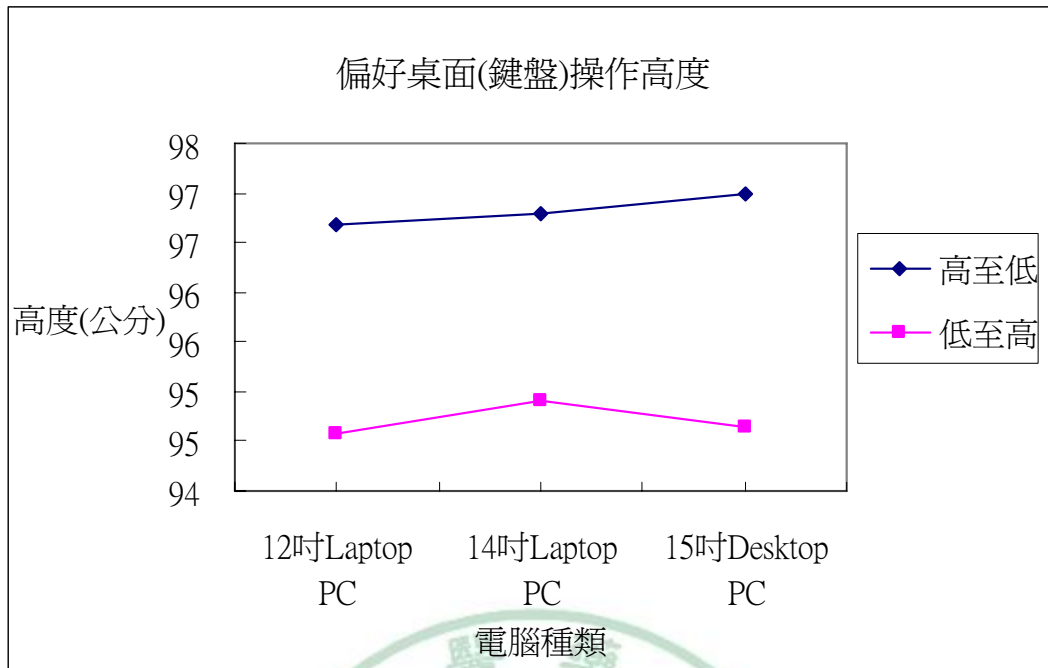


圖 4-1 偏好桌面(鍵盤)操作高度

(2) 偏好螢幕中心高度：受試者之偏好螢幕中心高度數據如表 4-3 所示，由表 4-1 與表 4-3 可發現不同的電腦種類與起始高度設定均會對受試者之偏好螢幕中心高度造成顯著的影響($p < 0.001$)，而再進行配對檢定後，結果顯示 15 吋桌上型電腦(122.9 公分)其螢幕因為可以分開調整螢幕高度，所以螢幕中心高度會高於 14 吋(111.5 公分)與 12 吋(108.1 公分)筆記型電腦，並達顯著水準($p < 0.001$)，而受到不同的起始高度設定影響，受試者在高至低的狀況下會有較高的偏好螢幕中心高度，如圖 4-2 所示。

表 4-3 偏好螢幕中心高度數據(n=40)

電腦種類	起始設定	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		公分	公分	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	109.1	4.89	107.5	110.6
	低至高	107.2	4.65	105.7	108.7
14 吋 Laptop PC	高至低	112.3	4.50	110.8	113.7
	低至高	110.8	4.91	109.2	112.3
15 吋 Desktop PC	高至低	124.3	5.08	122.6	125.9
	低至高	121.7	4.66	120.2	123.1

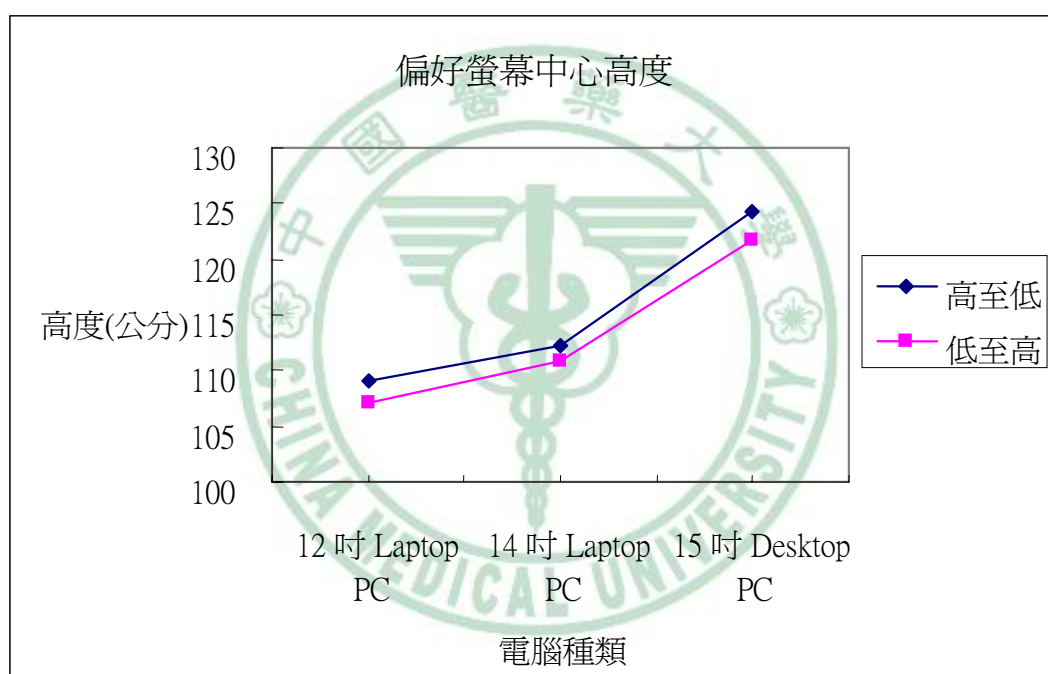


圖 4-2 偏好螢幕中心高度

- (3) 偏好螢幕傾斜角度：受試者之偏好螢幕傾斜角度數據如表 4-4 所示，由表 4-1 與表 4-4 可發現受試者之偏好螢幕傾斜角度受到不同的起始高度設定影響並不顯著($p=0.414$)，但受到不同的電腦種類影響有顯著的差異($p<0.001$)，而再進行配對檢定後發現，電腦螢幕越大者，

受試者會有越小的螢幕傾斜角，並達顯著水準($p<0.001$)，如圖 4-3 所示。

表 4-4 偏好螢幕傾斜角度數據(n=40)

電腦種類	起始設定	平均數	標準差	95% 信賴區間	
$p<0.001$	$p=0.414$	度	度	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	31.1	7.64	28.6	33.5
	低至高	30.7	7.62	28.2	33.1
14 吋 Laptop PC	高至低	25.6	7.62	23.2	28.1
	低至高	28.1	7.14	25.8	30.3
15 吋 Desktop PC	高至低	10.9	5.52	9.1	12.6
	低至高	10.4	4.40	9.0	11.8

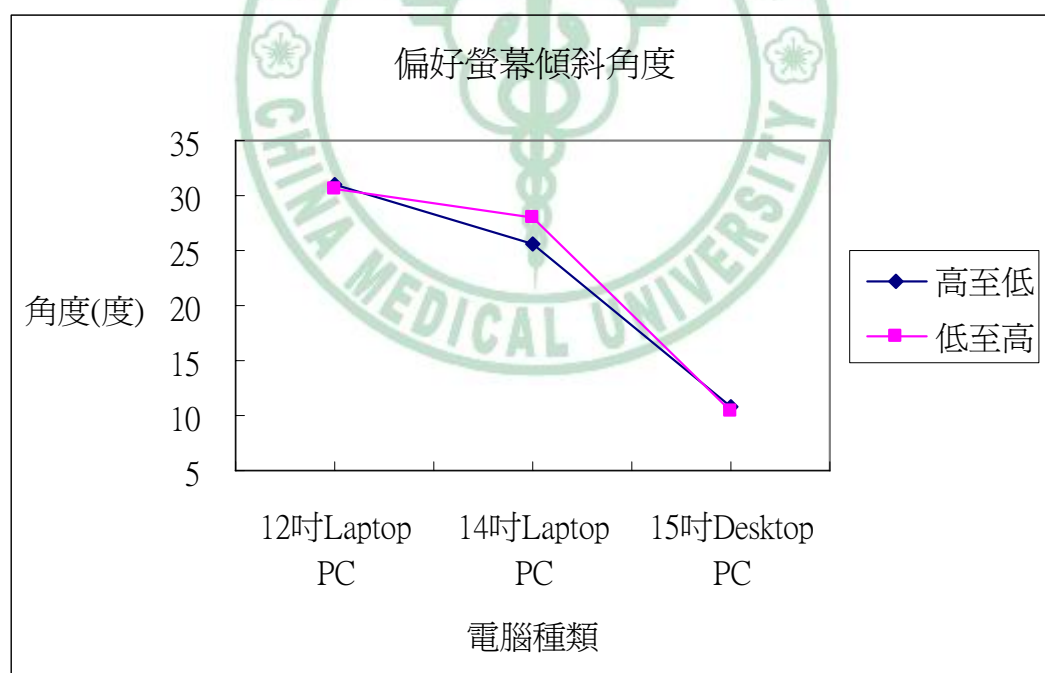


圖 4-3 偏好螢幕傾斜角度

(4) 鍵盤至桌緣距離：受試者之鍵盤(Enter 鍵)至桌緣距離數據如表 4-5

所示，由表 4-1 與表 4-5 可發現受試者將鍵盤置放的距離位置並不會受到不同的電腦種類與起始高度設定的影響而有顯著的差異 ($p=0.239$, $p=0.831$)，其中 12 吋筆記型電腦約在 24.3 公分左右，15 吋桌上型電腦的鍵盤置放位置約在 23.4 公分左右，而 14 吋筆記型電腦則約在 24.8 公分左右，如圖 4-4 所示。

表 4-5 鍵盤置放深度數據(n=40)

電腦種類	起始設定	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		公分	公分	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	24.0	3.67	22.8	25.2
	低至高	24.5	3.70	23.3	25.7
14 吋 Laptop PC	高至低	23.7	3.96	22.4	25.0
	低至高	23.9	4.13	22.6	25.2
15 吋 Desktop PC	高至低	23.8	5.44	22.1	25.6
	低至高	23.0	5.26	21.3	24.6

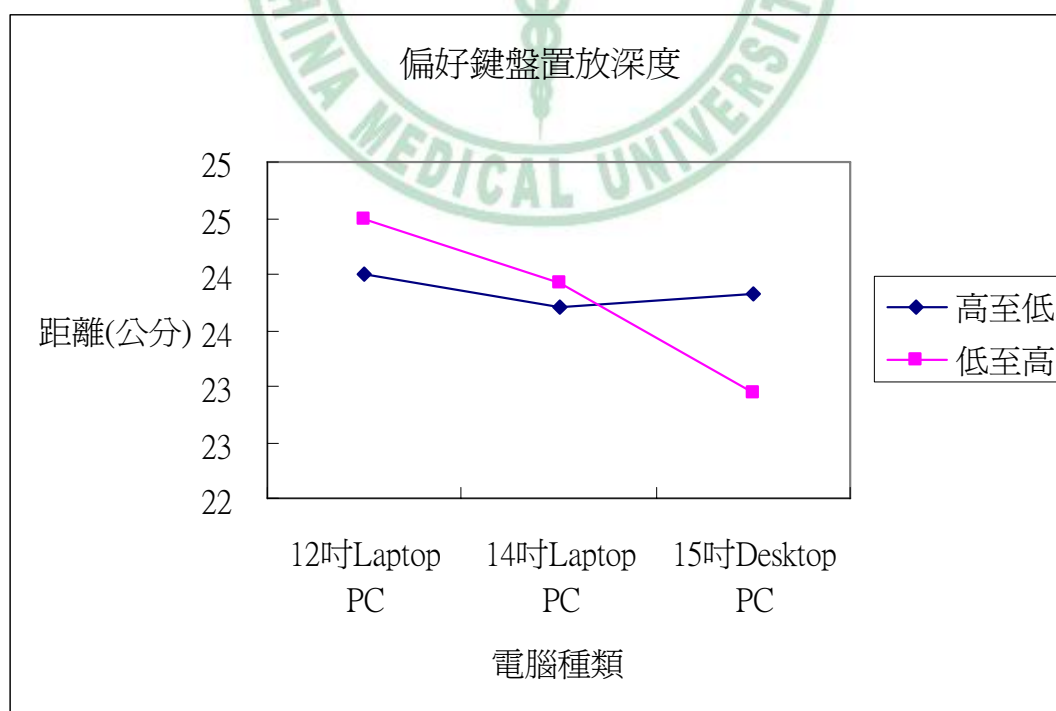


圖 4-4 鍵盤置放深度

4.1.2 姿勢偏好設定

(1) 偏好向下視角(至螢幕中心):受試者之偏好向下視角數據如表 4-6 所示,由表 4-1 與表 4-6 可發現偏好視角受到不同的電腦種類與起始高度設定影響有顯著的差異($p<0.001$),結果顯示受試者在起始高度設定高至低的狀況會有較小的向下視角,而再經配對檢定後發現,操作 15 吋桌上型電腦(18~21 度)會比 14 吋(36~39 度)及 12 吋(40~42 度)筆記型電腦有較小的向下視角,並達顯著水準($p<0.001$),這表示受試者在較高的桌面作業會有較小的向下視角,如圖 4-5 所示。

表 4-6 偏好向下視角(至螢幕中心)數據(n=40)

電腦種類 $p<0.001$	起始設定 $p<0.001$	平均數 度	標準差 度	95% 信賴區間 下限	95% 信賴區間 上限
12 吋 Laptop PC	高至低	40.0	5.53	38.2	41.8
	低至高	42.4	4.97	40.8	44.0
14 吋 Laptop PC	高至低	36.9	5.49	35.1	38.7
	低至高	39.2	5.00	37.6	40.8
15 吋 Desktop PC	高至低	18.7	5.09	17.1	20.3
	低至高	21.0	4.92	19.4	22.5

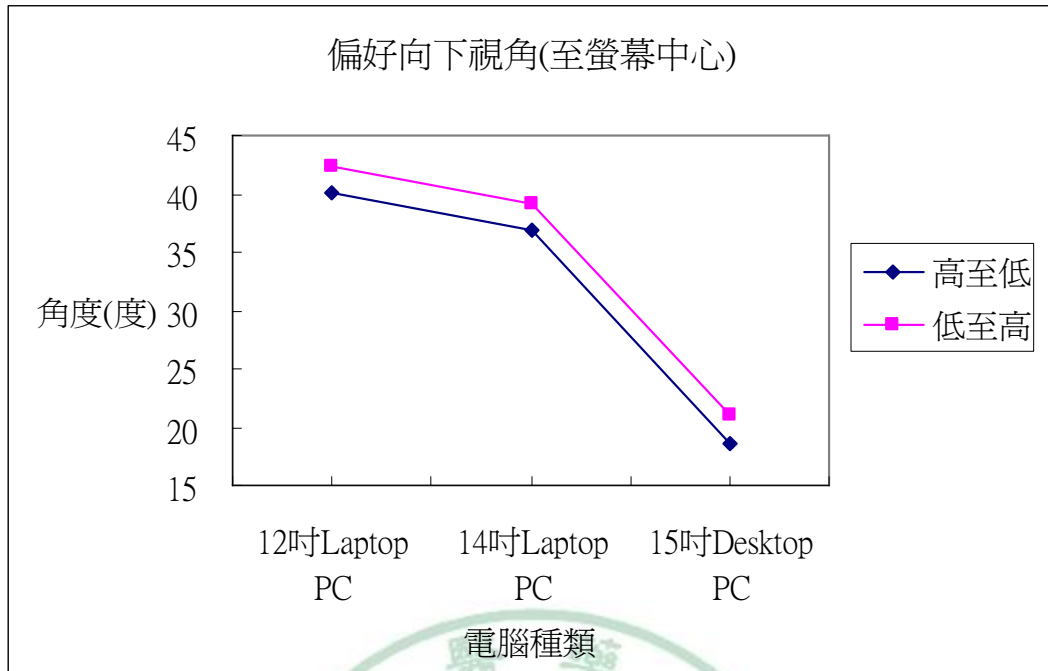


圖 4-5 偏好向下視角(至螢幕中心)

(2) 偏好視距(至螢幕中心): 受試者之偏好眼睛至螢幕中心之視距數據如表 4-7 所示, 由表 4-1 與表 4-7 可發現偏好視距在不同電腦種類間存在顯著的差異($p < 0.001$), 但受不同起始高度設定的影響並不顯著($p = 0.374$), 而再經配對檢定後發現, 12 與 14 吋之筆記型電腦的偏好視距約在 56 公分左右, 其中 14 吋大於 12 吋筆記型電腦但未達顯著水準, 而 15 吋桌上型電腦則約在 66 公分左右大於 14 吋與 12 吋筆記型電腦, 且達顯著水準($p < 0.001$), 這代表, 操作之電腦螢幕越大者視距越遠, 如圖 4-6 所示。

表 4-7 偏好視距(至螢幕中心)數據(n=40)

電腦種類	起始設定	平均數	標準差	95% 信賴區間	
$p<0.001$	$p=0.374$	公分	公分	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	55.2	4.35	53.8	56.6
	低致高	55.4	5.24	53.7	57.1
14 吋 Laptop PC	高至低	55.2	5.04	53.6	56.8
	低至高	56.6	5.08	55.0	58.2
15 吋 Desktop PC	高至低	67.0	6.36	64.9	69.0
	低至高	66.3	7.53	63.9	68.7

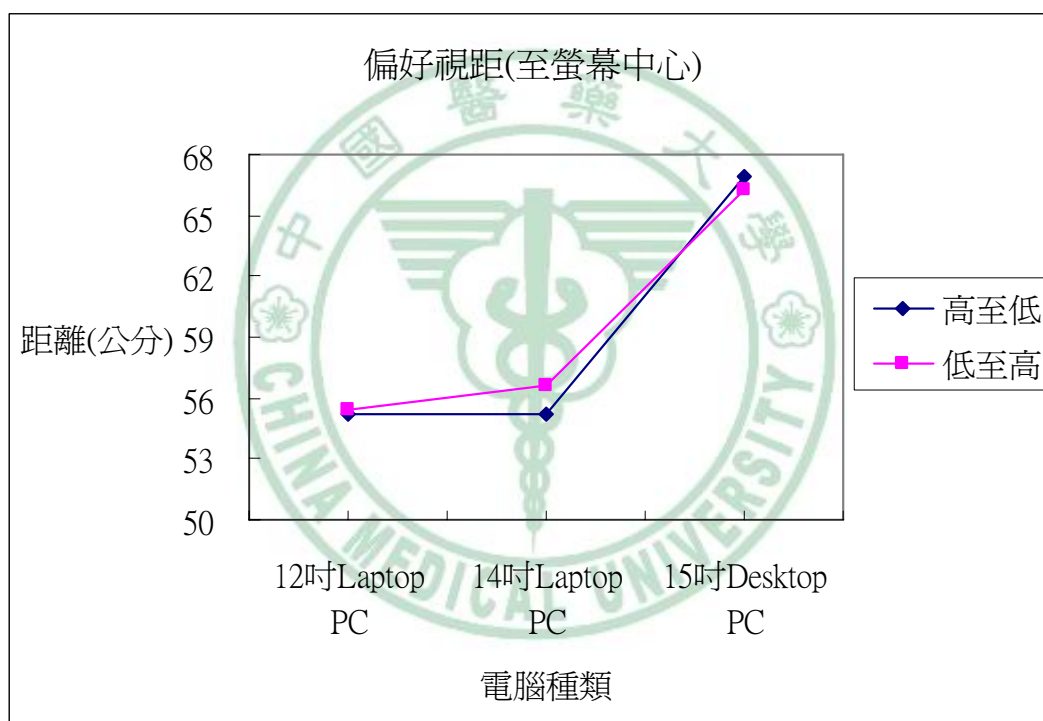


圖 4-6 偏好視距(至螢幕中心)

(3) 偏好頸部向下彎曲角度：受試者之偏好頸部向下彎曲角度數據如表 4-8 所示，由表 4-1 與表 4-8 可發現不同的電腦種類與起始高度設定均對頸部向下彎曲角度造成顯著的影響($p<0.001$)，結果顯示較大的螢幕會使受試者有較小的頸部彎曲角度，而再進行配對檢定後發

現，15 吋桌上型電腦因螢幕可以分開調整高度，其頸部向下彎曲角度小於 14、12 吋筆記型電腦，並達顯著水準($p<0.001$)，而 14 吋小於 12 吋筆記型電腦，但未達顯著水準，起始高度設定高至低的狀況下受試者會有較小的頸部彎曲角度，這表示較高的桌面高度會有較小的頸部向下彎曲角度，如圖 4-7 所示。

表 4-8 偏好頸部向下彎曲角度數據(n=40)

電腦種類	起始設定	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		度	度	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	18.8	12.91	14.7	23.0
	低至高	21.1	12.35	17.2	25.1
14 吋 Laptop PC	高至低	17.5	12.55	13.5	21.5
	低至高	18.8	12.53	14.8	22.8
15 吋 Desktop PC	高至低	9.1	12.13	5.2	13.0
	低至高	10.2	10.61	6.8	13.6

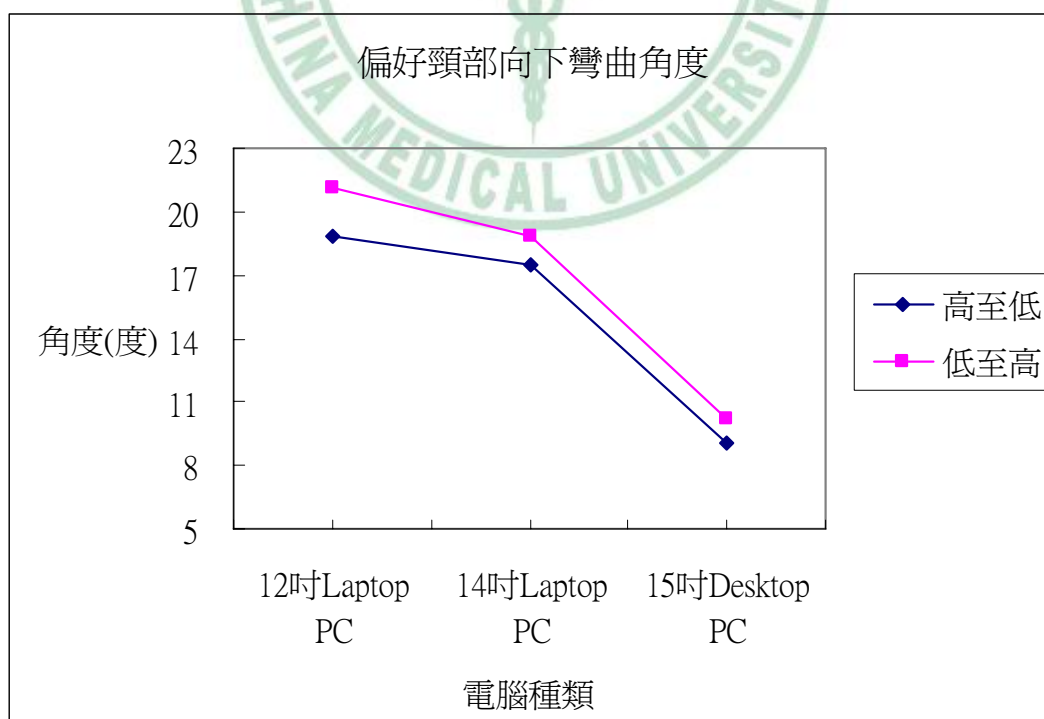


圖 4-7 偏好頸部向下彎曲角度

(4) 上臂前屈、外展角度之偏好數據：受試者上臂之前屈、外展角度之偏好數據如表 4-9 與 4-10 所示，由表 4-1 與表 4-9 可發現上臂前屈角度受到不同的電腦種類影響有顯著的差異($p=0.038$)，受試者在操作較小螢幕之電腦時會有較大的上臂前屈角度，但受到不同的起始高度設定影響並不顯著($p=0.061$)(圖 4-8)，而不同的電腦種類與起始高度設定對上臂外展角度影響均不顯著($p=0.330, p=0.394$)(如表 4-10 與圖 4-9)。

表 4-9 上臂前屈角度之偏好數據(n=40)

電腦種類 $p=0.038$	起始設定 $p=0.061$	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		度	度	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	29.3	18.10	23.5	35.1
	低至高	28.6	16.09	23.4	33.7
14 吋 Laptop PC	高至低	27.9	17.91	22.1	33.6
	低至高	26.0	19.06	19.9	32.1
15 吋 Desktop PC	高至低	26.0	16.81	20.7	31.4
	低至高	22.2	15.17	17.4	27.1

表 4-10 上臂外展角度之偏好數據(n=40)

電腦種類 $p=0.330$	起始設定 $p=0.394$	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		度	度	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	6.2	10.23	3.0	9.5
	低至高	5.5	9.21	2.5	8.4
14 吋 Laptop PC	高至低	6.0	11.55	2.3	9.7
	低至高	6.0	10.72	2.6	9.5
15 吋 Desktop PC	高至低	5.0	9.40	2.0	8.0
	低至高	4.3	7.60	1.9	6.8

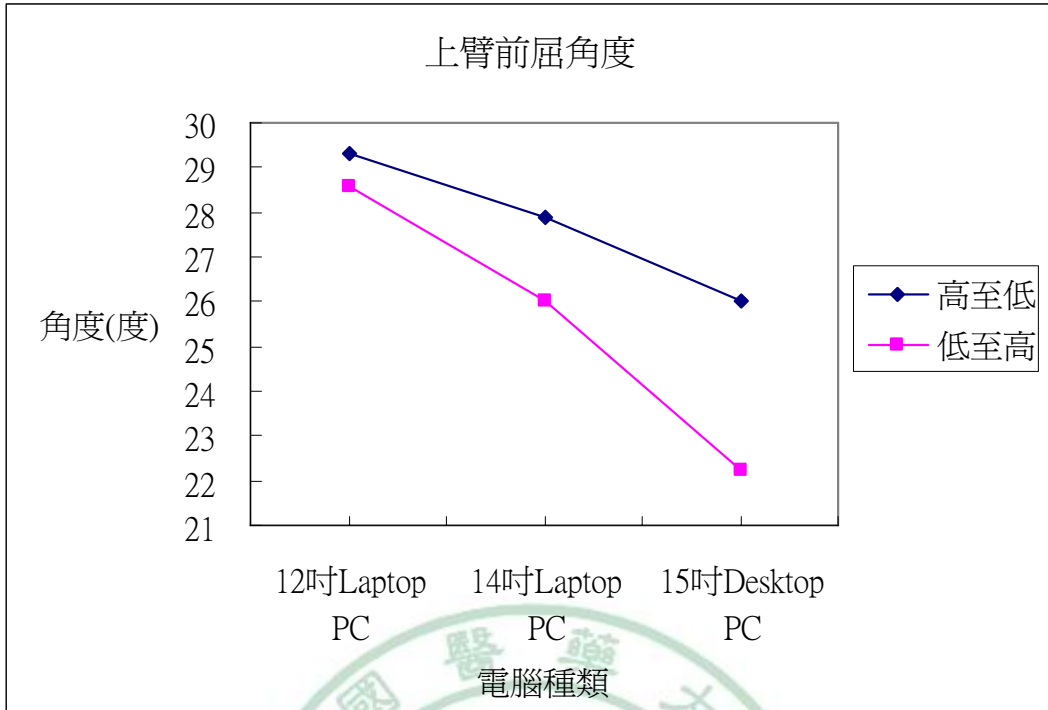


圖 4-8 上臂前屈角度

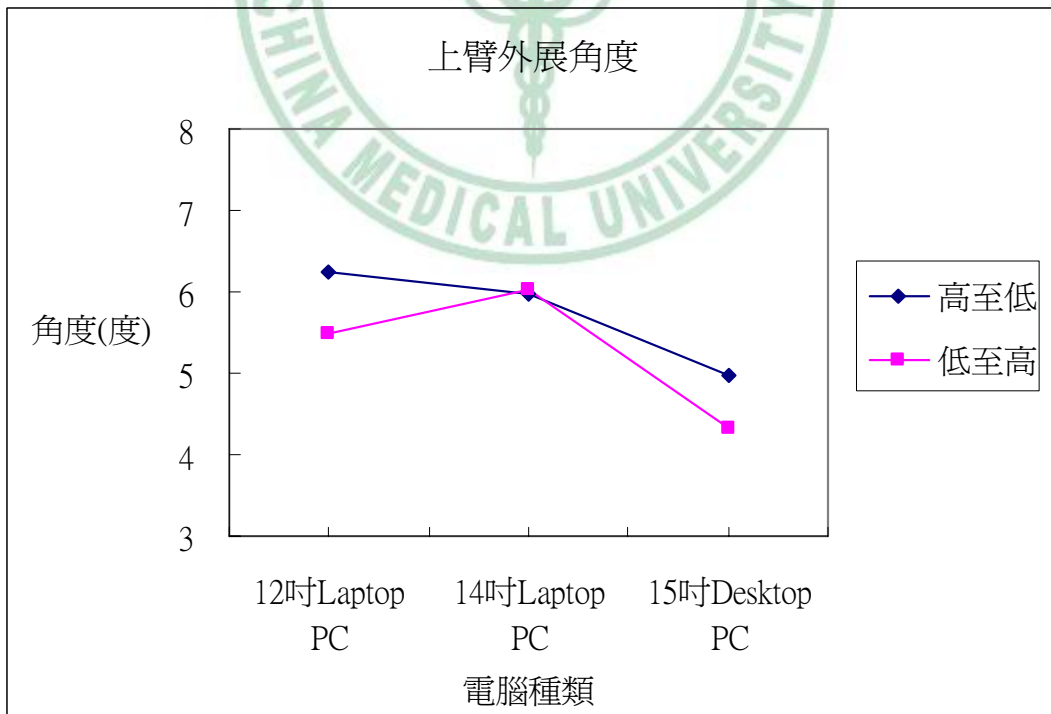


圖 4-9 上臂外展角度

(5) 偏好肘關節角度：受試者之偏好肘關節角度數據如表 4-11 所示，由表 4-1 與表 4-11 可發現偏好肘關節角度在不同電腦種類之差異並不顯著 ($p=0.586$)，但在不同的起始高度設定下有顯著的差異 ($p=0.014$)，其結果顯示在起始高度設定在高至低的狀況下受試者會有較小的肘關節角度，這代表在較高的桌面高度下受試者會有較小的肘關節角度，如圖 4-10 所示。

表 4-11 偏好肘關節角度數據(n=40)

電腦種類	起始高度	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		度	度	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	107.6	15.78	102.6	112.7
	低至高	111.4	17.71	105.7	117.0
14 吋 Laptop PC	高至低	107.4	15.90	102.3	112.5
	低至高	110.5	14.93	105.8	115.3
15 吋 Desktop PC	高至低	109.0	15.97	103.9	114.1
	低至高	112.1	13.82	107.7	116.5

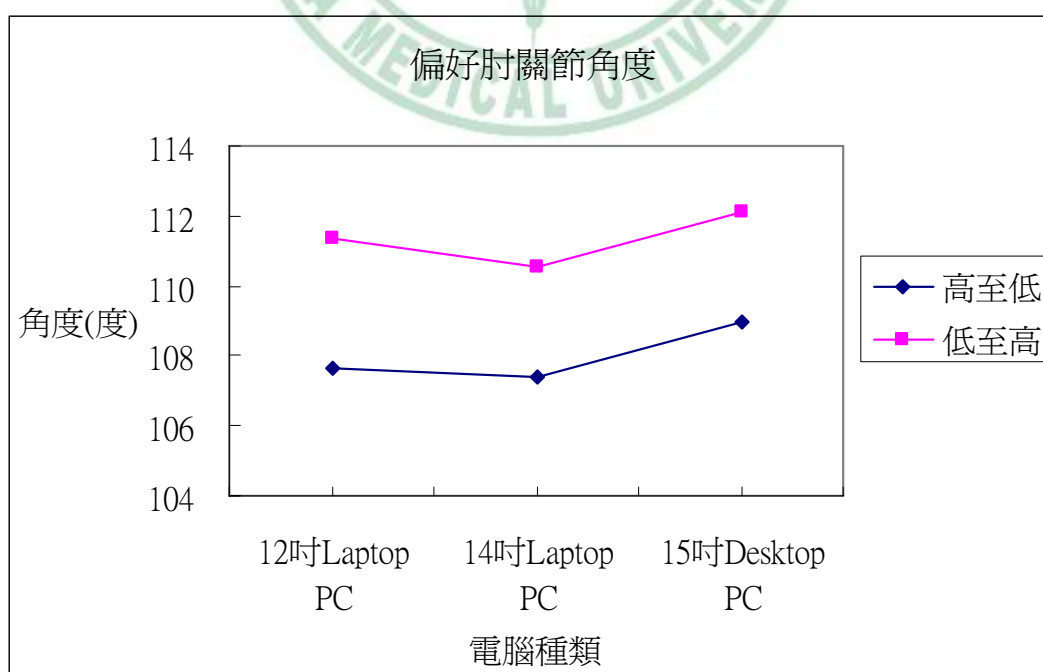


圖 4-10 偏好肘關節角度

4.1.3 肌肉負荷

(1) 右肱二頭肌之肌肉負荷%MVC 值：受試者的右肱二頭肌之肌肉負荷%MVC 值數據如表 4-12 所示，由表 4-1 與表 4-12 可發現受到不同的起始高度設定影響並不顯著($p=0.798$)，但受到不同的電腦種類的影響對受試者之右二頭肌負荷有顯著的差異($p=0.001$)，而再逕行配對檢定後發現，受試者在操作 12 吋筆記型電腦有較大的右肱二頭肌負荷值，並達顯著水準($p<0.01$)，而 14 吋筆記型大於 15 吋桌上型電腦，但未達顯著水準，如圖 4-11 所示。

表 4-12 右肱二頭肌之肌肉負荷%MVC 值(n=40)

電腦種類 $p=0.001$	起始高度 $p=0.798$	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		%MVC	%MVC	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	7.0	4.54	5.5	8.4
	低至高	7.1	4.66	5.6	8.6
14 吋 Laptop PC	高至低	5.3	4.13	4.0	6.6
	低至高	5.2	4.15	3.9	6.5
15 吋 Desktop PC	高至低	5.2	5.10	3.5	6.8
	低至高	4.9	4.15	3.6	6.3

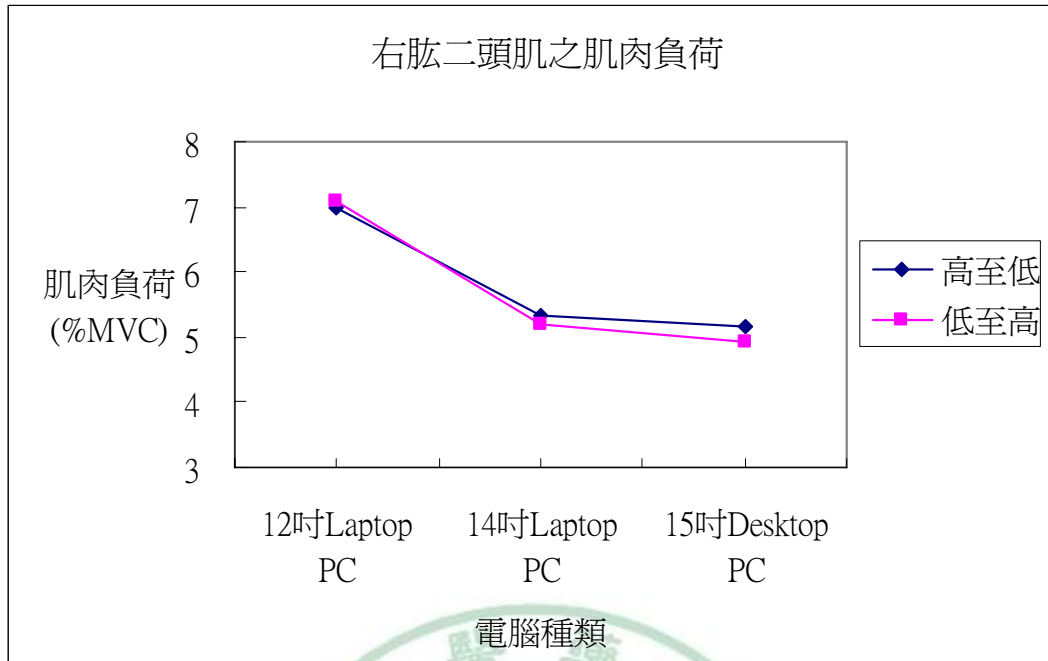


圖 4-11 右肱二頭肌之肌肉負荷%MVC 值

(2) 右肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值：受試者的右肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值數據如表 4-13 所示，由表 4-1 與表 4-13 可發現受到不同起始高度設定的影響對右肩三角肌負荷並不顯著($p=0.965$)，但受到不同電腦種類的影響，受試者之右肩三角肌負荷有顯著的差異($p<0.001$)，而再進行配對檢定後發現，受試者所操作的電腦螢幕愈小，則會有較大之右肩三角肌負荷值，且以 15 吋桌上型電腦之負荷值為最小，並達顯著水準($p<0.05$)，如圖 4-12 所示。

表 4-13 右肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值(n=40)

電腦種類	起始高度	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		%MVC	%MVC	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	6.2	3.64	5.0	7.3
	低至高	6.2	4.35	4.8	7.6
14 吋 Laptop PC	高至低	5.2	3.24	4.2	6.3
	低至高	5.2	3.45	4.1	6.3
15 吋 Desktop PC	高至低	4.6	2.58	3.7	5.4
	低至高	4.6	2.91	3.6	5.5

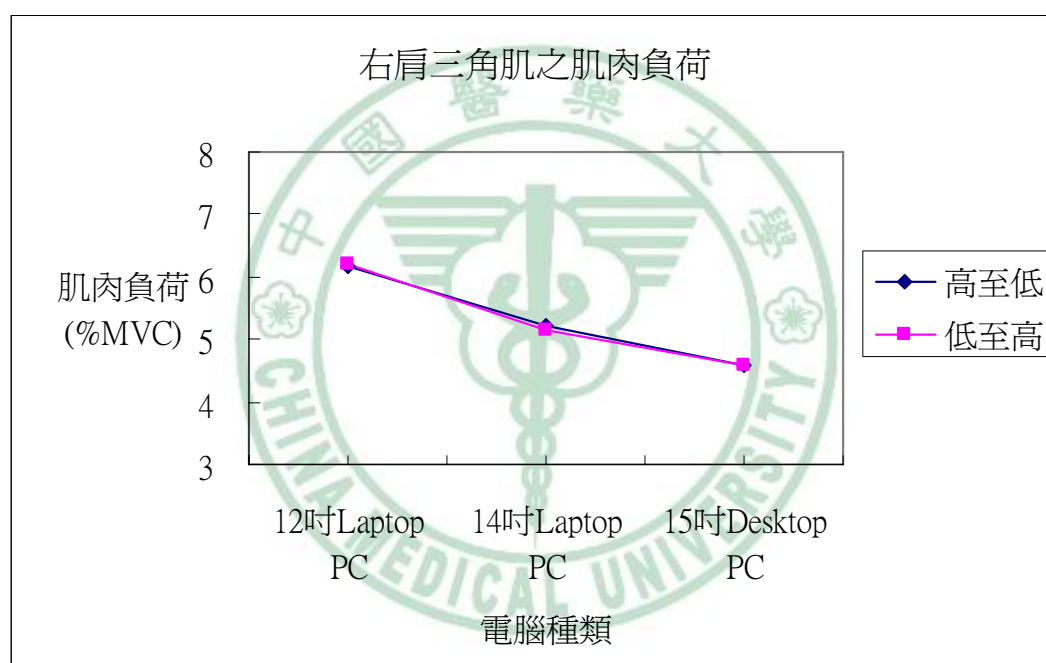


圖 4-12 右肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值

(3) 右斜方肌之肌肉負荷%MVC 值：受試者的右斜方肌之肌肉負荷 %MVC 值數據如表 4-14 所示，由表 4-1 與表 4-14 可發現受到不同起始高度設定的影響，受試者之右斜方肌負荷並無顯著差異 ($p=0.524$)，但不同的電腦種類對受試者之右斜方肌負荷的影響有顯

著差異($p=0.003$)，而再進行配對檢定後發現，受試者所操作的電腦螢幕愈小者，其有較大的右斜方肌負荷值，以 12 吋筆記型電腦負荷值為最大，並達顯著水準($p<0.05$)，但其中 14 吋筆記型與 15 吋桌上型並無顯著差異，如圖 4-13 所示。

表 4-14 右斜方肌之肌肉負荷%MVC 值(n=40)

電腦種類	起始高度	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		%MVC	%MVC	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	8.6	4.46	7.1	10.0
	低至高	8.3	4.59	6.8	9.7
14 吋 Laptop PC	高至低	6.7	3.93	5.4	7.9
	低至高	6.4	3.43	5.4	7.5
15 吋 Desktop PC	高至低	6.4	3.31	5.3	7.4
	低至高	6.0	4.01	5.2	7.8

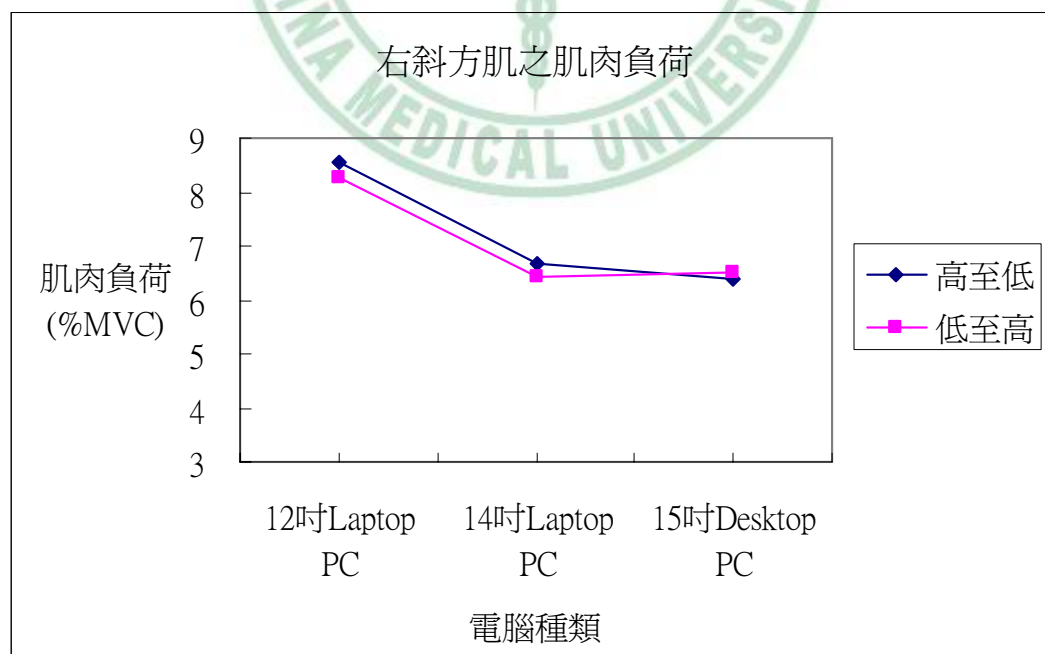


圖 4-13 右斜方肌之肌肉負荷%MVC 值

(4) 左肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值：受試者的左肩三角肌之肌肉負荷 %MVC 值數據如表 4-15 所示，由表 4-1 與表 4-15 可發現受到不同的起始高度設定影響並不顯著($p=0.695$)，但受到不同的電腦種類的影響受測者之左肩三角肌負荷有顯著的差異($p<0.001$)，而再進行配對檢定後發現，操作電腦螢幕愈小者會造成受試者有較大的左肩三角肌負荷值，並達顯著水準($p<0.01$)，如圖 4-14 所示。

表 4-15 左肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值(n=40)

電腦種類	起始高度	平均數	標準誤	95% 信賴區間	
		%MVC	%MVC	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	6.8	0.75	5.2	8.3
	低至高	6.4	0.70	5.0	7.8
14 吋 Laptop PC	高至低	5.3	0.45	4.4	6.2
	低至高	5.2	0.47	4.2	6.1
15 吋 Desktop PC	高至低	3.8	0.41	2.9	4.6
	低至高	3.9	0.41	3.1	4.8

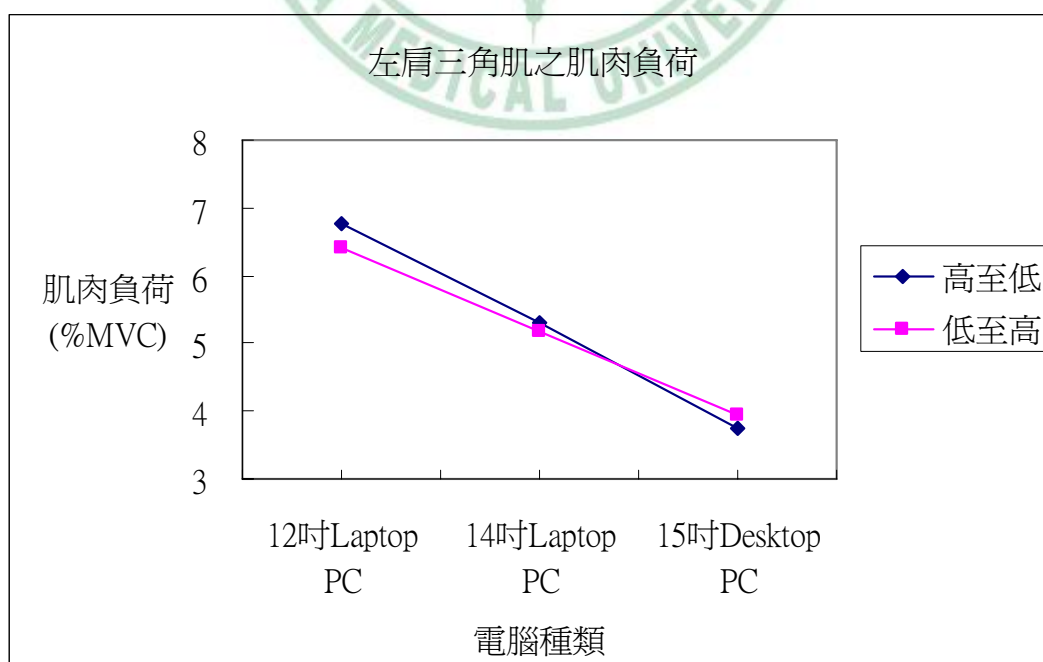


圖 4-14 左肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值

(5) 左斜方肌之肌肉負荷%MVC 值：受試者的左斜方肌之肌肉負荷%MVC 值數據如表 4-16 所示，由表 4-1 與表 4-16 可發現受試者之左斜方肌負荷值受到不同的電腦種類與起始高度設定的影響有顯著的差異($p=0.001, p=0.022$)，並進行配對檢定後發現，操作電腦螢幕愈小者會造成受試者有較大的左斜方肌負荷值並達顯著水準($p<0.05$)，但其中 14 吋筆記型與 15 吋桌上型電腦並無顯著差異，而受試者在起始高度設定高至低的狀況下會有較大的左斜方肌負荷值，這表示受試者在較高的桌面作業會造成其有較大的左斜方肌負荷值，如圖 4-15 所示。

表 4-16 左斜方肌之肌肉負荷%MVC 值(n=40)

電腦種類 $p=0.001$	起始高度 $p=0.022$	平均數	標準誤	95% 信賴區間	
		%MVC	%MVC	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	5.2	1.00	3.2	7.3
	低至高	5.0	0.98	3.0	7.0
14 吋 Laptop PC	高至低	3.4	0.47	2.4	4.3
	低至高	3.0	0.35	2.3	3.7
15 吋 Desktop PC	高至低	2.8	0.32	2.1	3.4
	低至高	2.7	0.28	2.1	3.2

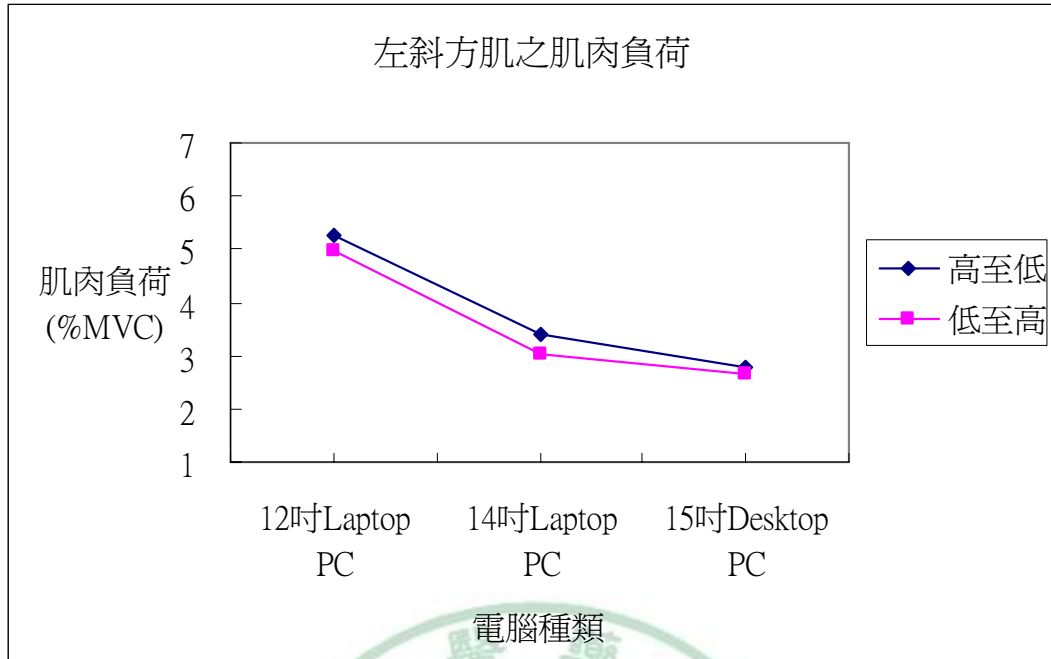


圖 4-15 左斜方肌之肌肉負荷%MVC 值

4.1.4 主觀不適程度問卷結果

在不同的作業狀況下，受試者對身體各部位之自覺主觀不適程度經重複量數變異數(Repeated Measures ANOVA)分析後，結果顯示各變項對身體 16 個部位上並無顯著的差異。表 4-17 顯示不同的實驗作業條件下，受試者身體 16 個部位的主觀不適程度的平均值。

表 4-17 主觀不適程度問卷結果(平均值±標準差) (n=40)

變項 部位	12 吋筆記型電腦		14 吋筆記型電腦		15 吋桌上型電腦	
	高至低	低至高	高至低	低至高	高至低	低至高
眼部	0.8±1.48	0.8±1.34	1.0±1.55	1.0±1.76	0.8±1.47	1.0±1.54
頸部	1.1±1.34	1.1±1.39	1.1±1.60	1.1±1.66	1.2±1.48	1.1±1.38
左肩	0.5±1.06	0.6±1.18	0.6±1.08	0.7±1.23	0.71.20	0.5±0.99
右肩	0.5±1.11	0.6±1.15	0.6±1.13	0.7±1.23	0.6±1.15	0.7±1.41
上背	1.1±1.54	1.4±1.82	1.3±1.74	1.4±2.06	1.1±1.79	0.9±1.41
左手肘	0.5±0.93	0.5±1.06	0.5±1.04	0.6±1.22	0.4±0.93	0.5±0.99
右手肘	0.4±0.86	0.3±0.92	0.4±0.98	0.4±1.01	0.4±0.93	0.4±0.93
左手腕	0.4±0.87	0.4±0.92	0.4±0.96	0.4±1.03	0.4±0.90	0.4±0.90
右手腕	0.3±0.71	0.3±0.86	0.4±0.90	0.3±0.83	0.4±0.90	0.4±0.89
下背	1.9±2.38	1.8±2.49	1.8±2.65	2.0±2.84	2.0±2.51	2.0±2.53
左臀部	0.8±1.82	1.1±1.91	1.1±2.10	1.1±2.18	0.9±1.43	0.7±1.26
右臀部	0.8±1.81	1.0±1.90	1.0±2.12	1.1±2.19	0.9±1.44	0.7±1.30
左膝	1.7±2.04	1.6±2.01	2.0±2.47	2.0±2.71	1.9±2.32	1.6±2.17
右膝	1.6±2.01	1.5±2.08	1.7±2.43	1.9±2.63	1.6±2.10	1.4±1.86
左踝	3.3±2.78	3.2±2.56	3.5±2.71	3.8±2.85	3.5±2.68	3.3±2.77
右踝	3.2±2.51	3.2±2.67	3.6±2.71	3.8±2.81	3.4±2.50	3.5±2.89

4.2 可調式立姿工作站與貨架平台之比較

本節針對使用可調式立姿工作站與貨架平台進行對照比較，以下針對工作站偏好設定、肌肉負荷差異與主觀不適程度問卷結果進行說明。

4.2.1 工作站偏好設定

由於貨架平台有高度及置放平台空間限制，以致於某些參數必然的與可調式電腦工作站有明顯的差異，因此將針對偏好螢幕傾斜角度與螢

幕中心高度做分析比較，並且以螢幕中心高度作為貨架平台之改善依據。

由於受試者偏好之操作桌面高度明顯大於貨架平台的高度，而受試者之偏好螢幕傾斜角度可能因此受到改變，此部分利用重複量數變異數分析，針對 12 吋與 14 吋筆記型電腦與三種調整方式(高至低、低至高與固定貨架平台)狀況下，分析不同螢幕大小之筆記型電腦在可調式立姿工作站與對照之貨架平台之影響，其檢定結果顯示受試者在對照貨架平台上作業，無論是使用 12 吋或 14 吋之筆記型電腦，其偏好螢幕傾斜角度明顯大於可調式立姿工作站($p<0.001$)，而在貨架平台上，12 吋之筆記型電腦之偏好螢幕傾斜角度又明顯大於 14 吋筆記型電腦 ($p<0.001$)，其統計數據如表 4-18 與圖 4-16 所示。

表 4-18 偏好螢幕傾斜角度之比較(n=40)

電腦種類	調整方式	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		度	度	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	31.1	7.64	28.6	33.5
	低至高	30.7	7.62	28.2	33.1
	貨架平台	38.9	7.43	36.5	41.2
14 吋 Laptop PC	高至低	25.6	7.62	23.2	28.1
	低至高	28.1	7.14	25.8	30.3
	貨架平台	34.8	7.03	32.5	37.0

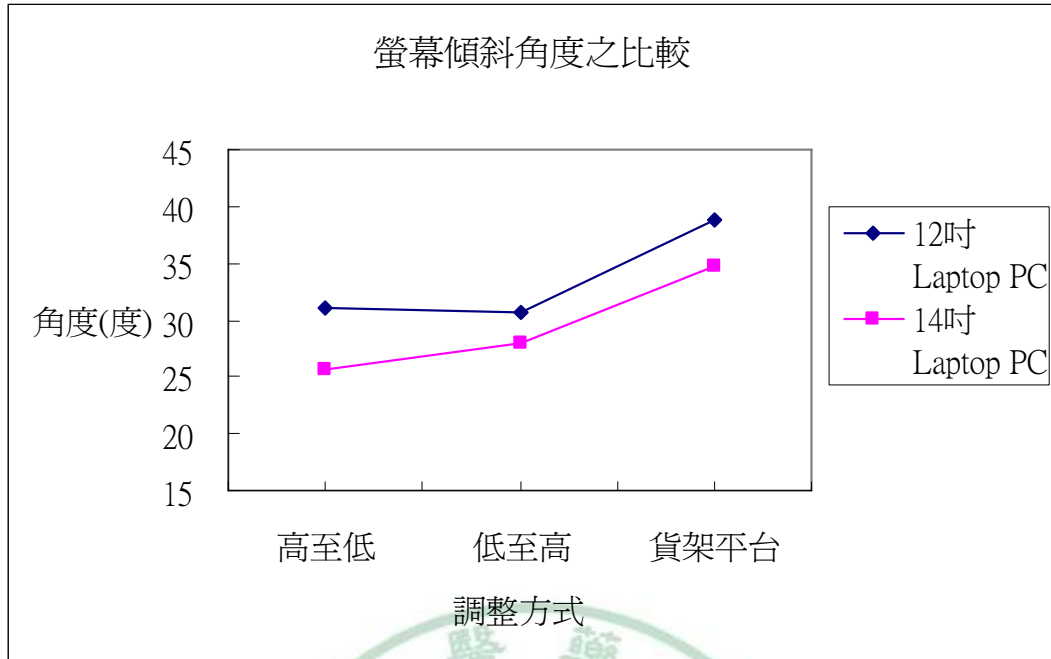


圖 4-16 偏好螢幕傾斜角度之比較

針對可調式立姿工作站對於貨架平台之改善依據，我們以螢幕中心高度來作為其改善的比較，其檢定結果顯示受試者在可調式之立姿工作站上作業，其螢幕中心高度明顯的提高($p < 0.001$)，12 吋之筆記型電腦明顯從 97 公分提高至 109 公分，14 吋之筆記型電腦明顯從 101 公分提高至 112 公分，而在貨架平台上，12 吋之筆記型電腦又明顯低於 14 吋筆記型電腦之螢幕中心高度($p < 0.001$)，其統計數據如表 4-19 與圖 4-17 所示。

表 4-19 螢幕中心高度之比較(n=40)

電腦種類	調整方式	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		公分	公分	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	109.1	4.89	107.5	110.6
	低至高	107.2	4.65	105.7	108.7
	貨架平台	97.3	1.32	96.9	97.8
14 吋 Laptop PC	高至低	112.3	4.50	110.8	113.7
	低至高	110.8	4.91	109.2	112.3
	貨架平台	100.5	1.35	100.1	101.0

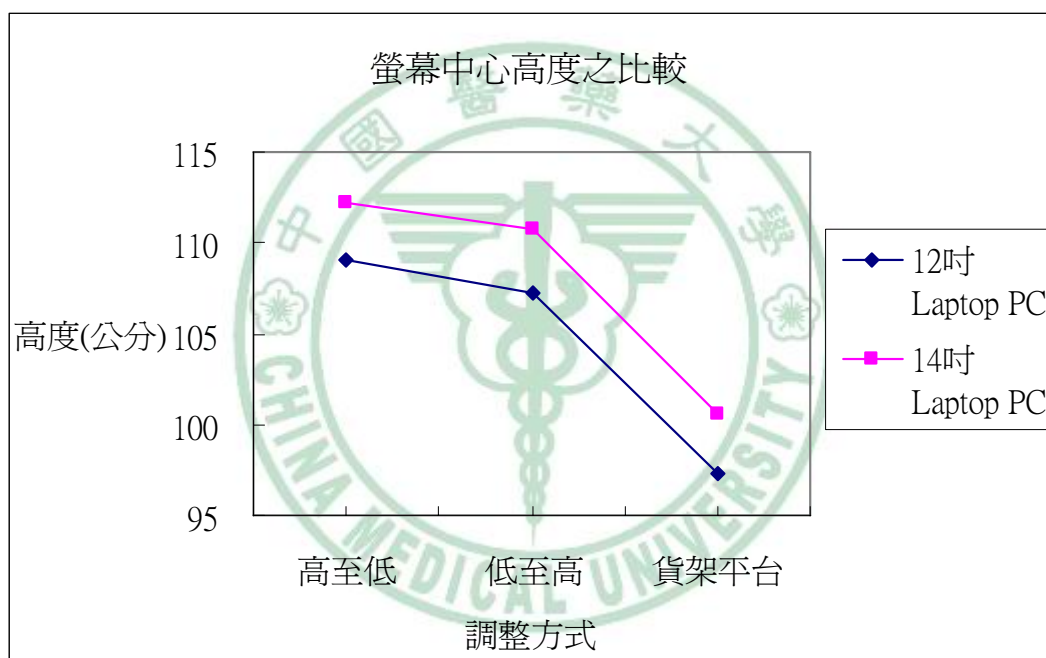


圖 4-17 偏好螢幕中心高度之比較

4.2.2 姿勢偏好設定

(1) 偏好向下視角之比較：偏好向下視角之比較數據如表 4-20 所示，由

表 4-20 可發現受試者在對照貨架平台上作業，無論是使用 12 吋或

14 吋之筆記型電腦都顯著大於可調式立姿工作站之偏好向下視角 ($p<0.001$)，而且在貨架平台上操作，12 吋之筆記型電腦又明顯大於 14 吋之筆記型電腦之向下視角 ($p<0.001$)，如圖 4-17 所示。

表 4-20 偏好向下視角之比較(n=40)

電腦種類	調整方式	平均數	標準差	95% 信賴區間	
$p<0.001$	$p<0.001$	度	度	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	40.0	5.53	38.2	41.8
	低至高	42.4	4.97	40.8	44.0
	貨架平台	47.9	5.43	46.2	49.7
14 吋 Laptop PC	高至低	36.9	5.49	35.1	38.7
	低至高	39.2	5.00	37.6	40.8
	貨架平台	47.0	3.86	45.7	48.2

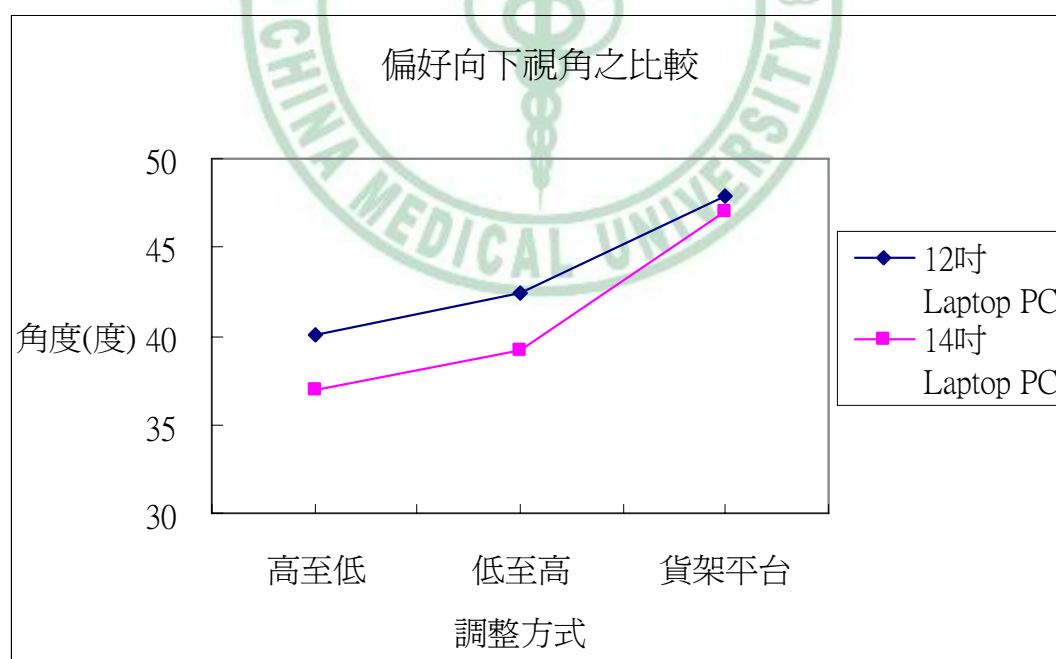


圖 4-18 偏好向下視角之比較

(2) 偏好視距之比較：偏好視距之比較數據如表 4-21 所示，由表 4-21 可發現受試者 12 吋或 14 吋筆記型電腦之偏好視距差異並不顯著 ($p=0.292$)，但可調式立姿工作站與貨架平台則對受試者之偏好視距有顯著的差異 ($p<0.001$)，結果顯示受試者在貨架平台上操作會比在可調式立姿工作站有較大的視距，貨架平台之偏好視距約為 59 公分，而可調式立姿工作站則約在 55~56 公分之間，如圖 4-19 所示。

表 4-21 偏好視距之比較(n=40)

電腦種類	調整方式	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		公分	公分	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	55.2	4.35	53.8	56.6
	低至高	55.4	5.24	53.7	57.1
	貨架平台	59.5	5.51	57.7	61.3
14 吋 Laptop PC	高至低	55.2	5.04	53.6	56.8
	低至高	56.6	5.08	55.0	58.2
	貨架平台	59.2	5.08	57.6	60.8

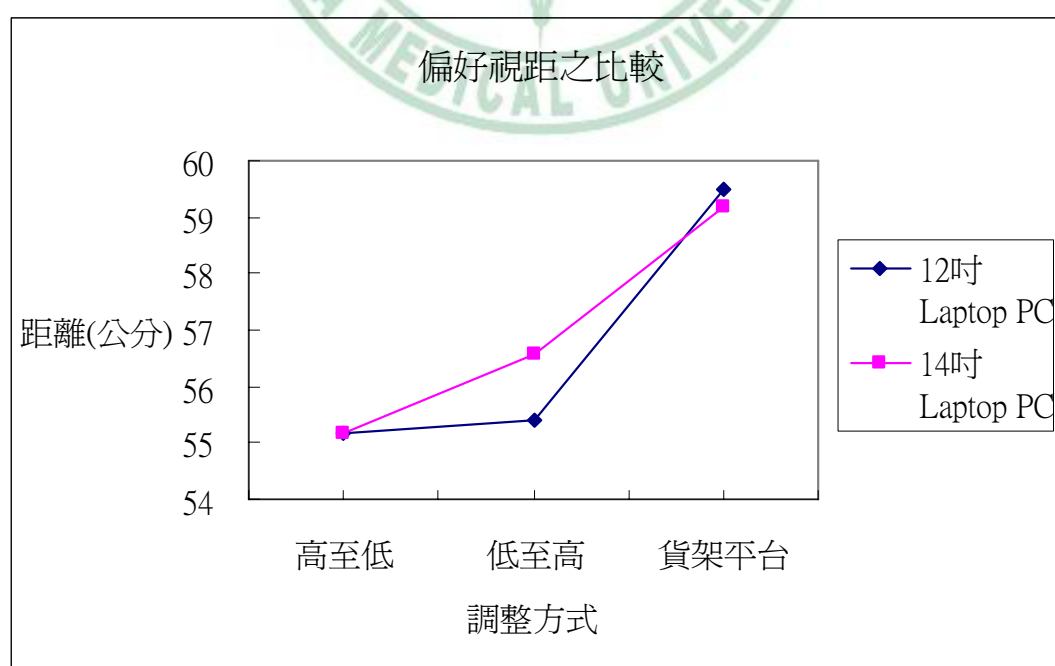


圖 4-19 偏好視距之比較

(3) 頸部向下彎曲角度之比較：頸部向下彎曲角度之比較數據如表 4-22

所示，由表 4-22 可發現受試者之偏好向下彎曲角度受到兩種螢幕大小的筆記型電腦影響有顯著的差異($p=0.032$)，而可調式立姿工作站與貨架平台之頸部向下彎曲角度也有顯著的不同($p<0.001$)，結果顯示受試者在操作 12 吋筆記型電腦時，其頸部向下彎曲的角度明顯大於操作 14 吋之筆記型電腦，而且在貨架平台上操作，其頸部彎曲角度也明顯大於可調式立姿工作站之頸部彎曲角度，如圖 4-20 所示。

表 4-22 頸部向下彎曲角度之比較(n=40)

電腦種類	調整方式	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		度	度	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	18.8	12.91	14.7	23.0
	低至高	21.1	12.35	17.2	25.2
	貨架平台	26.0	14.80	21.3	30.8
14 吋 Laptop PC	高至低	17.5	12.55	13.5	21.5
	低至高	18.8	12.53	14.8	22.8
	貨架平台	24.8	13.13	20.6	28.9

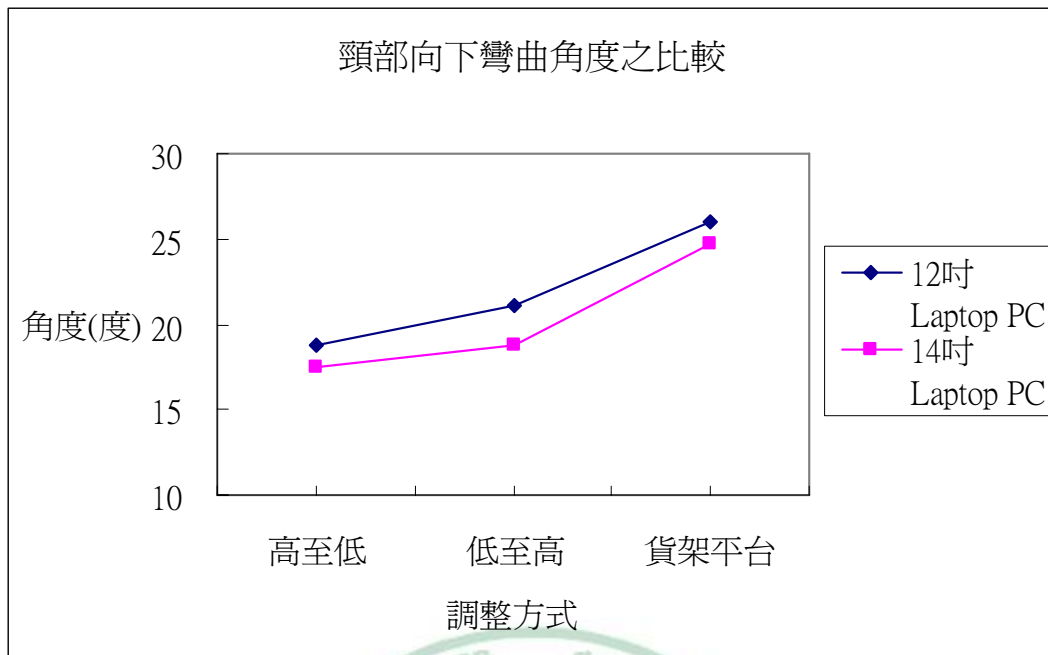


圖 4-20 頸部向下彎曲角度之比較

(4) 肘關節角度之比較: 肘關節角度之比較數據如表 4-23 所示, 由表 4-23 可發現受測者之偏好肘關節角度在操作 12 吋或 14 吋之筆記型電腦並無顯著的差異($p=0.768$), 但在可調式立姿工作站與貨架平台上則有顯著的差異($p<0.001$), 結果顯示受試者在貨架平台上作業(約 132 度), 其肘關節角度明顯大於可調式立姿工作站之肘關節角度(約在 107~111 度之間), 如圖 4-21 所示。

表 4-23 肘關節角度之比較(n=40)

電腦種類	調整方式	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		度	度	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	107.6	15.78	102.6	112.7
	低至高	111.4	17.71	105.7	117.0
	貨架平台	132.1	13.90	127.6	136.5
14 吋 Laptop PC	高至低	107.4	15.90	102.3	112.5
	低至高	110.5	14.93	105.8	115.3
	貨架平台	132.4	16.39	127.1	137.6

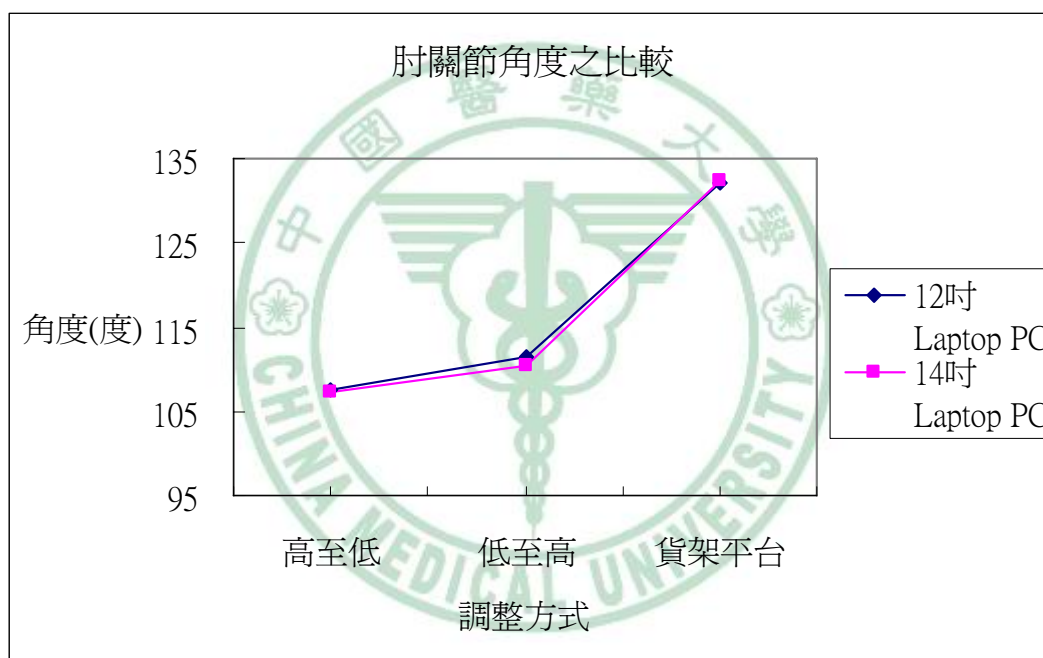


圖 4-21 肘關節角度之比較

(5) 上臂之前屈、外展角度之比較：上臂前屈、外展角度之比較數據如表 4-24 及表 4-25 所示，由表 4-24 與表 4-25 可發現受測者之上臂前屈與外展角度受到 12 吋與 14 吋之筆記型電腦的影響並不顯著 ($p=0.148, p=0.557$)，而平均前屈與外展角度分別約在 27 度與 5 度左

右，而可調式立姿工作站與貨架平台上臂之前屈角度影響並不顯著 ($p=0.456$)，但對上臂外展角度有顯著的影響 ($p=0.002$)，結果顯示受測者在可調式立姿工作站(5~6 度)比貨架平台上有較大的上臂外展角度(3~4 度)，如圖 4-22、4-23 所示。

表 4-24 上臂前屈角度之比較(n=40)

電腦種類	調整方式	平均數	標準差	95% 信賴區間	
$p=0.148$	$p=0.456$	度	度	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	29.3	18.10	23.5	35.1
	低至高	28.6	16.09	23.4	33.7
	貨架平台	26.4	15.37	21.5	31.3
14 吋 Laptop PC	高至低	27.9	17.91	22.1	33.6
	低至高	26.0	19.06	19.9	32.1
	貨架平台	26.8	15.31	21.9	31.7

表 4-25 上臂外展角度之比較(n=40)

電腦種類	調整方式	平均數	標準差	95% 信賴區間	
$p=0.557$	$p=0.002$	度	度	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	6.2	10.23	3.0	9.5
	低至高	5.5	9.21	2.5	8.4
	貨架平台	3.3	8.42	0.6	6.0
14 吋 Laptop PC	高至低	6.0	11.55	2.3	9.7
	低至高	6.0	10.72	2.6	9.5
	貨架平台	3.9	8.19	1.3	6.5

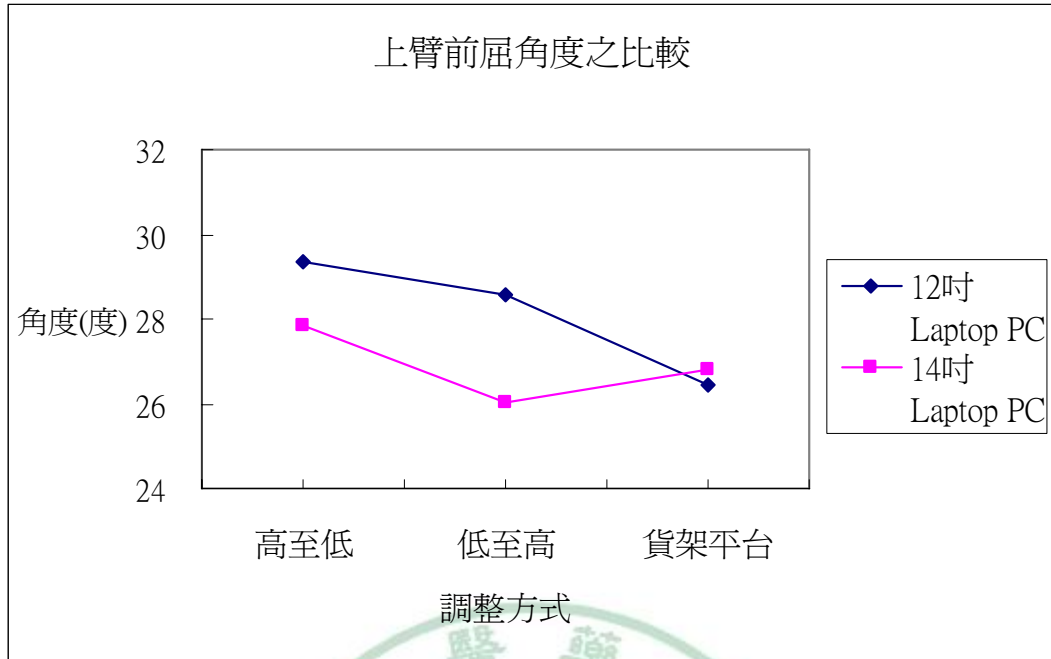


圖 4-22 上臂前屈角度之比較

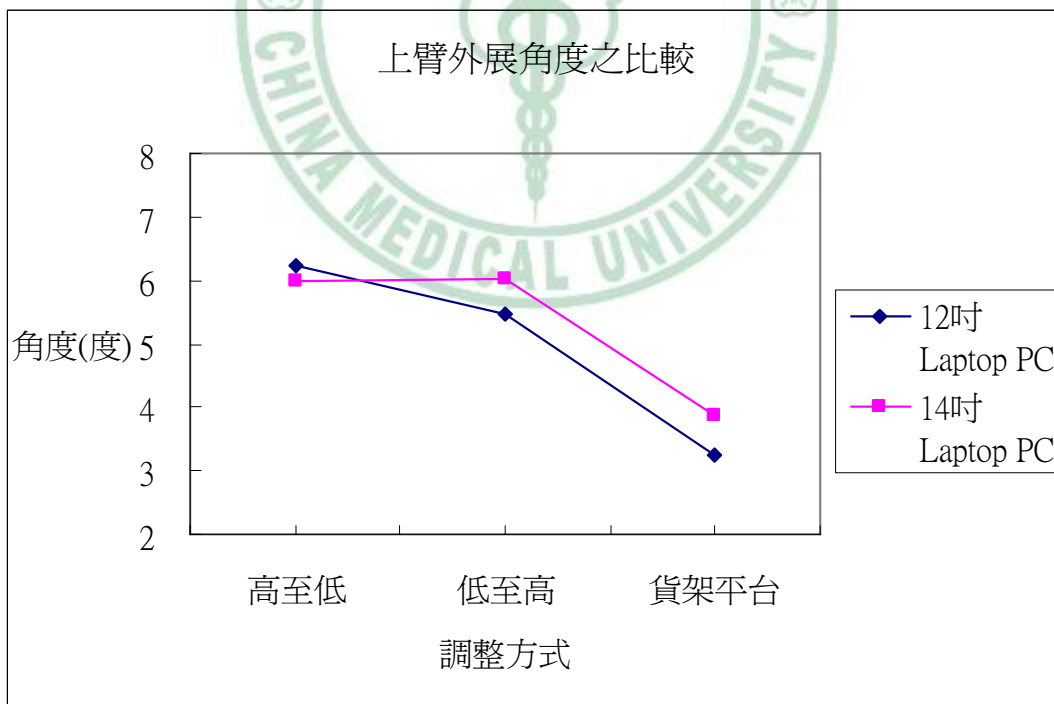


圖 4-23 上臂外展角度之比較

4.2.3 肌肉負荷

肌肉負荷%MVC 值之比較數據如表 4-26 至表 4-30 所示，由表 4-26 至表 4-30 可發現本階段實驗中所量測之 5 個部位肌肉之肌肉負荷 %MVC 值，除了左肩三角肌($p=0.011$)有顯著差異外，在可調式立姿工作站與貨架平台兩者之間，其肌肉負荷%MVC 值並無顯著的差異(右肱二頭肌： $p=0.191$ ，右肩三角肌： $p=0.269$ ，右斜方肌： $p=0.768$ ，左斜方肌： $p=0.145$)，而 12 吋與 14 吋之筆記型電腦則與先前分析結果相符皆有顯著的差異(右肱二頭肌： $p<0.001$ ，右肩三角肌： $p=0.004$ ，右斜方肌： $p<0.001$ ，左肩三角肌： $p=0.002$ ，左斜方肌： $p<0.001$)，12 吋筆記型電腦明顯比 14 吋筆記型電腦有較大的肌肉負荷%MVC 值，如圖 4-24 至圖 4-28 所示。

表 4-26 右肱二頭之肌肉負荷%MVC 值比較(n=40)

電腦種類	調整方式	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		%MVC	%MVC	下限	上限
12 吋 Laptop PC	$p<0.001$				
	高至低	7.0	4.54	5.5	8.4
	低至高	7.1	4.66	5.6	8.6
14 吋 Laptop PC	貨架平台	8.2	5.10	6.6	9.9
	高至低	5.3	4.13	4.0	6.6
	低至高	5.2	4.15	3.9	6.5
	貨架平台	6.0	5.15	4.4	7.7

表 4-27 右肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值比較(n=40)

電腦螢幕大小	調整方式	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		%MVC	%MVC	下限	上限
<i>p</i> =0.004	<i>p</i> =0.269				
12 吋 NB	高至低	6.2	3.64	5.0	7.3
	低至高	6.2	4.35	4.8	7.6
	貨架平台	5.7	4.10	4.3	7.0
14 吋 NB	高至低	5.2	3.24	4.2	6.3
	低至高	5.2	3.45	4.1	6.3
	貨架平台	5.1	3.60	3.9	6.2

表 4-28 右斜方肌之肌肉負荷%MVC 值比較(n=40)

電腦種類	調整方式	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		%MVC	%MVC	下限	上限
<i>p</i> <0.001	<i>p</i> =0.768				
12 吋 Laptop PC	高至低	8.6	4.46	7.1	10.0
	低至高	8.3	4.59	6.8	9.7
	貨架平台	8.5	4.71	7.0	10.1
14 吋 Laptop PC	高至低	6.7	3.93	5.4	7.9
	低至高	6.4	3.43	5.4	7.5
	貨架平台	6.1	3.04	5.2	7.1

表 4-29 左肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值比較(n=40)

電腦種類	調整方式	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		%MVC	%MVC	下限	上限
<i>p</i> =0.002	<i>p</i> =0.011				
12 吋 Laptop PC	高至低	6.8	4.74	5.2	8.3
	低至高	6.4	4.41	5.0	7.8
	貨架平台	6.1	4.37	4.7	7.5
14 吋 Laptop PC	高至低	5.3	2.86	4.4	6.2
	低至高	5.2	2.95	4.2	6.1
	貨架平台	4.5	2.97	3.6	5.5

表 4-30 左斜方肌之肌肉負荷%MVC 值比較(n=40)

電腦種類	調整方式	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		%MVC	%MVC	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	5.2	6.34	3.2	7.3
	低至高	5.0	6.19	3.0	7.0
	貨架平台	4.0	3.34	2.9	5.0
14 吋 Laptop PC	高至低	3.4	2.98	2.4	4.3
	低至高	3.0	2.19	2.3	3.7
	貨架平台	3.8	4.98	2.2	5.4

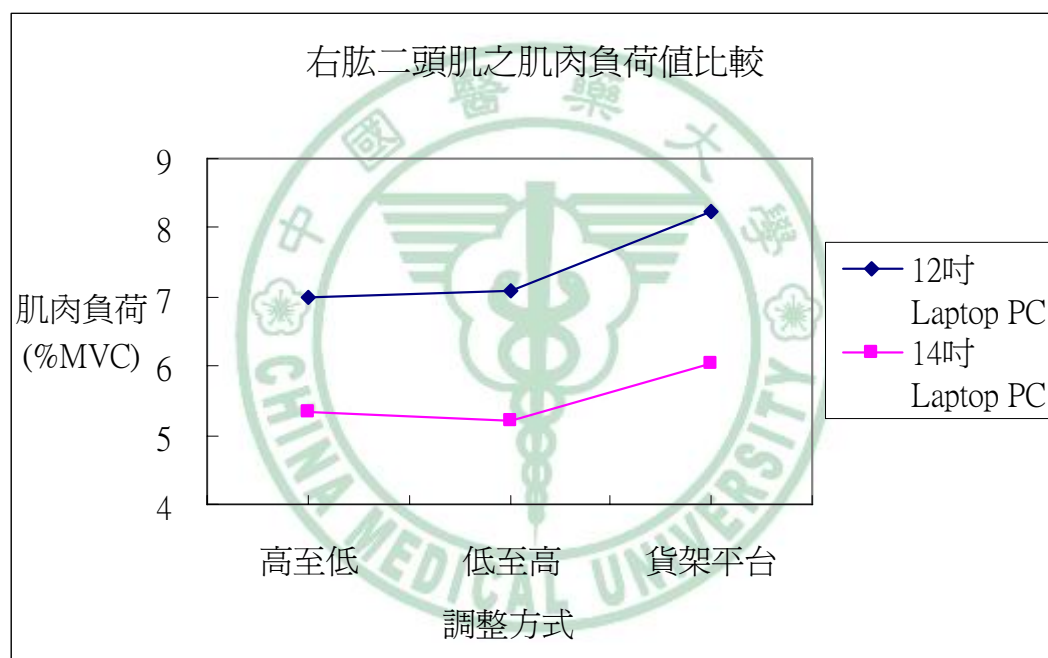


圖 4-24 右肱二頭之肌肉負荷%MVC 值比較

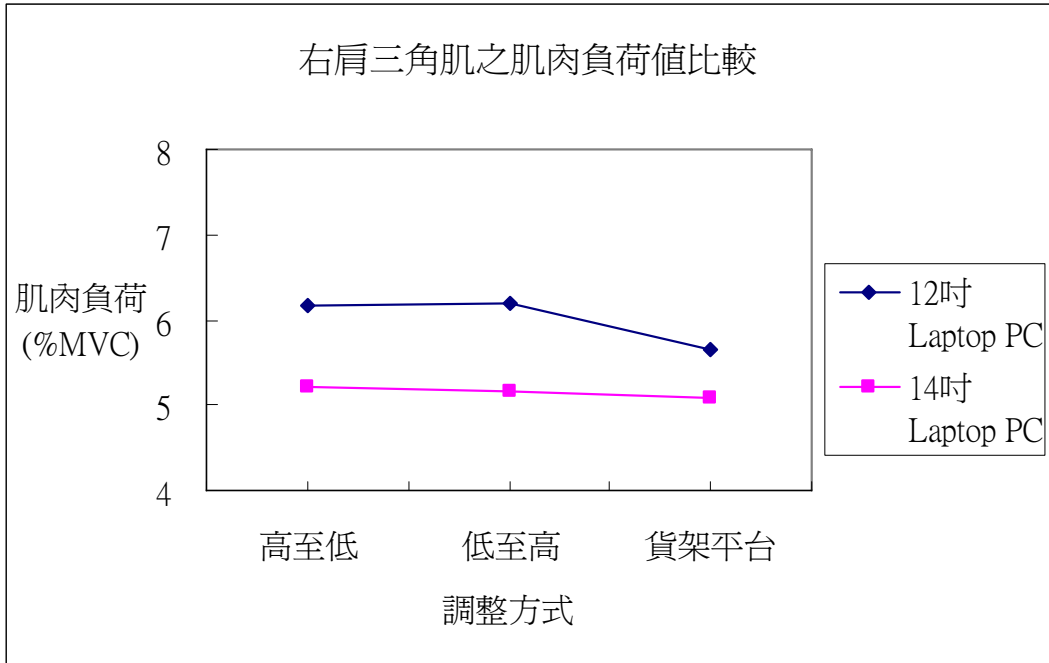


圖 4-25 右肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值比較

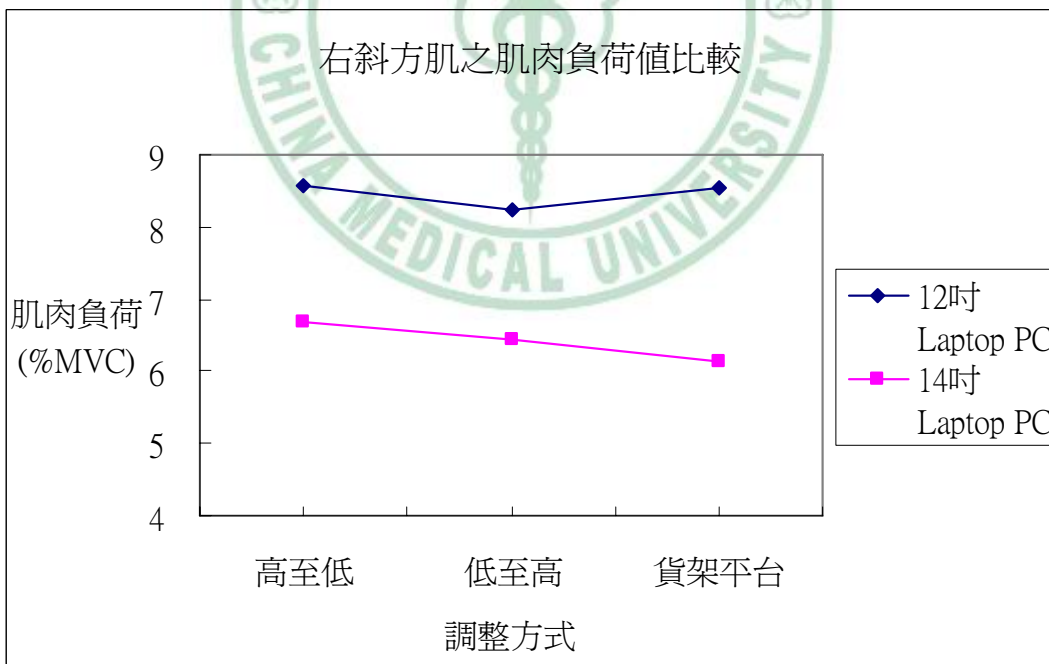


圖 4-26 右斜方肌之肌肉負荷%MVC 值比較

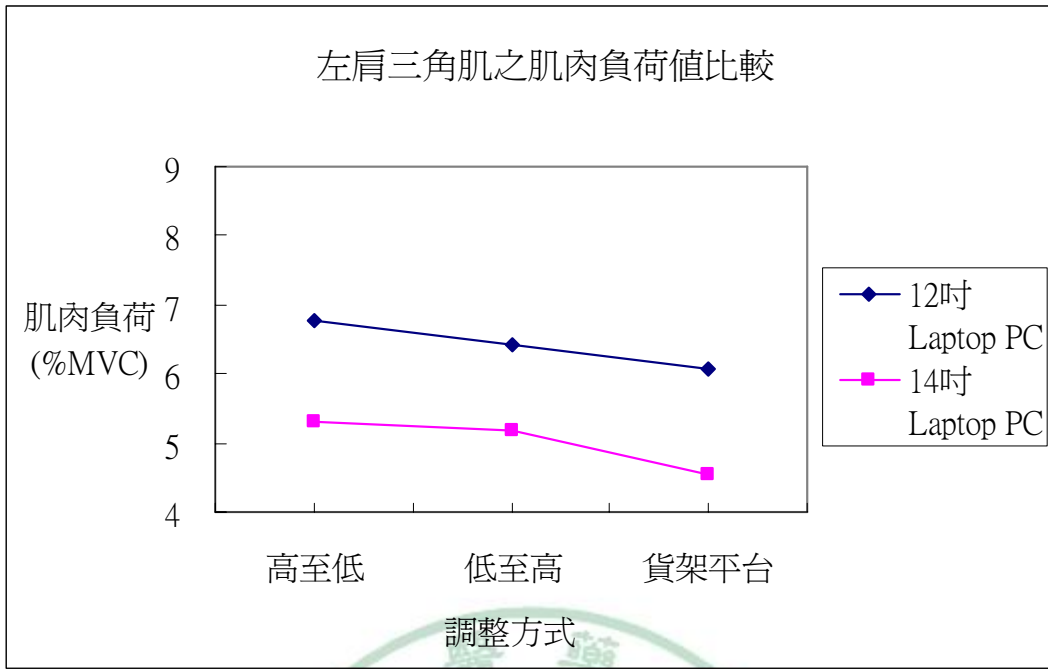


圖 4-27 左肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值比較

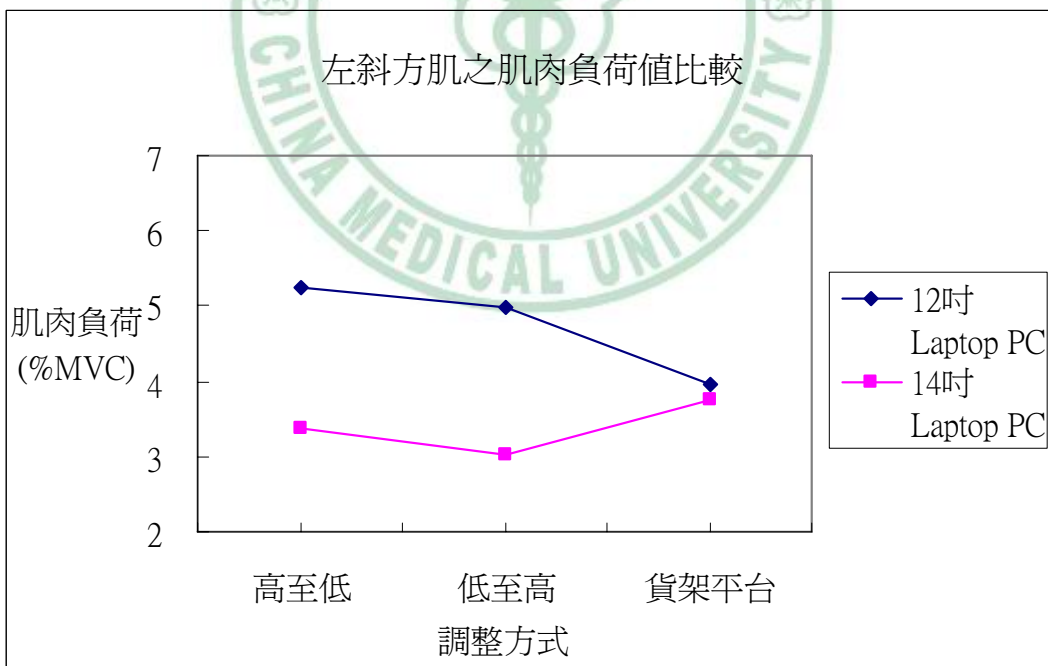


圖 4-28 左斜方肌之肌肉負荷%MVC 值比較

4.2.4 主觀不適程度問卷結果

重複量數變異數(Repeated Measures ANOVA)分析結果發現只有右踝/腳部份受到不同電腦螢幕大小影響有顯著的差異($p=0.028$),但其他部位分析結果並沒有觀察有顯著的差異。表 4-31 顯示不同的作業狀況對受試者身體 16 個部位的主觀不適程度的平均值。

表 4-31 主觀不適程度問卷比較結果(平均值±標準差) (n=40)

變項 部位	12 吋筆記型電腦			14 吋筆記型電腦		
	高至低	低至高	貨架平台	高至低	低至高	貨架平台
眼部	0.8±1.48	0.8±1.34	0.9±1.26	1.0±1.55	1.0±1.76	0.7±1.26
頸部	1.1±1.34	1.1±1.39	1.3±1.46	1.1±1.60	1.1±1.66	1.4±1.71
左肩	0.5±1.06	0.6±1.18	0.6±1.19	0.6±1.08	0.7±1.23	0.4±0.75
右肩	0.5±1.11	0.6±1.15	0.7±1.26	0.6±1.13	0.7±1.23	0.6±1.28
上背	1.1±1.54	1.4±1.82	1.2±1.63	1.3±1.74	1.4±2.06	0.9±1.26
左手肘	0.5±0.93	0.5±1.06	0.3±0.80	0.5±1.04	0.6±1.22	0.2±0.68
右手肘	0.4±0.86	0.3±0.92	0.3±0.80	0.4±0.98	0.4±1.01	0.2±0.69
左手腕	0.4±0.87	0.4±0.92	0.3±0.74	0.4±0.96	0.4±1.03	0.2±0.50
右手腕	0.3±0.71	0.3±0.86	0.3±0.89	0.4±0.90	0.3±0.83	0.2±0.69
下背	1.9±2.38	1.8±2.49	1.7±2.11	1.8±2.65	2.0±2.84	1.5±1.87
左臀部	0.8±1.82	1.1±1.91	0.7±1.38	1.1±2.10	1.1±2.18	0.8±1.82
右臀部	0.8±1.81	1.0±1.90	0.7±1.44	1.0±2.12	1.1±2.19	0.7±1.82
左膝	1.7±2.04	1.6±2.01	2.0±2.42	2.0±2.47	2.0±2.71	1.8±2.65
右膝	1.6±2.01	1.5±2.08	1.7±2.15	1.7±2.43	1.9±2.63	1.6±2.33
左踝	3.3±2.78	3.2±2.56	3.4±2.62	3.5±2.71	3.8±2.85	3.5±2.75
右踝*	3.2±2.51	3.2±2.67	3.4±2.64	3.6±2.71	3.8±2.81	3.5±2.81

*：代表有顯著差異($p=0.028$)

4.3 偏好傾角實驗之結果

針對於可調式立姿工作站上，二種電腦種類、二個起始高度設定與三個起始傾角設定進行重複量數變異數分析，其結果如下表 4-32 所示，由表 4-32 可知受到不同電腦種類影響有顯著差異的包括：偏好螢幕中心高、偏好螢幕傾斜角度、偏好向下視角、偏好視距、手腕伸展角度、偏好頸部向下彎曲角度、右伸腕肌負荷、右肱二頭肌負荷、右肩三角肌負荷、右斜方肌負荷、左肩三角肌負荷及左斜方肌負荷；受到不同起始高度影響有顯著差異的包括：偏好桌面(鍵盤)操作高度、偏好桌面原始高度、偏好螢幕中心高度、偏好向下視角、偏好視距、手腕伸展角度、偏好頸部向下彎曲角度及肘關節角度，而受到不同起始傾角設定有顯著影響的包括：偏好桌面(鍵盤)傾斜角度、偏好桌面(鍵盤)操作高度、偏好桌面原始高度、偏好螢幕中心高度、偏好螢幕傾斜角度、偏好向下視角、偏好視距、作業時眼睛高度、偏好頸部向下彎曲角度、肘關節角度及左肩三角肌負荷，以下針對各變項進行說明：

表 4-32 重複量數變異數分析結果(n=24)

應變項	自變項	電腦種類	起始高度	起始傾角	個別差異
工作站偏好設定					
桌面(鍵盤)傾斜角度				***	***
桌面(鍵盤)操作高度			***	***	***
桌面(鍵盤)原始操作高度			***	***	***
螢幕中心高度		**	***	***	***
螢幕傾斜角度		**		***	***
鍵盤 enter 鍵至桌緣距離					***
姿勢偏好設定					
向下視角		***	***	***	***
視距		*	**	***	***
手腕伸展角度		*	***		***
頸部向下彎屈角度		**	*	*	***
上臂前屈角度					***
上臂外展角度					***
肘關節角度			**	**	***
肌肉負荷					
右伸腕肌		***			***
右肱二頭肌		***			***
右肩三角肌		***			***
右斜方肌		*			***
左肩三角肌		***		*	***
左斜方肌		**			***
主觀不適問卷部位					
眼部					*
頸部					***
左肩					*
右肩					*
上背					*
左手肘					
右手肘					
左手腕					
右手腕					
下背					**
左臀部					
右臀部					*
左膝					***
右膝					***
左踝					***
右踝					***

註：*p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

4.3.1 工作站偏好設定

(1) 偏好桌面傾斜角度:受試者之偏好桌面(鍵盤)傾斜角度數據如表 4-33 所示,由表 4-32 及表 4-33 可發現不同的電腦種類與起始高度設定對受試者之偏好桌面傾斜角度並無顯著的影響($p=0.642$, $p=0.755$),但不同的起始傾斜角度設定有顯著影響($p<0.001$),起始傾斜角度設定從 30 度向下調整會造成受試者有較大的偏好桌面傾斜角度約在 7 度左右(6.89 度),大於從水平向上調整之偏好桌面傾斜角度約在 5 度左右(5.80 度),而再經事後 T 檢定發現,30 度向下調整會大於水平向上調整狀況並達顯著水準($p<0.001$),這顯示了受試者之偏好桌面傾斜角度並不是一個微小差距之固定值,而是一個範圍(約 5~7 度),如圖 4-29 所示。

表 4-33 偏好桌面(鍵盤)傾斜角度數據(n=24)

電腦種類	起始高度	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間	
$p=0.642$	$p=0.755$	$p<0.001$	度	度	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	30 度向下	6.8	4.20	5.0	8.6
		水平向上	4.8	2.54	3.7	5.9
	低至高	30 度向下	6.6	3.69	5.0	8.1
		水平向上	4.8	2.75	3.7	6.0
14 吋 Laptop PC	高至低	30 度向下	7.0	4.52	5.1	8.9
		水平向上	4.7	2.73	3.5	5.8
	低至高	30 度向下	7.2	3.87	5.6	8.8
		水平向上	4.9	2.41	3.9	5.9

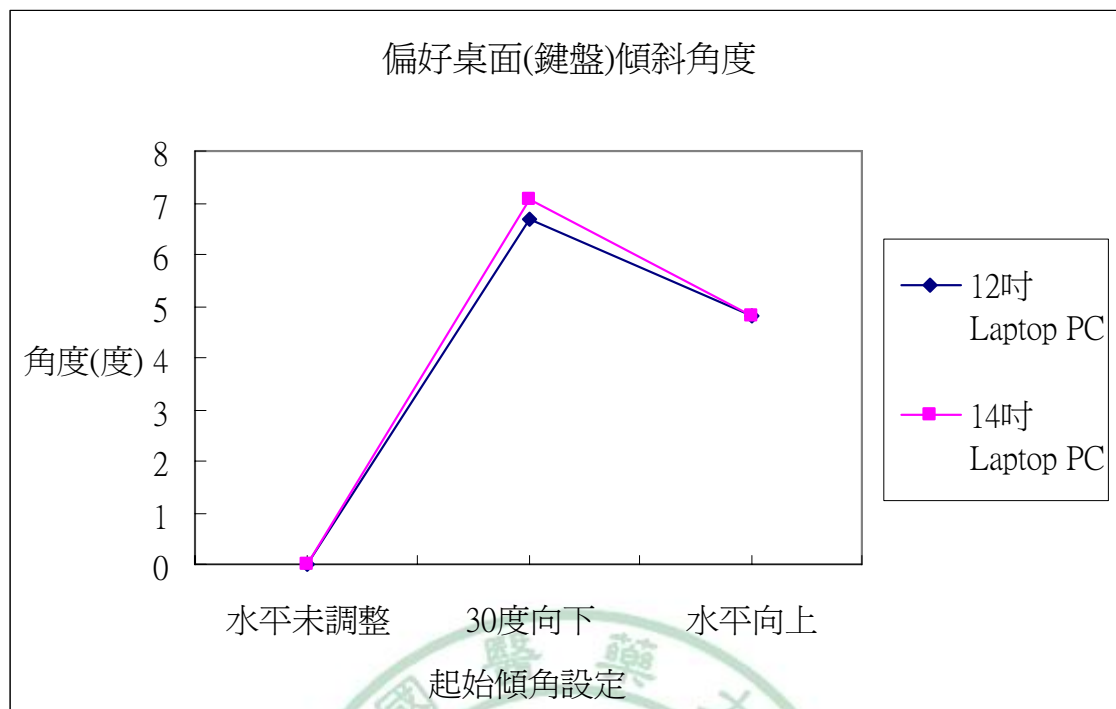


圖 4-29 偏好桌面傾斜角度

(2) 偏好桌面(鍵盤)操作高度：受試者之偏好桌面(鍵盤)操作高度數據如表 4-34 所示，由表 4-32 及表 4-34 可發現不同的電腦種類對受試者之偏好桌面(鍵盤)操作高度影響並不顯著($p=0.296$)，但不同的起始高度與起始傾斜角度設定對受試者之偏好桌面(鍵盤)操作高度皆有顯著的影響($p<0.001$)，其中不同起始高度設定的影響，與偏好設定實驗結果相同，而起始傾斜角度從 30 度向下調整(約 99.5 公分)的狀況會使受試者之比從水平向上調整有較高的偏好桌面(鍵盤)操作高度(約 97.6 公分)，而再經事後檢定發現，30 度向下調整會大於水平向上調整狀況並達顯著水準($p<0.05$)，如圖 4-30 所示。

表 4-34 偏好桌面(鍵盤)操作高度數據(n=24)

電腦種類	起始高度	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間		
			公分	公分	下限	上限	
12 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	98.2	3.72	96.6	99.7	
		30 度向下	101.0	4.61	99.0	102.9	
		水平向上	100.3	3.97	98.6	101.9	
	低至高	水平未調整	95.0	3.95	93.4	96.7	
		30 度向下	98.6	5.18	96.4	100.7	
		水平向上	97.5	5.25	95.2	99.7	
	14 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	97.1	4.00	95.4	98.8
			30 度向下	100.8	4.94	98.7	102.9
			水平向上	99.7	4.39	97.8	101.6
低至高		水平未調整	94.9	3.55	93.4	96.4	
		30 度向下	97.6	4.46	95.7	99.5	
		水平向上	97.1	4.37	95.3	99.0	

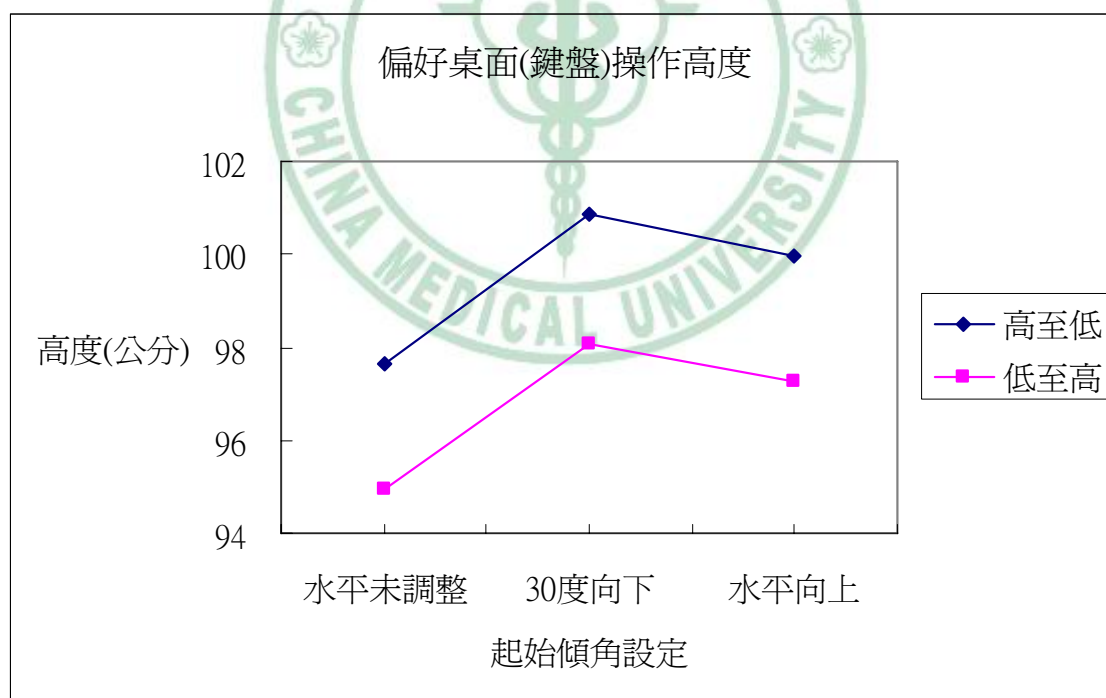


圖 4-30 偏好桌面(鍵盤)操作高度

(3) 桌面原始高度之偏好數據：由於實驗條件桌面傾斜角度與桌面高度可以同時調整，所以也必須對原始桌面高度做檢定，以瞭解當桌面傾斜角度可調整時，桌面原始高度是否受到影響，而桌面原始高度數據如表 4-35 所示，由表 4-32 及表 4-35 可發現受試者無論是操作 12 吋或 14 吋之筆記型電腦其桌面原始高度並無顯著差異 ($p=0.341$)，但起始高度與起始傾斜角度設定均會對桌面原始高度造成顯著的影響 ($p<0.001$)，數據顯示起始高度設定從高至低會有較高的原始桌面高度，起始傾斜角度設定未調整會有最高的桌面原始高度，而最低則出現在從 30 度向下調整的狀況下，而再經事後檢定發現，30 度向下調整會大於水平向上調整狀況並達顯著水準 ($p<0.05$)，如圖 4-31 所示。

表 4-35 桌面原始高度數據(n=24)

電腦種類	起始高度	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間	
$p=0.341$	$p<0.001$	$p<0.001$	公分	公分	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	98.2	3.72	96.6	99.7
		30 度向下	96.3	3.73	94.7	97.9
		水平向上	97.0	3.50	95.4	98.4
	低至高	水平未調整	95.0	3.95	93.4	96.7
		30 度向下	93.8	4.03	92.1	95.5
		水平向上	94.1	4.54	92.2	96.0
14 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	97.1	4.00	95.4	98.8
		30 度向下	96.0	3.62	94.5	97.5
		水平向上	96.4	3.41	95.0	97.8
	低至高	水平未調整	94.9	3.55	93.4	96.4
		30 度向下	92.5	3.48	91.0	94.0
		水平向上	93.6	3.78	92.1	95.2

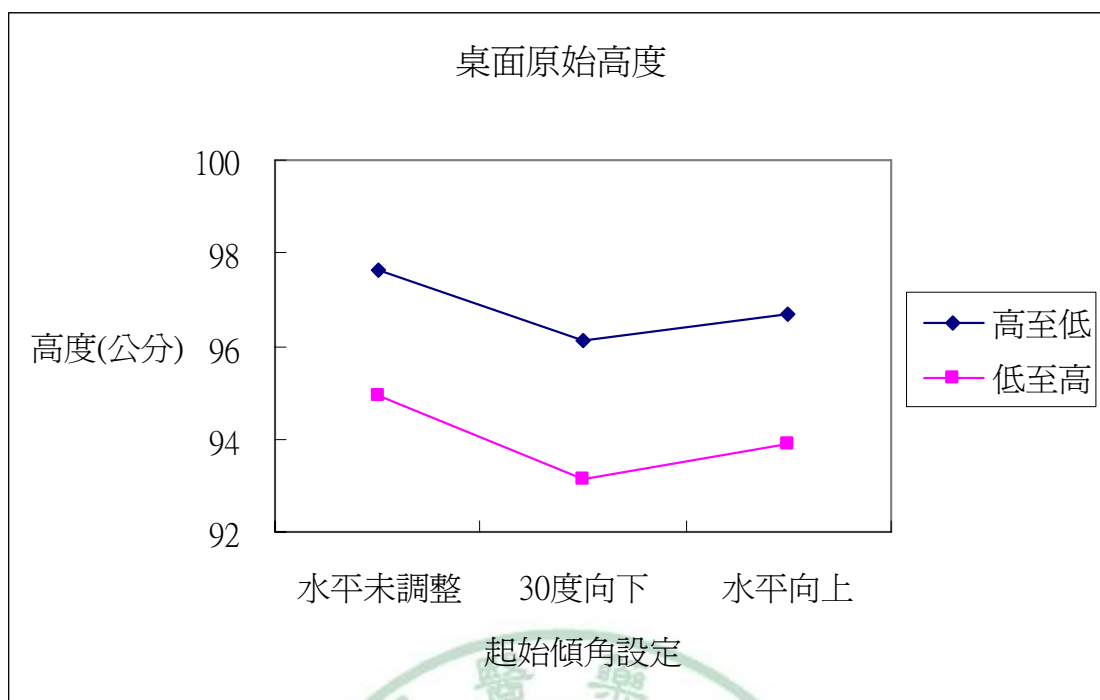


圖 4-31 桌面原始高度

- (4) 偏好螢幕中心高度：受試者之偏好螢幕中心高度數據如表 4-36 所示，由表 4-32 及表 4-38 可發現不同電腦種類、起始高度與起始傾斜角度設定均會對螢幕中心高度造成顯著的影響($p=0.005$, $p<0.001$, $p<0.001$)，其中不同的電腦種類與起始高度設定之影響與偏好設定實驗結果相符，而不同的起始傾斜角度之影響結果顯示，在桌面傾斜角度可以調整(30 度向下與水平向上調整)的狀況下，螢幕中心高度(約 112~113 公分)高於水平未調整之狀況(約 109 公分)，而再經事後檢定發現，30 度向下調整會大於水平向上調整狀況並達顯著水準($p<0.05$)，如圖 4-32 所示。

表 4-36 偏好螢幕中心高度數據(n=24)

電腦種類	起始高度	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間	
			公分	公分	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	110.3	4.94	108.2	112.4
		30 度向下	113.2	4.90	111.2	115.3
		水平向上	113.2	4.76	111.2	115.2
	低至高	水平未調整	106.0	4.51	104.1	107.8
		30 度向下	111.1	6.24	108.4	113.7
		水平向上	109.6	5.34	107.4	111.9
14 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	111.1	4.37	109.2	112.9
		30 度向下	115.8	5.71	113.4	118.2
		水平向上	114.3	4.91	112.2	116.3
	低至高	水平未調整	108.5	4.49	106.6	110.4
		30 度向下	112.9	5.76	110.4	115.3
		水平向上	112.0	5.13	109.8	114.1

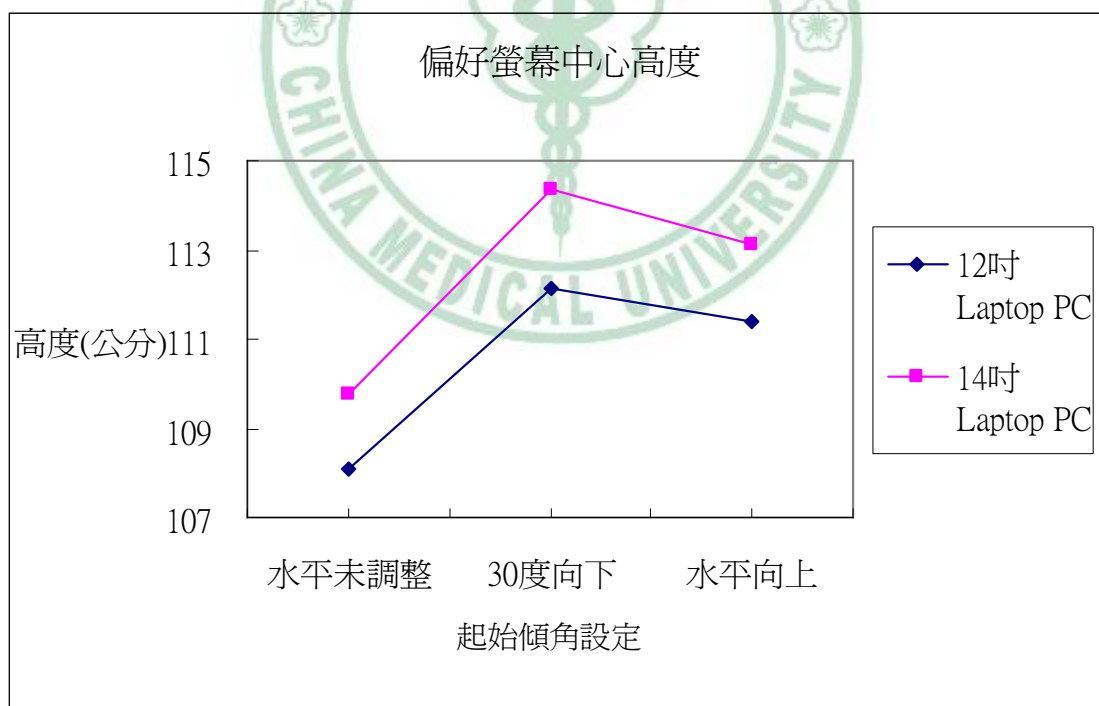


圖 4-32 偏好螢幕中心高度

(5) 偏好螢幕傾斜角度：受試者之偏好螢幕傾斜角度數據如表 4-37 所示，由表 4-32 及表 4-37 可發現不同的起始高度設定對受試者之偏好螢幕傾斜角度沒有顯著的影響($p=0.098$)，但不同的電腦螢幕大小與起始傾斜角度設定均會對受試者之偏好螢幕傾斜角度有顯著的影響($p=0.003$, $p<0.001$)，結果顯示不同電腦螢幕大小的影響結果與偏好設定實驗結果相符合，而受試者在起始傾斜角度設定水平未調整的狀況下有最大的偏好螢幕傾斜角度約為 30 度，其次是為水平向上調整約為 26 度，而最小是為 30 度向下調整約為 25 度，而再經事後檢定發現，30 度向下調整會大於水平向上調整狀況並達顯著水準($p<0.05$)，這代表受試者會隨著桌面傾斜角度的改變而改變其螢幕傾斜角度，桌面傾角增加時，螢幕高度會上升，進而使螢幕傾角下降，如圖 4-33 所示。

表 4-37 偏好螢幕傾斜角度數據(n=24)

電腦種類	起始高度	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間	
$p=0.003$	$p=0.098$	$p<0.001$	度	度	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	30.3	6.49	27.6	33.1
		30 度向下	26.3	10.30	21.9	30.6
		水平向上	27.4	6.82	24.5	30.3
	低至高	水平未調整	31.8	8.36	28.3	35.4
		30 度向下	26.0	8.25	22.5	29.4
		水平向上	27.2	7.17	24.1	30.2
14 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	27.5	6.97	24.6	30.5
		30 度向下	22.5	6.74	19.6	25.3
		水平向上	24.6	8.18	21.1	28.0
	低至高	水平未調整	28.8	7.11	25.8	31.8
		30 度向下	24.4	7.29	21.3	27.5
		水平向上	25.0	7.33	21.9	28.1

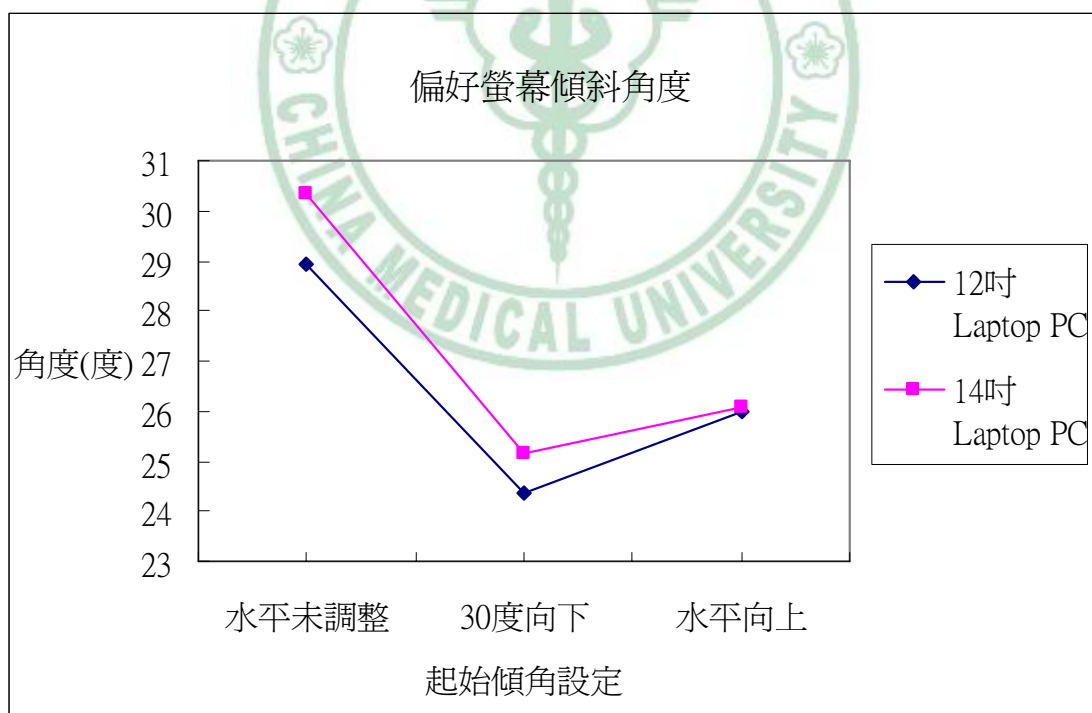


圖 4-33 偏好螢幕傾斜角度

(6) 偏好鍵盤至桌緣距離：受試者之偏好鍵盤 enter 鍵至桌緣距離數據如表 4-38 所示，由表 4-32 及表 4-38 可發現不同的電腦種類、起始高度與起始傾斜角度設定對受試者之偏好鍵盤置放深度的影響皆不顯著($p=0.335, p=0.630, p=0.057$)，這代表受測者之偏好置放鍵盤的深度並不受到任何因子所影響，其平均置放深度約在 26 公分左右。

表 4-38 偏好鍵盤置放深度(至桌緣距離)數據(n=24)

電腦種類	起始高度	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間	
$p=0.335$	$p=0.630$	$p=0.057$	公分	公分	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	25.4	3.69	23.8	26.9
		30 度向下	25.8	4.05	24.1	27.5
		水平向上	26.4	4.46	24.5	28.3
	低至高	水平未調整	25.4	3.50	24.0	26.9
		30 度向下	26.8	4.48	24.9	28.7
		水平向上	26.1	3.54	24.6	27.6
14 吋 Laptop PC	高至低	未調整	26.4	3.69	24.8	27.9
		30 度向下	26.2	3.50	24.8	27.7
		水平向上	26.6	4.27	24.8	28.4
	低至高	水平未調整	25.7	3.50	24.2	27.1
		30 度向下	26.5	3.70	24.9	28.0
		水平向上	26.9	3.52	25.4	28.4

4.3.2 姿勢偏好設定

(1) 偏好向下視角(至螢幕中心)：受試者之偏好向下視角數據如表 4-39 所示，由表 4-32 及表 4-39 可發現不同的電腦種類、起始高度與起始傾斜角度設定均會對受試者之偏好向下視角造成顯著的影響

($p < 0.001$)，其中不同的電腦種類與起始高度設定之影響結果與偏好設定實驗結果相符合，而對起始傾斜角度設定進行配對檢定後發現，桌面傾斜角度可調整後，偏好向下視角會降低，由 40 度降低至 36 度，並達顯著水準($p < 0.001$)，如圖 4-34 所示，而人因建議範圍為向下 15~20 度左右，但仍與偏好設定實驗之 15 吋桌上型電腦的偏好向下視角值(18~20 度)有差距。

表 4-39 偏好向下視角(至螢幕中心)數據(n=24)

電腦種類	起始高度	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間	
$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	度	度	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	39.6	4.98	37.5	41.7
		30 度向下	36.9	5.34	34.6	39.2
		水平向上	37.0	4.83	35.0	39.1
	低至高	水平未調整	42.8	4.84	40.8	44.9
		30 度向下	39.0	5.97	36.4	41.5
		水平向上	39.8	5.56	37.5	42.2
14 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	37.3	5.93	34.8	39.8
		30 度向下	33.8	7.33	30.7	36.9
		水平向上	34.3	5.82	31.9	36.8
	低至高	水平未調整	39.3	4.82	37.2	41.3
		30 度向下	36.2	6.23	33.5	38.8
		水平向上	36.5	5.45	34.2	38.8

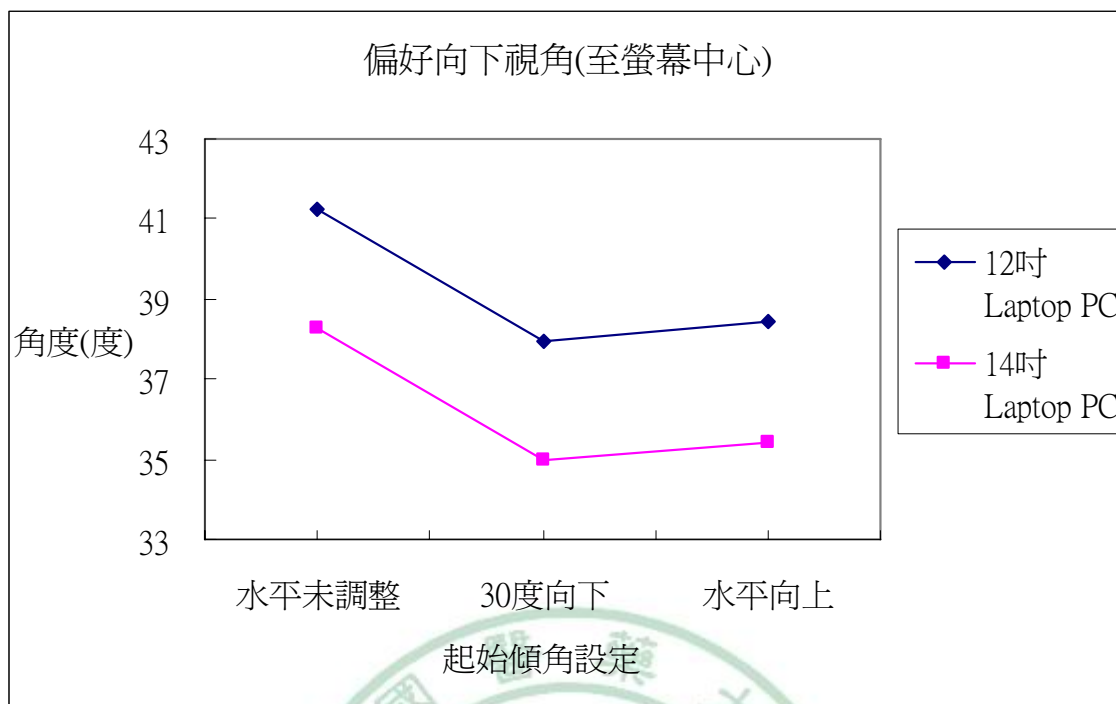


圖 4-34 偏好向下視角(至螢幕中心)

(2) 偏好至螢幕中心視距：受試者之偏好眼睛至螢幕中心視距數據如表 4-40 所示，由表 4-32 及表 4-40 可發現不同的電腦種類、起始高度與起始傾斜角度設定均會對受試者之偏好視距造成顯著的影響 ($p=0.011$, $p=0.002$, $p<0.001$)，其中不同電腦種類的影響與偏好設定實驗相符，受試者在起始高度從高至低調整的狀況會比從低至高調整有較小的偏好視距，而起始傾斜角度設定經事後檢定發現，受試者在水平未調整狀況有最大的視距約為 52.48~55.30 公分之間，其次是水平向上約為 51.65~53.53 公分之間，而最小的視距則發生在 30 度向下調整的狀況下約為 50.34~52.65 公分之間，並達顯著水準

($p < 0.001$)，針對起始高度與起始傾斜角度設定之數據如圖 4-35 所示。

表 4-40 偏好視距(至螢幕中心)數據(n=24)

電腦種類	起始高度	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間	
			公分	公分	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	52.5	4.98	50.4	54.6
		30 度向下	50.3	5.69	47.9	52.7
		水平向上	51.7	5.11	49.5	53.8
	低至高	水平未調整	54.4	5.30	52.2	56.7
		30 度向下	51.9	5.43	49.6	54.2
		水平向上	52.3	5.03	50.2	54.5
14 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	54.5	5.36	52.3	56.8
		30 度向下	51.0	5.75	48.6	53.5
		水平向上	52.5	5.32	50.2	54.7
	低至高	水平未調整	55.3	4.74	53.3	57.3
		30 度向下	52.7	5.42	50.4	54.9
		水平向上	53.5	4.82	51.5	55.6

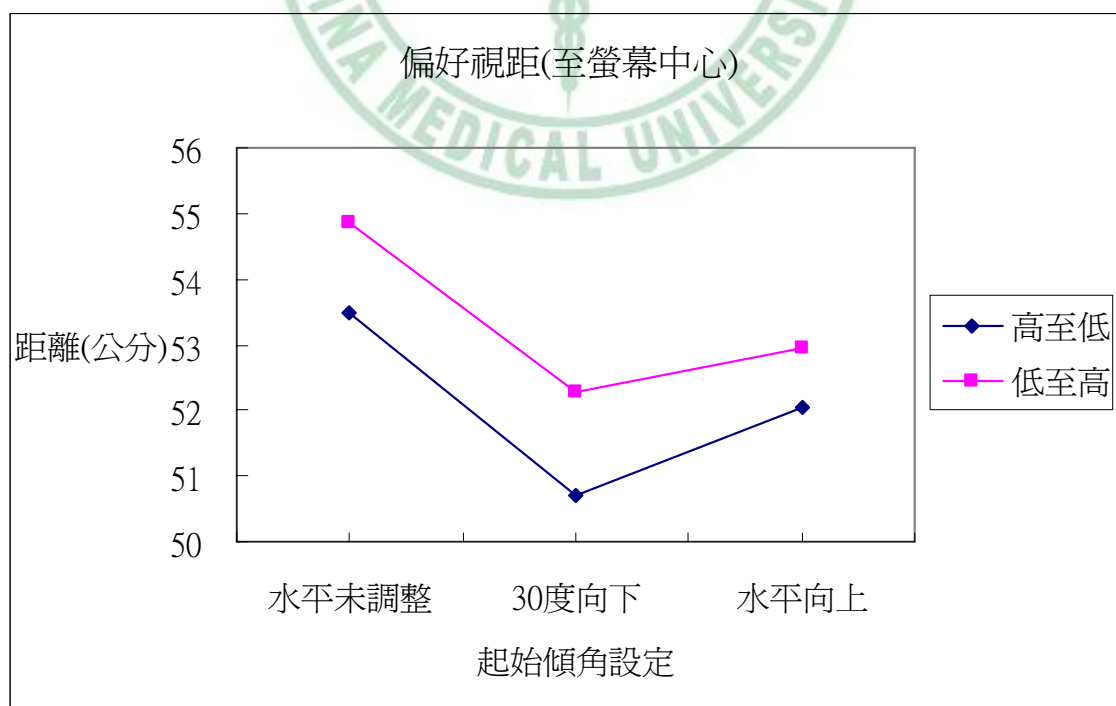


圖 4-35 偏好視距(至螢幕中心)

(3) 手腕之屈曲伸展角度：受試者之作業時手腕之屈曲伸展數據如表 4-41 所示，由表 4-32 及表 4-41 可發現不同的電腦種類與起始高度設定會對受試者之手腕屈曲伸展角度有顯著的影響 ($p=0.024$, $p=0.001$)，但起始傾斜角度設定不會對手腕伸展角度有影響 ($p=0.220$)，雖然起始傾斜角度設定之影響未達顯著水準，但可發現在桌面傾斜角度可調整後，手腕伸展角度會些微的上升，如表 4-42 所示，而受試者在 14 吋之筆記型電腦操作時手腕伸展角度(約 28 度)明顯會有比 12 吋筆記型電腦(約 25 度)大，而起始高度設定從高至低調整的狀況下(手腕伸展角度約 25 度)明顯比由低至高調整(手腕伸展角度約 28 度)小，如表 4-43 與圖 4-36 所示，

表 4-41 手腕之伸展角度數據(n=24)

電腦種類	起始高度	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間	
$p=0.024$	$p=0.001$	$p=0.220$	度	度	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	21.3	8.97	17.5	25.1
		30 度向下	23.8	9.36	19.9	27.8
		水平向上	24.0	8.57	20.4	27.7
	低至高	水平未調整	25.8	8.87	22.0	29.5
		30 度向下	27.2	11.39	22.4	32.0
		水平向上	26.5	10.82	21.9	31.0
14 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	25.8	10.38	21.4	30.2
		30 度向下	27.1	9.64	23.1	31.2
		水平向上	26.5	9.31	22.5	30.4
	低至高	水平未調整	29.3	10.52	24.9	33.8
		30 度向下	30.5	9.32	26.6	34.4
		水平向上	30.7	11.21	26.0	35.4

表 4-42 起始傾角對手腕伸展角度之影響(n=24)

起始傾角	平均數	標準誤	95% 信賴區間	
	度	度	下限	上限
$p=0.220$				
水平未調整	25.5	1.44	22.6	28.5
30 度向下	27.2	1.54	24.0	30.4
水平向上	26.9	1.68	23.4	30.4

表 4-43 起始高度對手腕伸展角度之影響(n=24)

電腦種類	起始高度	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		度	度	下限	上限
$p=0.024$	$p=0.001$				
12 吋 Laptop PC	高至低	23.0	7.96	19.7	26.4
	低至高	26.5	7.88	23.1	29.8
14 吋 Laptop PC	高至低	26.5	9.02	22.7	30.3
	低至高	30.2	9.59	26.1	34.2

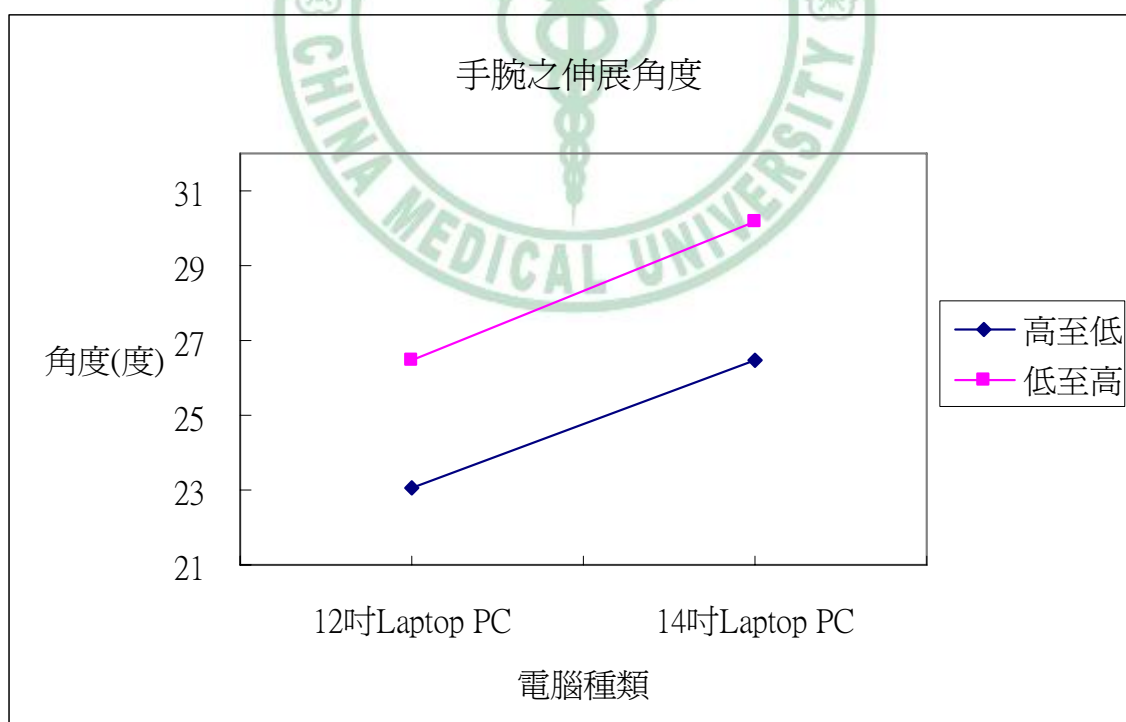


圖 4-36 手腕之伸展角度

(4) 偏好頸部向下彎曲角度：受試者之偏好頸部向下彎曲數據如表 4-44 所示，由表 4-32 及表 4-44 可發現不同的電腦種類、起始高度與起始傾斜角度設定均對受試者之偏好頸部彎曲角度造成顯著影響 ($p=0.003$, $p=0.012$, $p=0.013$)，其中不同的電腦種類與起始高度設定之影響與偏好高度實驗之分析結果相符，而針對起不同的始傾斜角度設定，結果顯示受試者在水平未調整的狀況下會有最大的頸部向下彎曲角度約為 24 度，其次是水平向上調整約為 22 度，最小則是 30 度向下調整約為 21 度，並進行配對檢定後發現，隨著桌面傾斜角度增加，頸部向下彎曲角度會減少，且達顯著水準 ($p<0.05$)，這顯示在桌面傾斜角度可以調整後，頸部向下彎曲角度可以改善(由 24 度降低至 21 度)，但改善幅度有限，仍與偏好設定實驗之 15 吋桌上型電腦之數據有顯著差距(9~10 度)，如表 4-8、4-45 與圖 4-37 所示。

表 4-44 偏好頸部向下彎曲角度數據(n=24)

電腦種類	起始高度	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間		
			度	度	下限	上限	
12 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	25.5	13.72	19.7	31.3	
		30 度向下	22.0	11.55	17.1	26.8	
		水平向上	21.6	12.83	16.2	27.0	
	低至高	水平未調整	26.8	14.12	20.8	32.7	
		30 度向下	24.2	11.95	19.2	29.3	
		水平向上	25.3	11.02	20.6	29.9	
	14 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	22.2	12.49	16.9	27.5
			30 度向下	17.0	8.25	13.6	20.5
			水平向上	19.1	10.11	14.8	23.3
低至高		水平未調整	23.2	14.06	17.3	29.2	
		30 度向下	20.9	10.59	16.4	25.3	
		水平向上	21.2	11.06	16.5	25.9	

表 4-45 起始傾角對頸部向下彎曲角度之影響(n=24)

電腦種類	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		度	度	下限	上限
12 吋 Laptop PC	水平未調整	26.1	13.43	20.5	31.8
	30 度向下	23.1	10.92	18.5	27.7
	水平向上	23.4	11.04	18.8	28.1
14 吋 Laptop PC	水平未調整	22.7	12.71	17.4	28.1
	30 度向下	18.9	8.91	15.2	22.7
	水平向上	20.1	10.06	15.9	24.4

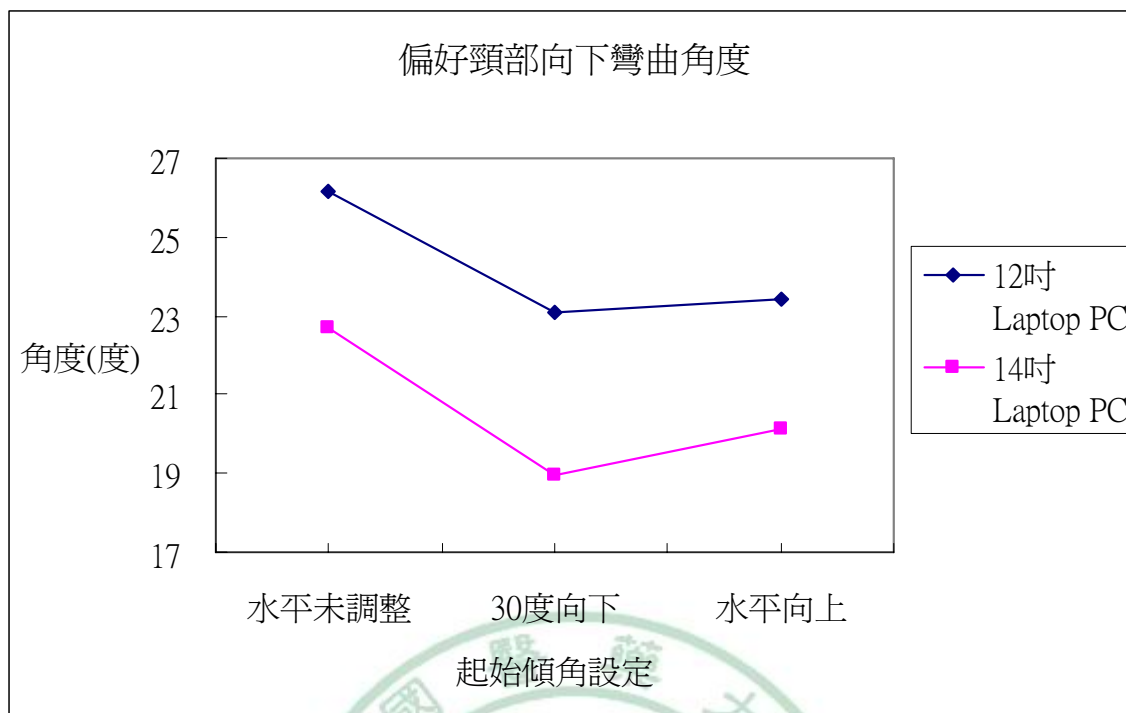


圖 4-37 偏好頸部向下彎曲角度

(5) 上臂前屈、外展角度之偏好數據：受試者上臂前屈、外展之角度數據如表 4-46 及表 4-47 所示，由表 4-32、表 4-46 及表 4-47 可發現不同的電腦種類、起始高度與起始傾斜角度設定對上臂前屈、外展角度的影響皆不顯著，而起始高度設定對上臂前屈角度雖然不顯著 ($p=0.051$)，但發現桌面高度提高後上臂前屈角度會些微的增加 (28~29 度)，如表 4-58 及圖 4-38 所示，

表 4-46 上臂前屈角度數據(n=24)

電腦種類	起始高度	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間		
			度	度	下限	上限	
12 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	27.8	13.70	22.0	33.6	
		30 度向下	27.1	13.72	21.3	32.9	
		水平向上	29.6	14.81	23.3	35.8	
	低至高	水平未調整	27.1	14.95	20.8	33.4	
		30 度向下	27.1	12.86	21.7	32.6	
		水平向上	26.7	13.97	20.8	32.6	
	14 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	29.8	16.62	22.8	36.8
			30 度向下	29.1	13.91	23.2	35.0
			水平向上	29.5	14.76	23.2	35.7
低至高		水平未調整	27.7	14.77	21.5	34.0	
		30 度向下	27.0	13.92	21.1	32.9	
		水平向上	29.8	14.28	23.8	35.8	

表 4-47 上臂外展角度數據(n=24)

電腦種類	起始高度	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間	
			度	度	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	4.5	11.75	-0.4	9.5
		30 度向下	4.8	11.59	-0.1	9.7
		水平向上	5.2	12.00	0.1	10.2
	低至高	水平未調整	4.9	11.52	0.0	9.7
		30 度向下	5.4	11.33	0.6	10.2
		水平向上	5.4	12.08	0.3	10.5
14 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	3.6	14.98	-2.8	9.9
		30 度向下	3.6	14.09	-2.3	9.6
		水平向上	3.9	12.15	-1.3	9.0
	低至高	水平未調整	4.8	10.96	0.2	9.5
		30 度向下	5.9	11.98	0.9	11.0
		水平向上	5.0	12.27	-0.2	10.2

表 4-48 起始高度對上臂前屈角度之影響(n=24)

電腦種類	起始高度	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		度	度	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	28.2	13.51	22.4	33.9
	低至高	27.0	13.54	21.3	32.7
14 吋 Laptop PC	高至低	29.5	14.63	23.3	35.6
	低至高	28.2	13.90	22.3	34.1

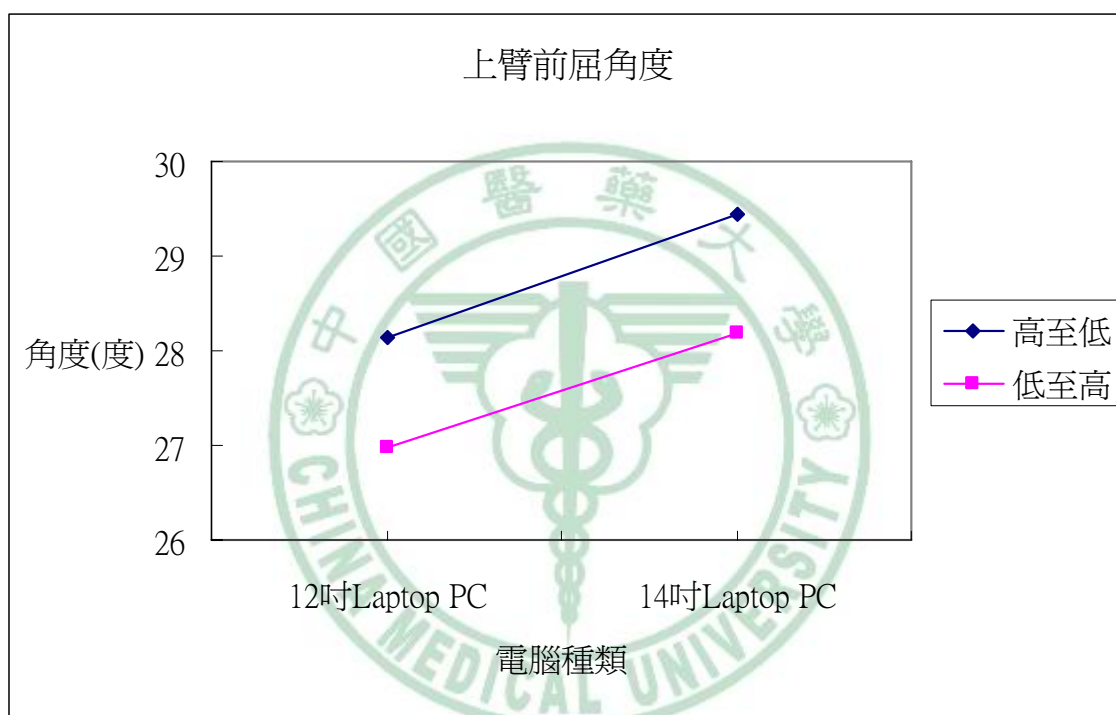


圖 4-38 上臂前屈角度

(6) 肘關節角度：受試者之肘關節角度數據如表 4-49 所示，由表 4-32、表 4-49 可發現不同的電腦種類對肘關節角度的影響並不顯著 ($p=0.095$)，但不同的起始高度與起始傾斜角度設定均對肘關節角度造成顯著的影響 ($p=0.002$, $p=0.007$)，結果顯示起始高度設定之影響與偏好高度實驗之分析結果相符，而受試者在起始傾斜角度水平未

調整的狀況下，其肘關節角度為最大約在 108 度，其次是為水平向上調整約為 107 度，最小則是在 30 度向下調整約為 105 度，並再進行配對檢定後發現，隨著桌面傾斜角度的增加，肘關節角度會減少，且達顯著水準($p<0.01$)，但水平未調整與水平向上調整未達顯著水準($p=0.270$)，這表示，隨著桌面傾斜角度提昇，受試者之肘關節角度會顯著地減少但桌面傾斜角度必須要大於 5 度，如表 4-50 與圖 4-39 所示。

表 4-49 肘關節角度數據(n=24)

電腦種類	起始高度	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間	
$p=0.095$	$p=0.002$	$p=0.007$	度	度	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	105.2	10.64	100.7	109.7
		30 度向下	101.7	10.62	97.2	106.2
		水平向上	103.9	11.07	99.2	108.6
	低至高	水平未調整	109.3	11.92	104.3	114.3
		30 度向下	106.9	13.92	101.0	112.8
		水平向上	107.0	12.30	101.9	112.2
14 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	107.2	11.53	102.3	112.1
		30 度向下	104.7	11.99	99.6	109.8
		水平向上	106.4	11.33	101.6	111.1
	低至高	水平未調整	109.5	12.56	104.2	114.8
		30 度向下	107.0	14.03	101.1	113.0
		水平向上	109.6	13.94	103.7	115.5

表 4-50 起始傾角對肘關節之影響(n=24)

起始高度	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間	
$p=0.002$	$p=0.007$	度	度	下限	上限
高至低	水平未調整	106.2	10.19	101.9	110.5
	30度向下	103.2	10.85	98.6	107.8
	水平向上	105.1	10.68	100.6	109.6
低至高	水平未調整	109.4	11.65	104.5	114.3
	30度向下	107.0	13.33	101.3	112.6
	水平向上	108.3	12.01	103.3	113.4

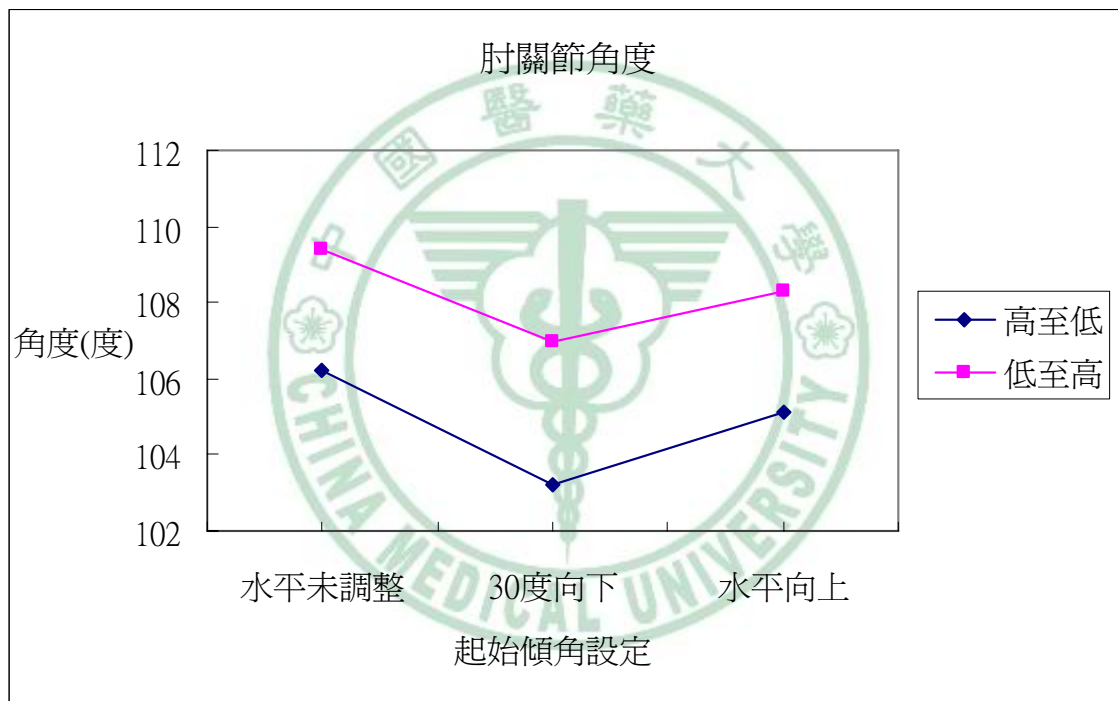


圖 4-39 肘關節角度

4.3.3 肌肉負荷

(1) 右伸腕肌之肌肉負荷%MVC 值：受試者右伸腕肌之肌肉負荷數據如

表 4-51 所示，由表 4-32、表 4-51 可發現只有不同的電腦種類對右

伸腕肌之負荷有顯著的影響($p<0.001$)，而不同的起始高度與傾斜角度設定對右伸腕肌之負荷影響並不顯著($p=0.473$, $p=0.504$)，受試者在操作 12 吋之筆記型電腦時，其右伸腕肌之肌肉負荷%MVC 值(7.77~8%)明顯會比 14 吋筆記型電腦肌肉負荷%MVC 值(4.89~5.27%)大，而增加傾斜角度對受試者之右伸腕肌之負荷無顯著的影響，如表 4-52 及圖 4-40 所示。

表 4-51 右伸腕肌之肌肉負荷%MVC 值(n=24)

電腦種類	起始高度	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間		
			%MVC	%MVC	下限	上限	
12 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	7.8	3.39	6.3	9.2	
		30 度向下	7.9	3.40	6.5	9.3	
		水平向上	7.7	3.13	6.4	9.0	
	低至高	水平未調整	8.0	3.59	6.5	9.5	
		30 度向下	7.9	3.28	6.5	9.3	
		水平向上	7.9	3.56	6.4	9.4	
	14 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	5.1	1.89	4.3	5.9
			30 度向下	4.9	1.94	4.1	5.7
			水平向上	5.0	2.05	4.2	5.9
低至高		水平未調整	4.9	1.77	4.2	5.6	
		30 度向下	5.3	1.91	4.5	6.1	
		水平向上	4.9	1.84	4.2	5.7	

表 4-52 起始傾角對右伸腕肌負荷之影響(n=24)

電腦種類	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		%MVC	%MVC	下限	上限
12 吋 Laptop PC	水平未調整	7.9	3.45	6.4	9.3
	30 度向下	7.9	3.30	6.5	9.3
	水平向上	7.8	3.29	6.4	9.2
14 吋 Laptop PC	水平未調整	5.0	1.79	4.2	5.7
	30 度向下	5.1	1.88	4.3	5.9
	水平向上	5.0	1.91	4.2	5.8

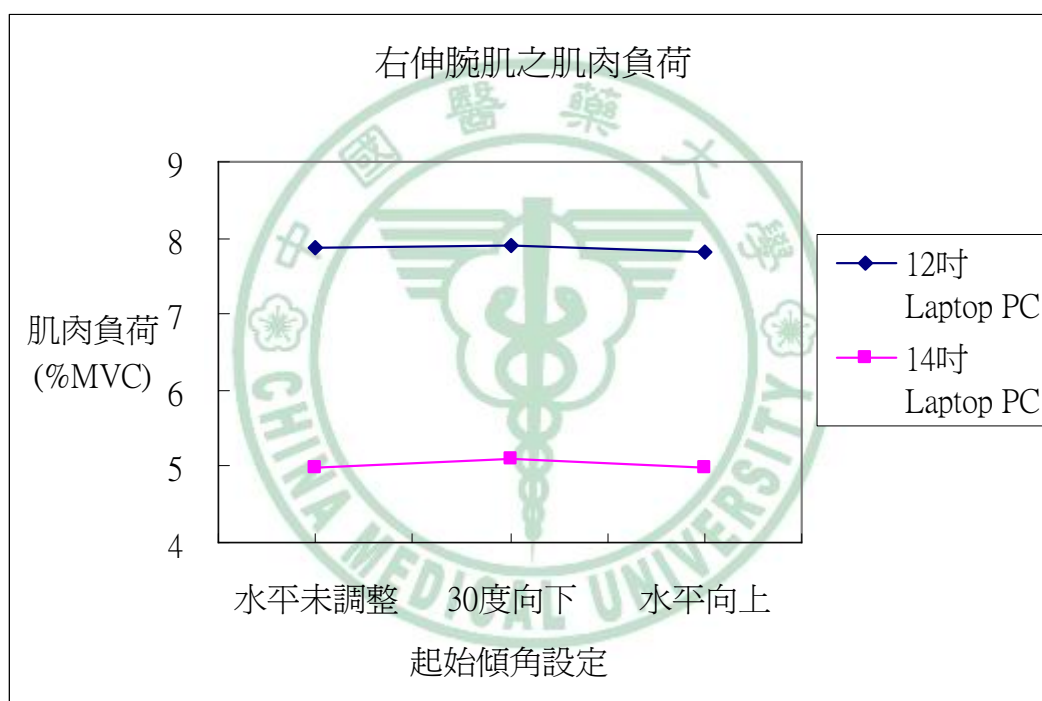


圖 4-40 右伸腕肌之肌肉負荷%MVC 值

(2) 右肱二頭肌之肌肉負荷%MVC 值：受試者右肱二頭肌之肌肉負荷數據如表 4-53 所示，由表 4-32、表 4-53 可發現只有不同的電腦種類對右二頭肌之負荷有顯著的影響($p<0.001$)，而不同的起始高度與傾斜角度設定對右肱二頭肌之負荷影響並不顯著($p=0.191$, $p=0.437$)，

結果顯示受試者在操作 12 吋之筆記型電腦時，其右肱二頭肌之肌肉負荷 %MVC 值(5.06~5.14%)明顯會比 14 吋筆記型電腦肌肉負荷 %MVC 值(3.01~3.74%)大，而增加傾斜角度對受試者之右肱二頭肌之負荷無顯著的影響，如表 4-54 及圖 4-41 所示。

表 4-53 右肱二頭肌之肌肉負荷 %MVC 值(n=24)

電腦種類	起始高度	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間		
			%MVC	%MVC	下限	上限	
12 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	5.1	3.09	3.8	6.4	
		30 度向下	5.1	3.05	3.8	6.4	
		水平向上	5.1	2.85	3.9	6.3	
	低至高	水平未調整	5.1	2.95	3.8	6.3	
		30 度向下	5.1	2.75	4.0	6.3	
		水平向上	5.1	2.86	3.9	6.3	
	14 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	3.5	2.75	2.3	4.7
			30 度向下	3.0	1.75	2.3	3.8
			水平向上	3.5	2.77	2.4	4.7
低至高		水平未調整	3.7	2.77	2.5	4.9	
		30 度向下	3.7	3.00	2.5	5.0	
		水平向上	3.7	2.81	2.5	4.9	

表 4-54 起始傾角對右肱二頭肌負荷之影響(n=24)

電腦種類	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		%MVC	%MVC	下限	上限
12 吋 Laptop PC	水平未調整	5.1	2.95	3.8	6.3
	30 度向下	5.1	2.86	3.9	6.3
	水平向上	5.1	2.83	3.9	6.3
14 吋 Laptop PC	水平未調整	3.6	2.64	2.5	4.7
	30 度向下	3.4	2.20	2.4	4.3
	水平向上	3.6	2.70	2.5	4.8

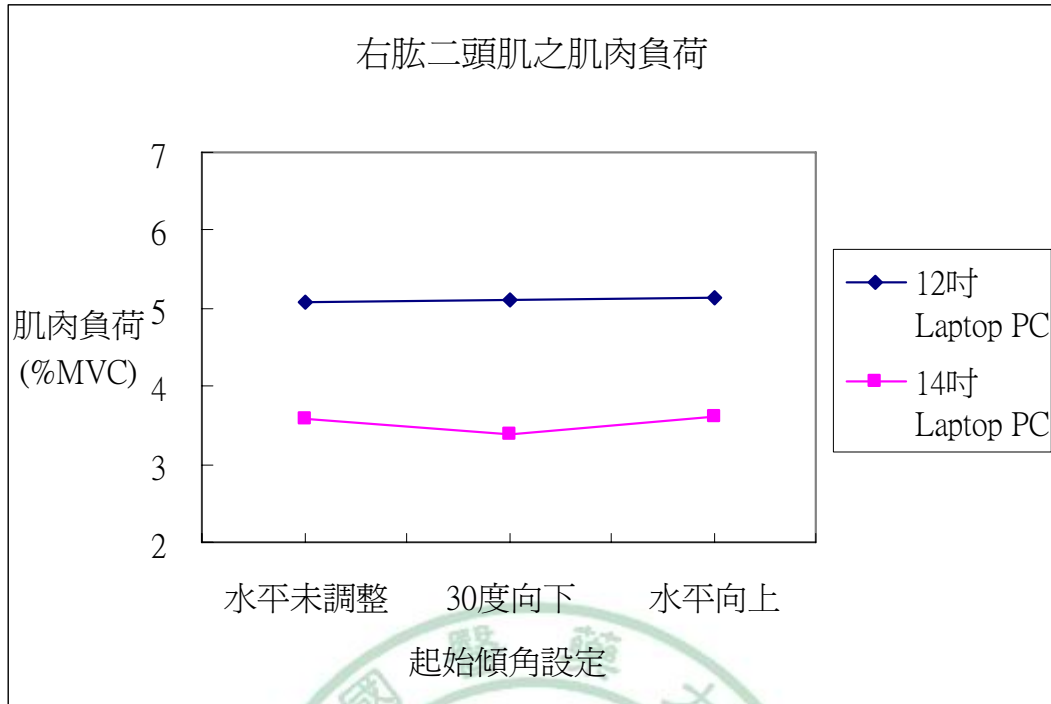


圖 4-41 右肱二頭肌之肌肉負荷%MVC 值

(3) 右肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值：受試者右肩三角肌之肌肉負荷數據如表 4-55 所示，由表 4-32、表 4-55 可發現只有不同的電腦種類對右肩三角肌之負荷有顯著的影響($p < 0.001$)，而不同的起始高度與傾斜角度設定對右肩三角肌之負荷影響並不顯著($p = 0.593$, $p = 0.628$)，結果顯示受試者在操作 12 吋之筆記型電腦時，其右肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值(7.82~9.04%)明顯會比 14 吋筆記型電腦肌肉負荷%MVC 值(5.73~6.36%)大，而增加傾斜角度對受試者之右肩三角肌之負荷則無顯著的影響，如表 4-56 及圖 4-42 所示。

表 4-55 右肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值(n=23)

電腦種類	起始高度	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間		
			%MVC	%MVC	下限	上限	
12 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	8.3	4.13	6.5	10.1	
		30 度向下	8.2	3.81	6.5	9.8	
		水平向上	7.8	3.87	6.1	9.5	
	低至高	水平未調整	8.2	4.14	6.4	10.0	
		30 度向下	8.8	4.72	6.8	10.8	
		水平向上	9.0	5.58	6.6	11.5	
	14 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	6.4	3.34	4.9	7.8
			30 度向下	6.3	3.02	5.0	7.6
			水平向上	5.9	2.61	4.8	7.1
低至高		水平未調整	5.7	2.96	4.5	7.0	
		30 度向下	6.2	3.27	4.8	7.6	
		水平向上	6.0	2.77	4.8	7.2	

表 4-56 起始傾角對右肩三角肌負荷之影響(n=23)

電腦種類	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		%MVC	%MVC	下限	上限
12 吋 Laptop PC	水平未調整	8.2	4.08	6.5	10.0
	30 度向下	8.5	3.81	6.8	10.1
	水平向上	8.4	4.17	6.6	10.2
14 吋 Laptop PC	水平未調整	6.0	3.03	4.7	7.4
	30 度向下	6.2	3.07	4.9	7.6
	水平向上	6.0	2.62	4.8	7.1

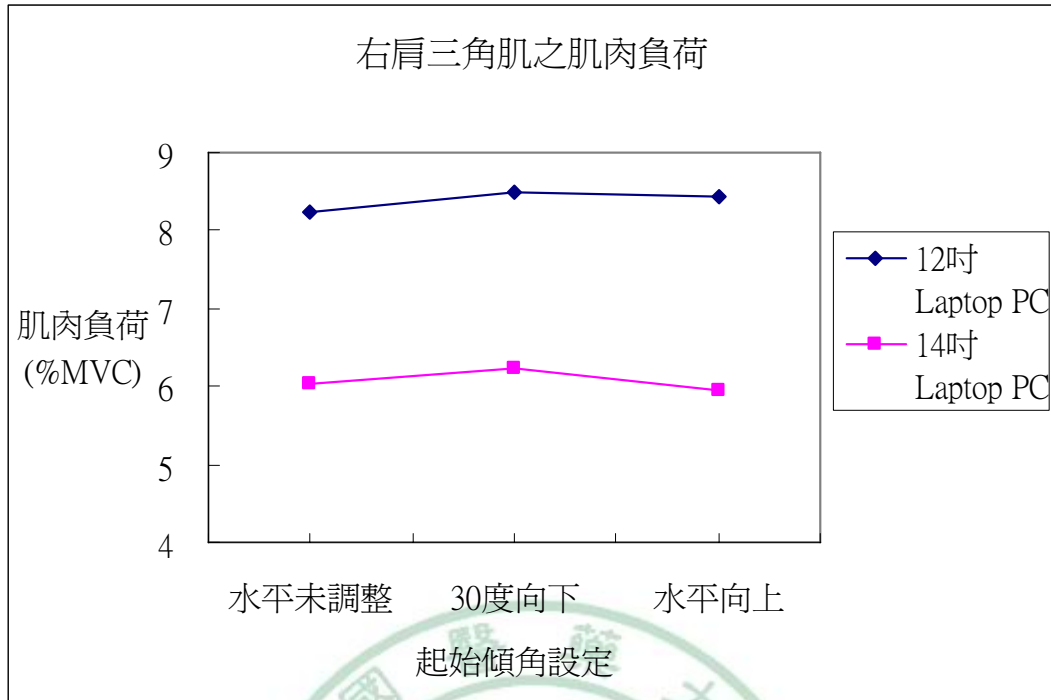


圖 4-42 右肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值

(4) 右斜方肌之肌肉負荷%MVC 值：受試者右斜方肌之肌肉負荷數據如表 4-57 所示，由表 4-32、表 4-57 可發現只有不同的電腦種類對右斜方肌之負荷有顯著的影響($p=0.016$)，而不同的起始高度與傾斜角度設定對右斜方肌之負荷影響並不顯著($p=0.961$, $p=0.378$)，結果顯示受試者在操作 12 吋之筆記型電腦時，其右斜方肌之肌肉負荷 %MVC 值(7.45~8.39%)明顯會比 14 吋筆記型電腦肌肉負荷%MVC 值(5.80~6.17%)大，而增加傾斜角度對受試者之右斜方肌之負荷無顯著的影響，其整體統計數據如表 4-58 與圖 4-43 所示。

表 4-57 右斜方肌之肌肉負荷%MVC 值(n=24)

電腦種類	起始高度	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間		
			%MVC	%MVC	下限	上限	
12 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	8.4	4.45	6.5	10.3	
		30 度向下	7.6	4.01	5.9	9.3	
		水平向上	7.5	4.07	5.8	9.2	
	低至高	未調整	7.9	4.06	6.2	9.7	
		30 度向下	7.7	3.94	6.0	9.4	
		水平向上	7.5	3.61	5.9	9.0	
	14 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	5.8	3.57	4.3	7.3
			30 度向下	6.2	5.81	3.7	8.6
			水平向上	5.9	3.87	4.3	7.6
低至高		水平未調整	6.1	4.15	4.4	7.9	
		30 度向下	6.0	3.90	4.4	7.6	
		水平向上	6.1	3.92	4.4	7.7	

表 4-58 起始傾角對右斜方肌負荷之影響(n=24)

電腦種類	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		%MVC	%MVC	下限	上限
12 吋 Laptop PC	水平未調整	8.2	3.99	6.5	9.9
	30 度向下	7.6	3.92	6.0	9.3
	水平向上	7.5	3.75	5.9	9.1
14 吋 Laptop PC	水平未調整	6.0	3.49	4.5	7.4
	30 度向下	6.1	4.39	4.2	7.9
	水平向上	6.0	3.61	4.5	7.5

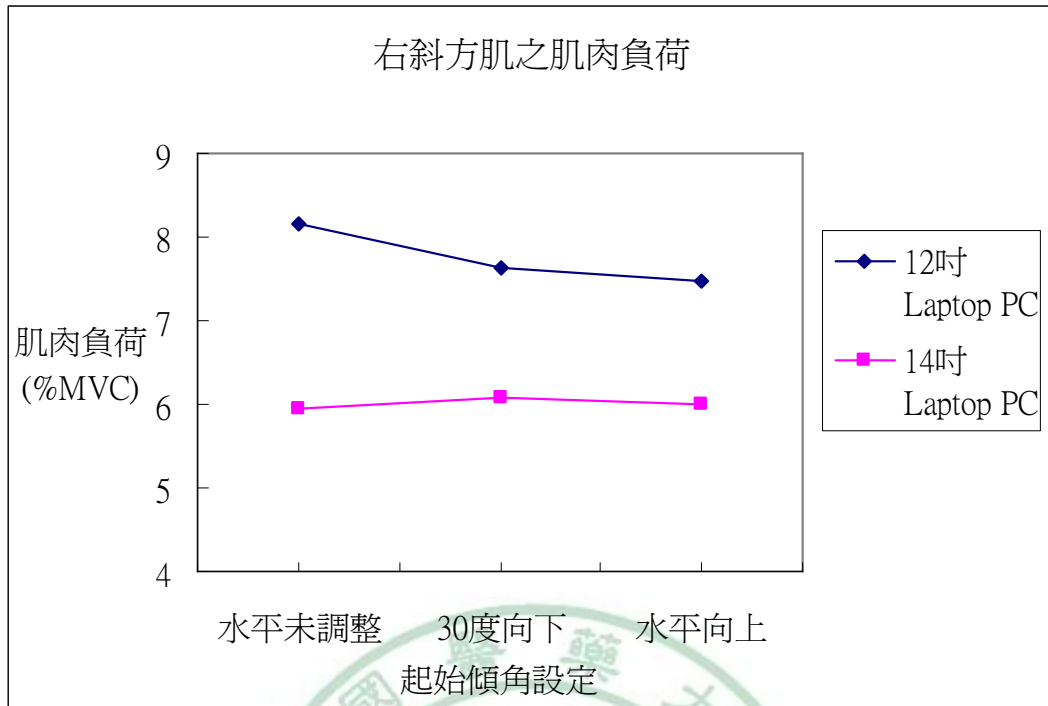


圖 4-43 右斜方肌之肌肉負荷%MVC 值

(5) 左肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值：受試者左肩三角肌之肌肉負荷數據如表 4-59 所示，由表 4-32、表 4-59 可發現不同的起始高度設定對左肩三角肌之負荷無顯著的影響($p=0.727$)，但受到不同的電腦種類與起始傾斜角度設定影響有顯著的差異($p=0.001$, $p=0.024$)，結果顯示受試者在操作 12 吋之筆記型電腦時，其左肩三角肌之肌肉負荷 %MVC 值(5.55~6.54%)會大於 14 吋筆記型電腦肌肉負荷%MVC 值(3.78~4.22%)並達顯著水準($p=0.001$)，而受試者在起始傾斜角度水平未調整的狀況下會有最小之左肩三角肌負荷值(3.78~6.42%)，其次是水平向上調整(3.92~6.23%)，最大則發生在 30 度向下調整的狀況下

(4.05~6.54%)，並再進行配對檢定後發現，桌面傾斜角度可調整後，增加桌面傾斜角度會增加左肩三角肌之肌肉負荷並達顯著水準 ($p<0.01$)，而 30 度向下與水平向上並無差異，這代表，只要增加桌面傾斜角度，會增加受試者之左肩三角肌肉負荷，如表 4-60 與圖 4-44 所示。

表 4-59 左肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值(n=22)

電腦種類	起始高度	起始傾角	平均數	標準誤	95% 信賴區間	
			%MVC	%MVC	下限	上限
12 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	5.6	0.60	4.3	6.8
		30 度向下	6.3	0.79	4.7	7.9
		水平向上	5.9	0.69	4.4	7.3
	低至高	水平未調整	6.4	0.92	4.5	8.3
		30 度向下	6.5	0.95	4.6	8.5
		水平向上	6.2	0.96	4.2	8.2
14 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	4.0	0.55	2.9	5.2
		30 度向下	4.2	0.50	3.2	5.3
		水平向上	4.4	0.53	3.3	5.5
	低至高	水平未調整	3.8	0.46	2.8	4.7
		30 度向下	4.1	0.59	2.8	5.3
		水平向上	3.9	0.45	3.0	4.9

表 4-60 起始傾角對左肩三角肌負荷之影響(n=22)

電腦種類	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		%MVC	%MVC	下限	上限
12 吋 Laptop PC	水平未調整	6.0	3.38	4.5	7.5
	30 度向下	6.4	3.95	4.7	8.2
	水平向上	6.0	3.73	4.4	7.7
14 吋 Laptop PC	水平未調整	3.9	2.15	3.0	4.9
	30 度向下	4.1	2.25	3.1	5.1
	水平向上	4.2	2.06	3.3	5.1

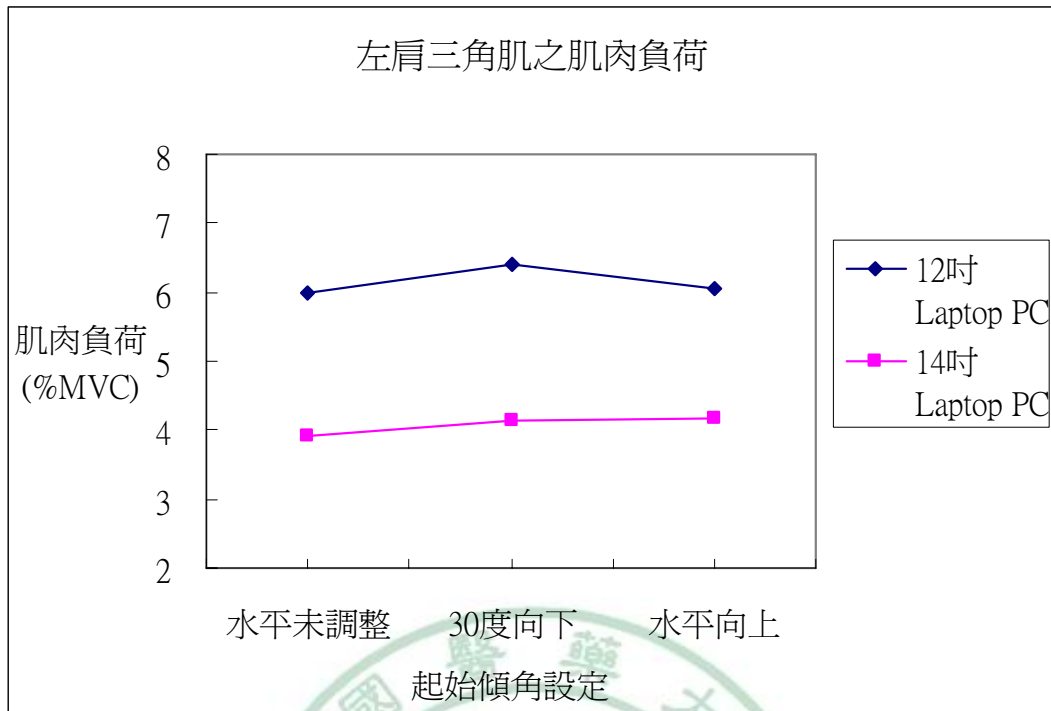


圖 4-44 左肩三角肌之肌肉負荷%MVC 值

(6) 左斜方肌之肌肉負荷%MVC 值：受試者左斜方肌之肌肉負荷數據如表 4-61 所示，由表 4-32、表 4-61 可發現只有不同的電腦種類對左斜方肌之負荷有顯著的影響($p=0.002$)，而不同的起始高度與傾斜角度設定對左斜方肌之負荷的影響並不顯著($p=0.071$, $p=0.200$)，結果顯示受試者在操作 12 吋之筆記型電腦時，其左斜方肌之肌肉負荷 %MVC 值(5.53~6.47%)明顯會比 14 吋筆記型電腦肌肉負荷%MVC 值(3.40~4.09%)大，而增加傾斜角度對受試者之左斜方肌之負荷無顯著的影響，如表 4-62 與圖 4-45 所示。

表 4-61 斜方肌之肌肉負荷%MVC 值(n=24)

電腦種類	起始高度	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間		
			%MVC	%MVC	下限	上限	
12 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	6.4	5.50	4.1	8.7	
		30 度向下	6.4	5.45	4.1	8.7	
		水平向上	6.5	5.23	4.3	8.7	
	低至高	水平未調整	5.5	4.84	3.5	7.6	
		30 度向下	5.9	5.39	3.6	8.2	
		水平向上	6.1	5.99	3.6	8.6	
	14 吋 Laptop PC	高至低	水平未調整	3.5	2.52	2.5	4.6
			30 度向下	3.9	3.57	2.4	5.4
			水平向上	4.1	4.15	2.3	5.9
低至高		水平未調整	3.4	2.36	2.4	4.4	
		30 度向下	3.5	2.53	2.4	4.6	
		水平向上	3.4	2.31	2.4	4.4	

表 4-62 起始傾角對左斜方肌負荷之影響(n=24)

電腦種類	起始傾角	平均數	標準差	95% 信賴區間	
		%MVC	%MVC	下限	上限
12 吋 Laptop PC	水平未調整	6.0	5.12	3.8	8.1
	30 度向下	6.2	5.31	3.9	8.4
	水平向上	6.3	5.53	4.0	8.6
14 吋 Laptop PC	水平未調整	3.5	2.40	2.5	4.5
	30 度向下	3.7	2.69	2.6	4.9
	水平向上	3.8	2.83	2.6	4.9

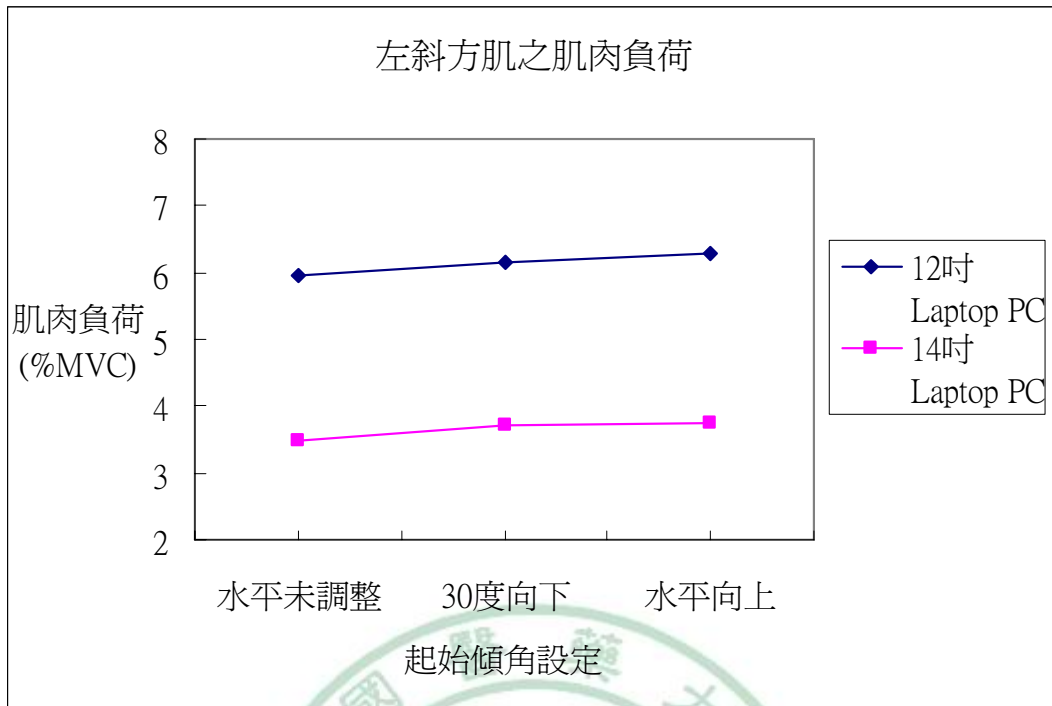


圖 4-45 左斜方肌之肌肉負荷%MVC 值

4.3.4 主觀不適程度問卷及對桌面傾角喜好程度結果

4.3.4.1 主觀不適程度問卷

表 4-63 顯示主觀不適問卷程度調查之結果，以 12 吋與 14 吋之筆記型電腦、並以起始高度設定高至低與低至高區分，再以起始傾斜角度設定未調整、30 度向下與水平向上區隔，瞭解不同的作業狀況對受試者身體 16 個部位的主觀不適程度的平均值。重複量數 ANOVA 分析結果並未發現在不同的作業狀況下對身體 16 個部位主觀不適有顯著的差異。

表 4-63 主觀不適問卷程度調查結果(平均數±標準差) (n=24)

變項 部位	12 吋筆記型電腦						14 吋筆記型電腦					
	高至低			低至高			高至低			低至高		
	未調整	30 度向下	水平向上	未調整	30 度向下	水平向上	未調整	30 度向下	水平向上	未調整	30 度向下	水平向上
眼睛	0.7±1.40	0.6±1.28	0.6±1.17	0.5±1.06	0.5±0.98	0.5±1.06	0.4±1.01	0.5±1.35	0.4±1.06	0.5±1.32	0.5±1.18	0.5±1.28
頸部	0.5±1.22	0.6±1.28	0.7±1.40	0.9±1.19	0.5±0.93	0.8±1.10	0.8±1.33	0.8±1.41	0.9±1.42	10.4±1.73	0.8±1.41	0.9±1.53
左肩	0.3±0.74	0.3±0.86	0.3±0.75	0.4±0.97	0.2±0.59	0.5±1.14	0.5±1.02	0.5±1.10	0.5±1.02	0.4±1.14	0.4±1.06	0.4±1.14
右肩	0.3±1.01	0.4±1.14	0.4±1.01	0.5±1.06	0.4±0.82	0.4±0.71	0.5±0.88	0.5±1.35	0.6±1.21	0.7±1.52	0.6±1.38	0.8±1.59
上背	0.6±1.38	0.6±1.41	0.4±1.14	0.4±1.14	0.3±0.91	0.5±1.18	0.7±1.43	0.6±1.31	0.7±1.33	0.9±1.91	0.8±1.62	0.9±1.83
左手肘	0.2±0.72	0.3±0.85	0.2±0.56	0.1±0.28	0.1±0.28	0.1±0.45	0.3±0.74	0.3±0.91	0.2±0.64	0.4±1.06	0.3±0.74	0.3±0.90
右手肘	0.2±0.72	0.3±1.00	0.2±0.72	0.3±0.74	0.2±0.59	0.2±0.64	0.4±0.97	0.3±0.91	0.4±0.97	0.4±1.06	0.3±0.82	0.4±1.06
左手腕	0.1±0.45	0.3±0.74	0.1±0.45	0.1±0.45	0.1±0.41	0.1±0.41	0.1±0.61	0.3±1.22	0.1±0.61	0.2±0.66	0.1±0.45	0.2±0.66
右手腕	0.3±0.81	0.3±0.90	0.2±0.72	0.2±0.72	0.1±0.61	0.1±0.41	0.2±0.72	0.2±1.02	0.1±0.61	0.3±1.22	0.1±0.61	0.2±0.82
下背	1.1±1.68	1.2±1.77	1.2±1.72	1.5±1.86	1.4±1.84	1.3±1.66	1.1±2.33	1.1±1.86	1.1±2.01	1.3±2.49	1.4±2.38	1.4±2.47
左臀部	0.4±1.06	0.3±0.92	0.3±0.96	0.4±1.02	0.3±0.74	0.3±0.74	0.4±1.13	0.3±1.17	0.3±1.13	0.5±1.41	0.4±1.28	0.5±1.41
右臀部	0.6±1.31	0.5±1.18	0.6±1.35	0.6±1.25	0.5±1.10	0.6±1.32	0.5±1.35	0.5±1.28	0.5±1.25	0.5±1.41	0.4±1.28	0.5±1.41
左膝	1.1±1.68	1.1±1.51	1.1±1.59	1.0±1.46	1.0±1.50	1.1±1.53	0.8±1.22	0.6±1.21	0.6±1.21	1.0±1.78	0.8±1.38	1.0±1.57
右膝	1.5±1.91	1.3±1.57	1.3±1.76	1.4±1.71	1.1±1.65	1.3±1.60	1.0±1.46	0.9±1.30	0.9±1.28	1.2±1.90	1.1±1.61	1.2±1.74
左踝	2.5±2.17	2.7±2.33	2.5±2.21	2.3±2.05	2.1±1.98	2.3±2.01	2.1±1.98	2.3±2.11	2.3±2.33	2.0±1.98	2.1±2.00	2.1±2.21
右踝	2.3±1.76	2.4±1.86	2.4±1.72	2.3±1.87	2.2±1.91	2.0±1.89	2.2±1.96	2.2±2.15	2.3±2.38	2.0±2.00	2.4±1.95	2.4±2.08

4.3.4.2 桌面傾斜角度可調整之喜好程度

於偏好傾角實驗後，實驗人員向受試者詢問對於桌面傾斜角度可調整之喜好程度，以了解受試者對桌面傾斜角度的喜好程度狀況，受試者依照自己本身之主觀感覺對於增加桌面傾斜角度的喜好程度狀況，受試者將主觀感覺回答 1~5 的數字，“1”代表非常不喜歡、“2”代表不喜歡、“3”代表無意見、“4”代表喜歡而“5”代表非常喜歡。

表 4-64 表示受試者對於桌面傾斜角度可調整之主觀喜好程度，其結果顯示大多數的受試者喜歡桌面角度可以調整(>54.17%)，而不喜歡的人數只有一人(4.17%)，圖 4-46 為受試者之喜好程度比例圖。

表 4-64 對於桌面傾斜角度可調整之主觀喜好程度(n=24)

喜好程度	人數(個)	百分比(%)	有效百分比(%)	累積百分比(%)
非常不喜歡	0	-	-	-
不喜歡	1	4.2	4.2	4.2
無意見	10	41.7	41.7	45.8
喜歡	12	50.0	50.0	95.8
非常喜歡	1	4.2	4.2	100.0

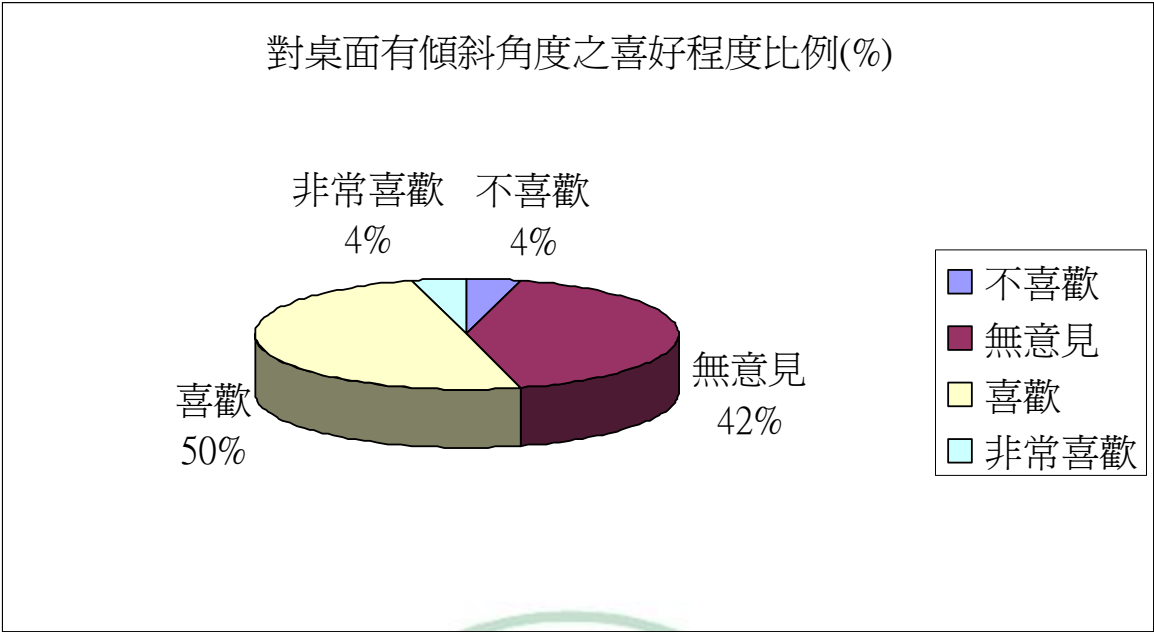


圖 4-46 桌面傾斜角之喜好程度比例



第五章 討論

5.1 立姿電腦工作站偏好設定實驗

5.1.1 置放鍵盤與滑鼠桌面高度

置放鍵盤或滑鼠的桌面高度是影響立姿電腦工作站姿勢設定與肌肉負荷的主要因子，本研究在立姿電腦工作站偏好設定實驗中，證實桌面高度(範圍 94.57 至 97.0 公分，參考表 4-2)在不同實驗條件下均相當接近於受試者之立姿肘高(96.5 公分)，並因電腦種類(桌上型與筆記型電腦)，或螢幕大小(12 與 14 吋螢幕)而有顯著差異，但顯著地受到不同的起始高度設定影響。

上述實驗結果有兩點值得注意，首先是偏好置放鍵盤之桌面高度，在不同實驗條件下，均接近於受試者之立姿肘高，這與傳統立姿輕度工作之工作台面高度宜在立姿肘高附近相符，此數據對桌上型電腦，其螢幕與鍵盤可以分開之情況下，應是恰當的，但對於螢幕與鍵盤不可分開之筆記型電腦，則容易因為螢幕位置過低，導致使用者有較大之頸部前傾與視角過度向下，如表 4-8 與表 4-6，也因為過低之螢幕，導致螢幕傾斜角度較大(表 4-4)，而易產生有螢幕反光，導致頸部與眼睛不適。於研究之初，我們以為受試者可能會嘗試提高置放鍵盤之桌面高度，以減低眼睛與頸部不適，但實驗數據證實，受試者仍以肩部與上臂之負荷為優先考量，將桌面置放於立姿肘高之位置，使肩部放鬆，上臂自然下垂置

放於桌面。

其次，實驗結果發現受試者之偏好桌面(鍵盤)高度並非一個具有微小差距的固定值，而是一個範圍，此與文獻(Grandjean *et al.* 1983⁽³⁴⁾, Ong *et al.* 1988⁽⁴³⁾, Hsu *et al.* 2001⁽¹⁶⁾)不同，本研究發現若起始設定從高至低，偏好桌面(鍵盤)高度約為 96.8 公分，若為低至高時，偏好桌面(鍵盤)高度約為 94.7 公分，兩者相差約 2.1 公分並達顯著水準($p < 0.001$)(表 4-1)。兩種不同的起始高度設定，除了左斜方肌肉負荷之外，並無顯著的不同(見表 4-1)，顯示不同起始高度所得到之偏好桌面高度，為一個主觀較舒適之設定範圍(comfort zone)。

5.1.2 電腦類型對肌肉負荷之影響

表 4-1 可發現，電腦種類對本實驗所量測五組上肢肌肉群之負荷均產生影響，進行配對檢定(如表 5-1)，可看出操作 12 吋筆記型電腦時，所量測五組肌肉群均有顯著較大肌肉負荷($p < 0.001$)，其次為操作 14 吋筆記型電腦，而最小 15 吋桌上型電腦，進一步檢視三種不同電腦之頸部與上肢姿勢參數，可發現，在操作 12 吋筆記型電腦時，上臂前屈角度顯著較大於 14 吋筆記型電腦，15 吋桌上型電腦最小(表 4-9)，外展角度亦是 12 吋大於 14 吋，15 吋桌上型電腦最小(但無顯著差異)，此可能也是導致使用者在五組上肢肌肉負荷差異之主要原因。

進一步檢視實驗時拍攝影帶及與部分受試者訪談，我們發現由於 12 吋筆記型電腦鍵盤寬度較窄(27.4 公分)，明顯小於 14 吋筆記型電腦之 31 公分與 15 吋之桌上型電腦之 46.2 公分，受試者在操作時需將上臂往前伸並靠攏，因而造成上臂前屈角度增加，而產生較不自然的姿勢，進而造成較大的肌肉負荷。

表 5-1 估計邊際平均數(平均數±標準誤)

	12 吋 Laptop PC	14 吋 Laptop PC	15 吋 Desktop PC
右肱二頭肌 (%MVC)	7.0±0.67	5.3±0.58	5.1±0.64
右肩三角肌 (%MVC)	6.2±0.61	5.2±0.51	4.6±0.42
右斜方肌 (%MVC)	8.4±0.71	6.6±0.54	6.4±0.56
左肩三角肌 (%MVC)	6.6±0.72)	5.3±0.41	3.9±0.36
左斜方肌 (%MVC)	5.1±0.98	3.2±0.37	2.7±0.29

註：底線為無顯著差異

5.2 可調式立姿工作站與貨架平台比較

為了解半導體廠原本使用不可調整高度之貨架平台與可調整偏好設定之立姿電腦工作站時之姿勢與肌肉負荷之差異，本研究亦針對使用半導體廠原本使用之貨架平台針對兩種常使用之筆記型電腦進行評估。

實驗結果顯示在可調之立姿電腦工作站，其偏好之桌面(鍵盤)置放高度(平均約 96 公分，如表 4-2)明顯高於貨架高度(88 公分)，此時因為螢幕高度較高，其頸部前傾角度(參考表 4-22)與眼睛向下視角(參考表 4-20)明顯低於使用原本貨架平台之數據，有明顯改善。此時雖然供上肢支撐之桌面高度有提高，但因為仍在立姿肘高附近，因此除左三角肌有些微顯著差異(見表 4-26 至 4-30)，但並未使上肢肌肉負荷明顯提高。進一步檢視其在使用貨架平台與可調式電腦工作站之上肢姿勢差異可發現，其上臂前屈角度沒有顯著的差異，僅外展角度在貨架平台上作業時(約 4 度)明顯比可調式立姿工作站作業時(約 6 度)小(參考表 4-26)，而肘關節角度在貨架平台上(約 132 度，較伸直)也明顯高於可調式立姿工作站上(約 109 度，較彎曲)。

5.3 偏好傾角實驗

在第一階段實驗中我們發現受試者在立姿電腦工作站使用筆記型電腦時，仍然偏好將桌面(鍵盤)高度設定約於其立姿手肘高度的位置上，由於筆記型電腦鍵盤與螢幕是相連接在一起，因此受試者仍會有較大的頸部向下彎曲角度與向下視角，為了改善此情況，因此我們嘗試利用增加筆記型電腦桌面傾角方式，在不顯著改變鍵盤操作高度情況下，藉由桌面傾角來提高螢幕高度，以改善過度頸部前傾與向下視角之情況。

實驗結果顯示，受試者之偏好桌面傾角(參考表 4-33)會因為受起始桌面傾角設定而有顯著的差異，但電腦種類與桌面起始高度並沒有顯著影響，其偏好桌面傾角是一個範圍，其平均值為 5.8 度，範圍在 6.8 度(從 30 度向下調整)與 4.8 度(水平向上調整)之間，此時螢幕高度會顯著提高(見圖 4-32)，相對之頸部前傾角度(見圖 4-37)與眼睛視角(見圖 4-34)，均顯著降低而有改善。

在上肢肌肉負荷方面，由表 4-32 可以發現，桌面傾角改變時，僅會對左肩三角肌有顯著影響(見表 4-59)，造成左肩三角肌之肌肉負荷些微顯著增加，但對其他量測肌肉群則無顯著影響，尤其是我們較擔心桌面傾角增加後，手腕伸展角度可能會增加，因而右伸腕肌肉負荷可能會增加，但實驗數據顯示並無影響。

若針對桌面傾角改變後之上肢姿勢來分析，實驗結果顯示增加桌面傾斜角度對上臂前屈與外展角度並無顯著影響，雖會些微增加手腕之伸展角度(表 4-42)，但並不顯著，唯一受影響的是隨著桌面傾斜角度提昇，受試者之肘關節角度會有明顯的降低，如表 4-50 與圖 4-39 所示。

若由受試者對增加桌面傾角之主觀喜好程度來看，喜歡與非常喜歡佔 54.2%，遠大於非常不喜歡與不喜歡之比例(僅佔 4.17%)，因此綜合來看增加桌面傾角應是一個改善於立姿電腦工作站使用筆記型電腦可行之方法。

5.4 實驗結果應用之限制

本研究之實驗僅於實驗室中進行，所得到之偏好數據僅代表受試者於短暫實驗中之偏好數據，雖然 Grandjean⁽³⁴⁾等人於其 1983 年對於坐姿電腦工作站之現場實驗研究(field experiment)曾證實，實驗室短暫時間所得之數據與長時間現場實驗所得之數據並無差異，但應用上仍須注意，最好可於現場實驗再加以驗證。



第六章 結論與建議

對於立姿電腦工作站之高度之設計，經由本研究之實驗結果可歸納下列重要結論：

- (1) 鍵盤置放高度不受電腦種類與螢幕大小影響，但對每一位受試者為具有一定範圍(非固定值)之設定，其平均值在 94.6 至 97 之間，約在平均立姿肘高(平均值 96.5cm)高度至下方約 2cm，此顯示受試者傾向於將鍵盤置放高度設定於立姿肘高之位置，以保持上臂自然下垂，值得注意的是，受試者並未將筆記型電腦鍵盤擺放高度進一步提高，以改善過大之視角與頸部前傾角度。
- (2) 桌上型電腦由於其螢幕與鍵盤置放高度可分開調整，其視角、頸部前傾角度與上臂前屈角度，均優於 14 吋筆記型電腦，而 12 吋筆記型電腦之狀況最差。此結果顯示未來若不考慮桌上型電腦(其實現在一些準系統體積也很小)，較大螢幕尺寸之筆記型電腦，因螢幕中心高度較高，較能減少使用者之彎曲角度與肌肉骨骼負荷，另外也可推論寬螢幕型之筆記型電腦，因其螢幕中心高度可能較低於同尺寸之非寬螢幕電腦，較不建議採用。
- (3) 針對 12 與 14 吋筆記型電腦在可調式實驗電腦工作站與對照之貨架數據可發現，偏好之可調式電腦工作站高度設定雖然較貨架高，但並未使上肢肌肉負荷明顯提高(除左三角肌有些微差異)，

而同時卻可以明顯改善頸部過度前傾與眼睛過大向下視角之影響，因此提高電腦放置高度應是可行且有成效的。

- (4) 增加桌面傾角會提升螢幕中心高，改善受試者向下之視角與頸部傾斜角度，但同時會增加手腕伸展角度與增加左肩三角肌(顯著)、右肩三角肌與左斜方肌之肌肉負荷(未達顯著水準)。大部分受試者喜歡桌面傾角可調整，每個人偏好之桌面傾角會受起始桌面傾角設定影響，其平均值約在 4.8 到 6.8 度間，因此綜合來看增加桌面傾角應可行之改善方法。
- (5) 本研究之實驗僅於實驗室中進行，所得到之偏好數據僅代表受試者於短暫實驗中之偏好數據，應用上仍須注意，最好可於現場實驗再加以驗證。

參考文獻

1. 勞委會勞工安全衛生研究所，1996。半導體製造業重複性工作傷害之現場評估與改善，IOSH85-H326。
2. 肌肉骨骼不適(MSDs)於其他作業(護理人員、半導體 FAB 作業人員)相關性因子研究，NSC 91-2213-E-039-001。
3. 勞委會勞工安全衛生研究所，台灣地區人體計測資料庫。
4. Semiconductor Equipment Materials International, 2006. SEMI S8-0705E-Safety Guideline for Ergonomics of Semiconductor Manufacturing Equipment. Semiconductor Equipment Materials International.
5. Bernard, B., Sauter, S., Fine, L., Petersen, M., Hales, T., 1994. Job task and psychosocial risk factors for work-related musculoskeletal disorders among newspaper employees, *Scandinavian Journal of Work Environment and Health* 20, 417-426.
6. Carter J. B. and Banister E. W., 1994. Musculoskeletal problems in VDT work: a review, *Ergonomics* 7(10), 1623-1648.
7. Faucett, J., Rempel, D., 1994. VDT-related musculoskeletal symptoms: interactions between work posture and psychosocial work factors, *American Journal of Industrial Medicine* 26, 597-612.
8. Amell, T. K., Kumar, S., 1999. Cumulative trauma disorders and keyboarding work. *International Journal of Industrial Ergonomics* 25, 69-78.
9. Hsu, W.H., Wang, M.J., 2003. Physical discomfort among visual display terminal users in a semiconductor manufacturing company: a study of

- prevalence and relation to psychosocial and physical/Ergonomic factors, American Industrial Hygiene Association Journal 64, 276-282.
10. Fogleman, M., Borgmus, G., 1995. Computer mouse use and cumulative trauma disorder of the upper extremities, Ergonomics 38(12), 2465-2475.
 11. Wise, N., 1995. "Is your PC killing you? Tips for pain-free computing", Computer Currents 13(2), 38-48.
 12. Rizzo, T., 1994. New workplace safety standards coming, Stanford Medicine.
 13. 黃証柳，1998。滑鼠之人因工程與績效評估。台灣科技大學管理技術研究所工業管理碩士。
 14. World Health Organization, 1985. Identification and control of work-related diseases. Geneva, Switzerland: World Health Organization. WHO Technical Report Series 714.
 15. The national institute for occupational safety and health (NIOSH), 1997. Musculoskeletal Disorder and Workplace Factor: A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. NIOSH.
 16. Hsu, W.H., Wang, M.J., 2001. Deviation from VDT workstation preferred settings and physical discomforts. International journal of industrial Engineering 8, 339-346.
 17. Kamienska-Zyta, M., Prync-Skotniczny, K., 1996. Technical Note Subjective fatigue symptoms among computer system operators in Poland. Applied Ergonomics 27, 217-220.
 18. Yne, M. H., Lee, Y. G., Eoh, H. J., Lim, S. H., 2001. Results of a survey on the awareness and severity assessment of upper-limb work-related

- musculoskeletal disorders among female bank tellers in Korea, *International Journal of Industrial Ergonomics* 27, 347-357.
19. Blatter, B. M., Bongers, P. M., 2002. Duration of computer use and mouse use in relation to musculoskeletal disorders of neck or upper limb, *International Journal of Industrial Ergonomics* 30, 295-306.
 20. Jensen, C., Finsen, L., Søgaard, K., Christensen, H., 2002. Musculoskeletal symptoms and duration of computer and mouse use, *International Journal of Industrial Ergonomics* 30, 265-375.
 21. Kilbom, Å., Persson, J., 1987. Work technique and its consequences for musculoskeletal disorders. *Ergonomics* 30(2), 273-279.
 22. Horikawa, M., 2001. Effect of visual display terminal height on the trapezius muscle hardness quantitative evaluation by a newly developed muscle hardness meter. *Applied Ergonomics* 32, 473-478.
 23. Kamwendo, K., Linton, S. J., & Moritz, U., 1991. Neck and shoulder disorders in medical secretaries. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 23, 135-142.
 24. Shuval, K., Donchin, M., 2005. Prevalence of upper extremity musculoskeletal symptoms and ergonomic risk factors at a Hi-Tech company in Israel, *International Journal of Industrial Ergonomics* 35, 569-581.
 25. Serina, E. R., Tal, R., and Rempel, D., 1999. Wrist and forearm posture and motions during typing, *Ergonomics* 42, 938-951.
 26. Szeto, G. P., Lee, R., 2002. An ergonomic evaluation comparing desktop, notebook, and subnotebook computers, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 83(4), 527-532.
 27. Bergqvist, U., Wolgast, E., Nilsson, B., Voss, M., 1995. Musculoskeletal

- disorders among visual display terminal workers—individual, ergonomic and work organizational factors. *Ergonomics* 38, 763–776.
28. Karlqvist, L.K., Hagberg, M., K. oster, M., Wenemark, M., Ånell, R., 1996. Musculoskeletal symptoms among computer-assisted design (CAD) operators and evaluation of a self-assessment questionnaire. *International Journal of Occupational and Environmental Health* 2, 185–194.
 29. Visser, B., Korte, E. d., Kraan, I. v. d., Kuijer, P., 2000. The effect of arm and wrist supports on the load of the upper extremity during VDU work, *Clinical Biomechanics*, 15 supplement No.1, s34-s38
 30. Karlqvist, L., Hagberg, M., and Selin, K., 1994. Variation in upper limb posture and movement during word processing with and without mouse use, *Ergonomics* 37, 1261-1267.
 31. Harvey, R., and Peper, E., 1997. Surface electromyography and mouse use position, *Ergonomics* 40, 781-789.
 32. Nelson, N. A., Silverstein, B. A., 1998, Workplace changes associated with a reduction in musculoskeletal symptoms in office workers. *Human Factors* 40, 337-350.
 33. International Standards Association (ISO), 2004. Ergonomic principles in the design of work systems ISO6385, ISO.
 34. Grandjean, E., Hünting, W. and Pidermann, M. 1983, VDT workstation design: preferred settings and their effects, *Human Factors*, 25, 161–175.
 35. Sauter, S. L., Schileifer, L. M., Knutson, S. J., 1991, Work posture, workstation design, and musculoskeletal discomfort in a VDT data entry task, *Human Factors*, 33(2), 151-167.
 36. Bergqvist, U. O., Knave, B., Voss, M. and Wibom, R., 1992, A longitudinal study of VDT work and health. *International Journal of*

- Human-Computer Interaction, 4, 197-219.
37. Mekhora, K., Liston, C. B., Nanthavanij, S., Cole, J. H., 2000. The effect of ergonomic intervention on discomfort in computer users with tension neck syndrome, *International Journal of Industrial Ergonomics* 26, 367-379.
 38. Lewis, R. J., Krawiec, M., Confer, E., Agopsowicz, D., Crandall, E., 2002. Musculoskeletal disorder worker compensation costs and injuries before and after an office ergonomics program, *International Journal of Industrial Ergonomics* 29, 95-99.
 39. Wang, E. M. Y., Wang, M. J., Yeh, W. Y., Shih, Y. C., Lin, Y. C., 1999. Development of anthropometric work environment for Taiwanese workers, *International Journal of Industrial Ergonomics* 23, 3-8.
 40. Hsu, W. H. and Wang, M. J. 2001b, VDT Workstation Preferred Settings: Comparison between PC and CAD Workstation, *Journal of Chinese Institute of Industrial Engineering*, 18, 31-38.
 41. Occupational Safety and Health Administration (OSHA), 1997. OSHA 3092-Working Safely with Video Display Terminals, Occupational Safety and Health Administration-U.S. Department of Labor.
 42. International Standards Association (ISO), 1992. Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs), ISO9241, ISO.
 43. Ong, C. N., Koh, D., Phoon, W. O. and Low, A. 1988. Anthropometrics and display station preferences of VDU operators, *Ergonomics*, 31, 337-347.
 44. Jonai, H., Villanueva, M. B. G., Takata, A., Sotoyama, M., Saito, S., 2002. Effects of the liquid crystal display tilt angle of a notebook computer on

- posture, muscle activities and somatic complaints, *International Journal of Industrial Ergonomics* 29, 219-229.
45. Ankrum, D. R., Nemeth, K.J., 1995. Posture, comfort, and monitor placement, *Ergonomics in Design*, 3(2), 7-9.
 46. Jaschinski, W., Heuer, H., and Kylian, H., 1999, A procedure to determine the individually comfortable position of visual displays relative to the eyes, *Ergonomics*, 42(4), 535-549.
 47. Jaschinski, W., Heuer, H., and Kylian, H., 1998. Preferred position of visual displays relative to the eyes: a field study of visual strain individual differences, *Ergonomic* 41(7), 933-945.
 48. Burgess-Limerick, R., Plooy, A., Ankrum, D. R., 1998. The effect of imposed and self-selected computer monitor height on posture and gaze angle, *Clinical Biomechanics* 13, 584-592.
 49. Miller, W., Suther, T. W., 1983. Display station anthropometrics: preferred height and angle settings of CRT and key boards. *Human Factors*, 25(4), 401-408.
 50. Van der Heiden, G. and Krueger, H., 1984. Evaluation of ergonomic features of the computer vision instaview graphics terminal. In E. Grandjean and E. Vigliani, eds., *Ergonomic Aspects of Visual Terminals*. Taylor and Francis, London.
 51. Wall, M. D., van Riel, M. P. J. M., Aghina, J. C. F. M., Burdorf, A., and Snijder, C. J., 1992. Improving the sitting posture of CAD/CAM workers by increasing VDU monitor working height, *Ergonomics* 35, 427-436.
 52. Burgess-Limerick, R., Plooy, A., Ankrum, D. R., 1999. The influence of computer monitor height on head and neck posture, *International Journal of Industrial Ergonomics* 23, 171-179.

53. Byström, J. U., Hansson, G.-Å., Rylander, L., Ohlsson, K., Kallrot, G., Skerfving, S., 2002. Physical workload on neck and upper limb using two CAD applications, *Applied Ergonomics*, 33, 63-74.
54. Li, G., Buckle, P., 1999. Current techniques for assessing physical exposure to workrelated musculoskeletal risks, with emphasis on posture-based methods, *Ergonomics* 42(5), 674 -695. Heuter, H., Brüwer, M., Romer, T., Kroger, H., and Knapp, H., 1991. Preferred vertical gaze direction and observation distance, *Ergonomics* 34, 379-392.
55. The national institute for occupational safety and health (NIOSH), 1992, HETA 89- 299-2230, US West Communications, NIOSH.
56. Norkin, C.C., White, D.J., 2003, *Measurement of Joint Motion A Guide to Goniometry 3rd*. F. A. Davis Company.
57. Juul-Kristensen, B., Hansson, G.-Å., Fallentin, N., Andersen, J. H., Ekdahl, C., 2001. Assessment of work postures and movement using a video-based observation method and direct technical measurements, *Applied Ergonomics* 32, 517-524.
58. Moffet, H., Hagberg, M., Hanson-Risberg, E., Karlqvist, L., 2002. Influence of laptop computer design and working position on physical exposure variables, *Clinical Biomechanics* 17, 368-375.
59. 勞委會勞工安全衛生研究所，2002。上肢重複性傷害危險因子現場監測技術開發，IOSH91-H328。
60. Ortiz, D. J., Marcus, M., Gerrzv, F., Jones, W., and Cohen, S., 1997. Measurement variability in upper extremity posture among VDT users, *Applied Ergonomics* 28(2), 139-143.
61. 王賢令，1999。機車握把直徑大小對手部肌肉負荷的影響。國立台灣

科技大學管理技術研究所碩士論文。

62. Kawowasaki, W., Marras, W. S., 1999. The occupational Ergonomics handbook, CRC Press LLC.
63. Hägg, G. M., Luttmann, A., Jäger, M., 2000. Methodologies for evaluating electromyographic field data in ergonomics, *Journal of Electromyography and Kinesiology* 10, 301-312.
64. Stashuk, D., 2001. EMG signal decomposition: how can it be accomplished and used?, *Journal of Electromyography and Kinesiology* 11, 151–173.
65. Ollivier, K., Portero, P., Maïsetti, O., Hogrel, J. P., 2005. Repeatability of surface EMG parameters at various isometric contraction levels and during fatigue using bipolar and Laplacian electrode configurations, *Journal of Electromyography and Kinesiology* 15, 466–473.
66. Koiimitzer, J., Ebenbichler, G. R., Kopf, A., 1999. Reliability of surface electromyographic measurements, *Clinical Neurophysiology* 110, 725-734.
67. Babski-Reeves, K., Stanfield J., Hughes L., 2005. Assessment of video display workstation set up on risk factors associated with the development of low back and neck discomfort, *International Journal of Industrial Ergonomics* 35, 593-604.
68. Ives, J. C., Wigglesworth, J. K., 2003. Sampling rate on surface EMG timing and amplitude measures, *Clinical Biomechanics* 18, 543-552.
69. Lin, M. I., Liang, H. W., Lin, K. H., Hwang, Y. H., 2004. Electromyographical assessment on muscular fatigue—an elaboration upon repetitive typing activity, *Journal of Electromyography and*

- Kinesiology 14, 661–669.
70. Cooper, A., Straker, L., 1998. Mouse versus keyboard use: A comparison of shoulder muscle load. *International Journal of Industrial Ergonomics* 22, 351-357.
 71. Gustafsson, E., Hagberg, M., 2003. Computer mouse use in two different hand positions: exposure, comfort, exertion and productivity . *Applied Ergonomics* 34, 107-113.
 72. Fernstrom, E., Ericson, M.O., 1997. Computer mouse or Trackpoint effect on muscular load and operator experience. *Applied Ergonomics* 28, 347-354. Baron, S., Hales, T., and Hurrell, J., 1996. Evaluation of symptom surveys for occupational musculoskeletal disorders, *American Journal of Industrial Medicine* 29, 609-617.
 73. Potvin, J. R., Agnew, M. J., Woert, C. V., 2004. An ergonomic comparison of pneumatic and electrical pistol grip hand tools, *International Journal of Industrial Ergonomics* 34, 467-478.
 74. Christensen, H., Søgaard, K., Jensen, B.R., Finsen, L., Sjøgaard, G., 1995. Intramuscular and surface EMG power spectrum from dynamic and static contractions, *Journal of Electromyography and Kinesiology* 5(1). 27–36.
 75. MacIsaac, D., Parker, P.A., Scott, R.N., 2001. The short-time Fourier transform and muscle fatigue assessment in dynamic contractions, *Journal of Electromyography and Kinesiology* 11(6), 439–449.
 76. Carola, R., Harley, J. P., Noback, C. R., 1995. *Human Anatomy & Physiology* (3rd ed). McGraw-Hill Inc.
 77. Hislop, H. J., Montgomery, J., 2002. *Muscle Test 7th Techniques of Manual Examination*. W.B. Saunders Company.
 78. Buchholz, B., Wellman, H., 1997. Practical operation of a biaxial

goniometer at the wrist joint, Human factors 39(1), 119-129.

79. Jossen, P., Johnson, P. W., 2001. Comparison of measurement accuracy between two types of wrist goniometer systems, Applied Ergonomics 32, 599-607.



附錄一：實驗同意書



同意書

姓名：_____ 受測者編號：_____

- 1.本人同意參加立姿工作站之肌肉骨骼不適與肌肉負荷評估研究計畫，將誠實填寫個人基本資料。
- 2.本人已詳細閱讀實驗說明並且了解實驗流程及步驟，願意配合各相關規定。
- 3.本人願意完成全部實驗即分析資料後，領取受測費用。學校將會寄受測者費用扣繳名單。
- 4.本人瞭解本實驗所蒐集到的相關個人資料，將被妥善完整保存，而本人姓名不會出現在任何報告中。

同意人簽名：_____

實驗人員簽名：_____

日期：_____年_____月_____日

附錄二：個人基本資料

中國醫藥大學 職業安全與衛生學系

※立姿工作站※

編號：_____ 作業型態編號：_____ 填表日期：____年____月____日

基本資料

姓名：_____ 性別：男 女 生日：____年____月____日

聯絡電話：_____ 身分證字號：_____

戶籍地址：_____

身高：_____公分 體重：_____公斤 立姿眉間至地板距離：_____公分

立姿手肘至地板高度：_____公分 立姿肩峰至地板高度：_____公分

EE 線傾角：_____度 慣用手：右手 左手 視力(矯正後)：右眼____左眼____

是否查看鍵盤輸入：是；否 胸椎前彎角度：_____度

是否有肌肉骨骼傷害病史：否；是：_____



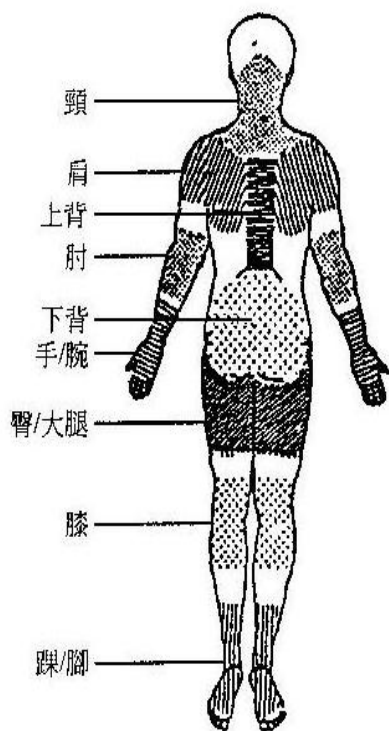
附錄三：主觀不適問卷

受測者編號：_____ 作業型態：_____ 日期：_____

您好！經過一段時間的立姿 VDT 作業以及適當休息，請依據你主觀感覺，在下列表格依照不舒服部位及程度，勾選適當的選項。

例如：

	症狀	不舒服程度										
		沒感覺	很弱	弱	普通	強	很強	非常強				
	身體不適發生部位 (如：酸、痛、麻、僵硬)產生？	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	眼睛				<input checked="" type="checkbox"/>							
2	頸部											



身體部位區分圖

	症狀	不舒服程度										
		沒感覺	很弱	弱	普通	強	很強	非常強				
	身體不適發生部位 (如：酸、痛、麻、僵硬)產生？	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	眼睛											
2	頸部											
3	左肩部											
4	右肩部											
5	上背											
6	左手肘/前臂											
7	右手肘/前臂											
8	左手/腕											
9	右手/腕											
10	下背											
11	左臀/大腿											
12	右臀/大腿											
13	左膝											
14	右膝											
15	左踝/腳											
16	右踝/腳											