國立中央大學

資訊工程學系 碩士論文

虚擬實境扇關節復健系統之復健成效分析與預測

The Performance Analysis and Prediction of a VR-based Shoulder Joint Rehabilitation System

研究生: 闕裕柏

指導教授:蘇木春

共同指導教授: 葉士青

中華 民 國 一百零四年六月

國立中央大學碩士班研究生論文指導教授推薦書

資訊工程學系 /研究所 <u>關裕柏</u> 研究生所提之 論文 虚擬實境肩關節復健系統之復健成效分析與預 測 係由本人指導撰述,同意提付審查。

<u>104</u>年 7月 6日

104.07.06

國立中央大學碩士班研究生論文口試委員審定書

查訊工程學系/研究所<u>關裕柏</u>研究生所提之論文_ 虚擬實境扇關節復健系統之復健成效分析與預測經 本委員會審議,認定符合碩士資格標準。

學位考試委員會召集人	李思蒙
委員	妻 电 看
	大利

中華民國 104 年 7 月 6 日

104.07.06

虚擬實境肩關節復健系統之復健成效分析與預測

摘要

冰凍肩是臨床上常見的一種肩部疾病,其症狀主要是病患的肩關節活動度受限與肩部疼痛,導致日常生活功能受到影響。傳統評估冰凍肩需要依靠治療師對患者肩部及手臂進行各項目量測才能了解患者的狀況,受科技進步所賜,我們藉由結合虛擬實境、感測儀器等開發出的肩關節遊戲復健系統計紀錄患者的運動資訊,希望利用這些資訊,可以方便地讓治療師評估病患的情況,以及讓患者了解自己未來復健效果可能如何。

本研究將針對冰凍肩患者復健時的運動歷程進行分析,找出具 有評估功能的運動指標,以及冰凍肩患者在整個復健療程上是否存 在一定的特徵,找出模型並預測其未來進步幅度與角度。

實驗結果顯示,部分的運動指標的確對於傳統評估量表有著相當程度的關聯;在預測系統模型的建立,以現有的運動數據、臨床資料作訓練,最後確實也有著一定的準確率及辨識率,因此在建立預測系統模型是有一定的可行性的。

關鍵字:虛擬實境、冰凍肩、肩關節復健

The Performance Analysis and Prediction of a VR-based

Shoulder Joint Rehabilitation System

ABSTRACT

Frozen shoulder is a clinically common shoulder disease, and its main symptoms are the limit in the mobility of the shoulder joint of the patient and shoulder pain, resulting in daily living are affected. Traditionally, the assessment of frozen shoulder patients need to rely on the therapist for measuring each projects of shoulder and arm in order to understand the patient's condition. By scientific and technological progress, we analyzed the patients' rehabilitation data recorded by the shoulder joint rehabilitation system which combining virtual reality and sensing instruments, etc. We hope to use this information, then we can easily make the therapist understand patients' status, and make patients know what their future rehabilitation effects may be.

This study will find the motion index with evaluation capability. And if there are certain pattern in patients with frozen shoulder over the entire rehabilitation course, identifying the model and predicting their the future rate of progress and angle of the shoulder joint.

Experimental results show that part of the motion indices are indeed related to the traditional assessment scale; the establishment of forecasting model by training the existing motion data and clinical data has a certain accuracy and recognition rate, Therefore, the establishment of forecasting model is a certain degree of feasibility.

Keywords: Frozen shoulder ,virtual reality, shoulder joint rehabilitation

目 錄

中	文摘	要	•••••	•••••	•••••	••••••	•••••	•••••	•••••	•••••	••••••	. i
英	文摘	要	•••••	•••••	•••••		•••••	•••••	•••••	•••••		ii
目		錄	•••••		•••••		•••••	•••••	•••••	•••••	j	iii
圖	目	錄	•••••		•••••		•••••	•••••	••••••	•••••	V	⁄ii
表	目	錄	•••••		•••••		•••••	•••••	•••••	•••••	V	⁄ii
第	一章	、糸	者論		•••••	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	•••••	•••••	•••••	•••••		.1
	1-1	_	背景	骨介紹	•••••	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	•••••	•••••	•••••	•••••	••••••	.1
		1-1	1-1	冰凍肩的	的介紹。	與治療	·	•••••	•••••	•••••		.1
		1-1	1-2	虚擬實力	竟	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	•••••	•••••	•••••	•••••		.3
		1-1	1-3	機器學	羽 台	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	•••••	•••••	•••••	•••••		.3
	1-2	2	研多	記動機	•••••	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	•••••	•••••	•••••	•••••	••••••	.4
	1-3	3	研多	5目的	•••••	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	•••••	•••••	•••••	•••••	••••••	.6
第	二章	• 3	て 獻巨	7顧	•••••	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	•••••	•••••	•••••	•••••	••••••	.7
	2-1	-	虚挨	愛實境在	醫療復	健之應	惠用	•••••	•••••	•••••		.7
	2-2	2	復位	建與運動	指標相	關研究	ያ ኒ ·····	•••••	•••••	•••••		.9
	2-3	3	智自	E評估 系	統運用	於復侯	建相關	研究	•••••	•••••	1	0
第	三章	· 、石	开究方	法:系	統設計	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	1	l 1
	3-1	系	統架	構							1	11

3-2 Kinect 版扇關節復健系統	11
3-3 IMU 版肩關節復健系統	15
第四章、研究方法:實驗設計	21
4-1 收案對象與收案標準	21
4-2 實驗流程	22
4-3 實驗量測資料	22
4-3-1 臨床評估	22
4-3-2 運動指標	23
4-4 分析方法(I) 運動指標有效性的評估	32
4-4-1 類神經網路	33
4-4-2 支持向量機(Support Vector Machine,SVM)	35
4-5 分析方法(II) 冰凍肩復健成效的預測	36
第五章、分析結果與討論	38
5-1 系統復健成效及運動指標有效性的評估	38
5-2 冰凍肩復健成效的預測	52
5-3 冰凍肩復健成效預測的改良	67
第六章、結論	76
参考文獻	77
附錄一、Constant-Murley score(CMS)	85

附錄二、Thera-Band Color Progression (取自[51])86

圖 目 錄

圖	3.1、連連看遊戲畫面示意圖1	2
圖	3.2、酒吧遊戲畫面示意圖1	3
圖	3.3、開船遊戲畫面示意圖1	4
圖	3.4、肩內轉(使用毛巾)動作示意圖1	6
圖	3.5、肩屈曲(使用長棍)動作示意圖1	6
圖	3.6、肩外展(使用長棍)動作示意圖1	.7
圖	3.7、肩外轉(使用椅子)動作示意圖1	8
圖	3.8、肩外轉(使用長棍)動作示意圖1	8
圖	3.9、肩內轉(使用毛巾)動作示意圖1	9
圖	3.10、	20
圖	3.11、肩外展(使用彈力帶)動作示意圖2	20
圖	4.1、連連看遊戲任務示意圖2	:4
圖	4.2、酒吧遊戲任務示意圖2	25
圖	4.3、開船遊戲任務示意圖2	26
圖	4.4、開船遊戲中斷點示意圖2	28
圖	4.5、類神經網路訓練流程圖3	32
圖	4.6、多層感知機架構3	3
圖	4.7、RBFN 架構3	34

表目錄

表 4.1、收案標準
表 5.1、Kinect 版 CMS 前後測分析結果38
表 5.2、連連看任務一運動指標前後測分析結果39
表 5.3、連連看任務二運動指標前後測分析結果40
表 5.4、連連看任務三運動指標前後測分析結果41
表 5.5、酒吧任務一運動指標前後測分析結果42
表 5.6、酒吧任務二運動指標前後測分析結果43
表 5.7、開船遊戲運動指標前後測分析結果44
表 5.8、Kinect 版系統多層感知機分析結果45
表 5.9、IMU 版 CMS 前後測分析結果46
表 5.10、平均角速度前後測分析結果47
表 5.11、最大瞬時角速度前後測分析結果48
表 5.12、角度停頓次數前後測分析結果49
表 5.13、角度下降次數前後測分析結果50
表 5.14、IMU 版系統多層感知機分析結果51
表 5.15、肩關節伸展角度三組訓練機初始參數設定52
表 5.16、MLP 肩關節伸展角度測試結果53
表 5.17、RBFN 肩關節伸展角度測試結果54

表	5.18	、LIBSVM	.55
表	5.19	、肩關節伸展 K-means 分群結果	.56
表	5.20	、肩關節伸展分群三組訓練機初始參數設定	.56
表	5.21	、MLP 肩關節伸展分群測試結果	.57
表	5.22	、RBFN 肩關節伸展分群測試結果	.58
表	5.23	、LIBSVM 肩關節伸展分群測試結果	.59
表	5.24	、肌力訓練磅數三組訓練機初始參數設定	.60
表	5.25	、MLP 肌力訓練磅數測試結果	.61
表	5.26	、RBFN 肌力訓練磅數測試結果	.62
表	5.27	、LIBSVM 肌力訓練磅數測試結果	.62
表	5.28	、肌力訓練 K-means 分群結果	.63
表	5.29	、肌力訓練分群三組訓練機初始參數設定	.63
表	5.30	、MLP 肌力訓練分群測試結果	.64
表	5.31	、RBFN 肌力訓練分群測試結果	.65
表	5.32	、LIBSVM 肌力訓練分群測試結果	.66
表	5.33	、	.68
表	5.34	、	.69
表	5.35	、肌力訓練指標與進步磅數關聯度分析	.70
表	5.36	、肌力訓練指標與進步幅度分群關聯度分析	.71

表	5.37	`	肩	關	節イ	申展	角	度	指	標道	改	良育	前後		三	組言	训縛	•機	測	試統	结	果.	•••••	72
表	5.38	`	肩	關	節イ	申展	分	群	指	標道	改	良育	前後		三	組言	训縛	•機	測	試統	结	果.	•••••	73
表	5.39	`	肌	力	訓絲	東磅	數	指	標	改	良	前復	发_	<u>Ξ</u>	組	訓絲	東模	急 測	試	結	果	••••	•••••	74
表	5.40	`	肌	力 [·]	訓約	東分	群	指	標	改	良	前往	幺_	<u>三</u>	組	訓絲	東模	 後測	試	結	果。	••••		75

第一章、緒論

1-1 背景介紹

1-1-1 冰凍肩的介紹與治療

冰凍肩,學名為點黏性肩關節囊炎,經常發生在五十歲左右的中年人,所以又稱「五十肩」,是臨床上十分常見的一種肩部疾病,主要的症狀是肩部的持續性疼痛,以及關節的活動度受到限制,手臂從前面或側面都舉不高,嚴重影響到日常生活功能。Codman 是最早使用冰凍肩一詞來描述此類患者 [1],其後 Neviaser 則觀察發現因肽關節滑囊(glenohumeral joint synovium)的變化而提出點黏性肩關節囊炎(adhesive capsulitis) [2],冰凍肩在一般的人口盛行率約介於 2~5%,通常好發於年龄 40~65 歲,且女性發生率高於男性(比例為 58:42) [3],如果有罹患糖尿病或甲狀腺機能亢進等疾病其發生機率也高於一般人。

Lundberg 最早提出冰凍肩的分類,分為原發性(idiopathic or primary)及次發性(secondary)冰凍肩,原發性冰凍肩是沒有受到傷害或其他因素而產生關節囊發炎,目前醫學上也還無法查出確切原因; 次發性冰凍肩又細分為系統性病因(systemic)、外因性(extrinsic)及內因性(intrinsic)等三種。系統性病因常見的問題包括糖尿病、甲狀腺疾

病,外因性如中風、肱骨骨折、巴金森疾病等後遺症,內因性則包括 旋轉肌袖損傷、肌腱炎或肌腱鈣化造成次發性冰凍肩 [4]。

依照冰凍肩的病程與組織學上的檢查,Nevaiser 提出冰凍肩的四個階段:(1)粘黏前期(preadhesive stage):通常只有輕微的滑囊發炎,臨床症狀在關節終端角度時有輕微的疼痛,幾乎沒有關節活動度受限的問題。(2)漸凍期(freezing stage):組織學上可以看到紅色且增厚的關節滑囊,臨床上伴隨嚴重的疼痛與關節受限的症狀。(3)冰凍期(frozen stage):組織學上滑囊僅有輕微發炎但有成熟增厚的粘黏組織,臨床的疼痛症狀大幅下降,關節僵硬的情形更加明顯,主被動的關節活動度相近。(4)解凍期(thawing stage):幾乎完全不會疼痛,關節活動度也因塑形反應完成而顯著增加 [5]。

冰凍肩的治療有兩大目標:(1)減輕患部疼痛,幫助患者進行後續治療。(2)改善肩關節活動度,幫助患者回復正常生活 [6]。疼痛的治療:可以口服非類固醇性抗發炎藥物、針灸,至復健科接受熱療、電療等物理治療方式以減輕疼痛。倘若發炎的情形很嚴重,可以局部注射類固醇以抑制發炎;肩關節活動度治療:使用適當的關節運動、牽張運動(包括鐘擺運動 [7]、滑輪運動 [8]、手指爬牆運動、毛巾操等)及關節鬆動術來撐開點黏的關節囊,以改善肩關節的活動度,另外也要給予適量的肌力強化運動來預防因長期活動降低造成的肌肉萎縮。

1-1-2 虛擬實境

虛擬實境,是利用電腦模擬產生三度空間的虛擬世界 [9],結合不同的輸出入設備,讓使用者感受到與真實情況相仿的聲音、影像效果,甚至與電腦模擬的 3D 情境互動,讓使用者如同身歷其境一般。近年來,虛擬實境逐漸運用於復健治療上 [10],透過電腦輔助,醫師或治療師能夠經由數位化介面控制,輕易地在虛擬實境中創造出不同強度或難易度的任務,讓病患能在即時、互動的環境中達到肢體訓練的效果;配合任務的設計使復健治療便得有趣,提升病患動機,給予病患回饋及成就感,達成復健最大成效 [11]-[14]。

1-1-3 機器學習

除了虛擬實境技術之外,電腦科學也有許多突破性的發展,尤其是人工智慧相關的技術,如機器學習。機器學習可以從過去的資料或經驗當中,萃取出感興趣的部份,建造一個模型(Model),其中定義不同的參數(Parameters),利用訓練資料(Training Data)不斷地來修正最佳化這些參數,等到模型訓練到一定的程度、參數的定義也成熟了,我們就可以利用這支程式進行預測或辨識 [15]。目前機器學習被廣泛地應用在各個領域中,如訊號辨識、自然語言、生物資訊等。

1-2 研究動機

隨著科技的發展進步,傳統依靠治療師所進行的物理治療與職能 治療已不再是唯一的方法,越來越多虛擬實境技術與復健結合的例子 [16]-[19]。在過去的系統中大多是將虛擬實境系統作為動作訓練系統, 並未使用到由系統所擷取的運動軌跡資料或是任務表現作為復健成 效的評估依據,而是持續使用臨床評估表作為復建成果的判定 [20]-[24]。

在一些研究中,系統會紀錄每次復健的任務表現,任務表現僅僅 是遊玩復健遊戲所得到的遊戲表現,如遊戲得分、遊戲時間等等[25]。 這些遊戲表現雖然是病人參與實驗所得到的進步成果,但卻沒有使用 臨床評估量表做相對應的連結,因此僅使用任務表現作為復健成果依 據是否有其實際效用,還有待進一步的評估。除了復健遊戲的任務表 現外,也有些學者會利用系統制定出運動指標,使用系統所擷取的運 動資料,如速度、軌跡或延伸發展出來的指標作為復健成果的判斷 [26]-[28]。雖然使用運動指標作為復健成效的標準,但多數僅以運動 指標作為評估項目,如同前段僅以任務表現作為復健成效,若僅以運 動指標判斷是否有其進步效用,同樣有待進一步的研究。

陸續有研究使用自製的系統所發展出的運動指標或是任務表現, 除了探討運動指標或任務表現之外,也使用臨床評估量表作為復健成 效的依據。探討復健成效的同時,雖然也有討論任務表現或復健指標以及臨床評估量表的成果,但鮮少探討復健指標及任務表現與臨床評估量表的關聯性 [29]-[31]。

此外,有許多一開始接受訓練的患者都會好奇、想知道自己未來的進步幅度可以到哪邊,雖然治療師與醫師可以透過他們以往的經驗來為病患解答,但總沒有一個客觀的依據,所以我們試著想利用肩關節復健系統所記錄的歷史資料,在過往的病人當中,他們的進步幅度是否存在著一定模式,由某些運動特徵關聯到他們的進步幅度,而新的病人一來,我們就可利用他是否有這些運動特徵而預測出他的進步幅度。

基於以上內容所述,我們思考著,是否運動指標能夠確實的反映 出病人的復健情形,因此我們使用類神經網路對運動數據進行訓練, 觀察訓練的結果是否與臨床評估量表的評分結果是否能夠吻合。本研 究將延續范堯中以及貢以航先生的研究 [32]-[33],進行更進一步的 分析與探討。

1-3 研究目的

根據上述的研究背景與動機,本論文使用兩套虛擬實境肩關節復健系統,針對冰凍肩患者肩屈曲、肩外展、肩外轉、肩內轉進行訓練,並且結合 Kinect、IMU 感測器技術,搜集復健期間由儀器所蒐集的各項實驗數據、遊戲表現等數據進行分析。本研究主要目的為:

1. 系統的復健成效及運動指標有效性的評估:

根據臨床評估結果來分析系統的復健效果,並利用系統所擷取的 各種運動數據,設計相關的運動指標,探討運動指標及臨床評估量表 的相關性。

2. 冰凍肩復健成效的預測:

在擷取運動數據,進行運動指標的建立後,利用這些指標以及病人的臨床資訊進行訓練,針對病人的進步幅度及角度作預測模型,當未來新的病人一來時,可透過此模型來預測出他未來可能的進步幅度及角度。

第二章、文獻回顧

2-1 虛擬實境在醫療復健之應用

虚擬實境是近年來快速發展、透過電腦模擬環境的一種技術,在環境中可以模擬我們現實中的世界,使用者透過虛擬實境系統即可擁有身歷其境的感受,其特色在於具有互動的特性以及給予使用者的即時回饋反映。

虚擬實境技術能夠模擬真實世界的音訊、影像、環境,甚至使用者還能與虛擬場景中的物體、角色作互動,讓使用者完全融入到電腦模擬的環境當中。當使用者融入虛擬世界中時,其生理數值會有相對應的反射情況,思考也會受到虛擬環境回饋的影響,例如緊張、心跳加速等等。Krueger 指出虛擬實境為一具有沉浸(Immersion)、想像(Imagination)、互動(Interactive)三種要素(3I)的界面,涵蓋了所有感官的互動方式 [34],也取代過去單純的影像呈現 [35]-[36]。基於這些基礎,虛擬實境技術被廣泛運用在醫療復健、安全教育、潛在能力觀察以及視覺傳達功能應用等等 [37]-[38]。

Lange 等人結合虛擬實境技術,設計一套幫助中風或脊髓損傷患者的復健運動系統,系統中將 3D 遊戲配合 Kinect,運用體感偵測技術偵測使用者即時骨架資訊,讓使用者可即時控制遊戲中的人物模型動作以完成任務。此研究指出,應用 Kinect 3D 深度感測技術於虛擬

實境復健中,大幅降低了軟硬體的建置成本;使用者亦不須穿戴或抓握任何裝置,對於肢體活動不方便的患者,也可省下難以穿戴的麻煩[39]。

Chun-Ming 與其團隊設計了一套針對肩部的復健系統,內含有六種不同遊戲,搭配類似於肩輪的硬體裝置,受試者可經由硬體裝置與遊戲互動,並藉由完成指定的轉動肩輪次數來達成遊戲任務。十名受試者進行了每天十分鐘,連續一周的實驗,結果證實受試者之肩關節活動角度皆有所改善 [40]。

Hauschild 在 2007 年提出利用虛擬實境來幫助脊髓損傷(Spinal cordinjury)的病患進行復健,由於製造及測試新的義肢和控制電刺激 (FES)演算法是非常昂貴且具有風險的,所以他們利用虛擬實境技術模擬一個虛擬的義肢讓病患及時的與場景中的虛擬物件作互動,並透過頭盔顯示器呈現整個虛擬情境給病患讓他們在虛擬場景中做復健,透過虛擬實境技術可以依據病人的情況來客製化病患的復健環境,並透過不同的輸出設備給予病患及時的回饋 [41]。

2-2 復健與運動指標相關研究

在 Hu 等人的研究之中,他們嘗試建立一個虛擬實境中風復健系統,使用感測器取得上肢的運動軌跡資料,包含手腕與肩膀的物理資訊,並從中取得座標與移動速度等資訊 [42]; Chiri 等人則設計出一只機械指套利用感測器取得手指的力量與彎曲狀況,並且透過計算得到手指彎曲的軌跡等物理資訊 [43]; Delbressine 等人設計兩套遊戲性的復健系統,一個是利用觸控螢幕以及 Kinect 模擬一套餐具練習系統,而另一個是手部穿戴式感應器結合第一個系統的硬體重新進行設計,延伸出另一套復健系統 [44]。除了以上的復健系統,越來越多學者著手於虛擬實境復健系統或相關的輔具開發,但許多系統僅提出設計,而沒有投入相關的臨床實驗。

Hoermann 等人在系統中簡單的討論任務表現以及臨床評估量表的獨立進步狀況 [45]; Duff 等人的研究系統則紀錄了多項的指標,如時間、成功率、速度、軌跡等物理意義,同時也簡單的討論臨床評估量表的復健狀況 [46]。上述研究皆有豐富的運動數據討論,且都有完整的臨床評估量表的進步比較。然而,臨床評估量表、復健表現分數以及運動軌跡資料是否存在著一定程度,這也是值得進行討論的問題。

2-3 智能評估系統運用於復健相關研究

在 Zhang 以及 Zhou 的研究中,他們以肌電圖訊號(EMG)作為主要特徵進行辨識。在他們的實驗中,有 12 位病人參與實驗,並且在手部一共擷取 89 個部位的肌電訊號。在此實驗中,病人被要求進行20 個不同的上肢運動動作,並且將 20 個動作進行時的肌電圖訊號存下,每位病人所取得的 20 個動作的肌電訊號進行辨識。研究成果顯示,每位病人在做 20 個不同的動作時所取得的機電訊號能夠有效的做出辨別,將同個病人在不同的動作所擷取到的肌電圖能夠有效辨識,代表可以使用病人大量的肌電訊號作為判斷病人狀況的特徵訊息[47]。

在 Cesqui 等人的研究中,希望能夠透過肌電圖的改變,看是否能夠對於病人的運動行為進行有效的預測辨識。在此研究中,針對水平面的前後左右四個方向的手部位移動作,紀錄肌電圖作為 SVM 的辨識內容,看能否有效的辨識出不同運動方位的運動模式 [48]。

第三章、研究方法: 系統設計

3-1 系統架構

本研究分別分析了兩套不同的肩關節復健系統—Kinect 版及 IMU版,兩套系統皆以 Unity3D 遊戲引擎製作,針對傳統冰凍肩復健動作肩屈曲、肩外展、肩外轉、肩內轉作開發,設計各種遊戲及關卡,治療師可以依照不同程度冰凍肩患者調整不同的難度,兩系統由各自感測器接收使用者動作資訊並立刻呈現在投影幕上,透過聲音、虛擬物件等即時回饋給使用者,讓使用者知道自己目前復健動作的狀態。復健結束後,系統將會把遊戲結果及歷程資訊完整地記錄下來以供後續分析。

3-2 Kinect 版扇關節復健系統

此系統將 Kinect 放在使用者的側面約 1.5 公尺處來抓取使用者的 骨架資訊,即時的做出動作辨識及姿態的追蹤,達到與虛擬場景即時 互動的效果。系統針對不同的復健動作設計了三個遊戲—連連看、酒 吧及開船,以下將對三個遊戲分別作介紹。

1.連連看



圖 3.1、連連看遊戲畫面示意圖

如圖3.1所示,這是一個模擬連連看的遊戲,主要是訓練病患在肩屈曲及肩外展方面的能力。其任務設計為每一關的規定時間3分鐘內,利用患側手掌,操作虛擬環境中的虛擬手掌,將畫面左邊看到的題目依照顯示出來的連接線連向右邊的答案,總共設計了四個關卡。第一關先是較簡單的左右水平線,第二關之後再慢慢將斜率增加來挑戰伸展幅度較大的連線,在連線過程中如果病人的手離開題目與答案的連線太遠,系統會判定失敗,這時候病人就要再將手回到題目重新再連一次。每個關卡限時3分鐘,當玩家在限時內達成破關條件時,剩下的時間就轉變為加分紀錄到總成績當中,而玩家順利突破了一個關卡之後,立刻有即時語音來鼓勵玩家繼續前進,最後關卡全破或是時間終了便會記錄總花費時間及成績。

2.酒吧



圖 3.2、酒吧遊戲畫面示意圖

如圖3.2所示,這是一個模擬酒吧的遊戲,主要訓練病患在肩屈曲 及肩外展方面的能力。在酒吧情景中拿取酒杯、完成裝酒及放置裝滿 的酒杯等任務,分成三個階段伸展訓練:

(1) 第一階段:

將患側的手從右下方拿取酒杯,此時在遊戲畫面當中會有紅框框 做提示,接下來從右下方將酒杯移至正中央的紅色框框內。

(2) 第二階段:

遵照虛擬場景的語音提示,玩家將獲得的酒杯緊貼投影幕中遊戲場景出現的紅色裝酒框框,此時的手肘要打直並將手掌持續放置在紅框內10秒鐘,不能中斷。設計目的是藉由酒杯由空的裝到滿需要10秒鐘時間,要求患者手靠著白色牆壁伸展患側的肩關節。

(3) 第三階段:

當玩家裝滿啤酒之後,遵照語音提示將滿滿的啤酒杯由正中央移至畫面左下角的放置區就完成了,這個任務設計總共要求玩家裝滿10杯的啤酒,全部結束後總花費時間會被紀錄下來。

3.開船

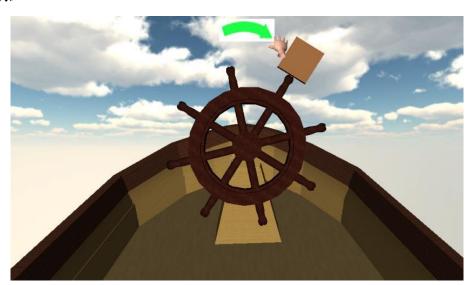


圖 3.3、開船遊戲畫面示意圖

如圖3.3所示,這是一個模擬開船的遊戲,主要訓練病患在肩內轉、 肩外轉方面的能力。任務設計為船航行遇到轉彎的情境時,玩家要將 患側手掌緊貼遊戲畫面中,船舵上正方形的目標區域,根據遊戲指示 作順時鐘或是逆時鐘的旋轉,且此時的手肘要打直,這樣才能達到復 健最大效果。遊戲畫面中,船舵會隨外部Kinect偵測玩家的動作資訊 作旋轉,當玩家確實旋轉船舵一整圈後,船隻就會順利的轉彎,繼續 朝著航道前進。整個遊戲總共設計了三個彎道,完成整個任務後會記 錄玩家花費的總時間及獲得分數並顯示出來。

3-3 IMU 版肩關節復健系統

IMU為 Inertial Measurement Unit(慣性量測單元)之縮寫,可用來 測量物體的三軸角速度(姿態角)以及加速度。我們將 IMU 裝置於各項 復健動作所相對應的肢體部位上,來進行該部位關節角度的擷取,並 將擷取到的姿態值傳送回系統中進行處理。

此復健系統主要分為兩大部分: 肩部運動及核心肌群。核心肌群是透過腹部及下半身肌肉的訓練來強化病患整體的身理機能,本研究主要是分析肩部運動,所以將不介紹核心肌群的部分。肩部運動又可分為肩關節伸展及肌力訓練共八個關卡,以下將對各關卡動作做說明。

(1) 肩內轉(使用毛巾):

1. 肩關節伸展:

感測器裝置在患側手前臂,好手放在頭部後方,患側手在身後 呈放下狀態,兩手抓住毛巾兩端,利用好手的力量將患側手向 上拉,拉到目標角度之後,停 10 秒,再放回原處,如圖 3.4 所 示。

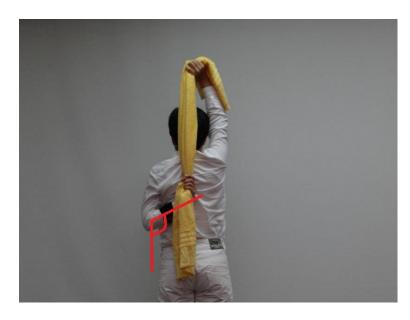


圖 3.4、肩內轉(使用毛巾)動作示意圖

(2) 肩屈曲(使用長棍):

感測器裝置在患側手上臂,雙手抓住長棍,將好手置於大腿旁, 患側手向前舉起至目標角度之後,停 10 秒,手肘切勿彎曲, 完成之後再放回原處,如圖 3.5 所示。



圖 3.5、肩屈曲(使用長棍)動作示意圖

(3) 肩外展(使用長棍):

感測器裝置在患側手上臂,雙手抓住長棍,將好手置於大腿旁, 患側手向身體側邊舉起至目標角度之後,停10秒,手肘切勿 彎曲,完成之後再放回原處,如圖3.6所示。

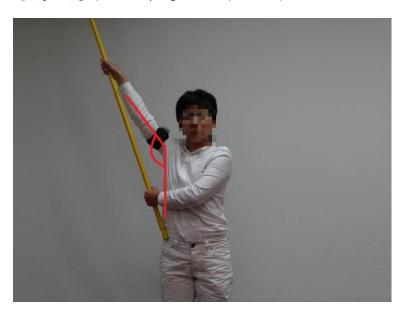


圖 3.6、 肩外展(使用長棍)動作示意圖

(4) 肩外轉(使用椅子):

感測器裝置在患側手的肩膀後方,選一張可移動的椅子和一張固定的桌子,患側手前臂放於桌面上,手肘維持 90 度彎曲,椅子往後滑動的同時身體往下彎曲,前臂切勿離開桌面,彎曲到目標角度之後,停 10 秒,身體再移動回原處,如圖 3.7 所示。



圖 3.7、 肩外轉(使用椅子)動作示意圖

(5) 肩外轉(使用長棍):

感測器裝置在患側手前臂,雙手抓住長棍,雙手上臂夾緊軀幹, 手心向上,手肘成90度,患側手水平向外伸長,拉至目標角 度之後,停10秒,再放回原處,如圖3.8所示。

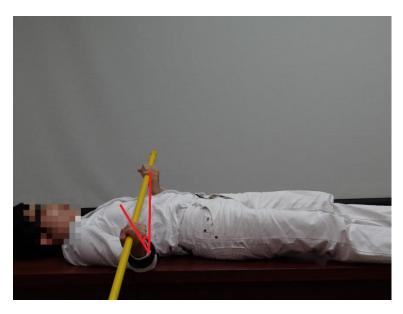


圖 3.8、肩外轉(使用長棍)動作示意圖

2. 肌力訓練:

(1) 肩外轉(使用彈力帶):

感測器裝置在患側手前臂,雙手各繞彈力帶一圈固定彈力帶, 雙手上臂夾緊軀幹,手心向上,手肘成90度,好手固定位置, 患側手水平將彈力帶向外拉,拉至目標角度之後,停10秒, 再放回原處,如圖3.9所示。

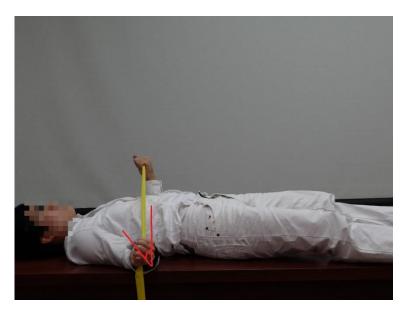


圖 3.9、肩內轉(使用毛巾)動作示意圖

(2) 肩屈曲 (使用彈力帶):

感測器裝置在患側手上臂,雙手各繞彈力帶一圈固定彈力帶, 將好手置於大腿旁固定彈力帶,患側手向前舉起至目標角度之 後,停 10 秒,手肘切勿彎曲,完成之後再放回原處,如圖 3.10 所示。



圖 3.10、肩屈曲(使用彈力帶)動作示意圖

(3) 肩外展(使用彈力帶):

感測器裝置在患側手上臂,雙手各繞彈力帶一圈固定彈力帶, 將好手置於大腿旁固定彈力帶,患側手向身體側邊舉起至目標 角度之後,停 10 秒,手肘切勿彎曲,完成之後再放回原處, 如圖 3.11 所示。

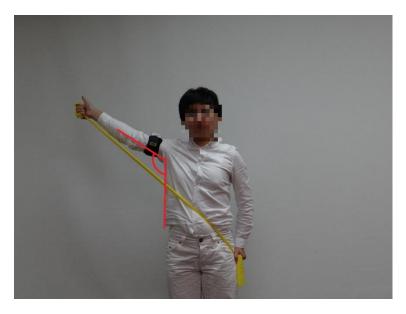


圖 3.11、 肩外展(使用彈力帶)動作示意圖

第四章、研究方法:實驗設計

4-1 收案對象與收案標準

表 4.1、收案標準

選擇標準	排除標準
年龄大於20歲	患側肩部或肱股有骨折或脫位或曾
	接受手術者
未曾接受過任何物理治療	肩膀曾接受過玻尿酸注射治療者
認知正常,可配合學習本系統之使	曾有頸椎神經根病變或肩部有退化
用方法	性關節病變者
經臨床檢查確定為冰凍肩之患者	曾患有末期惡性疾病者
簽署同意書者	懷孕者

4-2 實驗流程

實驗開始前先向受測者說明本實驗過程及目的,在同意的狀況下簽署同意書,在實驗前後都會由專職醫護人員做 CMS(Constant-Murley score)評定(請見附錄一),兩實驗設計皆為一周兩次總共為期四周的行程,每次受測者將會先在患側做肩關節熱敷及干擾波電療後進行其系統之復健療程。

4-3 實驗量測資料

4-3-1 臨床評估

1. Constant-Murley score (CMS):

CMS 評分量表目前被廣泛用於肩部疾病治療時的評分指標,透過該量表的總分來評估治療成效。CMS 量表總分為 100 分,內含有四類評估項目:

- (1) 疼痛感:總分 15 分,為受試者對其扇關節之主觀疼痛感受。得 分分別為嚴重 0 分、中等 5 分、輕微 10 分、完全不痛 15 分。
- (2) 活動及日常生活的影響(ADL):總分20分,由治療師詢問受 試者日常生活、娛樂運動及睡眠是否受到肩部疾病的影響及嚴 重程度。
- (3) 扇關節活動度(ROM):總分40分,由物理治療師量測受試者 之間關節活動度進行評分。

(4) 肌力強度:總分 25 分,由物理治療師量測受試者肌力強度進行 評分。

2. 主動及被動肩關節角度測量:

此項目主要檢測受試者的肩關節活動度,共有肩關節伸展、屈曲、外展、內轉、外轉五個動作。在受試者接受復健實驗前後,皆會由治療師使用量角器為受試者量測角度並記錄下來,用以評估受試者接受復健治療的成效。

4-3-2 運動指標

1. Kinect 版肩關節復健系統

我們利用 Kinect 抓取受測者在復健過程手部的移動軌跡資訊,觀察受測者的運動模式,將這些資訊作物理運算,建立相關的運動指標做評估分析。

以下將介紹 Kinect 版三個遊戲的運動模式及其指標建立:

(1) 連連看

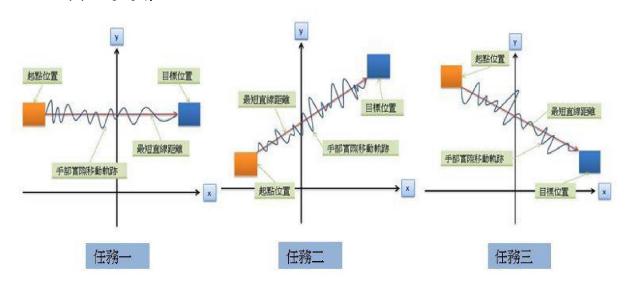


圖 4.1、連連看遊戲任務示意圖

如圖4.1所示,連連看遊戲總共設計了三種任務,任務一為在不同高度下由左題目區往右答案區做一水平線的延伸運動、任務二為在不同斜率下由左下題目區往右上答案區做一直線的延伸運動,、任務三則是在不同斜率下由左上題目區往右下答案區做一直線的延伸運動。

運動指標的建立:1. 運動效率、2. 運動速率、3. 最大瞬間速度、4. 動作偏移量

(2) 酒吧

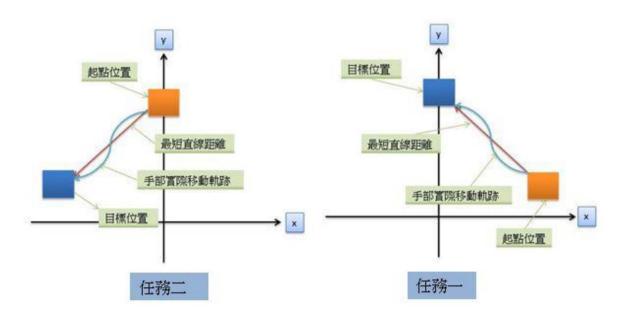


圖 4.2、酒吧遊戲任務示意圖

如圖4.2所示,酒吧遊戲設計了兩種不同的任務,任務一為 由右下區域拿取空酒杯往螢幕中央區域裝酒、任務二為將裝滿 啤酒的酒杯由中央區域移往左下方的酒杯放置區。

運動指標的建立:1. 運動效率、2. 運動速率、3. 最大瞬間速度、4. 動作偏移量

(3) 開船

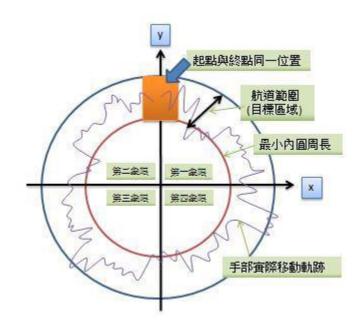


圖 4.3、開船遊戲任務示意圖

如圖4.3所示,開船遊戲設計了一個任務,病人將患側手由 正上方舵把的起始區域開始轉舵,根據任務提示做順時針或是 逆時針的方向,在訓練任務期間患側手必須一直保持在目標區 域內,直到完成一整圈才算達成任務。

運動指標的建立: 1. 運動效率、2. 轉動速率、3. 最大瞬間角速率、4. 動作偏移量、5.中斷點

各個運動指標的意義及運算公式:

1. 運動效率:病人在訓練任務中的移動軌跡對於任務設定目標軌跡的 比例值,如果比例值越接近1,代表運動效率越高,如公式4.1。

2. 運動速率:病人在訓練任務中的移動軌跡除以完成任務所花費的時間,當病患越能快速地移動患側的手完成任務或是他花費的時間越少,運動速率就越高,如公式4.2。

- 3. 最大瞬間速度(V_max):計算任務期間病人每一個瞬間或是時間點 病人手移動的瞬間速度值,並記錄下最大瞬間速度值。我們假設穩 定的運動其速度值變化將會表現平穩,不會有劇烈的變化,所以越 低的最大瞬間速度代表較高的運動穩定度。
- 4. 動作偏移量(RMS):

每個時間點病人當下的手部位置與訓練任務目標路徑的距離差值, 將每個差值加總起來就是這個病人該次任務的動作偏移量。越低的 動作偏移列代表較高的運動精確度以及控制度,如公式4.3。

$$S_{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta S_i^2}{n}}$$
 \(\frac{\frac{1}{2}}{n}\)

其中 S_{RMS} 代表動作偏移量, ΔS 代表偏移量,n代表資料點個數

5. 轉動速率性:病人在訓練任務中的轉動角度除以完成任務花費的時間,因為畫圓一圈都是三百六十度,所以花費的時間越少代表轉動速率越高。

6. 最大瞬間角速率(ω_max):計算任務期間病人每一個瞬間或是時間 點病人手轉動的角度值,並記錄下最大瞬間轉動角速率值,因為任 務設計為等速率圓周運動,病人要控制自己的患側手在目標區域內, 並減少爆衝的機會。

7. 中斷點:

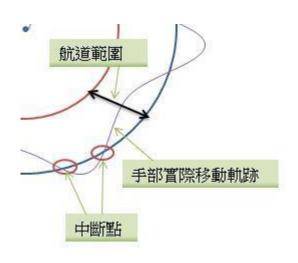


圖 4.4、開船遊戲中斷點示意圖

如圖4.4所示,在開船遊戲當中,只要病人的患側手穩定度不 夠,沒辦法沿著航道持續伸展,一旦離開範圍操控的物件就會停 止移動並計算中斷點。

2. IMU 版肩關節復健系統

此系統記錄了受試者復健時的歷程時間以及感測器的角度變化, 我們利用這些資訊建立相關的運動指標來了解受試者復健時的運動 情形,並供後續做評估。

以下將介紹 IMU 版肩關節伸展和肌力訓練的運動指標

1. 肩關節伸展

(1)平均角速度

角速度為每個單位時間內感測器角度上升的幅度,時間點是從 病患開始做動作時開始到治療師所設定的目標角度為止,之後 我們會將這個時間區段內的所有角速度值相加並且除以總時間 點的數目,來取出該時間區段內的平均角速度。當完成的時間 越短,平均角速度則越快。

(2)最大瞬時角速度

從上述角速度中,取出該時間區段最大的那一個值做為最大角速度。

(3) 角度上升停頓次數

病患在開始做動作到抵達目標角度的這段時間內,我們會對每個時間點,及該時間點前後各7個時間點的角度進行分析,看看這15個時間點的角度是否都維持在正負一度之間,如果是的

話,我們則將此時間點判定為一次停頓,會取 15 個時間點的原因是在於畫面每秒的張數大約是 30 FPS,15 個點的時間大約會在 0.5 秒左右,已經足夠為人類的肉眼來判斷為停頓。

(4)角度落下次數

病患在開始做動作到抵達目標角度的這段時間內,如果當前時 間點及後一個時間點的角速度為負的,然後前一個時間點的角 速度為正的,我們就將此時間點判斷為一次角度落下。

(5)超過目標角度眾數

當病患超過目標角度後,需維持 10 秒鐘,我們將計算這十秒鐘,病患所能夠達到最大角度的眾數是多少。

(6)超過目標角度眾數時間

當病患超過目標角度後,需維持 10 秒鐘,我們將計算超過目標角度眾數所維持的時間。

(7)超過目標角度後落下次數

當病患超過目標角度後,又低於目標角度時,判斷為一次落下。 病患可能會因肌耐力不足而無法一直維持在目標角度之上

2. 肌力訓練

肌力訓練的(1)~(4)、(6)、(7)運動指標皆與肩關節伸展相同。

(5)可維持磅數眾數

由於肌力訓練會使用彈力帶當做輔助工具,依照病患的嚴重程 度不同會使用不同的彈力帶,這會影響每個病患的角度,所以 我們必須依據彈力帶轉換表(請見附錄二),來轉換成對應的磅 數。

(8)角加速度

我們利用算出來的角速度與下個時間點角速度相減在除以該時間間隔,得到角加速度值。

4-4 分析方法(I) 運動指標有效性的評估

為了判斷上述兩項實驗的運動指標是否具評估功能、參考價值、 與傳統評估量表 CMS 是否有相關,我們將使用類神經網路(MLP)來 驗證。我們把病人的運動指標當作訓練資料,而其所對應的 CMS 當 作期望輸出,對類神經網路進行訓練,期望病人的運動指標可以用來 判斷 CMS 分數。訓練流程如圖 4.5。

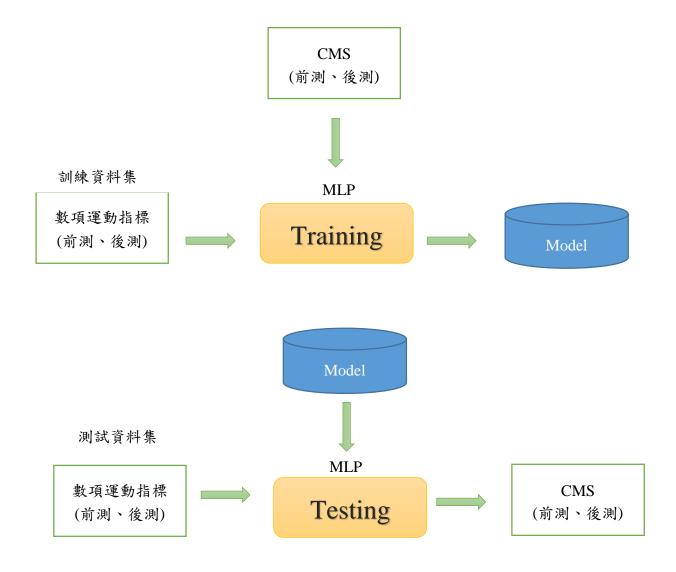


圖 4.5、類神經網路訓練流程圖

4-4-1 類神經網路

4-4-1-1 多層感知機(Multilayer Perceptrons,MLP)

多層感知機顧名思義,具有一層或一層以上的隱藏層,如圖 4.6 所示,擁有以下特性:(1)網路具有高度聯結性,相聯神經元會互相影響而調整和學習(2)每個類神經元的輸出端都包含了一個非線性的活化函數。它是平滑可微分的函數,通常以 sigmoid 函數表示,使得多層感知機可以解決非線性問題。

其網路的訓練演算法由倒傳遞演算法(Backpropagation algorithm) 最廣為使用,包含兩個階段前饋及倒傳遞階段。在前饋階段時,輸入 向量引入輸入層,經由隱藏層傳導至輸出層,並計算網路輸出值後, 進入倒傳遞階段,以期望輸出值減去網路輸出值後得到誤差信號,將 此誤差信號倒傳遞回網路中,修改網路鍵結值,使得網路輸出值慢慢 逼近期望輸出值 [49]。

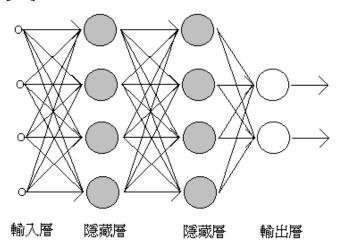


圖 4.6、多層感知機架構 [49]

4-4-1-2 放射狀基底函數網路(Radial Basis Function Network,RBFN)

放射狀基底函數網路,與多層感知機不同,只有一層隱藏層,如圖 4.7 所示,隱藏層將輸入層的值透過非線性活化函數轉換至輸出層,再由輸出層做線性組合輸出,常用的活化函數有高斯函數 (Gaussian function)、二次多變數函數(multiquadratic function),資料中心點的選取,對 RBFN 的影響很大,可利用非監督式演算法如 k-means 演算法來改良。

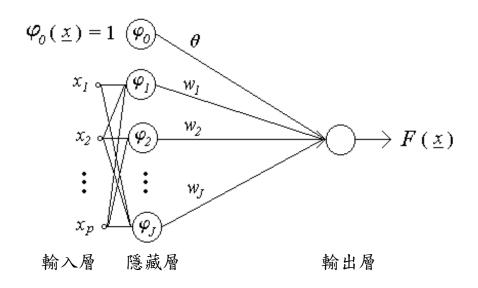


圖 4.7、RBFN 架構 [49]

4-4-2 支持向量機(Support Vector Machine,SVM)

SVM 其原理為給定一訓練資料於特徵空間中找出一超平面 (hyperplane)使得兩類型資料距離最大化,若在低維度無法分開,可將資料映射到高維度空間,使其可分開。

SVM除了分類問題外,也可用來處理回歸(regression)問題,所謂的回歸指的是每個實體(instance)所對應的標籤(label)是連續的實數,而非離散的相異類別,處理回歸問題的 SVM,稱為 Support Vector Regression,SVR 的目標為尋找空間中的最適平面。和 SVM 不同的是, SVM 找的是能將資料一分為二的平面,而 SVR 所找的則是能準確預測資料分佈的平面。本研究中將使用 LibSVM 進行我們的模型訓練 [50]。

4-5 分析方法(II) 冰凍肩復健成效的預測

本研究針對 IMU 版肩關節復健系統進行復健成效的預測,目標在於當病人第一次使用此復健系統後,可由系統計算的相關運動指標加上本身的臨床資訊透過類神經網路(MLP、RBFN)或 SVM 來推算出病人可能的進步角度以及進步幅度,依照復健動作分成兩部分:肩關節伸展及肌力訓練

1. 肩關節伸展:

我們將病患第一次復健的七個運動指標加上八個臨床資訊當作訓練資料,分別以進步角度、進步幅度分群當作期望輸出,進行類神經網路及 SVM 訓練。進步幅度分群為進步幅度透過 K-means 演算法分群,進步幅度計算方法如公式 4.4。

訓練資料:(1)平均角速度(2)最大角速度(3)角度上升停頓次數(4)角度落下次數(5)超過目標角度眾數(6)超過目標角度眾數時間(7)超過目標角度後落下次數(8)CMS前測(9)疼痛指數(10)疲累指數(11)冷凍期(12)年齡(13)患側手(14)性別(15)復健次數。

<1>期望輸出:進步角度。

<2>期望輸出:進步幅度分群。

2.肌力訓練

我們將病患第一次復健的八個運動指標加上十個臨床資訊當作訓練 資料,分別以進步磅數、進步幅度分群當作期望輸出,進行類神經 網路及 SVM 訓練。進步幅度分群為進步幅度透過 K-means 演算法 分群,進步幅度計算方法如公式 4.5。

訓練資料:(1)平均角速度(2)最大角速度(3)角度上升停頓次數(4)角度落下次數(5)可維持磅數(6)超過目標角度眾數時間(7)超過目標角度後落下次數(8)角加速度(9)CMS前測(10)疼痛指數(11)疲累指數(12)冷凍期(13)年龄(14)患側手(15)性別(16)復健次數(17)手臂長(18)彈力帶。

<2>期望輸出:進步幅度分群。

第五章、分析結果與討論

5-1 系統復健成效及運動指標有效性的評估

1. Kinect 版肩關節復健系統

本系統收案總數為二十個,平均年齡為六十歲,有五個男生及十五個女生,由於實驗樣本數較小且可能並非成常態分布,所以我們以無母數(Non-parametric statistics) Wilcoxon Rank Sum Test 進行統計分析,其顯著性<0.05,表示有顯著差異。

表 5.1、Kinect 版 CMS 前後測分析結果

個數 平均數 標準差 Z值 顯著性

CMS	前測	20	58.400	14.313	2 925	000**
CMS	後測	20	76.500	9.489	3.825	.000**

如表 5.1 所示,我們可以到看到病患在做完此復健療程後,臨床評估量表 CMS 前後測分數有達顯著差異,表示此系統的確可以提升冰凍肩患者肩部的能力,達到復健的效果。

(1)連連看遊戲運動指標分析

連連看任務一中,如表 5.2 所示,病人在第一次及第八次運動速率有明顯地提升,代表經過訓練後病人可以較靈活地使用他們的患側手,更快速的達到目標。運動效率、RMS、V_max 都未達顯著差異,不過從平均數看是有下降的趨勢,表示病人還是有稍微進步、穩定,不顯著原因可能是因為任務一為水平連線,較其它任務簡單,所以前後顯著性不高。

表 5.2、連連看任務一運動指標前後測分析結果

運動速率-任務一 第一次 54 41.151 39.818 第八次 54 69.844 37.693 運動效率-任務一 第一次 54 1.411 .411 第八次 54 1.262 .208 第一次 54 23.667 41.147 第八次 54 13.420 7.069 第一次 54 884.554 507.595			個數	平均數	標準差	Z值	顯著性
第八次 54 69.844 37.693 第一次 54 1.411 .411 第八次 54 1.262 .208 RMS-任務一 第一次 54 23.667 41.147 第八次 54 13.420 7.069	海動油葱 仁致一	第一次	54	41.151	39.818	. 110	000**
運動效率-任務一 第八次 54 1.262 .208 -1.718 .086 RMS-任務一 第一次 54 23.667 41.147 -1.106 .269 第八次 54 13.420 7.069 -1.106 .269	建助还平-任份	第八次	54	69.844	37.693	-4.10	.000***
第八次 54 1.262 .208 RMS-任務一 第一次 54 23.667 41.147 第八次 54 13.420 7.069 -1.106 .269	军和北京上改	第一次	54	1.411	.411	. 1710	006
RMS-任務一 第八次 54 13.420 7.069	理助效率-任務一	第八次	54	1.262	.208	-1./10	.000
第八次 54 13.420 7.069	DMC 1+ 25	第一次	54	23.667	41.147	. 1 104	260
第一次 54 884.554 507.595	KIVIO-仕務一	第八次	54	13.420	7.069	-1.100	.209
	V_max-任務一	第一次	54	884.554	507.595	006	224
V_max-任務一 第八次 54 758.722 218.942986 .324		第八次	54	758.722	218.942	900	.344

連連看任務二中,如表 5.3 所示,病人在第一次及第八次運動速率、運動效率、RMS、V_max 都有顯著差異,代表經過訓練後病人可以較靈活地使用他們的患側手,更快速、有效率、穩定的達到目標。

表 5.3、連連看任務二運動指標前後測分析結果

		個數	平均數	標準差	Z值	顯著性
海動油葱 仁致一	第一次	72	48.839	43.532	-4.615	000**
運動速率-任務二	第八次	72	70.873	36.691	-4.013	.000**
雷動於家 仁致一	第一次	72	1.476	.349	<i>5 27</i> 0	000**
運動效率-任務二	第八次	72	1.227	.176	-5.379	.000**
DMC /t.效 -	第一次	72	22.761	18.742	2 400	001**
RMS-任務二	第八次	72	20.242	21.811	-3.409	.001**
V may 任政一	第一次	72	1039.005	380.055	4 272	000**
V_max-任務二	第八次	72	784.876	281.033	-4 .273	.000**

連連看任務三中,如表 5.4 所示,病人在第一次及第八次運動速率、運動效率、RMS、V_max 都有顯著差異,代表經過訓練後病人可以較靈活地使用他們的患側手,更快速、有效率、穩定的達到目標。

表 5.4、連連看任務三運動指標前後測分析結果

		個數	平均數	標準差	Z值	顯著性
海動油葱 仁致二	第一次	54	43.902	36.163	. 2 120	002**
運動速率-任務三	第八次	54	68.203	37.725	-3.138	.002**
海動故恋 仁致二	第一次	54	1.431	.349	. 4 900	000**
運動效率-任務三	第八次	54	1.171	.176	-4.800	.000**
DMC 社致二	第一次	54	21.660	18.742	2 1 4 7	002**
RMS-任務三	第八次	54	19.679	21.811	-3.147	.002**
V_max-任務三	第一次	54	1005.137	461.475	2 164	002**
	第八次	54	762.579	346.501	-3.164	.002**

(2)酒吧遊戲運動指標分析

酒吧任務一中,如表 5.5 所示,病人在第一次及第八次運動速率、運動效率、RMS、V_max 都有顯著差異,代表經過訓練後病人可以較靈活地使用他們的患側手,更快速、有效率的達到目標。V_max 與連連看遊戲不同,是呈顯著上升,可能是因為病人在訓練過後對任務目標更明確,可以更迅速、有力地運用患側手。

表 5.5、酒吧任務一運動指標前後測分析結果

顯著性 個數 平均數 標準差 Z值 第一次 80 382.925 199.159 運動速率-任務一 -5.770 .000** 第八次 80 550.455 202.976 第一次 80 2.371 .948 運動效率-任務一 -2.144 .032* 第八次 **80** 2.152 1.122 第一次 84.514 20.373 80 RMS-任務一 -2.935 .003** 第八次 80 77.142 26.835 第一次 **80** 3619.709 3749.477 V_max-任務一 -3.803 .000** 第八次 4294,762 80 3159.136

酒吧任務二中,如表 5.6 所示,病人在第一次及第八次運動速率、 RMS、V_max 都有顯著差異,代表經過訓練後病人可以較靈活地使用 他們的患側手,更快速、有效率的達到目標。運動效率未達顯著原因 可能為任務二是從中間高處移至低處,較為簡單,病人容易走最短路 徑,數值已近為 1,所以前後進步不大。

表 5.6、酒吧任務二運動指標前後測分析結果

		個數	平均數	標準差	Z值 顯著性
運動速率-任務二	第一次	80	642.459	240.564	-6.552 .000**
理期还平-任務一	第八次	80	928.429	283.548	-6.552 .000**
マモルルボーナル	第一次	80	1.447	.823	930 .352
運動效率-任務二	第八次	80	1.389	.533	930 .332
DMC 1+ 24 -	第一次	80	64.917	25.043	-2.494 .013*
RMS-任務二	第八次	80	61.705	25.104	-2.494 .013 ·
V_max-任務二 ·	第一次	80	1789.911	803.339	-5.300 .000**
	第八次	80	2459.521	1360.866	-3.300 .000

(3)開船遊戲運動指標分析

開船遊戲,如表 5.7 所示,病人在第一次及第八次轉動速率、運動效率、RMS、ω_max、中斷點都有顯著差異,代表經過訓練後病人可以較靈活地使用他們的患側手,更快速、有效率的完成任務。運動效率未達顯著原因可能為任務二是從中間高處移至低處,較為簡單,病人容易走最短路徑,所以前後進步不大。

表 5.7、開船遊戲運動指標前後測分析結果

		個數	平均數	標準差	Z值	顯著性
轉動速率	第一次	24	12.005	2.557	2 200	001**
特期还平	第八次	24	15.046	2.109	-3.200	.001**
運動效率	第一次	24	3.785	2.329	-3.229	001**
建	第八次	24	2.487	1.070	-3.229	.001**
RMS	第一次	24	36.649	8.482	-3.286	.001**
KIVIS	第八次	24	26.760	6.852	-3.200	.001
6) mov	第一次	24	229.408	187.948	-2.400	.016*
ω _max	第八次	24	147.591	143.552	-2.400	.010
中斷點	第一次	24	13.080	11.942	-3.378	001**
干幽和	第八次	24	5.080	5.453	-3.3/8	.001**

(4)運動指標的評估

利用我們得到各遊戲的運動指標,我們思考著這些運動指標是否存在著某種函數對應到臨床評估量表 CMS,所以我們藉由多層感知機(MLP)來幫助我們探索這些數據,結果如表 5.8 所示,其中 Mape 為絕對誤差值百分比,計算方法如公式 5.1,酒吧遊戲有合理的預測能力,連連看遊戲及開船遊戲都有準確的預測能力,表示這些運動指標的確與臨床評估量表有關聯。(MLP 隱藏層 1 層,神經元 2 個, MSE 設定 0.0035,學習次數 10 萬,學習率 0.5)

表 5.8、Kinect 版系統多層感知機分析結果

		MLP
	訓練 Mape(%)	測試 Mape(%)
連連看	9.984%	16.957%
酒吧	9.850%	23.369%
開船	9.710%	19.577%
	<10	高準確的預測
Mape(%)	10-20	有準確的預測
	20-50	合理的預測
	>50	不準確的預測

平均絕對值誤差百分比(Mean Absolute Percentage Error):

$$\mathbf{Mape} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right|}{n} \times 100\%$$
 \$\pi(5.1)

其中 yi代表期望值 , ŷi代表估計值 , n 代表樣本數

2. IMU 版肩關節復健系統

本系統收案總數為十三個,平均年齡為五十三歲,有三個男生及十個女生,由於實驗樣本數較小且可能並非成常態分布,所以我們以無母數(Non-parametric statistics) Wilcoxon Rank Sum Test 進行統計分析,其顯著性<0.05,表示有顯著差異。

表 5.9、IMU 版 CMS 前後測分析結果

個數 平均數 標準差 Z值 顯著性

CMS	前測	13	58.000	14.725	- 2.002	004**
CMS	後測	13	69.384	15.245	2.902	.004**

如表 5.9 所示,我們可以到看到病患在做完此復健療程後,臨床評估量表 CMS 前後測分數有達顯著差異,表示此系統的確可以提升 冰凍肩患者肩部的能力,達到復健的效果。

(1)平均角速度

如表 5.10 所示,平均角速度僅有第一個動作肩內轉(使用毛巾)有 顯著進步,而在其他動作都沒有顯著差異,表示患者在訓練前後平 均角速度不會有太大變化。

表 5.10、平均角速度前後測分析結果

		個數	平均數	標準差	Z值	顯著性
肩內轉(使用毛巾)	第一次	13	22.594	11.419	-2.201	.028*
用 内 特 (使用 七 中)	第八次	13	28.029	11.006	-2.201	
肩屈曲(使用長棍)	第一次	13	46.957	13.747	-5.240	.600
用 田 田 (使 用 衣 化)	第八次	13	45.077	21.739	-5.240	.000
肩外展(使用長棍)	第一次	13	40.587	12.377	-1.293	.196
州 / 依() () () () ()	第八次	13	49.862	23.060	-1.293	.190
肩外轉(使用椅子)	第一次	13	20.950	4.769	-1.363	.173
州村(使用何丁)	第八次	13	24.177	9.382	-1.303	.173
肩外轉(使用長棍)	第一次	13	12.486	7.319	874	202
用 介特(使用 衣化)	第八次	13	14.450	8.707	0/4	.382
肩外轉(使用彈力帶)	第一次	13	17.571	10.218	594	.552
肉外特(伙用评刀布)	第八次	13	20.329	11.695	394	.554
肩屈曲(使用彈力帶)	第一次	13	58.580	32.017	245	.807
內 田 田 (() 円 平 月 帝 ()	第八次	13	56.727	20.639	243	.007
肩外展(使用彈力帶)	第一次	13	36.000	19.001	1 640	.101
/A / T/ R (I C / T / T / T / T / T / T / T / T / T /	第八次	13	45.399	19.308	-1.642	.101

(2)最大瞬時角速度

如表 5.11 所示,最大瞬時角速度在肩內轉(使用毛巾)、肩外展 (使用長棍)、肩外轉(使用椅子)、肩外展(使用彈力帶)都有顯著進步,雖然在其他動作都沒有顯著,但從平均數來看都有增加的趨勢,可能表示難度越難後,需要用使更多力氣達到目標,瞬時角速度增加。

表 5.11、最大瞬時角速度前後測分析結果

		個數	平均數	標準差	Z值	顯著性
肩內轉(使用毛巾) 。	第一次	13	134.64	77.239	-2.551	.011*
Ŋ N 特(使用七中)	第八次	13	211.055	122.838	-2.551	.011"
肩屈曲(使用長棍)	第一次	13	289.259	100.772	734	.463
房 出 曲 () 尺 巾 	第八次	13	314.696	115.249	/34	.403
肩外展(使用長棍)	第一次	13	217.485	67.824	-2.411	016*
月	第八次	13	315.334	127.911	-2.411	.016*
肩外轉(使用椅子)	第一次	13	164.538	53.469	-2.691	.007*
例 介特(使用 何 丁) 	第八次	13	222.160	76.57		
肩外轉(使用長棍)	第一次	13	84.327	61.161	-1.083	.279
州 月 特() () () ()	第八次	13	95.312	66.020	-1.003	.219
肩外轉(使用彈力帶)	第一次	13	113.157	109.791	-1.642	.101
州州特(侯川)坪川市)	第八次	13	122.919	48.714	-1.042	.101
肩屈曲(使用彈力帶)	第一次	13	283.301	163.545	-1.083	.279
网 田 田 (() () () ()	第一次	13	320.238	125.544	-1.003	.419
肩外展(使用彈力帶)	第一次	13	171.292	67.572	-2.341	.019*
房/T/依(仗用)并 从 "()	第八次	13	239.486	63.454	-4.341	.019

(3)角度停頓次數

如表 5.12 所示,角度停頓次數在所有動作都沒有顯著差異,表示病患在訓練前後,角度停頓次數不會有太多變化,可能在於病患雖然復健狀況會越來越好,可是目標角度也會越來越高,難度提升,所以角度停頓次數前後無差別。

表 5.12、角度停頓次數前後測分析結果

		個數	平均數	標準差	Z值	顯著性
肩內轉(使用毛巾)	第一次	13	1.363	1.0473	445	.656
周 17 特(反用 七中)	第八次	13	1.269	.798	443	.030
肩屈曲(使用長棍)	第一次	13	1.016	.563	804	.421
冯 西 四 () () () ()	第八次	13	1.281	.887	004	.421
白州尼(法田匡坦)	第一次	13	.952	.587	070	027
肩外展(使用長棍)	第八次	13	.956	.666	079	.937
肩外轉(使用椅子)	第一次	13	2.849	1.453	196	.844
例 介特(使用 何丁)	第八次	13	3.200	2.133	190	
肩外轉(使用長棍)	第一次	13	1.193	.540	275	704
州 / 特(汶川 衣化)	第八次	13	1.247	.582	-,215	.784
肩外轉(使用彈力帶)	第一次	13	1.318	.847	175	.861
州外(伏川平川市)	第八次	13	1.413	1.057	1/5	.001
肩屈曲(使用彈力帶)	第八次	13	.539	.446	350	.727
内出曲(伏川平刀市)	第一次	13	.672	.524	550	.121
自外届(体田端 4 选)	第一次	13	1.090	1.010	-1.067	.286
肩外展(使用彈力帶)·	第八次	13	.788	.443	-1.00/	.200

(4)角度下降次數

如表 5.13 所示,角度下降次數在所有動作都沒有顯著差異,表示病患在訓練前後,角度下降次數不會有太多變化,可能在於病患雖然復健狀況會越來越好,可是目標角度也會越來越高,難度提升,所以角度下降次數前後無差別。

表 5.13、角度下降次數前後測分析結果

個數 平均數 標準差 Ζ值 顯著性 第一次 1.358. 13 1.063 肩內轉(使用毛巾) -1.845 .065 第八次 1.469 13 .971 第一次 13 .198 .272 肩屈曲(使用長棍) -1.112 .226 第八次 13 .373 .555 第一次 13 .361 .318 肩外展(使用長棍) -.460 .646 第八次 .290 .335 13 第一次 13 3.550 1.807 肩外轉(使用椅子) -.0.35 .972 第八次 13 3.707 2.672 第一次 13 .198 .211 肩外轉(使用長棍) -.970 .332 第八次 13 .349 .463 第一次 .970 .975 13 肩外轉(使用彈力帶) -.140 .889 第八次 .884 13 1.005 第一次 13 .243 .252 肩屈曲(使用彈力帶) -.059 .953 第八次 .413 13 .873 第一次 13 .483 .662 肩外展(使用彈力帶) .695 -392 第八次 .488 .692 13

(5)運動指標的評估

綜合以上運動指標,一樣試著找這些運動指標是否存在著某種函數對應到臨床評估量表 CMS,我們藉由多層感知機(MLP)來探索這些數據,結果如表 5.14 所示,測試 Mape 值 12.91%,有準確的預測能力,表示這些運動指標的確與臨床評估量表有一定關聯。(MLP 隱藏層一層,神經元 3 個, MSE 設定 0.0035,學習次數 10 萬,學習率 0.5)

表 5.14、IMU 版系統多層感知機分析結果

		MLP	
	訓練 Mape	測試 Mape	
IMU 版			
復健系統	9.14%	12.913%	
	<10	高準確的預測	
Mape(%)	10-20	有準確的預測	
	20-50	合理的預測	
	>50	不準確的預測	

5-2 冰凍肩復健成效的預測

本研究針對 IMU 版扇關節復健系統進行復健成效的預測,此復健系統分為肩關節伸展及肌力訓練兩部分。

1. 肩關節伸展

(1)進步角度為期望輸出

我們將訓練資料丟進機器進行訓練,表 5.15 為三組訓練機初始 參數設定。測試結果如表 5.16 到 5.18 所示,三組訓練機都有高準確 的預測能力,LIBSVM 的結果較低於其他兩組,RBFN 為最高準確預 測。

表 5.15、肩關節伸展角度三組訓練機初始參數設定

		MLP)		RBFN		LIE	BSVM
	學習率	MSE	學習次數	學習率	MSE	學習次數	cost	gamma
房內轉 (使用毛巾)	0.5	0.0001	10 萬	0.5	0.001	10 萬	32	0.0078
房屈曲 使用長棍)	0.5	0.001	10 萬	0.5	0.001	10 萬	8	0.5
扇外展 (使用長棍)	0.5	0.001	10 萬	0.5	0.001	10 萬	2	0.5
肩外轉 (使用椅子)	0.5	0.0001	10 萬	0.5	0.001	10 萬	2	0.0078
肩外轉 (使用長棍)	0.5	0.0001	10 萬	0.5	0.001	10 萬	32	0.0078

表 5.16、MLP 肩關節伸展角度測試結果

			1			1		
	2			3			4	
訓練 Mape	測試 Mape	整體 Mape	訓練 Mape	測試 Mape	整體 Mape	訓練 Mape	測試 Mape	整體 Mape
3.98%	5.81%	4.21%	3.84%	5.97%	4.11%	3.88%	5.86%	4.13%
3.85%	4.12%	3.88%	3.76%	3.96%	3.78%	3.75%	3.98%	3.78%
3.83%	4.38%	3.90%	3.81%	4.57%	3.91%	3.72%	4.25%	3.79%
3.81%	2.21%	3.61%	3.79%	1.96%	3.56%	3.78%	1.88%	3.54%
3.85%	7.13%	4.26%	3.82%	7.38%	4.26%	3.71%	7.23%	4.15%
3.86%	4.73%	3.97%	3.80%	4.77%	3.92%	3.77%	4.64%	3.88%
			<	10	高準	確的預測	J	
			10	-20				
e(%)			20	0-50				
			>	-50	不準	確的預測		
	Mape 3.98% 3.85% 3.85% 3.86%	訓練 測試 Mape Mape 3.98% 5.81% 3.85% 4.12% 3.83% 4.38% 3.85% 7.13% 3.86% 4.73%	訓練 測試 整體 Mape Mape 3.98% 5.81% 4.21% 3.85% 4.12% 3.88% 3.90% 3.81% 2.21% 3.61% 3.85% 7.13% 4.26% 3.86% 4.73% 3.97%	訓練 Mape 測試 整體 Mape 訓練 Mape 3.98% 5.81% 4.21% 3.84% 3.85% 4.12% 3.88% 3.76% 3.83% 4.38% 3.90% 3.81% 3.81% 2.21% 3.61% 3.79% 3.85% 7.13% 4.26% 3.82% 3.86% 4.73% 3.97% 3.80% (%) 2.21% 3.97% 3.80%	訓練 測試 整體 訓練 測試 Mape Mape Mape Mape Mape 3.98% 5.81% 4.21% 3.84% 5.97% 3.85% 4.12% 3.88% 3.76% 3.96% 3.83% 4.38% 3.90% 3.81% 4.57% 3.81% 2.21% 3.61% 3.79% 1.96% 3.85% 7.13% 4.26% 3.82% 7.38% 3.86% 4.73% 3.97% 3.80% 4.77% <10 10-20	訓練 測試 整體 訓練 測試 整體 Mape Mape Mape Mape Mape 3.98% 5.81% 4.21% 3.84% 5.97% 4.11% 3.85% 4.12% 3.88% 3.76% 3.96% 3.78% 3.83% 4.38% 3.90% 3.81% 4.57% 3.91% 3.81% 2.21% 3.61% 3.79% 1.96% 3.56% 3.85% 7.13% 4.26% 3.82% 7.38% 4.26% 3.86% 4.73% 3.97% 3.80% 4.77% 3.92% <10 高準 有準 有型 有型 20-50 合品	訓練 Mape 測試 整體 Mape 訓練 Mape 測試 整體 Mape 訓練 Mape 訓練 Mape Mape	割練 測試 整體 割練 測試 整體 割練 測試 Mape M

表 5.17、RBFN 肩關節伸展角度測試結果

RBFN		·				/X//\ I=\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\			
神經元個數		2			3			4	
11 12701432	訓練 Mape	測試 Mape	整體 Mape	訓練 Mape	測試 Mape	整體 Mape	訓練 Mape	測試 Mape	整體 Mape
房內轉 (使用毛巾)	3.88%	6.51%	4.21%	3.82%	6.27%	4.13%	3.67%	6.22%	3.99%
肩屈曲 (使用長棍)	3.75%	2.98%	3.65%	3.76%	3.01%	3.67%	3.77%	3.08%	3.68%
肩外展 (使用長棍)	3.71%	4.73%	3.84%	3.72%	4.69%	3.72%	3.68%	4.82%	3.82%
肩外轉 (使用椅子)	3.62%	3.51%	3.61%	3.69%	3.40%	3.65%	3.58%	3.46%	3.57%
肩外轉 (使用長棍)	3.82%	4.13%	3.86%	3.74%	4.29%	3.81%	3.72%	4.31%	3.79%
平均	3.76%	4.37%	3.83%	3.75%	4.13%	3.79%	3.68%	4.38%	3.77%
				<	10	高準	確的預測	1	
М	o(0/)			10	-20	有準	確的預測]	
Map	e(%)			20	0-50	合	理的預測		
				>	>50	不準	確的預測		

表 5.18、LIBSVM 肩關節伸展角度測試結果

LIBSVM	訓練 Mape	測試 Mape	整體 Mape	
房內轉 (使用毛巾)	3.91%	12.91%	5.04%	
肩屈曲 (使用長棍)	3.84%	4.81%	3.96%	
肩外展 (使用長棍)	3.77%	5.58%	4.00%	
肩外轉 (使用椅子)	3.78%	5.57%	4.00%	
肩外轉 (使用長棍)	3.92%	12.49%	4.99%	
平均	3.84%	8.27%	4.40%	
	<10	高準確	的預測	
Mana(0/4)	10-20	有準確	的預測	
Mape(%)	20-50	合理的預測		
	>50	不準確的	的預測	

(2)進步幅度分群為期望輸出

表 5.19 為把所有人進步幅度由 K-means 分成三群的結果,我們將分群結果當作期望輸出,透過 MLP、RBFN 及 LIBSVM 訓練,表 5.20 為三組訓練機初始參數設定。測試結果如表 5.21 到 5.23 所示,測試辨識率三組都有達八成以上,RBFN 整體辨識率最高。

表 5.19、肩關節伸展 K-means 分群結果

		1	2	3
肩內轉(使用毛巾)	範圍	<.427%	.427%~1.113%	>1.113%
房内特(使用七中)	個數	48	16	5
肩屈曲(使用長棍)	範圍	<.065%	.065%~.171%	>.171%%
月出曲(使用长机)	個數	48	20	9
肩外展(使用長棍)	範圍	<.135%	.135%~.536%	>.536%
周	個數	60	15	4
白从轴(灶田坎マ)	範圍	<.091%	.091%~.186%	>.186%
肩外轉(使用椅子)	個數	47	17	11
白外輔(法田巨坦)	範圍	<.228%	.228%~.522%	>.522%
肩外轉(使用長棍)	個數	32	25	17

表 5.20、肩關節伸展分群三組訓練機初始參數設定

		MLP		R	BFN		LIBSV	/ M
	學習率	MSE	學習次數	學習率	MSE	學習次數	cost	gamma
肩內轉 (使用毛巾)	0.5	0.001	10 萬	0.5	0.001	10 萬	8	0.5
肩屈曲 使用長棍)	0.5	0.001	10 萬	0.5	0.001	10 萬	8	0.5
肩外展 (使用長棍)	0.5	0.001	10 萬	0.5	0.007	10 萬	2	0.5
肩外轉 (使用椅子)	0.5	0.003	10 萬	0.5	0.003	10 萬	2	2
肩外轉 (使用長棍)	0.5	0.001	10 萬	0.5	0.001	10 萬	8	0.5

表 5.21、MLP 肩關節伸展分群測試結果

MLP 神經元個數		2			3			4	
	訓練	測試	整體	訓練	測試	整體	訓練	測試	整體
	辨識率	辨識率	辨識率	辨識率	辨識率	辨識率	辨識率	辨識率	辨識率
	訓練	測試	整體	訓練	測試	整體	訓練	測試	整體
	mape	mape	mape	mape	mape	mape	mape	mape	mape
肩內轉	100%	87.50%	98.44%	100%	87.50%	98.44%	100%	89.06%	98.63%
(使用毛巾)	7.32%	13.07%	8.04%	8.32%	12.25%	8.81%	7.21%	13.97%	8.06%
房屈曲	99.61%	88.31%	98.20%	99.87%	90.91%	98.75%	99.33%	90.32%	98.20%
(使用長棍)	7.68%	11.27%	8.13%	8.69%	10.23%	8.88%	8.25%	12.16%	8.74%
肩外展	98.50%	91.25%	97.59%	99.30%	91.25%	98.29%	99.30%	91.25%	98.29%
(使用長棍)	5.12%	6.42%	5.28%	5.46%	5.95%	5.52%	5.21%	5.44%	5.24%
肩外轉	97.84%	82.67%	95.94%	97.84%	81.94%	95.85%	98.21%	82.96%	96.30%
(使用椅子)	6.78%	11.24%	7.34%	7.12%	11.92%	7.72%	6.65%	10.89%	7.18%
肩外轉	100%	80.56%	97.57%	100%	80.56%	97.57%	100%	81.27%	97.66%
(使用長棍)	8.62%	14.37%	9.34%	8.61%	15.70%	9.50%	8.35%	14.87%	9.17%
平均	99.19%	86.06%	97.55%	99.40%	86.43%	97.78%	99.37%	86.97%	97.82%
	7.10%	11.27%	7.63%	7.64%	11.21%	8.09%	7.13%	11.47%	7.68%
N	Маре(%)				<10 10-20 20-50 >50	有主合	準確的預測 準確的預測 理的預測 準確的預測	1	

表 5.22、RBFN 肩關節伸展分群測試結果

RBFN 神經元個數		2			3			4	
	訓練	測試	整體	訓練	測試	整體	訓練	測試	整體
	辨識率	辨識率	辨識率	辨識率	辨識率	辨識率	辨識率	辨識率	辨識率
	訓練	測試	整體	訓練	測試	整體	訓練	測試	整體
	mape	mape	mape	mape	mape	mape	mape	mape	mape
肩內轉	100%	83.35%	97.92%	100%	82.81%	97.85%	100%	82.81%	97.85%
(使用毛巾)	13.24%	19.35%	14.00%	14.11%	18.24%	14.63%	13.21%	17.69%	13.77%
房屈曲	100%	87.04%	98.38%	100%	87.04%	98.38%	100%	88.62%	98.58%
(使用長棍)	12.35%	17.63%	13.01%	11.23%	16.85%	11.93%	11.41%	15.87%	11.97%
肩外展	100%	90.32%	98.79%	100%	92.53%	99.07%	100%	91.22%	98.90%
(使用長棍)	11.27%	14.28%	11.65%	10.39%	14.42%	10.89%	10.56%	15.43%	11.17%
肩外轉	100%	78.31%	97.29%	100%	79.17%	97.40%	100%	79.82%	97.48%
(使用椅子)	19.24%	23.21%	19.74%	17.36%	22.14%	17.96%	18.62%	21.63%	19.00%
肩外轉	100%	70.83%	96.35%	100%	70.83%	96.35%	100%	72.33%	96.54%
(使用長棍)	18.67%	28.12%	19.85%	18.36%	26.14%	19.33%	17.22%	25.24%	18.22%
平均	100%	81.97%	97.75%	100%	82.48%	97.81%	100%	82.96%	97.87%
	14.95%	20.52%	15.65%	14.29%	19.56%	14.95%	14.20%	19.17%	14.83%
N	Маре(%)				<10 10-20 20-50 >50	有合	準確的預測 準確的預測 理的預測 準確的預測	i)	

表 5.23、LIBSVM 肩關節伸展分群測試結果

LIBSVM	訓練	測試	整體
	辨識率	辨識率	辨識率
	訓練	測試	整體
	mape	mape	mape
肩內轉	89.34%	87.50%	89.11%
(使用毛巾)	11.23%	12.50%	11.39%
房屈曲	90.13%	88.31%	89.90%
(使用長棍)	7.26%	9.47%	7.54%
肩外展	94.57%	92.53%	94.32%
(使用長棍)	4.21%	5.00%	4.31%
肩外轉	85.04%	84.72%	85.00%
(使用椅子)	7.23%	8.33%	7.37%%
肩外轉	81.91%	76.33%	81.21%
(使用長棍)	10.36%	15.97%	11.06%
平均	88.20%	85.88%	87.91%
	8.06%	10.25%	8.33%
Mape(%)	<10 10-20 20-50 >50	有準石 合理	確的預測 確的預測 L的預測 E的預測

2. 肌力訓練

(1)進步磅數為期望輸出

我們將訓練資料丟進機器進行訓練,表 5.15 為三組訓練機初始參數設定。測試結果如表 5.16 到 5.18 所示,三組訓練機都有高準確的預測能力,LIBSVM 的結果較低於其他兩組,RBFN 有最高的準確預測能力。

表 5.24、肌力訓練磅數三組訓練機初始參數設定

		MLP			RBFN		LIB	SVM
	學習率	MSE	學習次數	學習率	MSE	學習次數	cost	gamma
肩外轉(使用 彈力帶)	0.5	0.001	10 萬	0.5	0.001	10 萬	32	0.0078
肩屈曲(使用 彈力帶)	0.5	0.001	10 萬	0.5	0.0005	10 萬	8	0.5
房外展(使用 彈力帶)	0.5	0.001	10 萬	0.5	0.001	10 萬	2	2

表 5.25、MLP 肌力訓練磅數測試結果

MLP 神經元個數		2			3			4	
	訓練 Mape	測試 Mape	整體 Mape	訓練 Mape	測試 Mape	整體 Mape	訓練 Mape	測試 Mape	整體 Mape
肩外轉(使用 彈力帶)	3.78%	4.35%	3.85%	3.74%	3.49%	3.71%	3.69%	3.84%	3.71%
肩屈曲(使用 彈力帶)	3.71%	3.65%	3.70%	3.73%	2.19%	3.54%	3.82%	2.21%	3.62%
肩外展(使用 彈力帶)	3.69%	7.98%	4.23%	3.78%	8.81%	4.41%	3.76%	8.92%	4.41%
平均	3.73%	5.33%	3.93%	3.75%	4.83%	3.89%	3.76%	4.99%	3.91%
				<	10	高準	確的預測		
Map	e(%)			10	-20	有準	確的預測		
Map	-(/0)			20	0-50	合	理的預測		
				>	>50	不準	確的預測		

表 5.26、RBFN 肌力訓練磅數測試結果

RBFN 神經元個數		2			3			4	
	訓練 Mape	測試 Mape	整體 Mape	訓練 Mape	測試 Mape	整體 Mape	訓練 Mape	測試 Mape	整體 Mape
肩外轉(使用 彈力帶)	3.89%	5.21%	4.06%	3.84%	4.56%	3.94%	3.75%	4.66%	3.86%
房屈曲(使用 彈力帶)	3.65%	2.21%	3.47%	3.72%	1.14%	3.42%	3.56%	1.26%	3.27%
肩外展(使用 彈力帶)	3.86%	1.92%	3.62%	3.81%	1.83%	3.57%	3.92%	1.75%	3.65%
平均	3.80%	3.11%	3.71%	3.80%	2.51%	3.64%	3.74%	2.56%	3.60%
					10	高準	確的預測		
Map	e(%)				-20		確的預測		
= 1 2W P	- (-)				0-50		理的預測		
				>	-50	不準	雄的預測		

表 5.27、LIBSVM 肌力訓練磅數測試結果

LIBSVM	訓練 Mape	測試 Mape	整體 mape
房外轉(使用 彈力帶)	3.91%	11.75%	4.89%
房屈曲(使用 彈力帶)	3.72%	5.31%	3.92%
肩外展(使用 彈力帶)	3.81%	10.45%	4.64%
平均	3.81%	9.17%	4.49%
	<10	高準码	笙的預測
Mana(0/)	10-20	有準確	E 的預測
Mape(%)	20-50	合理	巴的預測
	>50	不準	雀的預測

(2)進步磅數分群為期望輸出

表 5.28 為把所有人進步幅度由 K-means 分成三群的結果,我們將分群結果當作期望輸出,透過 MLP、RBFN 及 LIBSVM 訓練,表 5.29 為三組訓練機初始參數設定。測試結果如表 5.30 到 5.32 所示,測試辨識率三組都有達八成以上,RBFN 整體辨識率最高。

表 5.28、肌力訓練 K-means 分群結果

		1	2	3
肩外轉(使用彈力帶)	範圍	<.238%	.238%~.440%	>.440%
周月特(使用)	個數	46	20	9
肩屈曲(使用彈力帶)	範圍	<.059%	.059%~.173%	>.172%
周出曲(使用评月审)	個數	58	16	5
肩外展(使用彈力帶))	範圍	<.166%	.166%~.434%	>.434%
例介於(使用弹刀带))	個數	65	8	4

表 5.29、肌力訓練分群三組訓練機初始參數設定

	MLP				RBFN	LIB	LIBSVM		
	學習率	MSE	學習次數	學習率	MSE	學習次數	cost	gamma	
肩外轉(使用 彈力帶)	0.5	0.001	10 萬	0.5	0.01	10 萬	32	2	
房屈曲(使用 彈力帶)	0.5	0.001	10 萬	0.5	0.003	10 萬	32	0.5	
房外展(使用 彈力帶)	0.5	0.001	10 萬	0.5	0.01	10 萬	32	0.5	

表 5.30、MLP 肌力訓練分群測試結果

	I		.,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,		24 2 1 1 1 2 2 2	叶 例			
MLP		2			3			4	
神經元個數									
	訓練	測試	整體	訓練	測試	整體	訓練	測試	整體
	辨識率	辨識率	辨識率	辨識率	辨識率	辨識率	辨識率	辨識率	辨識率
	訓練	測試	整體	訓練	測試	整體	訓練	測試	整體
	mape	mape	mape	mape	mape	mape	mape	mape	mape
肩外轉(使	98.32%	78.52%	95.85%	99.00%	77.78%	96.35%	99.00%	77.78%	96.35%
用彈力帶)	8.21%	12.24%	8.71%	7.89%	10.88%	8.26%	7.72%	10.26%	8.04%
肩屈曲(使	98.26%	92.11%	97.49%	98.90%	93.00%	98.16%	98.90%	91.26%	97.95%
用彈力帶)	5.65%	7.39%	5.87%	5.24%	6.53%	5.40%	5.11%	6.21%	5.25%
肩外展(使	97.13%	93.50%	96.68%	98.95%	93.50%	98.27%	99.23%	92.68%	98.41%
用彈力帶)	5.21%	7.43%	5.49%	5.10%	7.08%	5.35%	4.98%	6.34%	5.15%
T 14	97.90%	88.04%	96.67%	98.95%	88.09%	97.59%	99.04%	87.24%	97.57%
平均	6.36%	9.02%	6.69%	6.08%	8.16%	6.34%	5.94%	7.60%	6.15%
					<10	高	 準確的預测	—————————————————————————————————————	
					10-20		丰確的預 測		
N	Mape(%)				20-50	•	^{上曜的} 頂。 理的預測	,1	
								J	
					>50	小 草	丰確的預測	<u>"</u>	

表 5.31、RBFN 肌力訓練分群測試結果

RBFN 神經元個數		2			3			4	
	訓練	測試	整體	訓練	測試	整體	訓練	測試	整體
	辨識率	辨識率	辨識率	辨識率	辨識率	辨識率	辨識率	辨識率	辨識率
	訓練	測試	整體	訓練	測試	整體	訓練	測試	整體
	mape	mape	mape	mape	mape	mape	mape	mape	mape
肩外轉(使	100%	72.82%	96.60%	100%	73.61%	96.70%	100%	73.88%	96.74%
用彈力帶)	14.21%	23.24%	15.34%	13.21%	22.07%	14.32%	13.97%	22.36%	15.02%
肩屈曲(使	100%	94.24%	99.28%	100%	94.44%	99.31%	100%	95.86%	99.48%
用彈力帶)	8.67%	11.43%	9.02%	7.69%	11.55%	8.17%	7.21%	10.94%	7.68%
肩外展(使	100%	90.90%	98.86%	100%	90.90%	98.86%	100%	90.21%	98.78%
用彈力帶)	7.69%	13.87%	8.46%	7.21%	11.62%	7.76%	7.33%	10.38%	7.71%
平均	100%	85.99%	98.25%	100%	86.32%	98.29%	100%	86.65%	98.33%
	10.19%	16.18%	10.94%	9.37%	15.08%	10.08%	9.50%	14.56%	10.14%
N	Ларе(%)				<10 10-20 20-50 >50	有主合	準確的預测 準確的預測 理的預測 基確的預測	i)	

表 5.32、LIBSVM 肌力訓練分群測試結果

			• • •
	訓練	測試	整體
I IDCVA	辨識率	辨識率	辨識率
LIBSVM	訓練	測試	整體
	mape	mape	mape
肩外轉(使	77.44%	80.55%	77.83%
用彈力帶)	6.54%	11.57%	7.17%
肩屈曲(使	93.69%	93.05%	93.61%
用彈力帶)	3.21%	4.63%	3.39%
肩外展(使	93.86%	90.90%	93.49%
用彈力帶)	4.11%	7.79%	4.57%
平均	88.33%	88.17%	88.31%
十均	4.62%	8.00%	5.04%
	<10	高準	確的預測
Mana(0/)	10-20	有準	確的預測
Mape(%)	20-50	合理	里的預測
	>50	不準確	雀的預測

5-3 冰凍肩復健成效預測的改良

本研究針對復健成效預測做進一步的改良,在原始訓練資料集中有眾多的指標,這些指標可能有些是不重要且無相關的,導致影響最後輸出結果,所以希望透過相關分析方法來去除這些指標;由於資料屬於小樣本且原始分布狀態未知,所以我們採用 Spearman 相關分析,表 5.33 到表 3.36 為分析結果,顯著性<0.05 代表其有顯著。

我們選擇有顯著的指標在重新進行一次訓練及測試,測試結果如表 3.37 到表 3.40 所示,有許多復健動作的預測都有稍微提升,表示的確剔除了一些不具代表性的指標;而有些復健動作的預測卻是下降的,推論可能是因為在剔除的過程中有屬於非線性相關以及需要與其它因子一起運算才會有相關的指標。

表 5.33、肩關節伸展指標與進步角度關聯度分析

	房內轉 (使用毛巾)			肩屈曲 (使用長棍)		肩外展 (使用長棍)		肩外轉 (使用椅子)		外轉 (長棍)
	相關	顯著	相關	顯著	相關	顯著	相關	顯著	相關	顯著
	係數	性	係數	性	係數	性	係數	性	係數	性
CMS 前測	045	.715	.521	.000**	.562	.000**	.368	.001**	.456	.000**
平均角速度	.623	.000**	086	.457	.107	.346	.512	.000**	.673	.000**
最大瞬時角速度	.790	.000**	.217	.058	.402	.000**	.314	.006**	.748	.000**
角度上升停頓次數	.302	.012*	.538	.000**	.473	.000**	120	.304	.287	.013*
角度落下次數	.671	.000**	200	.081	.165	.145	159	.172	.398	.000**
超過目標角度眾數	.816	.000**	.894	.000**	.884	.000**	.831	.000**	.933	.000**
眾數的時間	501	.000**	.234	.040*	367	.001**	206	.075	116	.327
超過目標角度後落下次數	587	.000**	.532	.000**	.072	.530	579	.000**	376	.001**
疼痛指數	.360	.002**	.237	.038*	.656	.000**	.542	.000**	.539	.000**
疲累指數	.585	.000**	306	.007*	.366	.001**	.171	.142	.410	.000**
冷凍期	.026	.830	190	.097	127	.264	413	.000**	207	.076
年齢	.059	.632	.370	.001**	.325	.004**	.552	.000**	.688	.000**
患側手	731	.000**	323	.004**	257	.022*	418	.000**	213	.069
性別	084	.494	074	.523	072	.528	018	.878	122	.301

表 5.34、肩關節伸展指標與進步幅度分群關聯度分析

	肩	房內轉		房屈曲 (使用長棍)		外展	肩:	外轉	肩外轉	
	(使用毛巾)		(使用			(使用長棍)		(使用椅子)		長棍)
	相關	顯著	相關	顯著	相關	顯著	相關	顯著	相關	顯著
	係數	性	係數	性	係數	性	係數	性	係數	性
CMS 前測	361	.002**	601	.000**	449	.000**	086	.461	509	.000**
平均角速度	.005	.967	017	.885	389	.000**	.149	.202	087	.459
最大瞬時角速度	522	.000**	372	.001**	552	.000**	.060	.610	333	.004**
角度上升停頓次數	604	.000**	247	.030*	043	.705	363	.001**	113	.338
角度落下次數	416	.000**	.098	.396	.256	.022*	258	.025*	.151	.200
超過目標角度眾數	624	.000**	504	.000**	605	.000**	223	.054	209	.075
眾數的時間	.123	.315	249	.029*	.289	.009**	.028	.814	.387	.001**
超過目標角度後落下次數	.176	.149	314	.005**	376	.001**	027	.820	427	.000**
疼痛指數	293	.014*	055	.634	237	.034*	.085	.466	.046	.695
疲累指數	.006	.962	.043	.709	132	.243	282	.014*	.446	.000**
冷凍期	247	.041*	278	.014*	392	.000**	370	.001**	137	.244
年齢	058	.638	055	.638	.101	.373	.414	.000**	104	.376
患側手	.165	.177	107	.356	086	.448	.184	.114	006	.958
性別	120	.325	049	.671	033	.770	285	.013*	.119	.314

表 5.35、肌力訓練指標與進步磅數關聯度分析

	肩外轉(使)	用彈力帶)	肩屈曲(使 戶	用彈力帶)	肩外展(使用彈力帶)	
	相關係數	顯著性	相關係數	顯著性	相關係數	顯著性
CMS 前測	.181	.121	.168	.140	147	.201
平均角速度	.379	.001**	.095	.405	.194	.090
最大瞬時角速度	.467	.000**	.201	.076	.128	.266
角度上升停頓次數	.436	.000**	035	.763	.084	.468
角度落下次數	.288	.012*	186	.100	091	.433
角加速度	.427	.000**	.167	.142	241	.034*
可維持磅數眾數	.942	.000**	.961	.000**	.948	.000**
眾數的時間	061	.602	.172	.129	.347	.002**
超過目標角度後落下次數	.052	.656	400	.000**	.503	.000**
疼痛指數	.477	.000**	.105	.356	.159	.168
疲累指數	.257	.026*	.414	.000**	112	.334
冷凍期	567	.000**	577	.000**	573	.000**
年齢	.663	.000**	.406	.000**	.067	.560
患側手	228	.049*	.017	.880	.079	.495
性別	262	.023*	365	.001**	161	.161
彈力帶	.550	.000**	.850	.000**	.851	.000**
手臂長	.634	.000**	.313	.005**	.374	.001**

表 5.36、肌力訓練指標與進步幅度分群關聯度分析

	房外轉(使用彈力帶) /		肩屈曲(使 月	用彈力帶)	肩外展(使)	用彈力帶)
	相關係數	顯著性	相關係數	顯著性	相關係數	顯著性
CMS 前測	.068	.563	371	.001**	042	.715
平均角速度	020	.868	336	.002**	.237	.038*
最大瞬時角速度	207	.074	268	.017*	247	.030*
角度上升停頓次數	227	.050*	.435	.000**	250	.028*
角度落下次數	417	.000**	.436	.000**	052	.655
角加速度	023	.843	410	.000**	.170	.139
可維持磅數眾數	160	.169	750	.000**	582	.000**
眾數的時間	.149	.203	367	.001**	117	.310
超過目標角度後落下次數	200	.086	.292	.009**	262	.021*
疼痛指數	102	.384	.058	.610	174	.130
疲累指數	.383	.001**	084	.461	.154	.182
冷凍期	.223	.054	.162	.153	186	.106
年齢	265	.021*	250	.026*	.267	.019*
惠側手	.070	.550	289	.010*	113	.329
性別	.270	.019*	.324	.004**	.010	.933
彈力帶	.037	.751	511	.000**	374	.001**
手臂長	073	.533	.020	.863	360	.001**

表 5.37、肩關節伸展角度指標改良前後_三組訓練機測試結果

		MLP			RBFN			LIBSVM	
	訓練 Mape	測試 Mape	整體 Mape	訓練 Mape	測試 Mape	整體 Mape	訓練 Mape	測試 Mape	整體 Mape
房內轉 (使用毛巾) 原始全部	3.84%	5.97%	4.11%	3.67%	6.22%	3.99%	3.91%	12.91%	5.04%
房內轉 (使用毛巾) 10 個指標	3.76%	5.24%	3.95%	3.81%	5.91%	4.07%	3.61%	11.21%	4.56%
房屈曲 (使用長棍) 原始全部	3.75%	3.98%	3.78%	3.75%	2.98%	3.65%	3.84%	4.81%	3.96%
房屈曲 (使用長棍) 9個指標	3.68%	4.03%	3.72%	3.86%	3.72%	3.84%	3.74%	4.53%	3.84%
房外展 (使用長棍) 原始全部	3.72%	4.25%	3.79%	3.72%	4.69%	3.72%	3.77%	5.58%	4.00%
扇外展 (使用長棍) 9個指標	3.75%	4.23%	3.81%	3.71%	4.11%	3.76%	3.68	4.79%	3.82%
房外轉 (使用椅子) 原始全部	3.78%	1.88%	3.54%	3.58%	3.46%	3.57%	3.78%	5.57%	4.00%
房外轉 (使用椅子) 9個指標	3.83%	1.86%	3.58%	3.61%	3.78%	3.63%	3.82%	5.11%	3.98%
房外轉 (使用長棍) 原始全部	3.71%	7.23%	4.15%	3.72%	4.31%	3.79%	3.92%	12.49%	4.99%
房外轉 (使用長棍) 10 個	3.81%	7.12%	4.22%	3.65%	4.12%	3.71%	3.84%	10.68%	4.70%

表 5.38、肩關節伸展分群指標改良前後_三組訓練機測試結果

		M	LP		•	RB	FN			LIBS	SVM	
	訓練辨識率	測試 辨識 率	測試 Mape	整體辨識率	訓練辨識率	測試 辨識 率	測試 Mape	整體辨識率	訓練辨識率	測試 辨識 率	測試 Mape	整體辨識率
房內轉 (使用毛巾) 原始全部	100 %	89.06 %	13.97	98.63 %	100 %	83.35	19.35 %	97.92 %	89.34 %	87.50 %	12.50	89.11 %
房內轉 (使用毛巾) 7個指標	100 %	88.42 %	11.26 %	98.55	100	80.24	19.14 %	97.53 %	90.36	89.65 %	11.2	90.27
房屈曲 (使用長棍) 原始全部	99.87 %	90.91	10.23	98.75 %	100 %	88.62 %	15.87	98.58 %	90.13	88.31 %	9.47 %	89.90 %
房屈曲 (使用長棍) 7個指標	100	90.75	10.33	98.84	100	85.41 %	17.25 %	98.18	91.32	88.61	10.37	90.98
房外展 (使用長棍) 原始全部	99.30	91.25 %	5.44 %	98.29 %	100 %	92.53 %	14.42	99.07 %	94.57	92.53 %	5.00	94.32
房外展 (使用長棍) 9個指標	99.30	92.31	6.95 %	98.43	100 %	93.41	14.12	99.18	96.22	93.78	4.60	95.92 %
房外轉 (使用椅子) 原始全部	98.21	82.96 %	10.89	96.30 %	100	79.82 %	21.63	97.48 %	85.04 %	84.72	8.33	85.00 %
房外轉 (使用椅子) 6個指標	95.24 %	78.32 %	13.52	93.13	98.45	75.23 %	22.84	95.55 %	84.32	84.66	10.34	84.36
房外轉 (使用長棍) 原始全部	100 %	81.27 %	14.87 %	97.66 %	100 %	72.33 %	25.24 %	96.54 %	81.91 %	76.33 %	15.97 %	81.21 %
房外轉 (使用長棍) 5個指標	98.71	77.45 %	16.65	96.05 %	99.42	68.54 %	28.22	95.56 %	80.11	75.21 %	18.96	79.50 %

表 5.39、肌力訓練磅數指標改良前後_三組訓練機測試結果

		MLP			RBFN			LIBSVM	
	訓練 Mape	測試 Mape	整體 Mape	訓練 Mape	測試 Mape	整體 Mape	訓練 Mape	測試 Mape	整體 Mape
肩外轉(使用 彈力帶) 原始全部	3.74%	3.49%	3.71%	3.75%	4.66%	3.86%	3.91%	11.75%	4.89%
肩外轉(使用 彈力帶) 14 個指標	3.51%	3.22%	3.47%	3.76%	4.23%	3.82%	3.61%	9.55%	4.35%
肩屈曲(使用 彈力帶) 原始全部	3.73%	2.19%	3.54%	3.56%	1.26%	3.27%	3.72%	5.31%	3.92%
房屈曲(使用 彈力帶) 8 個指標	3.83%	2.81%	3.70%	3.89%	2.26%	3.69%	4.16%	5.23%	4.29%
肩外展(使用 彈力帶) 原始全部	3.69%	7.98%	4.23%	3.81%	1.83%	3.57%	3.81%	10.45%	4.64%
肩外展(使用 彈力帶) 7個指標	4.35%	9.84%	5.04%	4.11%	3.10%	3.98%	4.51%	11.32%	5.36%

表 5.40、肌力訓練分群指標改良前後_三組訓練機測試結果

		M	LP			RB	FN			LIBS	SVM	
	訓練辨識率	測試 辨識 率	測試 Mape	整體辨識率	訓練辨識率	測試 辨識 率	測試 Mape	整體辨識率	訓練辨識率	測試 辨識 率	測試 Mape	整體辨識率
房外轉(使 用彈力帶) 原始全部	99.00	77.78 %	10.26	96.35 %	100 %	73.88 %	22.36	96.74 %	77.44 %	80.55	11.57 %	77.83 %
肩外轉(使 用彈力帶) 5個指標	97.62 %	72.12 %	12.19	94.43	98.20	71.23	25.37 %	94.83	88.91	73.51 %	13.37	86.99 %
肩外轉(使 用彈力帶) 原始全部	98.90 %	93.00	6.53 %	98.16 %	100 %	95.86 %	10.94 %	99.48 %	93.69	93.05	4.63 %	93.61
房屈曲(使 用彈力帶) 13 個指標	99.43	95.21 %	6.03	98.90 %	100 %	95.62 %	10.45	99.45	93.14	93.64	4.13 %	93.20
肩外轉(使 用彈力帶) 原始全部	99.23	92.68 %	6.34 %	98.41 %	100 %	90.90	11.62	98.86 %	93.86	90.90	7.79 %	93.49
房外展(使 用彈力帶) 8個指標	98.95 %	93.88	5.28	98.32 %	100 %	93.56	9.60 %	99.20	93.91	90.56	6.87 %	93.50

第六章、結論

在本研究中,分析了兩套虛擬實境肩關節復健系統,根據實驗結果顯示,病患在訓練後,臨床評估量表皆有顯著進步,證明兩套復健系統是有復健效果的;而藉由系統所記錄的歷程資訊,我們設計了許多不同的運動指標,使用運動指標來探討復健的成效,研究結果是可行的,病患在使用 Kinect 版訓練過後,大部分運動指標均有達顯著差異,可做為評估的依據;同時我們也使用運動指標對臨床評估量表做類神經網路訓練,其結果顯示運動指標對臨床評估量表と有準確的預測能力,表示兩者有一定的關聯性。

本研究中,另外針對 IMU 版做復健成效的預測,透過三組訓練機做比較,實驗結果顯示,這些運動指標加上臨床資訊的確可以對病患的進步角度做高準確的預測,表示病患在復健成效上是有模式依循。

在未來,希望透過這些運動指標的紀錄與預測模型的建立,提供 一個完善的智能醫療復健系統,透過此系統可以即時的了解病患的狀況,減輕治療師的負擔,也可以評估病患未來的復健情形,屬於好進 步幅度,可以增加病患的信心和復健動機,而屬於壞進步幅度的也不 用擔心,醫師會依照病患的狀況加強該復健動作,或是使用額外的復 健方法來為病患治療,達到最大的復健效果。

参考文獻

- [1] E. A. Codman, "The shoulder: rupture of the supraspinatus tendon and other lesions in or about the subacromial bursa," *R. E. Krieger*, 1934.
- [2] J. S. Neviaser, "Adhesive capsulitis of the shoulder," *The Journal of Bone & Joint Surgery*, Vol. 27, No. 2, pp. 211-222, 1945.
- [3] D. Thierry, "Adhesive capsulitis," *Emedicine*, Vol. 11, No. 7, 2005.
- [4] B. J. Lundberg, "The frozen shoulder. Clinical and radiographical observations. The effect of manipulation under general anesthesia. Structure and glycosaminoglycan content of the joint capsule. Local bone metabolism," *Acta Orthop Scand Suppl*, Vol. 119, pp. 1-59, 1969.
- [5] R. J. Neviaser and T. J. Neviaser, "The frozen shoulder. Diagnosis and management," *Clinical orthopaedics and related research*, No. 223, pp. 59-64, Oct 1987.
- [6] R. R. Cooper, "The shoulder and neck," *JAMA*, Vol. 221, No. 4, pp. 412-413, 1972.
- [7] H. Jampol, "Exercise treatment for the frozen shoulder," *The Physical therapy review*, Vol. 30, No. 6, pp. 221-9, Jun 1950.
- [8] J. A. McMillan, "Therapeutic exercise for shoulder disabilities," *The Physical therapy review*, Vol. 46, No. 10, pp. 1052-9, Oct 1966.
- [9] G. Burdea and P. Coiffet, "Virtual Reality Technology," Presence: Teleoperators and Virtual Environments, vol. 12, No. 6, pp. 663-664, 2003.
- [10] D. Meldrum, A. Glennon, S. Herdman, D. Murray and R. McConn-

- Walsh, "Virtual reality rehabilitation of balance: assessment of the usability of the Nintendo Wii((R)) Fit Plus," *Disability and rehabilitation: assistive technology*, Vol. 7, No.3, pp. 205-210, May 2012.
- [11] A. N. Krichevets, E. B. Sirotkina, I. V. Yevsevicheva and L. M. Zeldin, "Computer games as a means of movement rehabilitation," *Disability and rehabilitation*, Vol. 17, No. 2, pp. 100-105, 1995.
- [12] M. Kuttuva, R. Boian, A. Merians, G. Burdea, M. Bouzit, J. Lewis and D. Fensterheim, "The Rutgers Arm, a rehabilitation system in virtual reality: a pilot study," *Cyberpsychology and behavior*, Vol. 9, No.2, pp. 148-51, Apr 2006.
- [13] L. Boyd and C. Winstein, "Explicit information interferes with implicit motor learning of both continuous and discrete movement tasks after stroke," *Journal of Neurologic Physical Therapy*, Vol. 30, No.2, pp. 46-57, Jun 2006.
- [14] L. A. Boyd, B. M. Quaney, P. S. Pohl and C. J. Winstein, "Learning implicitly: effects of task and severity after stroke," *Neurorehabilitation and neural repair*, Vol. 21, pp. 444-54, Sep-Oct 2007.
- [15] A. Smola and S.V.N. Vishwanathan, "Introduction to Machine Learning," *Cambridge University*, 2008
- [16] A. S. Merians, D. Jack, R. Boian, M. Tremaine, G. C. Burdea and S. V. Adamovich, "Virtual reality-augmented rehabilitation for patients following stroke," *Physical therapy*, Vol. 82, No. 9, pp. 898-915, Sep 2002.

- [17] H. C. Fischer, K. Stubblefield, T. Kline, X. Luo, R. V. Kenyon and D. G. Kamper, "Hand rehabilitation following stroke: a pilot study of assisted finger extension training in a virtual environment," *Topics in Stroke Rehabilitation*, Vol. 14, No. 1, pp. 1-12, Jan-Feb 2007.
- [18] D. Meldrum, A. Glennon, S. Herdman, D. Murray and R. McConn-Walsh, "Virtual reality rehabilitation of balance: assessment of the usability of the Nintendo Wii((R)) Fit Plus," *Disability and rehabilitation: assistive technology*, Vol. 7, No.3, pp. 205-210, May 2012.
- [19] J. P. Cuthbert, K. Staniszewski, K. Hays, D. Gerber, A. Natale and D. O'Dell, "Virtual reality-based therapy for the treatment of balance deficits in patients receiving inpatient rehabilitation for traumatic brain injury," *Brain injury*, Vol. 28, No. 2, pp. 181-188, 2014.
- [20] B. Wiederhold and G. Riva, "Balance recovery through virtual stepping exercises using Kinect skeleton tracking: a follow-up study with chronic stroke patients," *Annual Review of Cybertherapy and Telemedicine 2012: Advanced Technologies in the Behavioral, Social and Neurosciences*, Vol. 181, pp. 108, 2012.
- [21] H. Sin and G. Lee, "Additional Virtual Reality Training Using Xbox Kinect in Stroke Survivors with Hemiplegia," *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol. 92, No. 10, pp. 871-880, 2013.
- [22] J. Crosbie, S. Lennon, M. McGoldrick, M. McNeill and S. McDonough, "Virtual reality in the rehabilitation of the arm after

- hemiplegic stroke: a randomized controlled pilot study," *Clinical Rehabilitation*, Vol. 26, No. 9, pp. 798-806, 2012.
- [23] K. H. Cho, K. J. Lee and C. H. Song, "Virtual-Reality Balance Training with a Video-Game System Improves Dynamic Balance in Chronic Stroke Patients," *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, Vol. 228, No. 1, pp. 69-74, 2012.
- [24] A. Turolla, M. Dam, L. Ventura, P. Tonin, M. Agostini, C. Zucconi, and L. Piron, "Virtual reality for the rehabilitation of the upper limb motor function after stroke: a prospective controlled trial," *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, Vol. 10, pp. 85, 2013.
- [25] A. Jacobs, A. Timmermans, M. Michielsen and P. Markopoulos, "CONTRAST: gamification of arm-hand training for stroke survivors," *CHI'13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp. 415-420, 2013.
- [26] H. M. Hondori, M. Khademi, L. Dodakian, S. C. Cramer and C. V. Lopes, "A Spatial Augmented Reality rehab system for post-stroke hand rehabilitation," *MMVR*, pp. 279-285, 2013.
- [27] A. Panarese, R. Colombo, I. Sterpi, F. Pisano and S. Micera, "Tracking Motor Improvement at the Subtask Level During Robot-Aided Neurorehabilitation of Stroke Patients," *Neurorehabilitation and Neural Repair*, Vol. 26, No. 7, pp. 822-833, Sep 2012.
- [28] Q. Ding, I. H. Stevenson, N. Wang, W. Li, Y. Sun, Q. Wang, and K. Wei, "Motion games improve balance control in stroke survivors: A preliminary study based on the principle of constraint-induced movement therapy," *Displays*, Vol. 34, No. 2, pp. 125-131, 2013.

- [29] I. Pastor, H. A. Hayes and S. J. Bamberg, "A feasibility study of an upper limb rehabilitation system using Kinect and computer games," Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2012 Annual International Conference of the IEEE, pp. 1286-1289, 2012.
- [30] S. Hoermann, L. Hale, S. J. Winser and H. Regenbrecht, "Augmented reflection technology for stroke rehabilitation—a clinical feasibility study," *Proceedings of the 9th International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies*, pp. 10-12, 2012.
- [31] M. Duff, Y. Chen, L. Cheng, S. M. Liu, P. Blake and S. L. Wolf, "Adaptive Mixed Reality Rehabilitation Improves Quality of Reaching Movements More Than Traditional Reaching Therapy Following Stroke," *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 2012.
- [32] 范堯中,「虛擬實境結合體感技術之扇關節復健系統之復健效果與運動分析研究」,國立中央大學,碩士論文,2013。
- [33] 貢以航,「虛擬實境之扇關節活動度與肌力訓練及自我檢測系 統的成效分析與研究」,國立中央大學,碩士論文,2013。
- [34] M. W. Krueger, "Automating virtual reality," *Computer Graphics and Applications, IEEE*, Vol. 15, No.1, pp. 9-11, 1995.
- [35] H. Rheingold, "Virtual Reality," Simon and Schuster, July 1991.
- [36] M. A. Shapiro and D. G. McDonald, "I'm Not a Real Doctor, but I Play One in Virtual Reality: Implications of Virtual Reality for Judgments about Reality," *Journal of Communication*, Vol. 42, No. 4, pp. 94-114, 1992.

- [37] A. A. Rizzo, T. Bowerly, J. G. Buckwalter, D. Klimchuk, R. Mitura and T. D.Parsons, "A virtual reality scenario for all seasons: the virtual classroom," *CNS Spectr*, Vol. 11, No. 1, pp. 35-44, Jan 2006.
- [38] T. D. Parsons, T. Bowerly, J. G. Buckwalter and A. A. Rizzo, "A controlledclinical comparison of attention performance in children with ADHD in a virtual reality classroom compared to standard neuropsychological methods," *Child Neuropsychol*, Vol. 13, No. 4, pp. 363-81, Jul 2007.
- [39] B. Lange, C. Y. Chang, E. Suma, B. Newman, A. S. Rizzo and M. Bolas, "Development and evaluation of low cost game-based balance rehabilitation tool using the Microsoft Kinect sensor," *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, pp. 1831-1834, 2011.
- [40] C. Chun-Ming, C. Yen-Ching and H. Bing-Yu, "The design of a shoulder rehabilitation game system," *Frontier Computing. Theory, Technologies and Applications, 2010 IET International Conference*, pp. 151-156, 2010.
- [41] M. Hauschild, R. Davoodi and G. E. Loeb, "A virtual reality environment for designing and fitting neural prosthetic limbs," *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, Vol. 15, No. 1, pp. 9-15, Mar 2007.
- [42] H. Zhou and H. Hu, "Inertial motion tracking of human arm movements in stroke rehabilitation," *Mechatronics and Automation*, 2005 IEEE International Conference, pp. 1306-1311, 2005.
- [43] A. Chiri, N. Vitiello, F. Giovacchini, S. Roccella, F. Vecchi and M. C. Carrozza, "Mechatronic Design and Characterization of the Index Finger Module of a Hand Exoskeleton for Post-Stroke

- Rehabilitation," *Mechatronics, IEEE/ASME Transactions on*, Vol. 17, No. 5, pp. 884-894, 2012.
- [44] F. Delbressine, A. Timmermans, L. Beursgens, M. de Jong, A. van Dam and D. Verweij, "Motivating arm-hand use for stroke patients by serious games," *34th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 2012.
- [45] S. Hoermann, L. Hale, S. J. Winser and H. Regenbrecht, "Augmented reflection technology for stroke rehabilitation—a clinical feasibility study," *Proceedings of the 9th International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies (ICDVRAT 2012), Laval, France*, pp. 10-12, 2012.
- [46] M. Duff, Y. Chen, L. Cheng, S. M. Liu, P. Blake and S. L. Wolf, "Adaptive Mixed Reality Rehabilitation Improves Quality of Reaching Movements More Than Traditional Reaching Therapy Following Stroke," *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 2012.
- [47] X. Zhang and P. Zhou, "High-density myoelectric pattern recognition toward improved stroke rehabilitation," *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*, Vol. 59, No.6, pp. 1649-1657, 2012.
- [48] B. Cesqui, P. Tropea, S. Micera and H. Krebs, "EMG-based pattern recognition approach in post stroke robot-aided rehabilitation: a feasibility study," *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, Vol. 10, pp. 75, 2013.
- [49] 蘇木春與張孝德,「機器學習:類神經網路、模糊系統以及基因演 算法則」,全華圖書股份有限公司,2012。

- [50] R. E. Fan, P. H. Chen and C. J. Lin, "Working Set Selection Using Second Order Information for Training Support Vector Machines," *J. Mach. Learn. Res.*, Vol. 6, pp. 1889-1918, 2005.
- [51] Thera-Band Color Progress [Online]

 Available: http://slingshotforum.com/topic/39-thera-band-and-tube-resistance-elongation-chart/

附錄一、Constant-Murley score(CMS)

	10分	8分	6分	4分	2分	0分	
2	雙肩胛間 T7:	T12 胸椎:	.: 腰部 L3:	3: 腰薦交界	: 臀部	大腿外側:	14. ROM-Internal Rotation 內轉
		0分	2分,沒辦法達成	上伸直	,肘關節向	手至頭頂	13.ROM-External Rotation 外轉
		37	2分,沒辦法達成0分		,肘關飲	手至頭頂, 肘關節向後	12.ROM-External Rotation 外轉
			2分,沒辦法達成0分		,肘關節	手至頭頂,肘關節向前	11.ROM-External Rotation 外轉
			2分,沒辦法達成0分	5向後2分;	,肘關節	手至頭後,肘關節向後	10.ROM-External Rotation 外轉
			,沒辦法達成0分	2分	,肘關節	手至頭後,肘關節向前	9.ROM-External Rotation 外轉
	151-180:10分	121-150:8分	91-120:6分	61-90:4分		31-60:2分	8.ROM-Lateral Elevation 側向往上抬
	151-180 :10分	121-150:8分	91-120:6分	61-90:4分	分 61-9	31-60 : 2	7.ROM-Forward Flexion 向前屈曲
	2					分	
	>24:25分	22-24:23 /	19-21:20分	16-18:17分		13-15:14	
£	10-12:11 分	7-9:8分	4-6:5分	分	1-3:2	0:0分	6. 外度〈abduction〉力量〈pounds〉
	過頭頂:10分	頭頂:8分	頸部:6分	劍突:4分	分劍突	腰部:25	5.上臂擺位可至〈up to〉
	不會:4分	中等:2分	嚴重:0分				4.您的層勝縮會不會影響日常生活?
			-	-			
	不會:4分	中等:2分	嚴重:0分				3您的局膀销會不會影響娛樂/運動?
	不會:2分	偶爾:1分	會:0分	-		,	2. 您的廚勝賴會不會影響睡眠?
4	完全不痛:15分	輕微疼痛:10分	中等疼痛:5分	嚴重疼痛:0分	嚴重		1. 您的廚膀最痛的時候有多痛?
前測 後測				備註:		患側:	出生年月日:
		術、注射):	有無其他醫療處置(手術、	有無其		慣用側:	性別:
	有無復健:			Onset:		病歷號:	AA :

附錄二、Thera-Band Color Progression (取自 [51])

F	e	rc	er	ıt	ΕI	or	ng	at	io	n		
250%	225%	200%	175%	150%	125%	100%	75%	50%	25%			
5.8	5.3	4.8	4.3	3.9	3.4	2.9	2.4	1.8	1.1	Yellow		
7.0	6.4	5.9	5.4	4.9	4.4	3.9	3.3	2.6	1.5	Red	R	I hera-Band
9.6	8.8	7.9	7.2	6.5	5.7	5.0	4.2	3.2	2.0	Green	Resistance in Pounds	Band
13.3	12.1	11.1	10.1	9.1	8.1	7.1	5.9	4.6	2.8	Blue	in Pound	Color P
17.6	16.2	14.8	13.5	12.3	11.0	9.7	<u>8</u>	6.3	3.6	Black	ds	Color Progression
25.3	23.0	21.0	18.9	17.1	15.2	13.2	11.1	8.5	5.0	Silver		Sion
40.1	36.6	33.4	30.3	27.5	24.6	21.6	18.1	13.9	7.9	Gold		