



## 植基於侷限誘發動作治療原理之復健系統開發

\*劉冠佑 陳培文 吳錫修 吳信義  
南開科技大學 電子工程系

### 摘要

偏癱或稱單側動作障礙是中風病患最常見的失能之一，動作失能造成個案在日常生活的活動與功能受限，無法獨立生活而需要依賴別人協助。患者為了恢復可以獨立生活的功能，需接受復健治療活動，近來有許多研究發現，中風一年以上的病患其肢體功能的復健呈現「習得廢用」的現象，這種因使用患側肢體從事活動時所得到的負迴饋會壓抑患側肢體的行為，導致了臨床上中風後病患肢體患側功能恢復程度有限。為克服此問題，近年來在臨床上發展出侷限誘發動作治療的訓練方式，在進行治療的時候限制好的肢體而強迫使用偏癱的肢體，並用促進技術加以啟發，克服偏癱肢體的「習得廢用」現象。本研究提出將侷限誘發動作治療中限制健側肢體的機制融入復健器材設計中的構想，使所設計的復健器材具備侷限誘發動作治療功能，以有效協助患者克服偏癱肢體「習得廢用」的復健障礙，於復健黃金期內達到治療的效果。

**關鍵詞：**偏癱、復健治療、習得廢用、侷限誘發動作治療、復健器材設計

### 1. 緒論

一般來說腦中風患者的肢體復健黃金期為一年，語言或其他認知功能可能更久，但是即使在治療黃金期後，持續的復健治療對維持病人的肢體運動控制、避免關節攣縮、提升心肺耐力及日常生活自理能力仍然有幫助。偏癱(hemiparesis)或稱單側動作障礙，是中風病患最常見的失能之一，動作失能造成個案在日常生活活動與功能(functional activities of daily living/ ADL)受限，無法獨立生活需要依賴別人協助。對於身心障礙者的復健醫療，醫師或治療師會運用有目的、有意義的復健活動，藉以提升病患的整體功能，培養病患的獨立性、增加安全感、減輕家人的負擔，讓病患過著獨立自主、有意義、有尊嚴的生活，進而改善與家人的感情、提昇全家的生活品質。

近來有許多研究發現，中風病患使用患側肢體從事活動時所得到的負迴饋（如疼痛、失敗、不協調等）會壓抑患側肢體的行為，而誘發健側肢體發展代償行為以成功地完成活動，於是正向

增強使用健側肢體，而學習不去使用患側肢體，此現象被稱為「習得廢用(learned non-use)」現象，這種源於學習而得的行為抑制，導致了臨床上中風後病患上肢患側功能恢復程度有限。

在本研究團隊與署立台中醫院復健科針對復健輔具的研究中也發現這種情形，舉例而言，病患甲之右側肢體因中風而癱瘓時，需進行站立復健、右手運動復健及平衡復健等，此時病患需復健部位為右側肢體（患側），然而其左側肢體（健側）功能尚稱正常，因此病患會不自覺地使用健側而少用患側，如此一來會大大減少患側復健的效果。例如病患實施站立復健時，身體會不自覺往左傾把身體重量交由左腳承擔，致使患側（右腳）反而失去復健機會，因此復健過程中復健師必須不斷提醒患者將身體重心移向右側。

針對習得廢用的現象，在臨床上發展出侷限誘發動作治療(Constraint-Induced Movement Therapy, CIMT)理論(Wylie & Tyner, 1989; Taub et al., 1993; Taub & Wolf, 1997)，找到幫助病人克服習得廢用現象的方法，同時融入了「大腦皮質的重組能力」的概念，結合運用這項生理機制，達到增進病人患側肢體動作能力的效果。

本研究的研發理念是將侷限誘發動作治療中限制健側肢體的機制融入所設計的復健系統中，使所設計的復健器材具備侷限誘發動作治療功能，協助中風患者克服偏癱肢體「習得廢用」的復健障礙，並減低醫護人員的工作負擔。復健系統採用電腦加以控制，將傳統復健器提升成為一種智慧型的電腦化復健輔具。

## 2. 文獻回顧

### 2.1 習得廢用現象

一般的中風病人大多都會造成半側偏癱的現象，他們因而會自行發展出利用健側肢體代償患側肢體，以執行日常生活上的功能性活動，此稱為「習得廢用」現象。「習得廢用」現象的發展過程如圖 1 所示 (Taub et al., 1993; 莊國璋等人, 民 97)，一開始病人經歷了神經學的損傷，例如中風之後，雖然神經有自發性恢復的能力，但需要的時間並不一定，而且在損傷之後會導致神經活性下降，接下來可分為三個路徑說明：

- (1) 如圖 1 最上方的路徑所示，神經活性的下降自然使患側肢體動作減少，原本負責肢體執行功能的大腦皮質區域會有縮減的情況，這樣的變化進而使得患側肢體的活動越來越不靈活並費力。
- (2) 神經活性下降之後，病人表現出的動作會很難符合原本預想的要求，也就是會表現出不成功的動作模式，這樣的經驗累積有可能造成病人在生理上以及心理上的影響，如疼痛、挫折感、不協調感，這些感受對病人而言都會造成負向回饋，導致他們越來越否定自己患側肢體的能力，最後產生行為及動作抑制的現象。

(3) 當病人利用患側肢體表現活動越來越難達到預想結果時，自然會想利用健側肢體來代償患側肢體能力的不足，執行生活中所需的功能；在這種代償方式下所使用的健側肢體並不受神經損傷的影響，使表現的動作品質以及成功率都會較高，這樣的結果對病人產生一正向回饋，加強使用健側肢體的意願。如此一來，病人在執行日常生活功能時，患側肢體被使用的機率就越來越小。

以上這三種路線最終的結果，都會對病人的「習得廢用」現象造成正向加強的作用，並形成一個惡性循環。這現象雖非不可逆反應，但如果不以外力加以改變，這現象會一直持續存在，所以相關學者才會想到使需要復健的患側肢體能真正被使用，幫助病人克服此習得廢用現象，來達到增進其整體動作功能的目的。

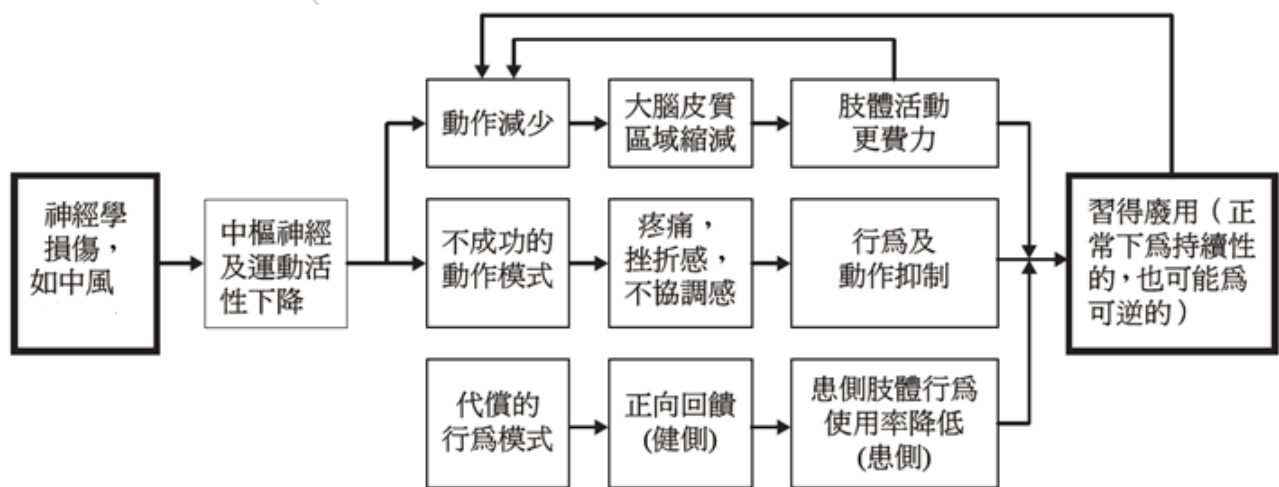


圖 1. 習得廢用現象之發展過程 (莊國璋等人, 民 97)

## 2.2 侷限誘發動作治療理論

侷限誘發動作治療(CIMT)為一種可用於中樞神經復健的治療方式(Taub et al., 1993)，尤其是針對中風患者，CIMT 主要是使用一個限制物將病人的健側肢體限制住，控制其自由活動時間，再讓病人的患側肢體接受密集性、有計畫性的復健治療，利用如此的治療方式，讓病人可以克服因中風後造成的失能狀況，例如日常生活基本功能及自我照顧等，達到符合原本年齡應有的能力，重回原本的生活環境。

在一系列研究中指出，猴子經過特別操作制約的訓練後，將健側肢體限制住就會去使用傳入神經受損的肢體(Knapp et al., 1963; Taub et al., 1966; Taub et al., 1975; Wylie & Tyner, 1989)。Ostendorf 和 Wolf (1981)最先將這些研究所獲得結果應用在中風病人身上，他們找了 21 位慢性期中風以及頭部外傷的病人，將他們的健側上肢持續限制住 14 天，只有進行會碰觸到水的活動，或是睡覺時才移除，患側上肢則進行和原本相同的復健活動。在 14 天後的評估結果中發現，病人患側

上肢的功能性能力有顯著進步，在 Wolf Motor Function Test (WFMT) 的分數上有顯著進步，並且分別在一、二、四週，以及十二個月後的追蹤評估，原本達到的功能也沒有退步的情況。

Ostendorf 和 Wolf 只是將 CIMT 做了初步的試驗，但其架構並不完整，Taub 等人(1993)將這一套治療模式發展更完整，並將其使用於中風病人身上。他們找了 9 位慢性期中風病人，進行 14 天的實驗，實驗過程中除讓病人的健側上肢穿戴限制物持續 14 天之外，還利用特殊的訓練方式加強患側上肢的動作功能，這樣的訓練每天進行 6 小時，持續了 10 天。評估結果發現，病人們分別在 Motor Activity Log (MAL)、Arm Motor Ability Test (AMAT)、WMFT 這三個評估量表中，除分數有顯著的進步外，並具有統計上的意義，而且對這群病人在實驗的四週後，以及兩年後都有做後續追蹤評估，也發現他們的患側上肢動作功能並沒有退步的現象，也就是說有持續性的維持效果。

根據 Taub 及 Wolf 研究所得到的結論，如果中風偏癱病人在復健過程只使用健側肢體，會造成患側肢體有廢棄不用的現象，如此將會對肢體復原產生阻礙。所以對這些病人需找出新的治療方法，採用強迫使用患側肢體的 CIMT 治療方式是一可行方向，而使用 CIMT 進行復健以克服「習得廢用」現象的說明如後。

### 2.3 克服「習得廢用」之過程

中風病人在經歷上述「習得廢用」現象之後，如果不經特別提醒或調整，這樣的情況將會一直存在病人身上，而透過 CIMT 可讓病人克服此現象，幫助他們在日常生活功能中有更多使用患側肢體的機會，進而表現出更好的動作品質。習得廢用克服的過程如圖 2 所示 (Taub et al., 1993; 莊國璋等人，民 97)，一開始病人可能否認自己患側肢體能力的存在，但 CIMT 提供下列四個有效步驟讓患者得以克服「習得廢用」現象：

- (1) 藉由治療師及照顧者不斷地鼓勵，增加病人使用患側肢體的動機；
- (2) 讓患者更願意使用患側肢體；
- (3) 治療師藉由調整訓練方式提高病人在過程中達成目標的成功率，並隨時給予口語上支持以增加病人的正向回饋；
- (4) 大量增加訓練時間進而增加患側肢體的練習機會。

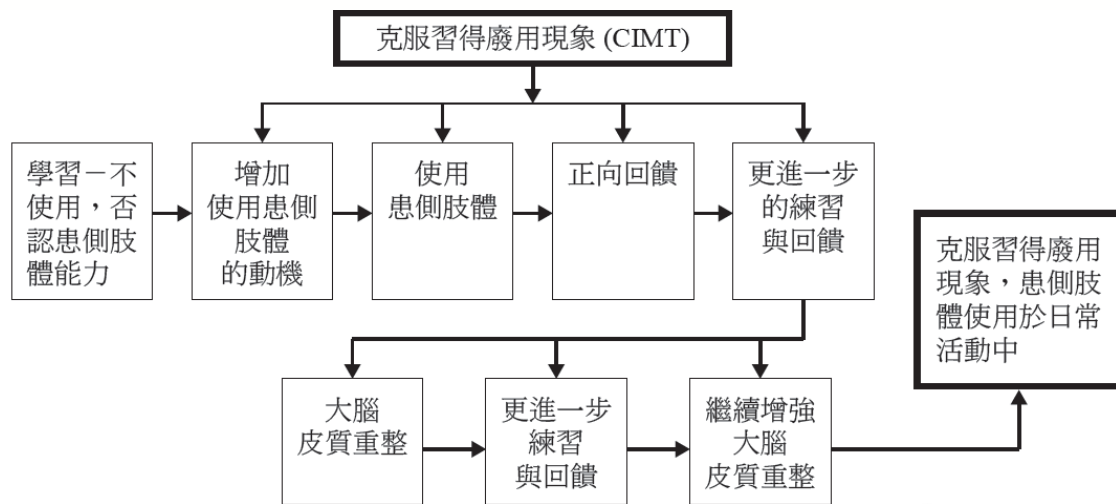


圖 2. 克服習得廢用現象之過程 (莊國璋等人, 民 97)

透過上述步驟可提供病人在大腦皮質上生理機制的變化機會，進而產生重組現象，再配合練習的增加繼續增強大腦皮質的重組現象，病人就能漸漸地克服「習得廢用」現象。

Aruin 等人(2000)利用在中風病人好腳的鞋子下放一墊子，墊高好腳的腳跟以強迫重心往患側偏移，這與 CIMT 的臨床實施方式相符，以達成增加中風病人患側腳承重的效果。經此訓練之後在靜止站立時可改善二腳承重的對稱性，增加患側腳的承重能力，且在該研究中發現腳墊的最佳高度是 10mm。此訓練方式為將健側腳墊高後再給予一個簡單的目標導向運動計畫，可以增加病人患側承重的能力，達到改善中風患者靜態站立的功能。而臨床上使用 CIMT 復健模式進行上肢復健時，將復健者的健側手約束住，只允許使用患側手以達到進行有效復健的目的。

在本研究中將限制健側肢體讓患者使用患側肢體進行復健的實施方式融入復健系統的設計，使所設計復健系統符合 CIMT 理論，強迫患者使用患側肢體以克服習得廢用現象，並透過持續不斷地進行肢體復健，以達到有效復健的目的。

臨床上的使用經驗是新系統開發的重要依據，本研究進行前先與署立台中醫院復健科進行為期半年的先期合作，由研究人員定期赴台中醫院與醫療人員進行復健科器材為主題之研究，並實際與現場之復健治療師進行實地研究與討論，最後將臨床經驗與需求構想結合 CIMT 復健理論變成此次研究的主題內容，並研發出具 CIMT 治療功能的站立復健系統及肢體復健系統。

### 3. 具 CIMT 治療功能的站立復健系統設計

腦血管病變及意外腦傷病患由於腦神經組織損傷，在病發後會造成患側肌力下降、肌肉痙攣性增強、運動失調以及運動控制功能受到干擾，使得平衡運動控制能力不如以往，造成下肢兩側的載重不平均，重心轉移能力不良，甚致造成健側極大的負擔，當其跨步行走時常因重心控制不

當而跌倒，影響患者的行走轉位的安全與效益。因此，平衡控制訓練便成為臨床上重建病患運動控制能力、學習步行及培養自理生活能力重要的復健訓練項目之一。

對於中風偏癱病患而言，訓練抵抗重力和調適其雙腳載重之對稱更是奠定其日後步行和自理生活能力之重要復健項目。因此，站立平衡訓練便成為復健科病患使用頻率很高的治療項目之一，但因臨床上站立平衡訓練大都由治療師以口訴指導方式進行，往往因復健治療師人力資源之不足而降低復健效果。而且側邊癱患者在進行站立訓練時由於患側腳無力承重，站立時往往將重心落於健側腳，而無法提供患側腳較多承重機會，致使重心偏向健側腳，造成復健者之姿勢歪斜，甚至復健改善後仍造成姿勢不對稱現象。

為改善中風偏癱病人進行站立復健時往往將重量放在健側腳，使偏癱的患側肢體不承重而逐漸形成「習得廢用」現象，在本研究中採用類似 Aruin 等人(2000)改變兩腳高度以強迫重心偏移以使中風病人的患側腳增加承重的原理，重新設計一智慧型站立復健裝置，可進行下肢承重訓練及評估，以期於復健治療黃金期內有效改善偏癱腿部的承重能力。

### (1) 系統架構

本研究所設計智慧型站立復健系統的架構如圖 3 所示，包含：

- a. 左右腳站立平台：包含腳部壓力感測器及控制平台高度的馬達，利用荷重元來進行兩腳重力量測，而以步進馬達改變平台的高度。
- b. 腳部壓力量測單元：當站立平台上壓力量測單元受力變形時，連帶使應變規亦跟著變形使電阻變化而產生電位差，將此信號經放大電路、濾波電路及類比數位轉換器處理後，透過傳輸介面傳送到電腦。
- c. 控制器：由電腦根據腳部壓力量測單元所量測到兩腳重力的數據，決定升降平台的高度，利用兩平台的高度差產生下肢不等長的效果，以改變站立時兩腳承重的對稱性，強迫中風病人的患側腳用力，達成強迫重心偏移的效果，改善中風偏癱病人患側的承重能力。
- d. 馬達驅動電路：將制器送出的信號，經過 D/A 轉換器後送至馬達驅動電路驅動站立平台的馬達，以改變站立平台的高度。

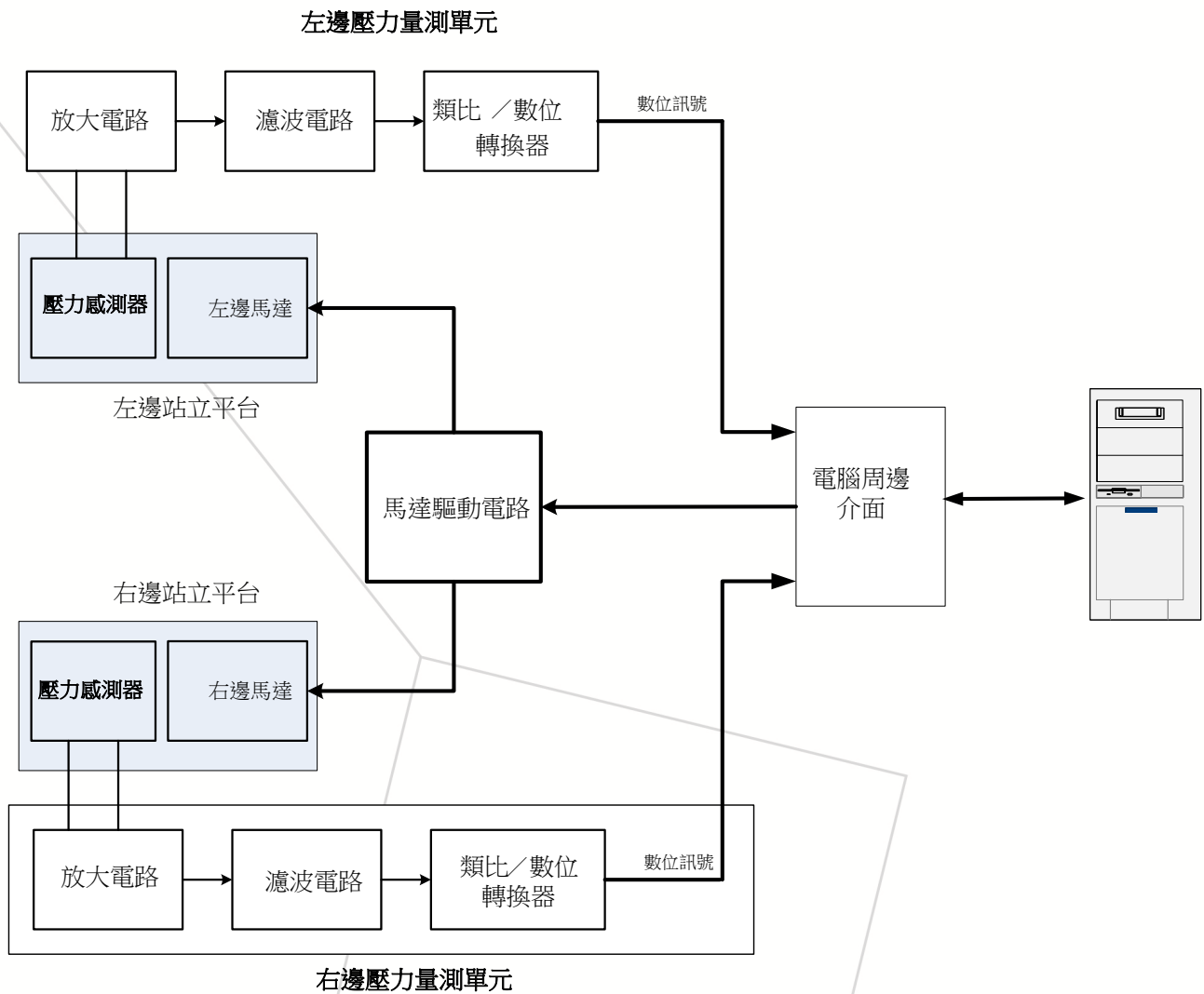


圖 3. 智慧型站立復健系統架構圖

## (2) 侷限誘發動作治療機制之實現

站立平台的升降機構係應用馬達來所傳動，馬達做正逆轉動時可帶動導螺桿作直線升降，進而使升降站立平台產生升降效果。假設中風偏癱病患左側腳 A 為患測，站在復健平台時如圖 4 左所示，重心偏向健側右腳 B，造成復健者之姿勢歪斜。在左、右腳壓力量測單元檢測出信號後，將信號輸出到電腦進行判斷，電腦根據所量測到兩腳重力的數據，輸出控制信號至馬達驅動電路，控制位於右升降站立平台之馬達轉動，則該右升降站立平台即作適當上升，使該復健者之重心逐漸校正至中心位置如圖 4 右所示，進而令患側腳 A 獲得適當承重力。

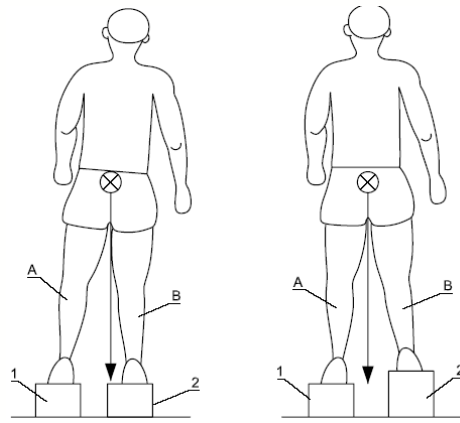


圖 4. 中風偏癱病患進行站立復健情形示意圖

### (3) 完成系統

整個完成後的系統如圖 5 所示，包含左右腳站立平台、腳部壓力量測單元、升降馬達及馬達驅動電路等硬體，及執行控制程序進行的軟體，另為保護復健者在復健過程中免於發生跌倒的危險，復健平台在兩側設有扶手裝置。電腦控制端的人機介面如圖 6 所示，顯示包含左右兩腳的重力、右腳平台馬達的升降狀態、復健進行日期及時間、復健過程左右腳重力差異記錄等資訊。左右腳力道顯示值是由腳部壓力量測單元所量測的值加以放大，當兩個數值的差異量大於設定值時會啟動右腳站立平台的升降，以使兩腳重力分佈在設定誤差範圍內。



圖 5. 站立復健系統完成圖

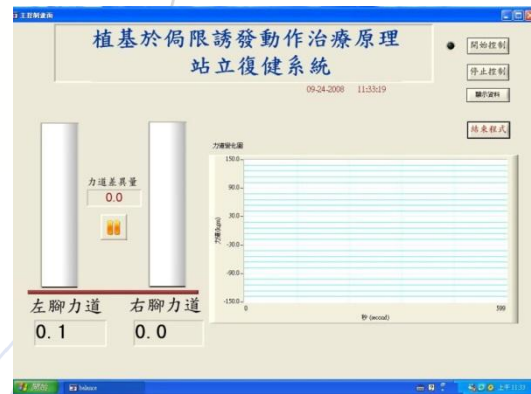


圖 6. 站立復健系統人機介面圖

圖 7 為一次系統實際完整測試的過程記錄，在本次測試左右腳差異量的最小值設定值為 10，開始進行復健訓練時，復健者因偏癱現象導致重心不在中央處，在圖 7(a) 訊息中可以看出此時重心偏在左腳側。為限制左側腳的承重並增加右側腳的承重，復健系統驅使右側平台的馬達逆向轉動，以使右側平台下降，右側平台的下降導致右側腳承重增加，經過一段升降過程後兩側腳承重誤差小於設定值，右側平台不再升降，如圖 7(b) 所示。復健者在兩邊平台有高度差的狀況下進行站立復健，此時左邊健側腳的承重被侷限而減少，右邊患側腳則有較之前更大的承重，藉此對患側腳進行站立訓練，而復健過程的資訊畫面如圖 7(c) 所示。



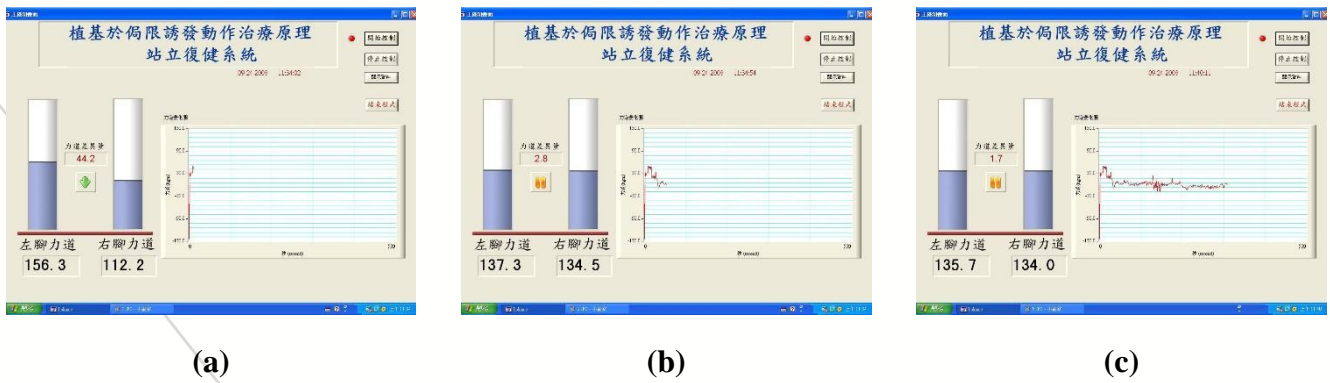


圖 7. 系統測試的過程記錄

#### 4. 具 CIMT 治療功能的肢體復健系統設計

由於中風後進行肢體復健對於病患運動控制及自理生活能力有很大幫助，而目前市面上常見上下肢復健機其轉動機構為左右連動式，利用改變把手結構以如同踩腳踏車方式進行手部及腳部關節、肌肉活動及耐力之復健。部分高階產品具主動與被動模式復健功能，進行主動模式復健時利用馬達轉動帶領病患上肢或下肢做被動運動，而進行被動式復健時系統會提供阻力由患者利用自身能力進行主動運動復健。常見上下肢復健器雖然具有多項功能，但因其轉動機構採左右連動式設計，若要提供中風偏癱或上下肢雙側損傷程度不一的患者進行上下肢的肢體復健之用時，患者可能在不知不覺中採用健側肢體施力來帶動患側肢體，致使偏癱的患側肢體於復健時因不施力而形成「習得廢用」現象，反而使患側肢體失去復健機會。為改善此現象，在本研究的肢體復健系統融入 CIMT 理論設計，所設計的肢體復健系統可採左右不連動方式進行復健，患者無法利用健側肢體來帶動患側肢體，能有效克服導致「習得廢用」現象的原因。

##### (1) 系統架構

本研究所設計肢體復健系統的基本架構如圖 8 所示，主要包含肢體復健裝置與控制裝置兩部分，肢體復健裝置由兩組獨立可以用手推動或腳踩動之樞轉結構、電磁式阻力產生器及轉動感測單元所組成，而控制裝置則包括個人電腦、D/A 電壓轉換電路及電壓放大電路。為達到可進行主動與被動復健之效果，所設計系統具備兩個動力源，以馬達離合器來控制及選擇，另為因應中風偏癱或肢體損傷程度不一病患之復健需求，所設計機構進行主動復健模式時可選擇左右連動或不連動方式的不同復健模式。整個肢體復健裝置的機械結構圖如圖 9 所示，其中包含：

- a. 用手推動或腳踩動之樞紐結構：其置放裝置為可拆卸式，根據病患需要復健的部位加以更換，上肢復健時為握把形式，而進行下肢復健時則採用踏板形式，復健時將手部或腳部置於其上加以轉動或踩動。
- b. 為達到可進行主動與被動復健之效果，以切換把手來選擇兩個不同動力源，另由左控制把手及右控制把手進行主動復健模式時左右連動或不連動方式的復健模式選擇。

- c. 電磁式阻力產生器：於轉動的樞紐結構中加入電磁式制動器，所產生的阻力大小隨著所加入的電壓改變呈線性變化，為因應中風偏癱或肢體損傷程度不一病患之復健需求，左右不連動的主動復健模式時，可由控制器個別設定左右電磁致動器不同的阻力大小。
- d. 轉動感測單元：轉動感測單元電路為由近接感應裝置所構成的，病患進行復健時每轉動樞紐結構一圈，感測電路會產生一個脈波訊號，將此信號送至個人電腦，配合計數器即可知道在固定時間內復健器該側轉動的圈數。

## (2) 侷限誘發動作治療機制之實現

本肢體復健器的機械結構於轉動的樞紐結構中加入電磁式制動器，所產生的阻力大小隨著所加入的電壓改變呈線性變化，為因應中風偏癱或肢體損傷程度不一病患之復健需求，本復健器採用左右不連動的獨立模式設計，可由控制器個別設定左右電磁致動器不同的阻力大小，患者無法利用健側肢體來帶動患側肢體，能有效克服導致「習得廢用」現象的原因。

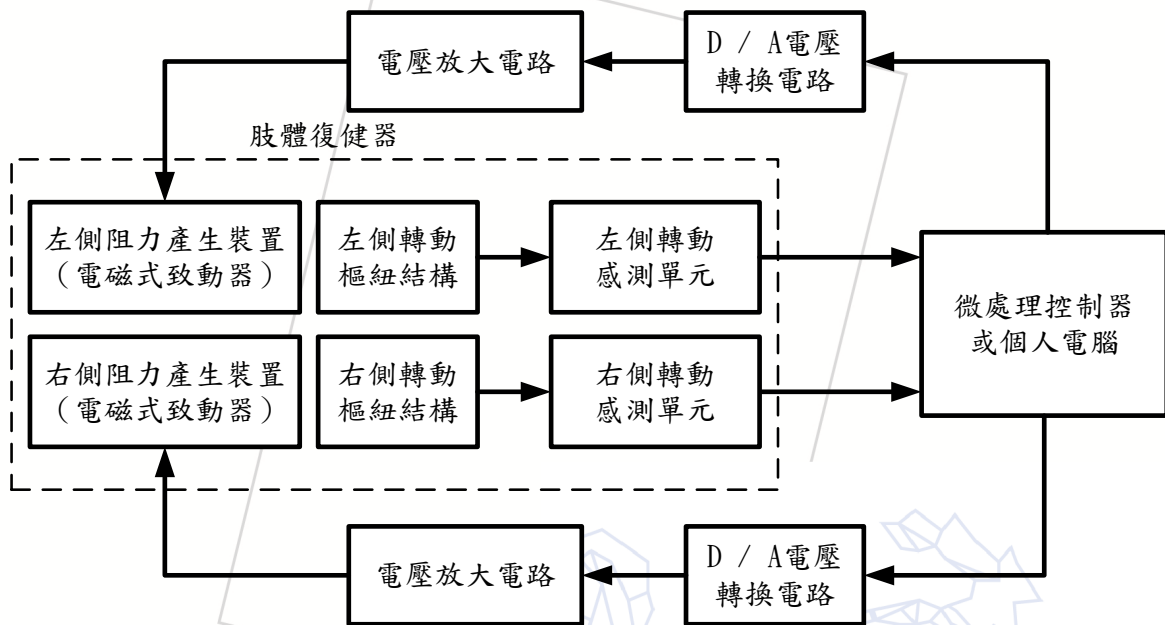


圖 8. 肢體復健系統基本架構

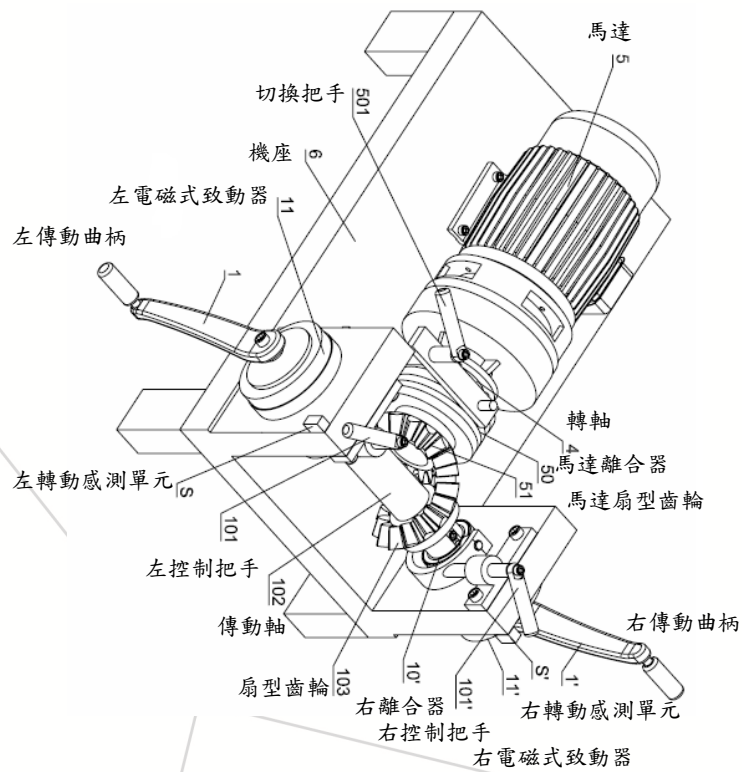


圖 9. 肢體復健器機械結構圖

### (3) 完成系統

整個具 CIMT 治療功能的肢體復健系統及人機使用介面分別如圖 10 及圖 11 所示，人機介面的開發採用 Agilent 的 Vee pro 6.0 軟體，而介面卡為 NI 的 6013，其具有兩個 D/A 與兩個計數器，符合本系統的設計需求。從測試結果可得知復健器兩側阻力確實可根據量測到的訊號，經由換算成參考復健能力評估指標值後，由控制器產生適當的阻力以符合患者在不同復健階段之需求。



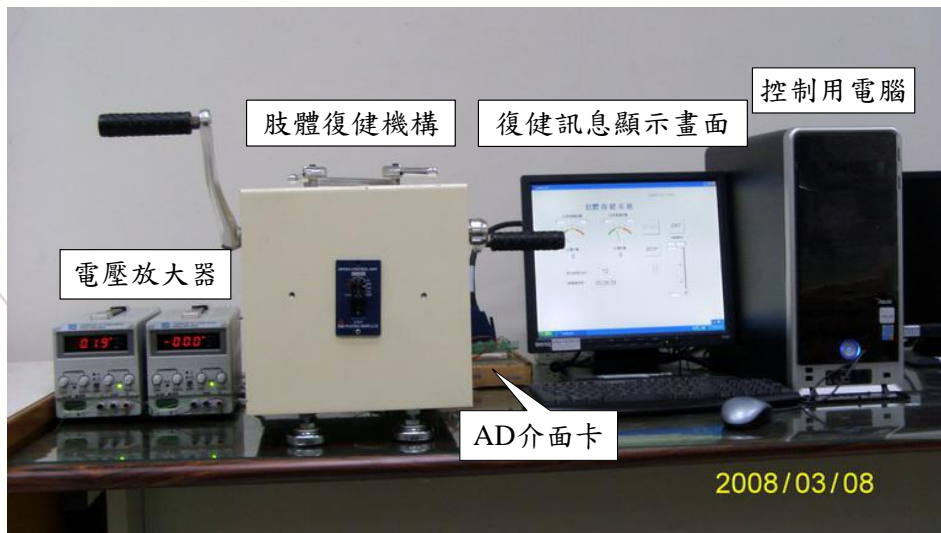


圖 10. 具 CIMT 治療功能的肢體復健系統



圖 11. 具 CIMT 治療功能的肢體復健系統人機介面

## 5. 結論

本研究將侷限誘發動作治療中限制健側肢體的機制融入所設計的站立復健系統及肢體復健系統中，並採用電腦監控技術將原屬傳統復健器材轉型成為一種智慧型的電腦化復健輔具，提升產品技術層次與附加價值，本研發成果並已獲得專利（劉冠佑等人，民 100；劉冠佑等人，民 101）。本研究經由初步測試結果發現確實具有限制健肢並強迫使用患肢的功能，符合侷限誘發動作治療功能實施精神，但對於系統的復健功能評估則必須進行一定數量個案且較長期訓練與測試，所以下一階段將與中山醫學大學職能治療系團隊合作，提出復健系統功能評估的人體試驗申請，並由中山醫學大學職能治療系協助進行相關測試與評估。

## 誌謝

本研究感謝國科會專題研究計畫(96-2622-E-252-002-CC3)及教育部產業園區計畫(96E-48-162)的經費補助及相關參與計畫同仁之協助，終促成本研究順利完成，特此致謝。

## 參考文獻

1. Aruin, A.S., Hanke, T., Chaudhuri, G., Harvey, R., Rao, N. (2000). Compelled weight bearing in persons with hemiparesis following stroke: the effect of a lift insert and goal-directed balance exercise. *Journal of rehabilitation reserch and development*, 37(1), 65-72.
2. Knapp, H.D., Taub, E., Berman, A.J. (1963). Movements in monkey with deafferented forelimbs. *Exper Neurol*, 7, 305-315. doi:10.1016/0014-4886(63)90077-3
3. Ostendorf, C.G., Wolf S.L. (1981). Effect of forced use of the upper extremity of a hemiplegic patient on changes in function. *Am Phys Ther Assoc*, 61, 1022-1028.
4. Taub, E., Ellman, S.J., Berman, A.J. (1966). Deafferentation in monkeys: effect on conditioned grasp response. *Science*, 151, 593-594. doi:10.1126/science.151.3710.593
5. Taub, E., Goldberg, I. A., Taub, P. (1975). Deafferentation in monkeys: pointing at a target without visual feedback. *Exp Neurol*, 46, 178-186. doi:10.1016/0014-4886(75)90040-0
6. Taub, E., Miller, N.E., Novack, T.A., et al. (1993). Technique to improve chronic motor deficit after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 74(4), 347-354.
7. Taub, E., Wolf, S. L. (1997). Constrain induced movement techniques to facilitate upper extremity use in stroke patients. *Top Stroke Rehabil*, 3, 38-61.
8. Wylie, R.M., Tyner, C.F. (1989). Performance of a weight-lifting task by normal and deafferented monkeys. *Behav Neurosci*, 103, 273-282. doi:10.1037/0735-7044.103.2.273
9. 莊國璋、黃亭韶、陳克銘、于瑛輝、高木榮(民 97)。限制—誘發動作治療於中風病人復健之療效。北市醫學雜誌，5(1)，1-14。
10. 劉冠佑、陳培文、吳錫修、柯嘉南、吳信義 (民 101)。下肢承重訓練及評估裝置。中華民國發明專利 I377963 號。
11. 劉冠佑、吳錫修、吳信義、陳培文 (民 100)。肢體復健裝置。中華民國發明專利 I352589 號。

## Design of rehabilitation system based on constraint-induced movement therapy

Liu, G.-Y., Chen, P.-W, Wu, S. -S., Wu. H.-Y.

## Abstract

Hemiplegia is the most common disability in stroke. Hemiplegia caused the limit of functional activities of daily living for the patients. Therefore, they unable to live independently and need to rely on others to help. The patients need to receive rehabilitation treatment in order to restore the function of independent life. Many studies have found that more than one year in patients whose stroke rehabilitation

of limb function presents “learned non-use” phenomenon. Negative feedback due to the use of the affected limb while engaged in activities results in suppressing the behavior of the affected limb. Therefore, the functional recovery of the affected limb is limited. The method of constraint-induced movement therapy has been developed for stroke rehabilitation to overcome the “learned non-use” effect of the hemiplegic limb. In this study, the concept of limit contralateral limb mechanism is implemented in the design of rehabilitation system to help patients overcome the “learned non-use” effect of hemiplegic limb.

**Keywords:** hemiplegia, rehabilitation, learned non-use, constraint-induced movement

