

# 手眼協調評估系統之研製

吳信義<sup>1</sup>、劉冠佑<sup>1</sup>、吳錫修<sup>1</sup>、尹淑華<sup>2</sup>

<sup>1</sup>南開科技大學 電子工程系

<sup>2</sup>中山醫學大學 物理治療學系 碩士班

通訊作者：劉冠佑

聯絡地址：南投縣草屯鎮中正路 568 號

電子郵件：guanyu@nkut.edu.tw

投稿日期：2014 年 5 月

接受日期：2014 年 6 月

## 摘 要

在生理障礙領域中，動作協調障礙是職能治療師常要處理的問題。協調訓練依據動作學習理論，強調練習及回饋是影響學習成效的主要因子，臨床上職能治療師設計活動讓患者練習並給予口語回饋，循序漸進增加個案的動作技巧並強化其動作精確度以改善協調問題。研究指出傳統復健形式耗費時間、人力與資源及受個案順從度影響，重複練習難以維持個案動機，而且缺乏提供一致回饋，以至於降低治療成效。因此設計一個可以提供自動化聲光刺激與回饋之協調訓練設備來增加個案動機、改善動作表現及降低治療時人力的需求顯得重要。除了對訓練設備的需求外，如何對患者進行快速、科學且即時的動作功能評估也是一個重要的課題。所以本研究的主要目的為設計及開發一套手眼協調評估系統，以提供臨床職能治療師對中風、腦傷、腦性麻痺及肢體傷殘等患者進行快速、科學且即時的上肢動作功能評估。

**關鍵詞：**職能治療、手眼協調訓練、刺激回饋、手眼協調評估

## 壹、緒論

在生理障礙領域的職能治療服務 (occupational therapy) 中，腦血管意外 (cerebrovascular accident) 或稱中風病患 (stroke) 是主要的治療對象。中風為國人的第三大死因且為主要的慢性病之一。中風因腦部血管破裂或栓塞，依其受傷位置、損傷程度與擴及面積，可能造成患者在感覺、知覺、動作、認知、語言等等多方面的失能與障礙，常需要長時間復健治療與大量的照護費用。單側動作障礙通稱偏癱 (hemiparesis) 是中風病患最常見的失能之一，其中動作障礙會造成個案在日常生活活動 (activities of daily living) 的功能受限，無法獨立生活需要依賴別人。因中風所造成的缺損症

狀以上肢動作居多 (Gowland et al., 1992)，且相較於下肢的功能復原，上肢的復原速度較下肢慢，因上肢需要較複雜的控制才能恢復。

上肢的動作復健，對於臨床中風病人的生活獨立性而言是非常重要的。臨床職能治療在訓練上肢動作復健常用許多不同的設備與儀器，如錐形杯 (cone) 與圓柱插板 (pegboard) 等。職能治療師依個案能力與復健目標而設計活動，讓患者在不斷的練習過程中，動作再學習以恢復肢體動作。除此之外，在上肢動作復健過程，常會結合相關認知、記憶、注意力與問題解決能力的訓練，並透過增加任務/活動 (task/activity) 難度或活動分級 (activity grading) 的方式，循序漸進增加個案動作的控制技巧並強化其動作精確度。

協調是指許多肌肉依序或同時活動產生精確、控制、平順的動作模式，並且透過體感覺、視覺和前庭覺等的感覺輸入及感覺回饋自動監控及修正反應。協調的動作特性為平順、有節律、適當速度、精煉（所需的肌肉群最小），以及適當的肌肉張力、姿勢張力及平衡 (Preston, 2006)。異常協調的定義是肌肉活化模式、時機以及次序偏離正常，造成無效率或刻板化的動作模式 (Levit, 2008)，而不協調的動作特性則包括動作速度、節律、範圍、方向或力量錯誤。許多原因都有可能干擾協調，包括關節活動度、力量或感覺受限，老化而使感覺動作處理退化（如視知覺、視覺敏銳度下降）(Di Fabio et al., 2002)，或是如中風、小腦疾病、非小腦疾病（如多發性硬化症、亨丁頓舞蹈症）以及錐體外系統等疾病所導致(Preston, 2006)。臨床上，職能治療師設計活動讓患者在不斷的練習過程中動作再學習，並透過活動分級的方式，循序漸進增加個案動作的控制技巧並強化其動作精確度以改善不協調。

協調訓練基於動作學習理論，在學習理論中強調影響學習的主要因子是練習及回饋，Maulucci & Eckhouse (2001)指出改善表現需要回饋而非僅是練習，其他研究也證實回饋能增加訓練成效 (Cheng et al., 2004; Yoo & Chung, 2006)。Vliet & Wulf (2006)提及治療師以口語回饋最為常見，但 Betker et al.(2007)的研究提及治療師缺乏提供一致、詳細的回饋。研究也指出傳統復健的限制包括耗時、費人力與資源及受個案順從度影響 (Sapoznik & Levin, 2011)，而且重複練習難以維持個案動機，以致降低治療成效。近年來科技的發展使得復健設備能提供一致、具體以及個別化的回饋給個案 (Parker et al., 2011)，例如提供視覺、聽覺回饋來增加個案動機 (Banz et al., 2008)，進而增加治療成效以及降低治療時人力，並且讓個案也能在家裡復健。綜合以上原因，設計低成本的聲光刺激／回饋協調訓練設備來增加個案動機、改善動作表現、降低治療人力／資源便顯得更重要，(劉冠佑等, 2012)在之前研究中設計一個互動式聲光手眼協調訓練系統來達到上述目標。

在瞭解與檢視個案的康復狀況，職能治療師選用適當的、標準化的評估工具，對個案進行相關能力的測驗與評估。然而，標準化的職能治療評估工具，使用常需花費多時，大多數的評估工具無法即時呈現評估結果，且無法呈現個案小範圍的動作進步。為解決上述困擾，本研究的主要目的為設計與開發一套互動式上肢動作控制評估系統，提供臨床職能治療師快速、科學且即時的手眼協調動作評估。

## 貳、方法

手眼協調能力 (eye-hand coordination)為整合眼睛所接

收的信息與手部動作控制，共同合作以達到某個目的的能力，以作出一些細緻及精確的動作。日常生活中需要手眼協調能力的活動很多，例如取杯飲水、扣鈕扣、使用筷子、操作滑鼠與鍵盤、握筆寫字、丟擲或接物等等，因此，手眼協調能力失調在日常生活上會造成很大的不方便。對自閉症、腦性麻痺及肢體傷殘者等患者的協調訓練必須基於動作控制與動作學習理論 (胡明霞, 2006)，而其訓練的結果可以表現在反應時間及動作時間上，動作時程如圖一所示，其中回應時間包含反應時間及動作時間兩部份，各個階段定義如下：預警期：由預警訊號到開始訊號之間的時間稱為預警期。反應時間(reaction time, RT)：由一突然且不可預知的訊號發生時間開始算起，到動作開始的時刻之時間間隔。動作時間(movement time, MT)：從動作開始到動作結束所耗的時間。

本研究利用電子監測技術，以光（視覺）、聲音（聽覺）等因子做為刺激訊號與回饋訊號，配合如圖一的動作控制模式時序設計評估流程，進行手眼協調能力評估，藉由電腦軟體進行復健資訊自動化量測，改善復健治療師進行傳統手眼協調評估時的工作負擔。

本研究所設計的評估系統架構圖如圖二所示，包含評估系統、評估介面裝置與評估操作平台三大部分。在本研究中評估操作平台的操作單元採用可移動式模組化方式設計，以滿足治療師針對不同使用者在進行上肢動作協調評估的實際需求。每一模組包含光線產生裝置、聲音產生裝置與動作感應裝置，可產生聲光刺激訊號、聲光回饋訊號及受測者動作感測的結果。評估系統主要由電腦所搭配所設計的評估軟體所組成，進行手眼協調評估時可自動執行評估程序，並將評估結果的資料加以儲存。評估介面裝置主要功能將評估電腦與各操作單元連接起來，透過微處理機的串列埠接收電腦在各種評估模式下產生的控制訊號並正確地送至各操作單元，以及將各操作單元動作感應裝置所感測到的訊號經由微處理機的串列埠送回評估電腦進行評估與紀錄，包含 RT 值、MT 值以及正確次數等。

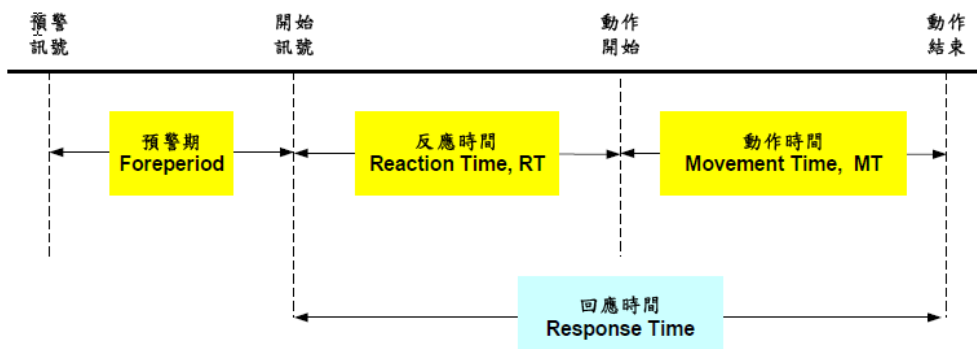
本研究在評估模組中設計：有刺激模式評估與無刺激模式評估兩類，刺激訊號可選擇燈光或聲音的形式，主要用來探討有無刺激源及不同刺激源對患者的反應時間表現的影響，而回饋訊號也可選擇燈光或聲音形式，其中刺激訊號產生在圖一的開始訊號時，而回饋訊號則產生在要求動作達到時。對照圖一本系統在各階段所設計的動作程序與功能為：預警期：本系統在開始訊號之前會先給予預警訊號，包括『按住原點』的語音訊息與閃爍燈號的視覺訊息。

反應時間：使用者先以手按住原點按鈕，在 3~9 秒內以燈光或語音告知使用者要伸手及物的感測器，使用者在發現及定

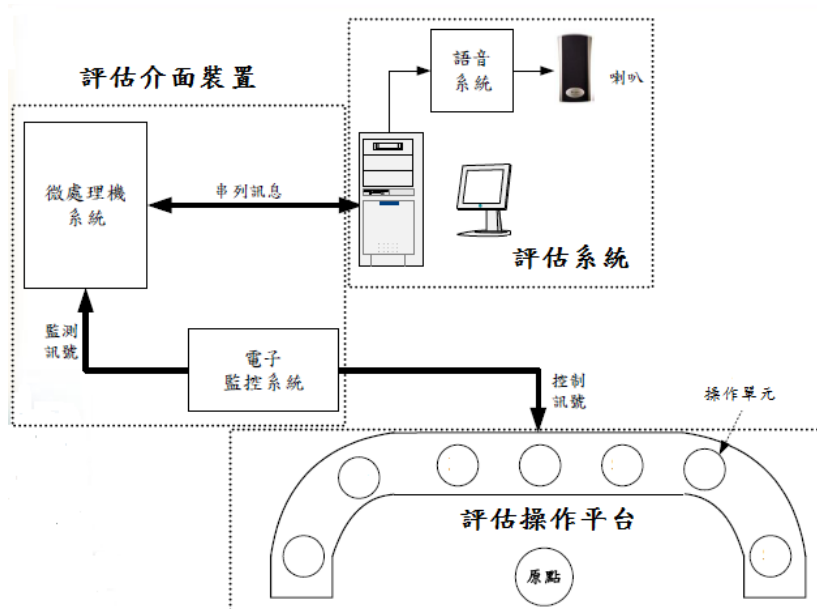
位刺激物後到手離開原點按鈕所耗的時間視為 RT，系統會自動量測與記錄此 RT。

動作時間：使用者手離開原點按鈕到觸及感測器所耗的時間視為 MT，系統會自動量測與記錄此 MT。

系統可以記錄受測者在不同評估模式中操作時的反應時間與動作時間，而這些數據可當作復健治療師評估受測者手眼協調能力的參考依據。



圖一 動作控制模式時序圖



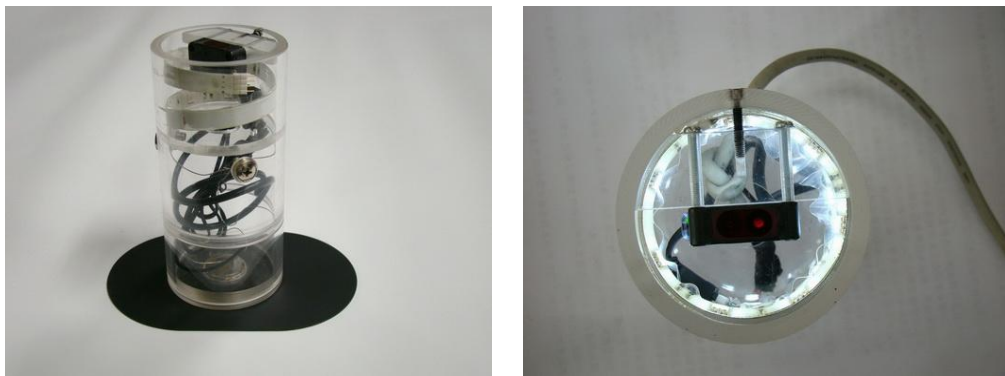
圖二 手眼協調評估系統架構圖

### 參、結果

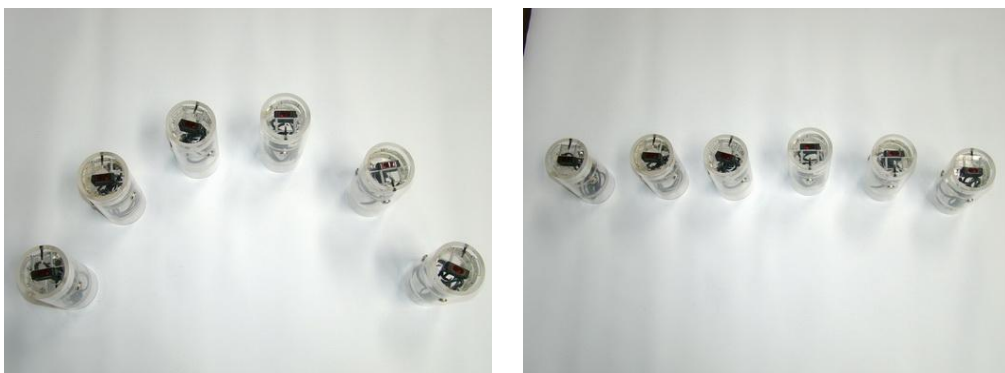
本系統所設計操作單元模組及上視圖如圖三所示，包含光線產生裝置、聲音產生裝置與動作感應裝置，整個模組可以自由移動，而模組底座加裝有磁鐵可以固定在金屬片上。在圖四中可以看出系統可根據復健治療師所要進行評估方式

的不同，而自行安排出不同的位置。

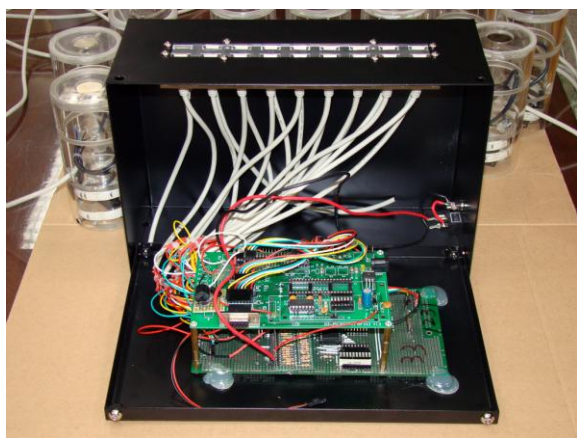
評估介面裝置內部結構如圖五所示，除微處理晶片與相關電路外，尚包含與評估電腦及各操作單元的連接埠，而評估介面裝置與操作單元模組的連接如圖六所示。



圖三 操作單元模組及其上視圖



圖四 治療師可根據評估需求任意擺放模組



圖五 評估介面裝置內部結構



圖六 評估介面裝置與操作單元連接圖

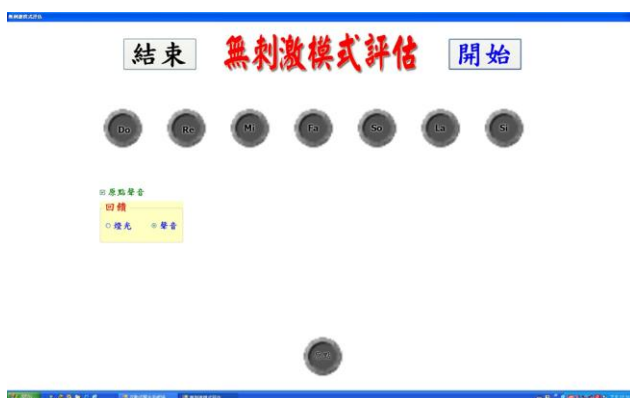
本系統對受測者進行評估的畫面如圖七所示，而職能治療師可在評估系統上選擇採用的評估模式，並進行執行評估程序時的各項參數設定，然後由整個系統自動執行評估程序，並把包含 RT 值、MT 值以及正確次數等評估結果的各項數據加以記錄，以提供職能治療師參考。有刺激模式評估與無刺激模式評估的操作畫面分別如圖八及圖九所示，在進行有刺激評估模式程序時可選擇刺激訊號的類型為燈光或聲音，而回饋訊號類型亦可做選擇，而在無刺激模式評估程序時只能選擇回饋訊號類型。



圖七 受測者進行評估的畫面



圖八 有刺激模式評估畫面



圖九 無刺激模式評估畫面

## 肆、結論

由於復健的過程冗長且成效不顯著，往往造成復健者復健中輟的現象，以致影響復健效果，為克服復健的枯燥感，目前臨床上有使用各類遊戲機來協助患者進行復健，如打地鼠機、投籃機或是如 Wii 及 Xbox 等體感遊戲機等，以增加復健過程的趣味性。本團隊也設計出一套互動式聲光手眼協調訓練系統(劉冠佑等, 2012)，提供視覺、聽覺回饋來增加個案的復健動機、改善動作表現、降低治療人力負擔，進而增加治療成效。但如何讓職能治療師瞭解與檢視個案的康復狀況，則有賴提供適當的、標準化的評估工具對個案進行相關能力的測驗與評估。然而，標準化的職能治療評估工具使用上費時，且無法即時呈現評估結果與個案小範圍的動作進步，所以在本研究本團隊利用電子化監測技術設計及開發一套手眼協調評估系統，讓職能治療師可選擇不同的評估模式並進行各項參數設定，由系統自動執行評估程序並把評估結果加以儲存，提供臨床職能治療師對中風、腦傷、腦性麻痺及肢體傷殘等患者進行快速、科學且即時的上肢動作功能評估。

## 伍、誌謝

本研究感謝國科會專題研究計畫(NSC 101-2218-E-252-001)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

- 胡名霞(2006)。動作控制與動作學習(第二版)。台北：金名。
- 劉冠佑、吳信義、吳錫修、陳瓊玲、邱敏綺、鄧雅凌(2012)。互動式聲光手眼協調訓練系統設計。福祉科技與服務管理學刊, 1卷1期, 35-48頁。
- Banz, R., Bolliger, M., Colombo, G., Dietz, V., & Lünenburger, L. (2008). Computerized visual feedback: An adjunct to robotic assisted gait training. *Physical therapy*, 88(10), 1135-1145.
- Betker, A., Desai, A., Nett, C., Kapadis, N., & Szturm, T. (2007). Game-based exercises for dynamic short-sitting balance rehabilitation of people with chronic spinal cord and traumatic brain injuries. *Physical therapy*, 87(10), 1389-1398.
- Cheng, P. T., Wang, C. M., Chung, C. Y., & Chen, C. L. (2004). Effects of visual feedback rhythmic weight-shift training on hemiplegic stroke patients. *Clinical rehabilitation*, 18, 747-753.
- Cesqui, B., Macri, G., Dario, P., & Micera, S. (2008). Characterization of age-related modifications of upper limb motor control strategies in a new dynamic environment. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 5, 31-45.
- Di Fabio, R. P., Greany, J. F., Emasithi, A., & Wyman, J. F. (2002). Eye-head coordination during postural perturbation as a predictor of falls in community-dwelling elderly women. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 83(7), 942-951.
- Dovat, L., Lambercy, O., Salman, B., Johnson, V., Milner, T., & Gassert, R. (2010). A technique to train finger coordination and independence after stroke. *Disability and rehabilitation: Assistive technology*, 5(4), 279-287.
- Gowland, C., DeBruln, H., Basmajian, J. V., Piewes, N., & Burcea, I. (1992). Agonist and antagonist activity during voluntary upper-limb movement in patients with stroke. *Physical therapy*, 72, 624-633.
- Holden, M. K. (2005). Virtual environments for motor



- rehabilitation review. *Cyberpsychology & behavior*, 8(3), 187-213.
- King, M., Hale, L., Pekkari, A., Persson, M., Gregorsson, M., & Nilsson, M. (2010). An affordable, computerised, table-based exercise system for stroke survivors. *Disability and rehabilitation: Assistive technology*, 5(4), 288-293.
- Levit, K. (2008). Optimizing motor behavior using bobath approach. In Radomski, M. V., Latham C. A. T. (Eds), *Occupational therapy for physical dysfunction* (6th ed.) (pp.643). London: Williams and Wilkins.
- Maulucci, R. & Eckhouse, R. H. (2001). Retraining reaching in chronic stroke with real-time auditory feedback. *Neurorehabilitation*, 16, 171-182.
- Masia, L., Casadio, M., Giannoni, P., Sandini, G., & Morasso, P. (2009). Performance adaptive training control strategy for recovering wrist movements in stroke patients: A preliminary, feasibility study. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 6, 44-55.
- Matsuoka, Y., Brewer, B. R., & Klatzky, R. L. (2007). Using visual feedback distortion to alter coordinated pinching patterns for robotic rehabilitation. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 4, 17-27.
- Mumford, N., Duckworth, J., Thomas, P. R., Shum, D., Williams, G., & Wilson, P. H. (2010). Upper limb virtual rehabilitation for traumatic brain injury: Initial evaluation of the elements system. *Brain injury*, 24(5), 780-791.
- Parker, J., Mountain, G., & Hammerton, J. (2011). A review of the evidence underpinning the use of visual and auditory feedback for computer technology in post-stroke upper-limb rehabilitation. *Disability and rehabilitation: Assistive technology*, 6(6), 465-472.
- Preston, L. A. (2006). Evaluation of motor control. In Pendleton H. M. & W. Schultz-Krohn (Eds.), *Pedretti's occupational therapy practice skills for physical dysfunction* (6th ed) (pp.418-421). St. Louis : Mosby.
- Piron, L., Turolla, A., Agostini, M., Zucconi, C. S., Ventura, L., & Tonin, P. (2010). Motor learning principles for rehabilitation: A pilot randomized controlled study in poststroke patients. *Neurorehabil neural repair*, 24(6), 501-508.
- Robertson, J. V., Hoellinger, T., Lindberg, P., Bensmail, D., Hanneton, S., & Roby-Brami, A. (2009). Effect of auditory feedback differs according to side of hemiparesis: A comparative pilot study. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 6, 45-57.
- Saposnik, G., Teasell, R., Mamdani, M., Hall, J., McIlroy, W., & Cheung, D. (2010). Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke rehabilitation: A pilot randomized clinical trial and proof of principle. *Stroke*, 41(7), 1477-1484.
- Saposnik, G. & Levin, M. (2011). Virtual reality in stroke rehabilitation: A meta-analysis and implications for clinicians. *Stroke*, 42(5), 1380-1386.
- Sayenko, D. G., Alekhina, M. I., Masani, K., Vette, A. H., Obata, H., & Popovic, M. R. (2010). Positive effect of balance training with visual feedback on standing balance abilities in people with incomplete spinal cord injury. *Spinal cord*, 48(12), 886-893.
- Timmermans, A. A., Seelen, H. A., Willmann, R. D., & Kingma, H. (2009). Technology-assisted training of arm-hand skills in stroke: Concepts on reacquisition of motor control and therapist guidelines for rehabilitation technology design. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 6, 1-19.
- Van Peppen, R., Kortsmit, M., Lindeman, E., & Kwakkel, G. (2006). Effects of visual feedback therapy on postural control in bilateral standing after stroke: A systematic review. *Journal of rehabilitation medicine*, 38(1), 3-9.
- Vliet, P. M. V. & Wulf, G. (2006). Extrinsic feedback for motor learning after stroke: What is the evidence? *Disability and rehabilitation*, 28(13-14), 831-840.
- Yoo, E. Y. & Chung, B. I. (2006). The effect of visual feedback plus mental practice on symmetrical weight-bearing training in people with hemiparesis. *Clinical rehabilitation*, 20, 388-397.

# Development of Eye-Hand Coordination Training System

Hsin-Yi Wu<sup>1</sup>, Guan-Yu Liu<sup>1</sup>, Shyi-Shiou Wu<sup>1</sup>, Sok-Wa Wan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Electronic Engineering, Nan Kai University of Technology

<sup>2</sup>Master Program of School of Physical Therapy, Chung Shan Medical University

## Abstract

A lack of motor coordination is one of the most prevalent clinical conditions that occupational therapists treat. According to motor learning theories, practice and feedback are crucial for motor relearning. Traditionally, occupational therapists design therapeutic activities for clients, instruct practice procedures, and give verbal feedback based on performance. Encouraging patients to make successively more controlled and precise movements can improve motor coordination. However, studies have demonstrated conventional rehabilitation to be time-consuming, labor-and resource-intensive, and reliant on patient compliance. In addition, repeat practice decreases patient motivation, and feedback to patients has been shown to be inconsistent. Therefore, new therapeutic devices are urgently needed to maintain and increase patient motivation, ensure efficacious coordination training, and alleviate job pressure on professional therapists. These devices should possess sensors that provide consistent cues and reliable feedback to patients. In addition to the demand for training equipment, the assessment of motor function is also needed. The main purpose of this study was to design an eye-hand coordination assessment system that operates in real-time, with high accuracy, efficiency, and sensitivity for patients with autism or cerebral palsy, and upper limb motor function disabled.

**Keywords:** Occupational therapy, Eye-hand coordination training, Stimulus/Feedback,  
Eye-hand coordination assessment