



12-31-2012

### Quantitative Evaluation of Motor Control of Upper Limbs after Neuro-Robot Rehabilitation

Shu-Min Chen

Yu-Chia Tsai

Ming-Shaung Ju

Bing-Cheng Kung

Follow this and additional works at: <https://rps.researchcommons.org/journal>



Part of the [Rehabilitation and Therapy Commons](#)

#### Recommended Citation

Chen, Shu-Min; Tsai, Yu-Chia; Ju, Ming-Shaung; and Kung, Bing-Cheng (2012) "Quantitative Evaluation of Motor Control of Upper Limbs after Neuro-Robot Rehabilitation," *Rehabilitation Practice and Science*: Vol. 40: Iss. 1, Article 3.

DOI: [https://doi.org/10.6315/2012.40\(1\)03](https://doi.org/10.6315/2012.40(1)03)

Available at: <https://rps.researchcommons.org/journal/vol40/iss1/3>

This Original Article is brought to you for free and open access by Rehabilitation Practice and Science. It has been accepted for inclusion in Rehabilitation Practice and Science by an authorized editor of Rehabilitation Practice and Science. For more information, please contact [twpmrscore@gmail.com](mailto:twpmrscore@gmail.com).

原著

# 量化評估機器人上肢復健之運動控制

程琬敏<sup>1,2</sup> 蔡育佳<sup>2</sup> 朱銘祥<sup>3</sup> 龔品誠<sup>3</sup>

國立成功大學醫學院 復健學科<sup>1</sup> 機械所<sup>3</sup>  
國立成功大學醫學院附設醫院復健部<sup>2</sup>

上肢對於日常生活的重要性眾所皆知，而中風後上肢的恢復緩慢且不足，影響中風患者甚鉅，因此復健醫學不斷持續地在促進中風患側上肢的恢復方面不遺餘力，以圖增進患者日常生活機能。機器人手臂為近年來興起促進中風上肢恢復的輔助復健工具。除此，對中風後運動功能的評估，也更講求結果的敏感度及精確性。過去臨床常用的評估方法如關節活動角度及修正版艾許沃斯評分(modified Ashworth scale)，便利但評估不夠客觀且敏感度不足。此研究目的為使用具量測腕部控制之上肢復健機器人客觀量化評估該上肢復健機器人復健之成效。此研究採單一樣本，評估機器人復健治療前後及四個月後追蹤結果。共有六位慢性中風個案符合收案標準並願意接受額外每週兩次、一次五十分鐘的復健機器人手臂治療為期四個月。使用的評估方法為布朗斯狀氏分期(Brunnstrom stage)及修正版艾許沃斯評分、傅格—梅爾評估量表(Fugl-Meyer assessment)以及旋前旋後扭矩總和(integration of absolute deviation of torque)。研究統計結果顯示布朗斯狀氏分期及修正版艾許沃斯評分並無顯著進步，在量化評估方面，傅格—梅爾評估量表以及旋前旋後扭矩總和在治療前後、治療前和後與四個月後分別做比較，皆有統計學上顯著差異。該研究首次採用量化方法評估中風後上肢運動恢復，使得機器人復健手臂不但可以治療亦可作為評估工具，期待提供未來作為研究其他復健對中風的恢復的評估工具。(台灣復健醫誌 2012; 40(1): 19-24)

**關鍵詞：** 機器人治療(robot therapy)，量化評估(quantitative evaluation)，中風(stroke)

## 前 言

近年來台灣地區腦中風發生率一直居高不下，死亡率亦名列前茅。根據衛生署統計每年約增加三到五萬人新案例，而中風也是全世界造成主要死亡及失能的原因，運動控制的喪失每每是中風後最常見的結果。日常生活常常需仰賴手指的精細度、靈巧度及準確度，加上手腕、前臂及上臂整體的巧妙配合，方能達成一個協調且順暢的動作，因此上肢失能所導致日常生活功能的影響往往更甚於下肢。不幸的是，上肢運動功能的恢復往往較下肢過程緩慢且復原的完整度也略差下肢。在中風患者族群中，上肢復健所遭遇的難處往往是肇因於該肢體無力、僵硬、運動失調(ataxia)

等，而使得在控制上無法隨心所欲。故如何有效針對中風後所致上肢失能的復健計畫，著實是項挑戰。

近年來，許多針對上肢肌力的復健療法也推陳出新，諸如肌內效貼布、<sup>[1]</sup> 機器人復健手臂等。<sup>[2-8]</sup> 尤其神經復健機器人手臂運用於中風復健治療開啓了復健的另一扉頁。不少文獻指出機器人輔助神經性復健在針對中風後上肢活動的恢復有所助益；<sup>[2]</sup> 也陸續發展出各種不同的機器人設備針對不同的上肢關節，包括肩肘關節、<sup>[3,4]</sup> 手腕、<sup>[5,6]</sup> 手指等；<sup>[7]</sup> 同時也增加各式各樣不同的情境，增加樂趣也增進病患的參與感，以期能增進復健成效。<sup>[8]</sup>

本研究使用由 Kung 等人所研發之機器人手臂，為一封閉五連桿構造之機器人手臂，以 P4-2.0G 個人電腦作為控制器，視窗介面作為操作系統；腕部支撐

投稿日期：100 年 9 月 22 日 修改日期：100 年 11 月 30 日 接受日期：100 年 12 月 6 日

通訊作者：蔡育佳醫師，國立成功大學醫學院附設醫院復健部，台南市 704 勝利路 138 號

電話：(06) 2353535 轉 2666 E-mail：i5490148@hotmail.com

部加入 AMTI 公司所出品六軸測力計(MC3A-6-1000)，為一含有可旋轉裝置及相對位置和力量感應器的測量系統，透過美商國家儀器公司的 PCI-6036E A/D 卡計數器量測位置及扭力(torque)訊號。機器人整理結構與系統整合於一個 1.2m×0.7m×0.75m 的工作桌上，此工作桌具移動性且可進出一般房門，有助於日後臨床研究的便利性(圖 1)。

Kung 等人利用此機器人手臂系統證實在中風患者之患側有較大的旋前旋後扭矩總和，且在主動活動時差異更大，表示有較大的旋前或旋後扭矩。<sup>[9]</sup>旋前旋後扭矩總和計算公式如下：

$$I_{\tau} = \int_{s_1}^{s_2} \left( \left| \tau_f(s) - \bar{\tau}_f(s) \right| + \left| \tau_b(s) - \bar{\tau}_b(s) \right| \right) ds$$

$\tau_f \tau_b$  : 向前及向後移動所產生的旋前旋後的扭矩

$S_1, S_2$  : 移動路徑的兩個端點

bar (||) 兩個端點間的平均距離

該學者爾後又利用機器人手臂除了前述擴充腕部測量器，另在手肘處放置一量角器測量肘部活動的角度，使個案執行四個方向的活動(圖 2)，觀察雙側上肢其肘部活動角度及前臂旋前旋後間的關係曲線(圖 3)，發現患側符合中風後所謂的協同動作，即當肘部屈曲時，前臂旋前扭力越大，反之亦然；在正常側並無此現象。<sup>[10]</sup>因此提出旋前旋後扭矩總和當作協同作用的一個量化指標。本研究將此量化指標首次應用於研究上，探討慢性中風病患接受機器人手臂復健治療並同時利用機器人手臂評估其治療成果。

## 材料及方法

### 研究對象

本研究共收集的六位個案(S1-S6)均符合下列條件為：1.內科問題穩定；2.中風一年以上；3.認知功能正常且可配合指令；4.患側上肢皆在布朗斯狀氏分期 III 以上。本研究通過人體試驗委員會同意且所有受試者均簽署人體試驗同意書。

### 研究步驟及方法

個案除接受例行性傳統復健治療包括物理治療及職能治療外，額外接受為期四個月、每週兩次、每次五十分鐘的機器手臂復健治療。機器人手臂復健治療採用主動虛擬互動模式。由專業治療師分別在治療前及治療後及治療後四個月分別評估評估其布朗斯狀氏



圖 1. 機器人手臂圖樣

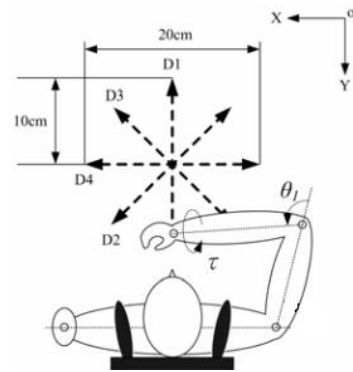


圖 2. 病患治療時上臂活動及角度示意圖

D1-D4：活動的四個方向

$\tau$ ：前臂旋前或旋後的扭矩

$\theta_l$ ：肘彎曲角度

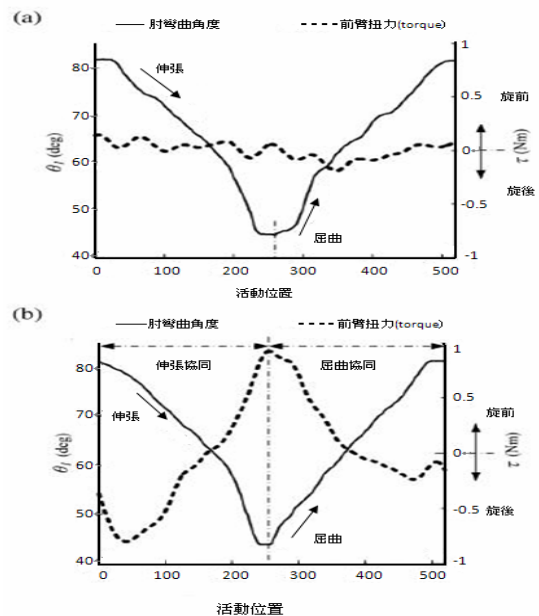


圖 3. (a)正常上肢活動時，肘角度與前臂旋前旋後的關係：肘關節活動時，前臂旋前或旋後的變化不大。(b)患測上肢肘角度與前臂旋前旋後的關係：當時伸張時，前臂旋前角度增加；肘屈曲時，前臂旋後角度增加。

分期及修正版艾許沃斯評分，以及傅格－梅爾評估量表，並使用前臂旋前旋後扭矩總合作為量化評估。分析方法使用無母數分析中的弗理曼二因子等級變異數分析(The Friedman test)及重複測量變異數分析(repeated measure ANOVA)，以 p 值小於 0.05 表示有統計學上的意義。

## 結 果

六位個案基本資料如表 1。平均年齡(標準差)為 51.5(10.45)歲，中風後平均時間(標準差)為 3.9(2.19)年。在上肢近端的布朗斯狀氏分期表現上，接受四個月治療後，六位個案中有五位(S1-S4 及 S6)顯示有進步，但在停止治療後四個月追蹤，改善效果無法持續(表 2)。修正版艾許沃斯評分結果類似布朗斯狀氏分期，治療結束有改善但效果無法持續至四個月後(表 3)。至於量化評估方面，傅格－梅爾評估量表及前臂旋轉扭矩治療前平均值(標準差)分別為 28.5(10.53)及 88.27(7.60)，治療後分別為 37(11.98)及 61.6(9.8)、治療結束後四個月追蹤平均值(標準差)分別為 34.5(10.48)及 75.9(4.8)；兩者皆顯示在治療前後、治療後與四個月追蹤及治療前與四個月追蹤皆在統計學上有顯著差異(圖 4)。

表 1. 個案基本資料

個案	年(歲)	性別	患側	中風後時間(年)
S1	56	M	R	1.8
S2	33	M	R	5
S3	63	M	R	3
S4	50	M	L	3
S5	58	M	L	3
S6	49	M	R	7.9

表 2. 個案治療前後及四個月後上肢近端布朗斯狀氏分期資料

個案	前測	後測	四個月後追蹤
S1	III	IV	III~IV
S2	III	IV~V	IV
S3	III	IV	III
S4	IV	V	IV
S5	III	III	III
S6	III	IV	III~IV

表 3. 個案治療前後及四個月後痙攣程度：艾許沃斯評分

個案	前測	後測	四個月後追蹤
S1	2	1	2
S2	1	1	1
S3	1	1	1
S4	3	2	2
S5	2	1	2
S6	3	2	2

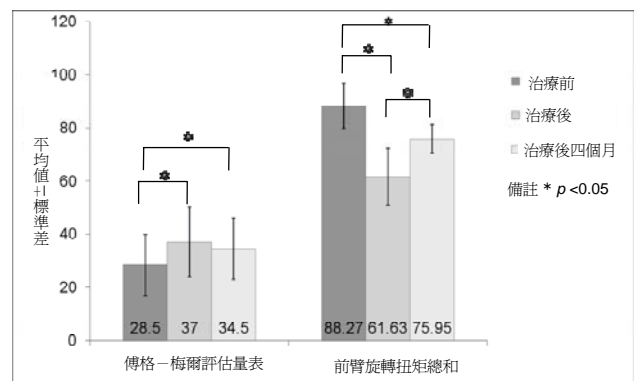


圖 4. 個案治療前後及四個月後傅格－梅爾評估量表以及旋前旋後扭矩總和統計分析結果

## 討 論

此研究結果在臨床評估方面，布朗斯狀氏分期顯示治療後僅有一位個案未有進展(個案 S5)，其餘五位皆進步一級且效果在停止治療後減緩；兩位輕微的痙攣的個案(個案 S2、S3)未在修正艾許沃斯評分有所進步，其餘四位在治療後痙攣皆有改善。然而，在量化評估包括傅格－梅爾評估量表及前臂旋轉扭矩方面，治療前後、治療後與四個月追蹤及治療前與四個月追蹤皆在統計學上有顯著差異，儘管四個月後追蹤與治療後比較，效果減少且具有顯著差異，但與治療前比較仍是有顯著意義進展，儘管已停止治療，其效果仍可維持至少四個月。一篇系統性回顧文獻顯示機器人手臂復健短期(12 週)無明顯改善運動功能，但在接受 36 週治療後與一般普通照護比較是可改善運動功能，機器人復健治療也許需長期治療才能顯示其裨益。<sup>[11]</sup>

臨床上常使用的評估方法包括布朗斯狀氏分期及修正版艾許沃斯評分，分級較為簡單，如布朗斯狀氏分期分為七級、修正版艾許沃斯評分僅分為五個等

級，評估較為便利但敏感度不佳，無法實際表現出細微的進步，且評估可能因個人而有所差異，易有誤差。回顧文獻，在探討機器人手臂復健成效，所使用的評估方法不盡相同得到結果也不盡相同；一篇系統性回顧顯示機器人手臂復健對上肢運動功能有改善，<sup>[12]</sup>但對於日常生活的改善則不明顯；但對於傅格－梅爾評估量表在短期是有正向的影響。傅格－梅爾評估量表是在西元1975年第一個根據中風後神經恢復的概念而設計的量化評估工具，許多文獻證實其對中風後的運動恢復，尤其對手部功能如抓取物體、手指伸張的評估都有其相當的敏感度。<sup>[13]</sup>但傅格－梅爾評估量表使用上相當費時，仍如布朗斯狀氏分期及修正版艾許沃斯評分，過度依賴個人化主觀差異，不夠客觀。

回顧過去文獻時發現稀少文獻利用機器人手臂發展客觀量化中風後肢體協同作用(synergy pattern)的評估方法。Frascarelli 等人使用機器人手臂評估半身癱瘓的幼童上肢施打肉毒桿菌後的評估，<sup>[14]</sup>此研究利用機器人手臂偵測肩及肘在治療前後，在平面上劃圈的角度差異作為評估方式；此文獻亦有評估治療前後的修正版艾許沃斯評分及被動關節運動，與利用機器人手臂評估有一致性的改善；此文獻僅量化評估肩及肘關節的變化，目前尚未有文獻提出客觀量化手腕及肘協同作用的方法，腕部的活動度及與肘關節的協調度在日常生活中相當重要，以人類之求生本能吃東西為例，手部抓取食物後，需肘部及腕部有足夠的活動度及協調度才足以完成飲食的過程，因此評估腕部功能及協調對日常生活是很重要的。本研究首次利用機器人手臂，在腕部加入一測量系統，作為中風後的肘與腕協同作用評估方法，儘管在統計學上具有意義的差異且持續至治療結束後四個月，但本研究收集的樣本過少，無法包含到全部情形；所收集的個案雖皆為慢性中風患者，並接受傳統復健治療以維持現有功能，但本研究缺乏對照組，因此無法顯示機器人手臂在中風患者上肢復健的療效，未來仍需更大量的個案數及精密的研究設計來證實機器人手臂之助益。本研究提出一個量化肘與腕協同作用的方法，期待作為未來研究上及臨床上更客觀精確評估中風後協同作用的工具。

## 研究限制

本研究為前驅研究，個案數不足且無對照組作比較，無法顯示出機器人手臂復健的真正成效，導致研究結果之概化價值低；此外，本研究所採用之量化評估方式，其變化與日常生活及病患自主觀感的相關

性，在本研究中未提出比較，未來需更進一步分析探討。

## 結 論

本研究利用原本用來治療的機器人手臂，針對手腕部份採用一個新的量化協同作用的評估手腕與肘的協調度，不但將評估與治療結合，未來亦可發展其他與日常生活息息相關的關節協調度評估，並探討其與日常生活之相關性，作為未來上肢復健療效更具體更精確的評估方式。

## 參考文獻

1. Jaraczewska E, Long C. Kinesio taping in stroke: improving functional use of the upper extremity in hemiplegia. *Top Stroke Rehabil* 2006;13:31-42.
2. Kwakkel G, Kollen BJ, Krebs HI. Effects of robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: a systematic review. *Neurorehabil Neural Repair* 2008; 22:111-21.
3. Posteraro F, Mazzoleni S, Aliboni S, et al. Upper limb spasticity reduction following active training: a robot-mediated study in patients with chronic hemiparesis. *J Rehabil Med* 2010;42:279-81.
4. Kahn LE, Zyngman ML, Rymer WZ, et al. Robot-assisted reaching exercise promotes arm movement recovery in chronic hemiparetic stroke: a randomized controlled pilot study. *J Neuroeng Rehabil* 2006;3:12.
5. Hesse S, Schulte-Tiggas G, Konrad M, et al. Robot-assisted arm trainer for the passive and active practice of bilateral forearm and wrist movements in hemiparetic subjects. *Arch Phys Med Rehabil* 2003;84:915-20.
6. Masia L, Casadio M, Giannoni P, et al. Performance adaptive training control strategy for recovering wrist movements in stroke patients: a preliminary, feasibility study. *J Neuroeng Rehabil* 2009;6:44.
7. Takahashi CD, Der-Yeghian L, Le V, et al. Robot-based hand motor therapy after stroke. *Brain* 2008;131: 425-37.
8. Zihlerl J, Novak D, Olenšek A, et al. Evaluation of upper extremity robot-assistances in subacute and chronic stroke subjects. *J Neuroeng Rehabil* 2010;7: 52.
9. Kung BC, Ju MS, Lin CCK, et al. Clinical assessment

- of forearm pronation/supination torque in stroke patients. *J Med Biol Eng* 2005;25:39-43.
10. Kung PC, Lin CC, Ju MS. Neuro-rehabilitation robot-assisted assessments of synergy patterns of forearm, elbow and shoulder joints in chronic stroke patients. *Clin Biomech* 2010;25:647-54.
  11. Lo AC, Guarino PD, Richards LG, et al. Robot-assisted therapy for long-term upper-limb impairment after stroke. *N Engl J Med* 2010;362:1772-83.
  12. Prange GB, Jannink MJ, Groothuis-Oudshoorn CG, et al. Systematic review of the effect of robot-aided therapy on recovery of the hemiparetic arm after stroke. *J Rehabil Res Dev* 2006;43:171-84.
  13. Gladstone DJ, Danells CJ, Black SE. The fugl-meyer assessment of motor recovery after stroke: a critical review of its measurement properties. *Neurorehabil Neural Repair* 2002;16:232-40.
  14. Frascarelli F, Masia L, Di Rosa G, et al. Robot-mediated and clinical scales evaluation after upper limb botulinumb toxin type A injection in children with hemiplegia. *J Rehabil Med* 2009;41:988-94.

## Quantitative Evaluation of Motor Control of Upper Limbs after Neuro-Robot Rehabilitation

Shu-Min Chen,<sup>1,2</sup> Yu-Chia Tsai,<sup>2</sup> Ming-Shaung Ju,<sup>3</sup> Bing-Cheng Kung<sup>3</sup>

Departments of <sup>1</sup>Physical Medicine and Rehabilitation, College of Medicine, and

<sup>3</sup>Mechanical Engineering, College of Engineering, National Cheng Kung University, Tainan;

<sup>2</sup>Department of Physical Medicine and Rehabilitation, National Cheng Kung University Hospital, Tainan.

Function of the upper limbs is crucial in daily activities. Motor recovery of upper limbs after stroke is slower and less complete than of lower limbs. During the recovery period, abnormal synergies always disturb daily life activity. Various therapeutic techniques have been developed to improve the function of upper limbs after stroke, such as the neuro-rehabilitation robot, which was developed in recent years and shows numerous positive outcomes for upper-limb facilitation after stroke. For the evaluation of motor recovery after stroke, Brunnstrom stages and the Modified Ashworth scale are commonly used and convenient. However, both depend heavily on the evaluator and are not very sensitive to motor recovery. The Fugl-Meyer assessment is another scale that focuses particularly on the motor function of the hand, such as grasp function and finger extension. Although the Fugl-Meyer assessment is a quantitative method of motor assessment and has good correlation with function, it depends on a trained physical therapist and is time-consuming. We used a quantitative method to evaluate the effect of neuro-robot treatment; the method was devised by adding a measuring system to the neuro-robot, which simultaneously provided treatment and an evaluation. We include 6 chronic stroke cases who received an additional neuro-rehabilitation robot treatment for 32 sessions lasting 50 minutes each, with 2 sessions per week, for 4 months. The assessment methods are Brunnstrom stages, the Modified Ashworth Scale, and a quantitative evaluation including the Fugl-Meyer assessment and Integration of Absolute Deviation of Torque. Integration of Absolute Deviation of Torque was proposed by Kung and was applied clinically for the first time. These were performed before the therapy, at the end of therapy, and 4 months after the end of therapy. Brunnstrom stages and the Modified Ashworth scale results show only a slight improvement, but a significant statistical difference was shown by the quantitative scales between pre-therapy and the end of therapy, pre-therapy and 4 months after the end of therapy, and the end and 4 months after the end of therapy. This study is the first to use such a quantitative evaluation method by a neuro-robot which also can be used for simultaneously therapeutic purposes during rehabilitation. The quantitative index may be a more sensitive and accurate evaluation method of the motor control of upper limbs after stroke, and may be used clinically. ( Tw J Phys Med Rehabil 2012; 40(1): 19 - 24 )

**Key Words:** robot therapy, quantitative evaluation, stroke