

左腦中風患者與健常人於雙手協調活動之運動學表現

周詩涵¹ 吳菁宜¹ 陳瓊玲² 郭美英³ 呂東武⁴

本研究旨在探討左腦中風患者在功能性雙側協調活動之運動學表現，並比較不同前導手（首先啟動之手）的動作表現差異。15 位左腦傷中風患者與 13 位健康成人執行伸手抓握瓶子，並將蓋子打開的雙手協調活動。所有受測者皆執行兩種任務：健側手（左手）為拿瓶子手，患側手（右手）為開蓋子手；或相反。利用三維運動學分析來量測執行雙手協調活動時的單側肢體表現及雙側肢體協調。

結果顯示當患側手為前導手時，患側肢體顯著地較健常人沒有效率、動作軌跡不平順且仰賴事後回饋，然而，在動作結束時仍然可以雙手同步；而當健側手為前導手時，患側肢體的表現趨近健常人，同時也在達到動作目標時雙側同步結束。

在雙手協調活動中，患者患側肢體的表現型態隨著前導手的不同而有所差異，但雙側同步性仍被保留下來。臨床應用上可以透過以健側手為前導手的雙側協調活動，來促進患側肢體的動作表現。(台灣職能治療研究與實務 2007 3(1): 30-40)

關鍵詞：雙手協調，中風，伸手抓握動作

前 言

人們在與環境的互動過程中，常使用的動作之一為利用上肢來抓握物品。過去針對單側手抓握物品的研究很多，讓我們瞭解單手在伸手及物動作時的模式及動作特徵。然而，在日常生活中，更常會需要使用雙側手來操弄物品，從扣扣子到開罐子，都需要良好的雙手協調功能。過去的研究中，雙側手活動大多重複性、規律性動作，針對雙側手功能性活動的研究則較少，而造成了在此研究領域的不平衡狀態 (Obhi, 2004)。藉由目標導向雙手協調活動的研究，除了讓我們對在生活中頻繁使用之活動計畫與控制方式有進一步的瞭解，也藉中風患者動作表現的探討，瞭解腦傷後對於動作控制造成的影響，以發展適當的評量與介入模式。

文獻回顧

健常人於目標導向雙手協調任務之表現特徵

Wiesendanger, Kaluzny, Kazennikov, Plmeri 與 Perrig 在 1994 年發展出開抽屜取物的目標導向雙手協調派典 (goal-directed bimanual paradigm)。受試者以一手打開抽屜，以另一手將插在抽屜中的小釘子拔起，透過三度空間運動學分析儀器來分析在執行此種活動時雙手的時空特性。結果顯示，雙手啟動時間與雙手動作結束時間幾乎相同，而動作結束同步性的現象比起始時明顯，又稱為目標一致性 (goal invariance) (Perrig, Kazennikov, & Wiesendanger, 1999; Wiesendanger, Kazennikov, Perrig, & Kaluzny, 1996)。

Weiss, Jeannerod, Paulignan 與 Freund (2000) 利用日常生活中常用的取瓶開蓋活動，依照時間的先後順序將此活動切分成許多動作片段：拿瓶

長庚大學職能治療學系暨臨床行為科學研究所職能治療學組¹ 中山醫學大學職能治療學系² 中國醫藥大學物理治療學系³ 台灣大學醫學工程學研究所⁴

通訊作者地址：呂東武，臺北市羅斯福路四段一號 台灣大學醫學工程學研究所。電話：(02) 33653335；傳真：(02) 33653335；
電子信箱：twlu@ntu.edu.tw



子手的伸臂及抓握階段、開蓋子手的伸臂抓握等階段，比較在不同情境下各階段動作的表現差異。結果顯示，雙側肢體即使在不同操作情境下，雙手在運動結束時間的相關性依然很高。

綜合以上結果，顯示正常人無論在何種情形下執行雙手協調任務，會謹守目標一致性的原則。

患者於目標導向雙手協調任務之表現特徵

除了探討健康成人雙手協調活動的文獻外，也有一些研究針對神經損傷患者(腦性麻痺之孩童或小腦傷患者)探討執行目標導向雙側協調活動之特徵。針對腦性麻痺兒童的開抽屜、按抽屜中開關活動的研究(Hung, Charles, & Gordon, 2004)顯示：腦性麻痺兒童較正常兒童活動完成時間較長、雙側同步性較差。顯示患者在執行此類非對稱活動時，雙肢傾向以順序性而非同步的方式執行。此外，使用手也是影響時間協調的因素之一：當前導手，也就是首先啟動的那一手(開抽屜手)為患側手時，目標一致性的程度會顯著高於以健側手當前導手。Serrien 與 Wiesendanger (2000)基於小腦專擅於動作上的時間協調之神經功能基礎，探討小腦功能受損成人的雙側協調動作。研究中不僅分析雙手間的協調(interlimb coordination)，另外也個別探討單側肢體內的協調(intralimb coordination)。其中單側肢體內協調的表現，是患者藉由拿小釘子手的啟動時間延緩，以代償雙側動作在時間上較難以整合的問題；而在雙側協調間，則盡可能達到目標一致性的動作原則。綜合以上結果發現，當在執行功能性非對稱雙側協調活動時，雖然患者個別手的一般表現會較正常人差，例如啟動時間拉長、運動速度低等，但目標一致性的原則還是被努力達成。

除腦性麻痺孩童及小腦功能缺損患者的表現外，成人腦傷(如：中風)對目標導向、非對稱性雙側協調動作的影響尚未知。中風患者提供了很好的研究機會來瞭解動作控制的復原。此外，腦部側化現象對於動作控制也扮演重要的角色。過去神經影像及經顱刺激的研究結果顯示，左大

腦在動作控制中主要專擅於動作計畫的產生(Haaland, Prestopnik, Knight, & Lee, 2004)。當左腦損傷後，由於原本專善於產生動作計畫的能力喪失了，因此導致在執行動作時無法選擇最適當的模式引導肢體到達物體，因此運動時間拉長、最高速度降低。因此本研究將透過拿瓶子、開蓋子的日常生活活動，探討左腦傷中風患者的雙側協調動作表現。除了釐清左側腦傷病患在雙手協調任務與健常人的表現差異外，也有助於發展出針對神經行為損傷患者在雙手協調任務的介入策略。

本研究欲瞭解單側左腦中風患者在執行目的性雙手協調任務時的運動學特徵，以及與健常人表現之差異。協調任務為利用患側手或健側手當前導手，執行拿瓶子、開蓋子的活動，並探討患者在使用不同手當前導手時的動作表現特徵。研究假設為 1. 對應健常人的左、右手，中風患者個別手的運動學表現會較健常人差；以及 2. 中風患者雙手目標一致性仍然存在，其時間相關性和健常人沒有顯著不同。

研究方法

參與者

十五位單側左腦傷中風患者(年齡為 61.86 ± 10.64 歲)，參與研究前經由治療師事先評估，符合條件者，使納入為受測者。納入條件為：(1)經過神經影像學檢查(CT或MRI)後，為單次單側左腦中風，醫療狀態穩定，(2)雙側上肢布朗司壯動作復原階段(the Brunnstrom's stage)在第V~VI階段以上，(3)肌肉張力輕微(modified Ashworth Scale 遠、近端皆小於2分)，(4)坐姿穩定程度在手臂向前伸展至少5公分時仍不會跌倒。排除條件為：(1)有嚴重失語症而影響指令的理解，(2)伴隨失用症，(3)患側手有肌肉骨骼疾病或疼痛而影響動作執行，(4)嚴重的感覺、本體覺缺失(關節位置知覺測驗，平均18分)。另外，13位與中風患者性別年齡配對之健康成年人為控制組，年齡 59.14 ± 10.59 歲，沒有神



經疾病史以及上肢肌肉骨骼疾病。所納入中風患者之病前慣用手及健康人之慣用手均為右手。受測者在充分告知施測流程並簽署同意書後，始接受本研究評估。

設備及用品

六台紅外線動作分析攝影機(VICON 370)連結至個人電腦擷取，追蹤貼在受測者身上的紅外線反光球產生之訊號，以反映雙手的運動學表現。六顆反光球貼在受測者身上以追蹤其指幅大小及手臂動作，分別在兩側手的大拇指和食指尖的指甲上、及橈骨莖突上。另外，在瓶蓋頂端貼一顆反光球，用以判斷動作的終點。雙手放置在兩個貼近桌緣、與肩同寬的觸壓式開關上，此開關可偵測放置於其上的壓力，用以判斷手的啟動。

受測者坐在可調式桌椅前，利用觸壓式開關來反應動作開始。動作開始後，受測者伸手拿取面前蓋子大小與瓶身相似的罐子(直徑 7.5 公分)，並將瓶蓋打開。

運動學參數

透過運動學分析可以客觀瞭解動作的空間—時間特徵，及反映神經系統的動作控制歷程(Wu, Trombly, Lin, & Tickle-Degnen, 2000)。針對雙側協調動作，可以將動作執行過程區分為兩部分：單側肢體表現(intralimb performance)，表示動作執行時，兩隻手個別的動作特徵，其中又包含伸手及物與抓握階段；而雙側肢體協調(interlimb coordination)則是反應雙手在動作過程中的相互搭配模式。

單側肢體表現 (intralimb performance)

伸手及物階段 (transport phase)

1. 反應時間 (reaction time, RT)

反映腦部在動作啟動前之認知處理過程，或動作計畫所需花費的時間(Wu, Wong, Lin, & Chen, 2001)。從「起始鈴聲」開始後到受測者手離開「起始位置」之間的時間。時間越短表示動

作計畫的時間越少。

2. 標準化運動時間 (normalized movement time, NMT)

動作啟動後到動作結束所花費的時間，反應動作效率。由於本研究目標物距離依受測者的手臂長度而定，因此每個人執行動作時的目標物距離會因手臂長而有所不同，因此利用手部移動最短距離來標準化(運動時間/最短距離)，可得一比例值稱為標準化運動時間。此比例值越小，代表花費的時間越短，動作越有效率。

3. 標準化路徑 (normalized total displacement, NTD)

運動過程中手腕的總移動軌跡，反應動作流暢度。由於每個人執行的距離隨手臂長而有所不同，因此透過三度空間手部移動總位移除以手部移動最短距離所得之比例值(總位移/最短距離)來反映。比值越接近 1，表動作路線越筆直，越有效率。

4. 最大瞬時速度 (peak velocity, PV)

由加速期轉換成減速期時的瞬間最大的速度值。反應肌肉在動作過程中的能量耗損情況(Nelson, 1983)，也與執行動作時所產生的力量成正相關。速度越大表示個體在執行伸臂動作時所引發出的力量越大(Lin, Wu, & Trombly, 1998)。

5. 達最大瞬時速度所佔時間比 (percentage of movement time where PV occurs, PPV)

達最大瞬時速度所花的時間佔總運動時間的百分比。代表所採用的動作控制策略。PPV 越大(即減速期越短)代表越是事先計畫好的動作，較少仰賴感覺回饋來修正動作軌跡(Lin et al, 1998)。

抓握階段 (prehensile phase)

1. 最大指幅 (maximum grip aperture, MGA)

伸臂抓握過程中，食指及大拇指上反光球之間的最大距離。一般而言，手指張開的最大值以接近目標物大小為最有效率的動作(Smeets & Brenner, 1999)。



2. 達最大指幅所佔時間比 (percentage of reaching time where MGA occurs, PMGA)

從動作開始後，達到最大指幅之時間佔總運動時間的百分比。值越大表示越事先計畫好，較少透過外在回饋來修正動作，越有效率。

雙側肢體協調 (interlimb coordination)

在動作啓動時間點的雙手時間相關性，與動作結束時間點的雙手時間相關性，用來反應雙手動作同步的程度。相關性越高，表示雙手的同步性越高 (Weiss et al., 2000)。

研究流程

受測者直立靠坐在有椅背的椅子上，利用侷限帶限制軀幹動作。雙手放在靠近桌緣、與肩同寬的兩個起始開關上。物體起始位置放在距桌緣 80% 手臂長的身體中線正前方，距身體 1/3 之 80% 手臂長 (約 26.6% 手臂長) 為終點，本研究定義肩峰至尺骨頭為手臂長。當起始鈴響起後，受測者以舒適的速度，伸出一隻手抓握瓶子 (階段 I) 後將瓶子移到終點位置 (階段 II)，並以另外一手打開瓶蓋 (階段 III) (圖)。分別以患側手及健側手為前導手兩個情況分別施測三次，因此每一

位受測者總共有六次動作分析資料。

資料收集

本研究利用 VICON 370 系統，以 60 赫茲 (Hz) 的頻率擷取運動學訊號，並訂定可接受的閾值以排除雜訊。資料收集後，透過 VICON 370 系統將各個反光球的三度空間位置由電腦擷取類比訊號，轉換成數位訊號後分析雙手在運動過程中的時間—空間特徵。當受測者的手離開起始位置 (壓力板的訊號消失後) 為動作啓動，當瓶蓋上的反光球開始移動的那一瞬間定義為動作終止。階段 I 的起點為前導手離開壓力板時，終點為手腕離瓶子最短時；階段 II 從瓶蓋上反光球被移動的那一剎那至完全停止；階段 III 為非前導手的壓力板上的訊號消失為始，距離瓶子最短距離為終。

資料分析

本研究利用統計軟體 SPSS 11.5 版 (SPSS Inc., Chicago, IL) 進行資料分析。為了檢驗研究假設，透過獨立樣本 t 檢定檢驗中風患者與控制組的各項運動學表現差異。另外，為了瞭解雙手

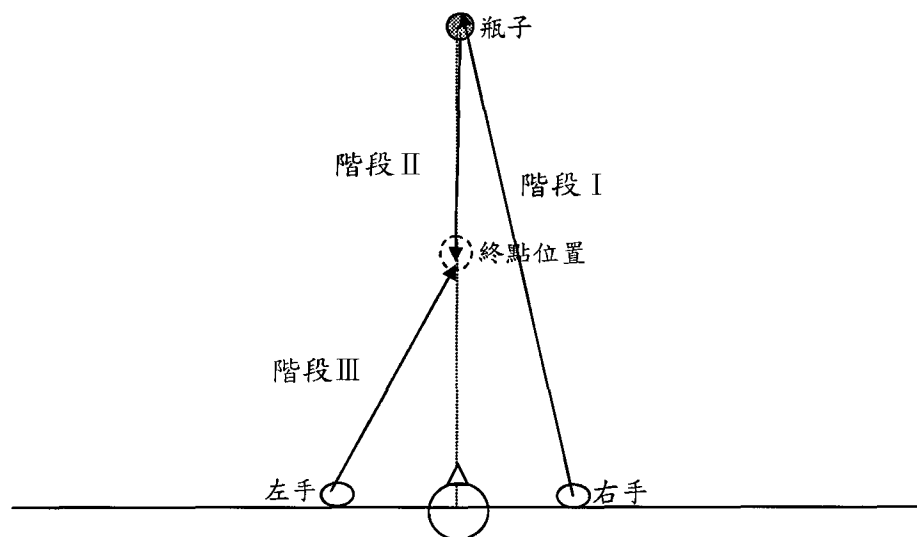


圖 雙手一動作流程圖



協調活動的時間同步性，首先以皮爾森相關係數檢定雙手啟動時間之相關性與結束時間之相關性；接著利用 $(Z_1 - Z_2) / [1/(N_1 - 3) + 1/(N_2 - 3)]^{1/2}$ 公式來檢定患者與健常人在時間同步性上的差異，其中 Z_1 與 Z_2 是各組效應值 (effect size) r 所轉換成的 Fisher's Z 值， N_1 及 N_2 則是代表各組的人數，由此公式中計算出來的 Fisher's Z 值可以轉換成相對應的 p 值 (Rosenthal & Rosnow, 1991)，以判定兩組的相關性是否有顯著差異。本研究採單尾檢定，顯著水平為 $\alpha = .05$ 。

研究結果

患側手 (右手) 為前導手之開瓶蓋活動

單側肢體表現 (intra limb performance)

在患側手 (右手) 向前伸臂及抓握瓶子的過

程中，患者的啟動時間顯著比健常人短，在運動時間、標準化路徑、最大速度及達最大速度時間百分比均呈現組別效應 (表 1)，而在抓握參數上則與健常人無顯著差異。

患側手 (右手) 將瓶罐由事先的擺放位置移至終點位置的過程中，除了最大速度顯著較低外，各項運動學參數均無顯示組別效應，也就是患者於此階段的表現趨近於健常人。

當健側手 (左手) 同時伸出手臂打開瓶蓋時，結果顯示患者的運動時間較短、運動軌跡較筆直、最大速度較高，其動作策略及抓握模式與健常人無顯著差異，顯示患者健側手的動作控制能力在此雙側協調活動中仍可趨於正常表現。

雙側肢體協調 (inter limb coordination)

透過關係檢定檢測時間相關性的程度，以反

表 1. 患側手 (右手) 為前導手之雙側協調動作表現

運動學參數 (單位)	描述性統計 (平均值±標準差)		推論統計	
	控制組 ($n=13$)	左腦傷患者 ($n=15$)	t_{26}	r
患側手 (右手) 伸臂抓握瓶罐				
反應時間 (RT) (秒)	.98 ± .32	.71 ± .26	-2.48**	.44
標準化運動時間 (NMT)	.0032 ± .00040	.0041 ± .00086	3.59**	.62
標準化路徑 (NTD)	1.11 ± .032	1.19 ± .12	2.64**	.55
最大瞬時速度 (PV) (毫米/秒)	673.87 ± 104.16	545.12 ± 102.04	-3.30**	.54
達最大瞬時速度所佔時間比 (PPV) (%)	50.41 ± 5.22	46.26 ± 6.79	-1.81*	.33
最大指幅 (MGA) (毫米)	127.06 ± 9.06	127.22 ± 9.29	.047	.01
達最大指幅所佔時間比 (PMGA) (%)	81.30 ± 10.30	79.14 ± 10.50	-.55	.11
患側手 (右手) 將瓶罐由擺放位置移至終點位置				
標準化運動時間 (NMT)	.0043 ± .0013	.0047 ± .0012	.88	.17
標準化路徑 (NTD)	1.11 ± .074	1.16 ± .18	.99	.19
最大瞬時速度 (PV) (毫米/秒)	530.83 ± 101.53	454.85 ± 107.40	-1.91**	.35
達最大瞬時速度所佔時間比 (PPV) (%)	45.88 ± 7.30	45.49 ± 6.27	-.15	.03
健側手 (左手) 伸臂開瓶蓋				
標準化運動時間 (NMT)	.0084 ± .0033	.0064 ± .0016	-2.01*	.37
標準化路徑 (NTD)	1.26 ± .12	1.19 ± .10	-1.67*	.44
最大瞬時速度 (PV) (毫米/秒)	267.49 ± 79.45	337.36 ± 70.28	2.47**	.44
達最大瞬時速度所佔時間比 (PPV) (%)	46.71 ± 14.21	48.76 ± 8.37	.47	.09
最大指幅 (MGA) (毫米)	110.20 ± 10.27	108.47 ± 8.98	-.47	.09
達最大指幅所佔時間比 (PMGA) (%)	65.31 ± 20.74	58.95 ± 24.33	-.72	.14

* $p < .05$, 單尾 ** $p < .01$, 單尾

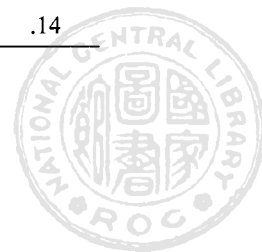


表 2. 兩組在不同前導手情況下之動作開始與動作結束雙手時間相關性及組間差異

	皮爾森相關係數 <i>r</i>		Fisher's <i>Z</i>	<i>p</i>
	控制組 (<i>n</i> = 13)	左腦傷患者 (<i>n</i> = 15)		
患側手 (右手) 為前導手				
動作開始	.65	.27	-1.16	.12
動作結束	.95	.96	.023	.49
健側手 (左手) 為前導手				
動作開始	.81	.51	-1.33	.092
動作結束	.97	.92	-.12	.45

應雙手的同步性。結果顯示，患者的雙側協調性在動作開始時較差，雙手啟動時間相關性低 ($p = .17$)；健常人在動作開始時即有相當高的相關性，並且達到統計學上顯著 ($p = .008$)。比較患者與健常人在時間相關性的差異 (表 2)，兩組未達顯著。

相較於動作開始，患者與健常人雙手在動作結束時的時間相關性都具顯著高度相關 (患者： $p < .001$ ；健常人： $p < .001$)，兩組在動作結束的時間相關性未達顯著組間差異 (表 2)，顯示在動作結束時的雙側協調一致性的動作特徵在腦傷後仍然被保留。

健側手 (左手) 為前導手之開瓶蓋活動

單側肢體表現 (intra limb performance)

在以健側手 (左手) 伸臂抓握動作 (階段 I)，及將瓶罐移至終點位置 (階段 II) 的過程中，在各項運動學參數上與健常人沒有顯著差異 (表 3)，其動作表現趨近於健常人。顯示在執行雙側協調活動時，患者的健側手仍保持與健常人類似的動作計畫及控制模式。

而患側手 (右手) 在伸臂抓握瓶蓋過程中，運動時間及最大速度上達顯著組間差異，患者運動時間較長且最大速度較低。其他伸臂或抓握的參數則未達顯著組間差異。

雙側肢體協調 (inter limb coordination)

與患側手 (右手) 為前導手的情況結果相似，其相關檢定結果顯示：患者在動作開始時雙手的

時間相關性較低，但趨近於顯著 ($p = .052$)，而健常人則是在動作開始時即有很高的時間相關性 ($p < .001$)，顯示健常人的雙側肢體在開始時即以高度同步的方式產生動作，患者與健常人在時間相關性的程度尚未達顯著差異 (表 2)。

雙側一致性在動作結束時可以很明顯的被呈現出來：無論患者或健常人，雙側肢體動作的結束時的時間相關性均呈顯著高度相關 (患者： $p < .001$ ；健常人： $p < .001$)，而兩組在時間相關性的檢定上則無顯著差異 (表 2)。

討 論

本研究目的在比較左腦傷中風患者在執行目標導向雙側協調活動時，動作表現與健常人之差異。本研究結果與事前假設一致：中風患者在執行雙手協調動作時，患側手在許多運動學參數上的表現較健常人差，但雙側手的協同性仍然被保留下來。表現型態隨著前導手的不同而有所差異，分述如下：

患側手 (右手) 為前導手之開瓶蓋活動

研究結果顯示，患者以患側手為前導手伸臂及抓握瓶子時，較難以在充分計畫後產生動作 (反應時間較短)，動作較無效率 (運動時間較長)、動作軌跡較不筆直 (標準化路徑較長)，且難以產生較大的力量執行動作 (最大速度較小)。此外，患者傾向有事先計畫動作策略的困難 (達最大速度的時間比例較早)，而必須仰賴事後回



表 3. 健側手(左手)為前導手之雙側協調動作表現

運動學參數(單位)	描述性統計(平均值±標準差)		推論統計	
	控制組(n=13)	左腦傷患者(n=15)	t ₂₆	r
健側手(左手)伸臂抓握瓶罐				
反應時間(RT)(秒)	.97 ± .34	.82 ± .28	-1.30	.25
標準化運動時間(NMT)	.0033 ± .00047	.0033 ± .00055	.12	.023
標準化路徑(NTD)	1.11 ± .043	1.12 ± .049	.55	.11
最大瞬時速度(PV)(毫米/秒)	684.60 ± 131.60	649.41 ± 126.63	-.72	.14
達最大瞬時速度所佔時間比(PPV)(%)	47.47 ± 8.01	50.00 ± 4.71	1.03	.20
最大指幅(MGA)(毫米)	125.33 ± 15.52	132.42 ± 9.50	1.48	.28
達最大指幅所佔時間比(PMGA)(%)	74.15 ± 11.36	79.40 ± 8.32	1.41	.27
健側手(左手)將瓶罐由擺放位置移至終點位置				
標準化運動時間(NMT)	.0042 ± .0011	.0043 ± .0011	.12	.023
標準化路徑(NTD)	1.11 ± .052	1.10 ± .049	-.30	.059
最大瞬時速度(PV)(毫米/秒)	563.15 ± 129.73	549.73 ± 138.00	-.26	.051
達最大瞬時速度所佔時間比(PPV)(%)	44.94 ± 5.12	44.96 ± 5.85	.008	.002
患側手(右手)伸臂開瓶蓋				
標準化運動時間(NMT)	.0069 ± .0018	.0092 ± .0044	1.75*	.32
標準化路徑(NTD)	1.23 ± .15	1.33 ± .27	1.24	.24
最大瞬時速度(PV)(毫米/秒)	325.73 ± 72.24	260.94 ± 69.87	-2.41**	.43
達最大瞬時速度所佔時間比(PPV)(%)	47.69 ± 7.94	45.08 ± 10.41	-.74	.14
最大指幅(MGA)(毫米)	108.46 ± 7.88	111.71 ± 9.48	.91	.18
達最大指幅所佔時間比(PMGA)(%)	70.61 ± 22.40	71.69 ± 17.47	.14	.027

p* < .05, 單尾 *p* < .01, 單尾

饋來修正動作。此結果與過去研究一致，中風後可能肌肉張力不正常、肌力衰弱或協調能力不足而影響正常動作模式的產生(Cirstea & Levin, 2000)，同時也反應出左腦傷後中樞神經系統難以事先計畫適當且有效率的動作，而產生動作控制的困難(Haaland et al., 2004)。然而，除了伸臂階段的動作表現較健常人差以外，抓握階段的表現則兩組表現類似，顯示患者的抓握能力仍受保留，可以趨近於健常人的表現。可能的原因是由於本研究所納入之參與者的上肢動作損傷程度較輕，遠端肢體的控制能力較佳，此活動的難度對這些患者而言可能偏易，動作能力尚足以勝任任務要求。

當患者以患側手將瓶罐移至終點位置的過程中，其動作模式轉而與健常人相似，唯有在速度產生的能力上仍較有困難，顯示腦傷患者的肌肉

無法產生足夠的能量以誘發較大的力量(Nelson, 1983)；此外，由於左腦專擅於計畫並選擇適當的動作模式，腦傷後導致難以因應情境需求產生適當的運動速度(Haaland et al., 2004)。其他運動學參數患者與健常人的表現類似，可能是由於抓握瓶子移動過程中，外在感覺回饋增加，藉由感覺回饋(例如本體覺)的提供，使傳入至腦部感覺區的感覺訊息可以協助相鄰的動作皮質區對於自主動作的控制(Saper, Iversen, & Frackowiak, 2000)，因此使患側肢體的動作表現趨近於正常。

患者的健側手在開瓶蓋活動中，運動時間較短、最大速度較高、且動作軌跡較筆直。雙側肢體間的協調上，患者在動作起始及動作結束時的時間相關性與健常人無顯著差異。然而患者在動作開始的時間相關性較低，也就是健側手與患側



手的啟動時間不一致，意味著由於以患側手先啟動，患者必須較專注於患側手的動作控制，缺乏多餘的注意力來帶動雙手的同步動作；但也藉由非前導手（健側手）的代償，亦即在動作執行過程中速度增加、動作路徑筆直，來彌補患側手動作控制的困難，使兩側肢體在動作結束時仍可以趨於同步。顯示即使腦傷過後，雖然會影響患者個別肢體的動作表現，但其目標一致性原則仍被保留下來。單側腦傷患者可藉代償策略的啟動，在目標導向雙側協調活動中產生較佳的目標一致性動作 (Hung et al., 2004; Serrien et al., 2000)。

健側手 (左手) 為前導手之開瓶蓋活動

患者以健側手為前導手在伸臂、抓握瓶罐，並移至終點位置的過程中，動作模式與健常人類似，顯示在此雙側協調活動中，患者的健側肢體受到腦傷的影響情形較低。而患側手在伸臂開蓋的過程中也趨近於健常人表現，但仍有速度控制的困難，以致最大速度顯著比健常人低、運動時間長。當患者以健側手為前導手時，藉著健側手動作的引導，可作為患側手動作的「樣版」，使患側肢體的動作表現可以趨近於健常人的模式；另外，以左手（健側手）為前導手，以右手（患側手）開瓶蓋的動作模式較符合中風前的動作習慣，可能有利於患側肢體在雙手協調動作中的表現。雙側肢體間協調的部分，患者於動作開始的協同性與動作結束時的協同性仍然與健常人相似，雙手動作具高度目標一致性。當雙手動作具同一個目標時，腦部會將個別肢體當作同一單元來組織、協調，藉由雙側腦相互溝通訊息 (Cardoso de Oliveira, 2002; Cauraugh & Summers, 2005)，雙手動作盡可能同步以更有效率。本研究顯示左腦中風後仍然可藉由兩腦間的溝通使雙側肢體協同在一起，達到目標一致性。

不同前導手在開瓶蓋活動之表現差異

就左腦中風患者而言，不同前導手在雙側協調動作中影響最大的在於患側手的動作表現。當患側手為前導手時，患側手的動作如同執行單手

動作的表現，動作較無效率、較不平順且仰賴事後回饋調整動作；然而在健側手先啟動的情況下，由於健側手的引導可讓患側手模仿其較有效率且流暢的動作模式，使患側手的表現可以趨近於正常人，同時也達到雙側目標一致性。這樣的結果如同過去執行雙手重複對稱性動作的研究 (Harris-Love et al., 2005)，藉由健側手的引導可促進患側手的表現。本研究更發現了即使執行非對稱性的雙側協調活動，也可以由健側手的引導來促進患側肢體的動作表現。

本研究結果，除了瞭解中風患者執行雙側伸臂抓握活動的表現特徵以外，利用兩側手之間會相互影響與傾向協同的本質，可以作為治療介入的基礎。在中風後患側肢體動作重新學習的歷程中，治療師除了針對患側肢體提供單側的動作訓練外，還可以藉由日常生活中實際且熟悉的物品，提供雙側協調活動的練習，並鼓勵患者以健側手為前導手，引導患者的患側肢體在具有健側手當「樣版」的情況下，自然產生調適行為以重新習得動作技巧，來促進患側肢體的動作控制能力。

未來研究除了針對右側腦傷的中風患者在目標導向之雙側協調動作表現的探討外，還可就不同腦傷側患者的比較來瞭解腦側化對於雙側協調動作的影響；不同嚴重程度的患者在雙側協調動作的表現是否有所不同，也是未來可探討的研究方向。

結 論

本研究呈現左腦中風患者在執行目標導向雙側協調活動時的運動學表現特徵，並發現動作表現會隨前導手的不同而有所差異。治療師可藉健側手為前導手來引導並促進患側手的動作表現。未來研究除了可針對右腦傷患者執行雙側協調動作模式的探究外，還可藉由不同腦傷側患者、或不同損傷程度之比較深入研究，將有助於瞭解腦傷側及嚴重度對雙側協調動作的影響。除了對雙側協調動作控制模式與機制可更加瞭解外，也藉



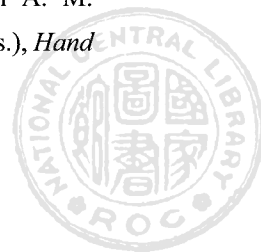
以發展出更特定的評量模式與介入策略。

誌謝

本研究獲國家衛生研究院經費補助（NHRI-EX95-9103EC），謹此致謝。

參考文獻

- Cardoso de Oliveira (2002). The neuronal basis of bimanual coordination: recent neurophysiological evidence and functional models. *Acta Psychologica, 110*, 139-159.
- Cauraugh, J. H., & Summers, J. J. (2005). Neural plasticity and bilateral movements: A rehabilitation approach for chronic stroke. *Progress in Neurobiology, 75*, 309-320.
- Cirstea, M. C., & Levin, M. F. (2000). Compensatory strategies for reaching in stroke. *Brain, 123*, 940-953.
- Haaland, K. Y., Prestopnik, J. L., Knight, R. T., & Lee, R. R. (2004). Hemispheric asymmetries for kinematic and positional aspects of reaching. *Brain, 127*, 1145-1158.
- Harris-Love, M. L., Waller, S. M., & Whittall, J. (2005). Exploiting interlimb coupling to improve paretic arm reaching performance in people with chronic stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 86*, 2131-2137.
- Hung, Y-C., Charles, J., & Gordon, A. M. (2004). Bimanual coordination during a goal-directed task in children with hemiplegic cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology, 46*, 746-753.
- Nelson, W. L. (1983). Physical principles for economies of skilled movement. *Biological Cybernetics, 46*, 135-147.
- Lin, K-C., Wu, C-Y., & Trombly, C. A. (1998). Effects of task goal on movement kinematics and line bisection performance in adults without disabilities. *American Journal of Occupational Therapy, 6*, 179-187.
- Obhi, S. S. (2004). Bimanual coordination: An unbalanced field of research. *Motor Control, 8*, 111-129.
- Perrig, S., Kazennikov, O., & Wiesendanger, M. (1999). Time structure of a goal-directed bimanual skill and its dependence on task constraints. *Behavioural Brain Research, 103*, 95-104.
- Rosenthal, R., & Rosnow, R. L. (1991). Meta-analysis: Comparing and combining results. In R. Rosenthal & R. L. Rosnow (Eds.), *Essential of behavioral research: Methods and data analysis* (2nd ed.) (pp. 491-512). New York: McGraw-Hill.
- Saper, C. B., Iversen, S., & Frackowiak, R. (2000). Integration of sensory and motor function: The association areas of the cerebral cortex and the cognitive capabilities of the brain. In E. R. Kandel, J. H. Schwartz, & T. M. Jessell (Eds.), *Principles of neural science* (4th ed.) (pp. 349-380). New York: McGraw-Hill.
- Serrien, D. J., & Wiesendanger, M. (2000). Temporal control of a bimanual task in patients with cerebellar dysfunction. *Neuropsychologia, 38*, 558-565.
- Smeets, J. B. J., & Brenner, E. (1999). A new view on grasping. *Motor Control, 3*, 237-271.
- Weiss, P. H., Jeannerod, M., Paulignan, Y., & Freund, H.-J. (2000). Is the organization of goal-directed action modality specific? A common temporal structure. *Neuropsychologia, 38*, 1136-1147.
- Wiesendanger, M., Kaluzny, P., Kazennikov, O., Plmeri, A., & Perrig, S. (1994). Temporal coordination in bimanual actions. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology, 72*, 591-594.
- Wiesendanger, M., Kazennikov, O., Perrig, S., & Kaluzny, P. (1996). Two hands - one action: The problem of bimanual coordination. In A. M. Wing, P. Haggard, & J. R. Flanagan (Eds.), *Hand*



- and brain: The neurophysiology and psychology of hand movements* (pp. 283-300). San Diego: Academic Press.
- Wu, C-Y., Trombly, C. A., Lin, K-C., & Tickle-Degnen, L. (2000). A kinematic study of contextual effects on reaching performance in persons with and without stroke: Influences of object availability. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81, 95-101.
- Wu, C-Y., Wong, M-K., Lin, K-C., & Chen, H-C. (2001). Effects of task goal and personal preference on seated reaching kinematics after stroke. *Stroke*, 32, 70-76.



Movement Coordination on Bimanual Prehension Movements in Persons with Left Cerebral Accidents and Healthy Adults: A Kinematic Study

*Shih-Han Chou, B.S.¹ Ching-Yi Wu, Sc.D.¹ Chiung-Ling Chen, M.S.²
Mei-Ying Kuo, M.A.³ Tung-Wu Lu, Ph.D.⁴*

Most studies investigating impaired hand function in patients with stroke have focused on either the affected or the unaffected hand alone. Coordination of the affected and unaffected hand during bimanual tasks in the stroke population is not well understood. The present study examined bimanual coordination using a jar-opening task under hand constraint in fifteen patients with left cerebral vascular accident (CVA) and thirteen age-matched healthy controls. Participants were instructed to reach to grasp a jar with one hand (i.e., the leading hand) and to open the cap with the other hand (i.e., the non-leading hand). The roles of the two hands (reaching to grasp the jar and opening the cap) were varied. Participants with left CVA moved less efficiently and directly, and depended more on feedback control with the affected hand when the affected hand initiated the task, but moved with similar patterns when the unaffected hand initiated the task compared to the healthy adults. Moreover, interlimb coordination was not significantly different between the two groups. The results indicated that the bimanual movement performance after left CVA varied depending on the side of the leading hand but bimanual coordination was preserved. (*Journal of Taiwan Occupational Therapy Research and Practice* 2007 3(1): 30-40)

Key words: Bimanual coordination, Stroke, Reach-to-grasp movements

Department of Occupational Therapy & Graduate Institute of Clinical Behavioral Science, Chang Gung University, Taoyuan, Taiwan¹ School of Occupational Therapy, Chung Shan Medical University, Taichung, Taiwan² Department of Physical Therapy, China Medical University, Taichung, Taiwan³ Institute of Biomedical Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan⁴
Address Correspondence to: Dr. Tung-wu Lu, Institute of Biomedical Engineering, National Taiwan University, No. 1, Sec. 4, Roosevelt Road, Taipei, 10617 Taiwan; Tel: 02-33653335; Fax: 02-33653335; e-mail: twlu@ntu.edu.tw

