

改良式侷限誘發動作治療於輕中度腦中風患者之成效：運動學分析之研究

李佳宜¹ 林克忠² 吳菁宜³ 連倚南⁴ 許美慧¹

摘要

背景與目的中風後常併生肢體動作功能的顯著減損，侷限誘發動作治療是針對中風後上肢動作缺失的一種復健療法，此療法是否改善動作的時間空間特質仍待釐清。本研究採用運動學分析來探討改良式侷限誘發動作治療對動作行為之運動學特質的成效。方法採用隨機控制臨床試驗的實驗設計，將20名單側腦中風患者分派至改良式侷限誘發動作治療組與傳統治療組。於三週期間，改良式侷限誘發動作治療組患者的腦傷同側上肢每日須侷限六小時，患側上肢則接受每週五天、每天二小時的密集性訓練；傳統治療組則維持既有之訓練。成效評量採用運動學分析來量測上肢伸取動作的運動學特質。運動學參數採用共變數分析比對兩組於後測表現之差異。結果對照兩組於後測之伸取動作表現，改良式侷限誘發動作治療組於反應時間、動作時間、標準化路徑和動作單位等參數的表現皆顯著優於傳統治療組，最大瞬時速率及達最大瞬時速率所佔時間比則未呈現顯著差異。結論改良式侷限誘發動作治療可以有效改善患者的動作能力及伸取動作的執行效率和流暢性。未來研究可調控傳統治療組的治療時數與強度，或採行特定治療的對照組（如雙側上肢訓練治療），進而合併使用腦部顯像儀器（如功能性磁振造影）探究接受侷限誘發動作治療後的腦部可塑性，以驗證侷限誘發動作治療的神經科學機制。

關鍵詞：腦中風，侷限誘發動作治療，運動學分析，復健

財團法人國泰綜合醫院復健科¹
國立台灣大學醫學院職能治療學系暨台大醫院復健部²
長庚大學職能治療學系暨臨床行為科學研究所³
花蓮慈濟醫院復健科⁴

通訊者：林克忠，國立台灣大學醫學院職能治療學系，台北市徐州路十七號四樓

前言

至今已累積大量臨床試驗證據的侷限誘發動作治療(constraint-induced movement therapy, CIMT)是由Taub等學者於1993年所提出，治療時程為2週的密集訓練，其間侷限健側肢體約90%的清醒時間，並提供患側上肢每天6小時的密集訓練。治療三大原則為：(1)侷限健側上肢，以增進患側肢體的使用動機與機會；(2)提供患側肢體大量的練習訓練；(3)訓練時配合行為塑造技巧(shaping techniques)。CIMT藉由矯治習得廢用(learned nonuse)的現象並且誘發使用依存之腦部重塑(use-dependent brain reorganization)，進而增進上肢動作功能及使用頻率(Taub, Uswatte & Elbert, 2002)。研究顯示接受CIMT之後，慢性中風患者的患肢動作功能呈現顯著改善且生活中患肢的使用頻率亦有所增加(Taub et al., 1993; Miltner, Bauder, Sommer, Dettmers & Taub, 1999)，而治療效果亦持續至兩年後(Taub et al., 1993)。研究也指出在亞急性與急性期及早提供CIMT，有助於預防習得廢用的產生，且利於動作功能的恢復(Blanton & Wolf, 1999; Page, Sisto, Levine & McGrath, 2004; Dromerick, Edwards & Hahn, 2000)。但由患者與治療者的觀點來看CIMT的執行程序，在配合執行上卻可能有困難(Page, Levine, Sisto, Bond & Johnstom, 2002)。因此Page等學者將CIMT療程修正為10週，侷限時間為每週5天，每天5小時；訓練時間為每週3天，每天1小時，結果顯示仍有顯著的療效(Page, Sisto, Johnston & Levine, 2002; Page, Sisto, Levime, Johnston & Hunghe, 2001)。Dromerick等人(2000)為配合急性期患者之能力，將CIMT修正為每天2小時的訓練與6小時侷限健側肢體，為期2週，結果亦顯示比傳統治療方式更可改善患肢動作功能。這些研究支持適度修正CIMT

的執行程序仍具有優於傳統治療的療效。本研究考量CIMT於臨床上的可行性及患者配合度的問題，將訓練與侷限的時間作適度修正，稱之為改良式侷限誘發動作治療(modified constraint-induced movement therapy, 以下簡稱為mCIMT)。

在成效評量方面，過去大量試驗以患側上肢的動作能力及活動為主，如動作活動量表(Motor Activity Log, MAL)、沃夫動作功能評量(Wolf Motor Function Test, WMFT)(Taub, et al., 1993; Miltner, et al., 1999; Blanton & Wolf, 1999; 李佳宜、吳菁宜、連倚南、許美慧、林克忠、付梓中)，發現CIMT改善中風患者於上述評量工具上的表現，但動作功能背後的動作行為特質之改變尚無研究直接加以探討。運動學分析為一具備高靈敏度的生物力學評估工具，藉由此工具來評量患者於CIMT介入前後之表現差異，可提供客觀資料(如運動前的計畫、運動過程的速度控制等)來形成介入成效的量化證據(治療改善什麼層面的動作控制功能)。本研究試圖以運動學分析來探討mCIMT是否提升動作計畫與執行的效能。

本研究假設mCIMT個案於治療後上肢伸取動作之運動學表現優於傳統治療組。具體而言，實驗組在伸手及物動作上的反應與動作時間較短、移行路徑較短、運動平穩度較高。

材料與方法

研究設計

本研究使用隨機控制臨床試驗(randomized controlled clinical trials)，採用前測-後測的實驗設計(pretest-posttest design)。將統計考驗力(power)預設為0.80，顯著水準(significant level)設為.05。參考Taub等人(1993)研究結果之效應值並考量流失率，推估本研究需取樣至

少20名腦中風患者。

參與者

在民國92年7月至93年6月期間，從台北地區的醫院，包括國泰綜合醫院、臺大醫院、恩主公醫院等機構之復健部病房與門診，選取符合下列標準的患者：(一)首次發病之單側腦中風患者 (unilateral first-ever stroke)，發病介於7天至1年以內，患者的神經學徵兆穩定且適合評估與訓練，採用修正版美國國家衛生研究院腦中風量表(Modified National Institute of Health Stroke Scale, mNIHSS)評估(Meyer, Hemmen, Jackson, & Lyden, 2002)；(二)上肢近端與遠端肢體的動作功能達布朗斯壯等級 (Brunnstrom's stage) 3至4以上；(三)無嚴重而足以影響安全之平衡問題；(四)無明顯認知問題，可理解及遵從指令，修正版簡短智能測驗 (Modified Mini Mental State Examination, mMMSE)分數需70分以上 (Teng & Chui, 1987)；(五)無伴隨嚴重疼痛或嚴重痙攣者，上肢各關節以修正版阿修伍爾斯氏痙攣量表 (Modified Ashworth Scale)評量低於 2分 (Bohannon & Smith, 1987)。在得到患者及家屬的同意之後，隨機分派至mCIMT組或傳統治療組。

評估工具

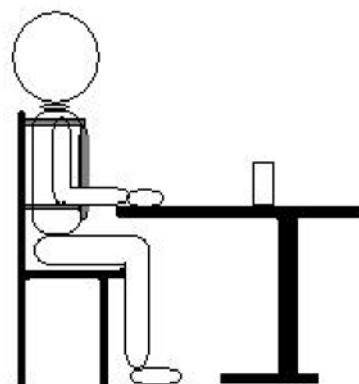
採用VICON 250 (Oxford Metrics, U. K.) 的運動學分析系統，評估患者執行兩項上肢伸取動作 (reaching movement) 之運動學特徵。此套系統利用5至7架紅外線攝影機 (infrared cameras)接收反光球所反射之訊號，並將訊號轉換後傳遞至個人電腦，進行訊號處理 (signal processing)。系統攝影機的取樣頻率(sampling rate)為每秒鐘擷取120個畫面 (frames)。再經由程式進行三度空間的座標重建，轉換為可計量之運動參數。

患者施測的姿勢如圖一所示，使用固定帶

固定上半身減少軀幹動作的干擾，在患手的尺骨莖突 (ulnar styloid process) 處貼一顆直徑為0.9公分的反光球，手擺放於壓力感應板 (switch)上。目標物擺放於患者正中矢狀面 (midsagittal plane)，與軀幹側面中央的距離為上肢全長(手腕至肩峰長度)。兩項施測活動分別為：(1)伸手按壓桌上鈴：要求患者用手拍或手指按鈕的方式按出鈴聲；(2)伸手抓握飲料罐：要求患者將飲料罐拿起來，飲料罐前方貼一反光球以作為動作結束之判定，即表示拿起飲料罐的時間點。任務要求患者聽到啟動鈴聲後以自然速度執行動作；當按壓啟動鈴、桌上鈴和手部離開感壓板時，同時傳出類比訊號 (analog data)至個人電腦進行訊號處理，頻率為600赫茲。

所擷取之訊號以MATLAB程式進行分析，各分析參數的操作定義如下：(1)反應時間 (reaction time, RT)：由啟動鈴聲訊號開始至受測者手部離開感壓板之時間。(2)動作時間 (movement time, MT)：由受測者手部離開感壓板開始至按壓桌上鈴或拿起飲料罐之時間。(3)標準化之路徑 (normalized total path, norzTP)：受測者手部在空間中移動之總路徑長 (total path)除以目標物與起始位置的直線距離之比

圖一、運動學分析之施測姿勢



值。(4)最大瞬時速率 (peak speed, PS)：於移行過程中出現的最大速率值。(5)達到最大瞬時速率所佔時間百分比(percentage of movement time where peak speed occurs, PPS)：最大速率值於動作時間中發生的時間點除以全部動作時間之時間百分比。(6) 動作單位 (movement unit, MU)：動作向前方伸展方向的一加速期與一減速期合稱為一動作單位。

上肢治療訓練計畫

mCIMT組患者於3週的訓練期間，接受每天進行約2小時、每星期5天的患側上肢密集性活動練習，由兩名有經驗的職能治療師以行為塑性技巧 (shaping techniques)誘發患肢之功能性動作，並利用獎賞性回饋 (rewarding feedback)增強目標行為。而密集練習則選擇符合患者職能角色之訓練方案，以目標導向的功能性任務為主（如伸手碰觸、抓握、操弄與挪移日常生活物件），並視患者能力的進展逐步調整活動難度。此外，治療內容也涵蓋知覺動作活動以增添活動多樣性與提升患者的參與動機。健側上肢每天須穿戴布質的侷限手套6小時以限制其使用。

傳統治療組患者持續接受原有的傳統職能治療，3週期間平均每天訓練時數約近一小時。介入方式包含神經發展治療 (neurodevelopmental treatment, NDT)、雙手性活動訓練與代償性功能訓練，並於治療時段中鼓勵患者在日常生活中盡量使用患側肢體。除mCIMT與傳統職能治療外，兩組患者同時接受物理治療，訓練內容以下肢功能及步態等訓練為主。

資料分析

本研究使用SPSS 11.5程式軟體進行資料分析，以敘述性統計描述患者的基本資料與運動學特質的前、後測表現。利用獨立樣本t檢定 (independent-samples *t*-test)及卡方檢定 (chi-

square test) 檢定兩組基本資料與臨床特徵是否配對，顯著水平 α 訂為 .05。

伸取動作的時空 (spatio-temporal) 特性則採用共變數分析 (analysis of covariance, ANCOVA)，將前測分數視為共變項，分析兩組於後測時運動學參數是否到達顯著差異，並計算效應值 η^2 (eta squared)，其中 η^2 等於 .01為低度效應，.06為中度效應，.14為高度效應 (Portney & Watkins, 2000)。顯著性檢定採用單尾檢定，顯著水平 α 訂為 .05。

結果

參與者之基本資料及臨床特徵

本研究收案患者共20名（12名男性及8名女性），mCIMT組與傳統治療組分別為11人及9人，基本資料及臨床特徵詳列於表一。兩組的年齡、教育程度與收案距中風發病時間皆相當而性別、腦傷側邊性與腦傷型態的比例亦未達顯著差異，mCIMT組裡缺血性中風所佔比例較高，但組間差異未達顯著。兩組中各有一名患者病前慣用手在左，其餘皆慣用右手。另外兩組患者於臨床特徵如腦中風嚴重程度、認知功能及上肢肌肉張力皆無明顯差異。

伸取動作的運動學特質比較

伸手按壓桌上鈴活動的表現請參考表二，一名mCIMT患者因為資料收集問題而未進行分析。於後測的伸取動作表現中，mCIMT組於反應時間 ($F(1,17)=5.12, p=0.019$)、動作時間 ($F(1,17)=5.11, p=0.019$)、標準化之路徑 ($F(1,17)=7.01, p=0.009$)以及動作單位 ($F(1,17)=7.16, p=0.009$)的表現皆顯著優於傳統治療組，出現強度效應，而其餘參數並無顯著差異。

伸手抓握飲料罐的活動中，一名mCIMT組患者因無法執行此項動作而未施測。結果

表一、mCIMT組與傳統治療組之基本資料及臨床特徵

項目	mCIMT組 (n=11)	傳統治療組 (n=9)
年齡 (歲) (平均±標準差)	60.91 ± 14.44	55.89 ± 14.14
性別		
男性	7 (63.6%)	5 (55.6%)
女性	4 (36.4%)	4 (44.4%)
教育程度 (年) (平均±標準差)	8.27 ± 4.43	8.44 ± 4.64
慣用手		
右手	10 (90.9%)	8 (88.9%)
左手	1 (9.1%)	1 (11.1%)
腦傷側邊(右腦傷：左腦傷)		
右腦傷	7 (63.6%)	4 (44.4%)
左腦傷	4 (36.4%)	5 (55.6%)
收案時間距中風發病時間 (月) (平均±標準差)	4.40 ± 4.25	5.10 ± 3.44
腦傷型態		
出血性	1 (9.1%)	4 (44.4%)
缺血性	10 (90.9%)	5 (55.6%)
轉介型態		
住院患者	3 (27.3%)	1 (11.1%)
門診患者	8 (72.7%)	8 (88.9%)
修訂版美國國家衛生研究院腦中風量表 (平均±標準差)	2.82 ± 2.40	84.09 ± 8.53
修訂版簡短智能測驗分數 (平均±標準差)	2.78 ± 2.95	86.50 ± 12.31
修訂版阿修伍爾斯痙攣量表		
分數=0	3 (27.3%)	3 (33.3%)
0 < 分數 < 2	8 (72.7%)	6 (66.7%)

mCIMT組於反應時間 ($F(1,17)=9.82, p=.003$)、動作時間 ($F(1,17)=7.87, p=.007$)、標準化之路徑 ($F(1,17)=6.07, p=.013$) 以及動作單位 ($F(1,17)=4.96, p=.021$) 的表現同樣顯著優於傳統治療組，另兩項參數則未達顯著差異(表三)。

討 論

傳統CIMT的訓練模式雖有逐增之研究支

持其療效，但考量目前國內醫療資源，兩週內之短期密集介入有其難行之處，故本研究將訓練時間延長至3週，並縮短每天侷限與訓練時間分別至6小時與2小時，結果顯示所有參與mCIMT的患者皆可完成療程，且CIMT對於動作計畫、協調能力及患肢的活動功能等方面的改善皆優於傳統治療組，顯示改良式的CIMT為一可行且有效的復健途徑。

表二、兩組於「伸手按壓桌上鈴」運動學參數之平均值、標準差及比較之效應值

運動學參數	mCIMT組(n=10)		傳統治療組(n=9)		效應值(η^2)
	前測	後測	前測	後測	
反應時間(秒)	0.80±0.63	0.50±0.20	0.58±0.17	0.73±0.45	0.242*
動作時間(秒)	1.63±1.42	0.73±0.14	1.45±1.17	1.17±0.78	0.240*
標準化路徑	1.62±0.78	1.20±0.16	1.45±0.31	1.53±0.45	0.305**
最大瞬時速率(公分/秒)	65.06±11.35	73.46±14.06	58.41±20.88	69.92±21.16	0.009
達最大瞬時速率之時間比(%)	32.45±7.78	44.02±6.55	41.56±16.80	44.53±11.98	0.006
動作單位數	5.83±5.41	2.17±0.57	5.65±6.93	5.04±4.25	0.309**

註：數據為平均值±標準差。

* $p < .05$ ，** $p < .01$ ，mCIMT組與傳統治療組間的差異檢定，係依據共變數分析(analysis of covariance, ANCOVA)，以前測分數為共變項，進行後測差異表現的檢定(見效應值一欄)。

表三、兩組於「伸手抓握飲料罐」運動學參數之平均值、標準差及比較之效應值

運動學參數	mCIMT組(n=10)		傳統治療組(n=9)		效應值(η^2)
	前測	後測	前測	後測	
反應時間(秒)	0.77±0.62	0.54±0.22	0.72±0.30	0.67±0.14	0.380**
動作時間(秒)	2.35±1.47	1.02±0.25	2.50±1.50	1.76±1.00	0.330**
標準化路徑	1.82±0.56	1.35±0.25	2.01±0.85	1.90±0.83	0.275*
最大瞬時速率(公分/秒)	59.34±21.80	67.83±23.11	60.22±19.32	74.79±21.66	0.038
達最大瞬時速率之時間比(%)	22.85±9.62	29.12±12.17	21.86±14.24	26.90±14.46	0.007
動作單位數	20.01±14.57	7.43±4.31	22.06±14.45	15.65±12.55	0.237*

註：數據為平均值±標準差。

* $p < .05$ ，** $p < .01$ ，mCIMT組與傳統治療組間的差異檢定，係依據共變數分析(analysis of covariance, ANCOVA)，以前測分數為共變項，進行後測差異表現的檢定(見效應值一欄)。

在運動學分析的兩項活動中，各有一名患者的資料因故未進行分析，但刪除未分析個案之後，mCIMT組和傳統治療組在基本資料和臨床特徵上仍無顯著性的差異。mCIMT組於兩項活動的動作執行過程，反應時間、動作時間、標準化路徑及動作單位數的表現皆顯著優於傳統治療組。其中反應時間的縮短，顯示mCIMT對訊息處理與動作前的計畫能力有所提升，並減少準備動作所費時間。動作時間向來被視為

一項時效性指標(time efficiency)(Ma, Trombly, Tickle-Degnen & Wagenaar, 2004)，因此，動作時間的縮短暗指著mCIMT組執行活動的效率提升顯著優於傳統治療組。而標準化路徑為移行路徑與起點至目標物的最短距離之比例值，實驗結果顯示mCIMT組在後測時平均趨近於1，代表動作軌跡趨近於直線，路徑控制改善，而且動作單位數顯著的降低，表示動作過程的加速與減速調校次數減少，動作軌跡的流暢性

(smoothness) 增加 (Wu, Trombly, Lin & Tickle-Degnen, 2000)。上述發現顯示mCIMT組不僅於計畫動作方面改善，於動作執行也呈現顯著之進展。

達最大瞬時速率之時間比代表加速期所佔動作時間的比例，當數值越大時，表示越不需仰賴立即性回饋來修正其動作執行 (Wu, et al., 2000)。依Nagasaki (1989) 的觀點，以簡單伸臂動作而言，計畫良好的動作，達最大瞬時速率之時間百分比應高於50%（即耗時較少的減速期）。本研究中後測時兩組患者達最大瞬時速率之時間比呈現增加趨勢，亦即減速期縮短，但比例仍未超過50%，且兩組未達顯著差異，顯示動作後期時患者仍依賴立即性回饋以修正動作。推測其因，可能本研究中的動作任務，對精確度的要求遠勝於速度要求，使得患者於動作後期須持續修正動作軌跡使得完成觸物目標，此一活動特性可能使得治療對平穩度改善的成效比較能顯現出來。mCIMT的練習活動中包含多項功能性任務，強調操弄、移動物件的功能（如伸手拿取喜好的零食到嘴），手眼協調的精確要求高，重複練習加上治療師的回饋可能改善了及物動作的移行策略，亦即在無高速度的要求下，伸臂動作的精準度有較高的達成優先 (speed-accuracy trade-off)(Jeannerod, 1988)。另外，兩組並未於最大瞬時速率上達顯著差異，最大瞬時速率與動作所誘發的肌力成正相關，除了上述mCIMT組訓練時並未強調肌力的增強外，測試任務也是要求受試以自然速度執行動作，所以受試者著重於目標的達成而非加快執行速度，因此最大瞬時速率可能不易呈現顯著提升。

依據動作控制理論，執行伸取動作需肩、肘、前臂與手腕等多關節之間的協調運用 (interjoint coordination)，並仰賴肌肉骨骼、感覺與神經系統間之控制機制來因應環境因素，

作出適度調整 (Jeannerod, 1988)。一般而言，腦中風患者常受異常肌肉張力、協調機制喪失與感覺損傷等問題，降低其執行動作的能力與效率。經本研究結果顯示接受3週的mCIMT後，患者於伸取動作執行的效率及流暢性皆顯著提升，但動作策略及速度的進步則較有限，這些差異可能與mCIMT方案所提供的練習經驗，以及運動學分析的動作任務要求有關，未來試驗研究應注意治療所形成的動作經驗，以及成效評量的任務要求，兩者間之關連。

臨床應用

本研究為配合臨床可行性與患者的接受度而調整CIMT的訓練時數及週數，結果顯示mCIMT療效仍優於傳統治療，支持臨床應用上遵循CIMT的主要原則，但方案施行上彈性修正練習時程。過去研究如Sterr等人 (2002) 探討訓練時間調配的效應，比較於2週CIMT治療中每天提供6小時或3小時的訓練療效，結果仍顯示兩組於動作功能及患肢使用頻率皆有所提升，但6小時的效果仍優於3小時。然而若維持相等的訓練總時數（共60小時），將介入期間延長而縮短每天的治療量是否可達到與CIMT相同甚至更佳的療效仍待進一步的驗證，亦即對治療強度 (intensity)或治療總量 (amount)的效應做進一步的釐清。再者，因應現實環境資源與患者配合程度而改良的CIMT治療模式（如：團體式與居家式的CIMT）仍缺乏本土實證分析，亟待後續研究來充實實證資料庫。

研究限制

本研究中傳統治療組接受原有之復健治療，因此會受患者所屬醫療院所的復健模式而呈現不同的治療時數與訓練強度，進而增加組內的異質性。即使如此，本研究的結果仍顯示mCIMT優於目前國內的復健模式，將來的研究可調控傳統治療組的治療時數與強度，或採行

特定治療的對照組（如雙側上肢訓練治療），進一步探討mCIMT的療效。在評估方面，本研究採用運動學分析，提供客觀且量化的工具來分析介入前後動作行為的改變，但尚不足以呈現動作形成的腦部控制機制。未來可合併功能性腦部顯像儀器（如功能性磁振造影）來探究mCIMT後之腦功能再造，以驗證CIMT的神經科學機制。未來研究也可增加樣本數來提升統計檢定力，並考慮受試的神經學特質，分析中風傷側、忽略症、感覺與動作失能程度等不同因素與mCIMT療效之關連，藉以探析mCIMT的最佳適用對象。未來研究進行受試分組時，亦值得進一步控制兩組受試在中風型態（如缺血、出血）與中風嚴重程度的配對。

結 論

經運動學分析顯示，mCIMT的介入仍有效地改善腦中風患者患側上肢的動作控制品質（如執行效率及動作策略）；即使因應實務環境的侷限來修正其治療模式，成效仍優於現有的復健治療。生物力學參考架構對中風後動作復健的成效驗證與活動分析都有助益，未來值得結合神經科學理論與工具，來充實神經復健的實證基礎。

誌 謝

本研究承蒙國泰綜合醫院學術研究計畫(MR-9205)及國家科學委員會專題研究計畫(NSC 93-2314-B-002-116)的經費補助，以及台大醫院復健部/台大物理治療學系動作控制實驗室人員的協助，方能順利完成，特此致謝。

參考文獻

李佳宜、吳菁宜、連倚南、許美慧、林克忠（印製中）。改良式侷限誘發動作治療對於腦中風病人之復健成效。台灣醫學。

Blanton, S., & Wolf, S. L. (1999). An application of upper-extremity constraint-induced movement therapy in a patient with subacute stroke. *Physical Therapy, 79*, 847-853.

Bohannon, R. W., & Smith, M. B. (1987). Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Physical Therapy, 67*, 206-7.

Dromerick, A. W., Edwards, D. F., & Hahn, M. (2000). Does the application of constraint-induced movement therapy during acute rehabilitation reduce arm impairment after ischemic stroke? *Stroke, 31*, 2984-2988.

Duncan, P. W., Propst, M., & Nelson, S. G. (1983). Reliability of the Fugl-Meyer assessment of sensorimotor recovery following cerebrovascular accident. *Physical Therapy, 63*, 1606-1610.

Jeannerod, M. (1988). The role of visual feedback in movement control. In M. Jeannerod (Ed.), *The neural and behavioral organization of goal-directed movements* (pp. 89-95). New York: Oxford University Press.

Ma, H. I., Trombly, C. A., Tickle-Degnen, L., & Wagenaar, R. C. (2004). Effect of one single auditory cue on movement kinematics in patients with Parkinson's disease. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation, 83*, 530-536.

Meyer, B. C., Hemmen, T. M., Jackson, C. M., & Lyden, P. D. (2002). Modified National Institutes of Health Stroke Scale for use in stroke clinical trials: Prospective reliability and validity. *Stroke, 33*, 1261-1266.

Miltner, W. H. R., Bauder, H., Sommer, M., Dettmers, C., & Taub, E. (1999). Effects of constraint-induced movement therapy on patients with chronic motor deficits after stroke: A replication.

Stroke, 30, 586-92.

Nagasaki, H. (1989). Asymmetric velocity and acceleration profiles of human arm movements. *Experimental Brain Research*, 74, 319-326.

Page, S. J., Levine, P., Sisto, S., Bond, Q., & Johnston, M. V. (2002). Stroke patients' and therapists' opinions of constraint-induced movement therapy. *Clinical Rehabilitation*, 16, 55-60.

Page, S. J., Sisto, S., Johnston, M. V., & Levine, P. (2002). Modified constraint-induced therapy after subacute stroke: A preliminary study. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 16, 290-295.

Page, S. J., Sisto, S., Levine, P., Johnston, M. V., & Hughes, M. (2001). Modified constraint induced therapy: A Randomized feasibility and efficacy study. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 38, 583-590.

Page, S. J., Sisto, S., Levine, P., & McGrath, R. E. (2004). Efficacy of modified constraint-induced movement therapy in chronic stroke: A single-blinded randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85, 14-18.

Portney, L. G. & Watkins, M. P. (2000). *Foundations of clinical research: Applications to practice (2nd ed.)*. New Jersey: Prentice-Hall.

Sterr, A., Elbert, T., Berthold, I., K?lbel, S., Rockstroh, B., & Taub, E. (2002). Longer versus

shorter daily constraint-induced movement therapy of chronic hemiparesis: An exploratory study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83, 1374-1377.

Sterr, A., Freivogel, S., & Schmalohr, D. (2003). Neurobehavioral aspects of recovery: Assessment of the learned nonuse phenomenon in hemiparetic adolescents. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83, 1726-1731.

Taub, E., Miller, N. E., Novack, T. A., Cook III, E. W., Fleming W. C., Nepomuceno, C. S., Connell, J. S., & Crago, J. E. (1993). Technique to improve chronic motor deficit after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 74, 347-354.

Taub, E., Uswatte, G., & Elbert, T. (2002). New treatments in neurorehabilitation founded on basic research. *Nature Review of Neuroscience*, 3, 228-236.

Teng, E. L. & Chui, H. C. (1987). The modified Mini-Mental State (3MS) Examination. *Journal of Clinical Psychiatry*, 48, 314-317.

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 objects availability. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81, 95-101.

Effects of Modified Constraint-Induced Movement Therapy on Patients with Mild-to-moderate Stroke: A Kinematic Study

Chia-yi Lee¹, Keh-chung Lin², Ching-yi Wu³, I-nan Lien⁴, Mei-hue Hsu¹,

Abstract

Background and Purpose Stroke is frequently accompanied by substantial loss of motor function. It remains unclear whether motor rehabilitation improves spatiotemporal characteristics of motor behavior post stroke. This study used kinematic analysis to investigate whether modified constraint-induced movement therapy (mCIMT) is more effective than traditional therapy in improving movement strategies of patients with stroke. **Methods** Twenty patients with stroke were assigned to either the mCIMT group (6-hour immobilization of the less-affected arm per day combined with 2-hour intensive training of the affected arm per weekday) or the control group of traditional rehabilitation for a period of 3 weeks. The primary outcome measures involved the kinematic system to capture the spatio-temporal characteristics of reaching performances. **Results** Patients in the mCIMT group exhibited better reaching performances than control group reflected by shorter reaction time ($F(1,17)=5.12$, $p=0.019$) and movement time ($F(1,17)=5.11$, $p=0.019$), less normalized total displacement ($F(1,17)=7.01$, $p=0.009$) and fewer movement units ($F(1,17)=7.16$, $p=0.009$). **Conclusion** The findings of this study supported the therapeutic benefits of

Department of Rehabilitation, Cathay General Hospital¹

School of Occupational Therapy, College of Medicine, National Taiwan University, and Department of Rehabilitation, National Taiwan University Hospital²

Graduate Institute of Clinical Behavioral Science and Department of Occupational Therapy, Chang Gung University³

Department of Rehabilitation, Buddhist Tzu Chi General Hospital⁴

Correspondence: Keh-Chung Lin, School of Occupational Therapy, College of Medicine, National Taiwan University, 17, F4, Xu Zhou Road, Taipei 100, Taiwan.

mCIMT on improving motor function of the more-affected upper extremity and overcoming learned nonuse. Kinematic findings indicated that patients had better motor efficiency and smoothness in reaching performances after mCIMT. Future research may investigate the effect of mCIMT relative to more specific motor rehabilitation (e.g., bilateral arm training). In addition, use of neuroimaging modalities may help to elucidate neural mechanisms underlying plastic change after mCIMT.

Keywords: stroke, constraint-induced movement therapy, kinematic analysis, rehabilitation