

ScholarWorks@GSU

Training Effects of Virtual Reality on Reaching Behaviors in Children with Cerebral Palsy: Case Report

Authors	Kang, Lin-Ju;Chen, Yuping;Sung, Wen-Hsu;Chuang, Tien-Yow;Lee, Shwn-Jan;Tsai, Mei-Wun;Jeng, Suh-Fang;Doong, Ji-Liang
Citation	Kang, L-J., Chen, Y*, Sung, W-S., Chuang, T-Y., Lee, S-J., Tsai, M-W., Jeng, S-F., & Doong, J-L. (2005). Training Effects of Virtual Reality on Reaching Behavior in Children with Cerebral Palsy: Case Report. Formosan Journal of Physical Therapy, 30(6):339-347.
Download date	2026-04-18 00:46:40
Link to Item	https://hdl.handle.net/20.500.14694/13645

虛擬實境對腦性麻痺兒童伸取行為之訓練 療效：個案報告

康琳茹¹ 陳祐蘋¹ 宋文旭² 莊天佑³ 李淑貞¹
蔡美文¹ 鄭素芳⁴ 董基良²

虛擬實境為利用電腦科技創造出的虛擬物體及情境，虛擬實境訓練被認為可以增進腦性麻痺兒童的上肢功能，因為其具有降低身體上的限制、精確的調整任務難度及回饋、提昇動機、並量化感知訊息等優點。本研究目的為探討虛擬實境訓練系統對一位腦性麻痺兒童上肢伸取行為之療效，個案為一名六歲男孩，診斷為四肢痙攣型腦性麻痺，上肢功能方面僅能以右手執行簡單日常活動，左手伸取範圍小且幾乎不能抓握，認知功能正常，可以聽懂簡單指令並配合治療活動。本研究採單一受試者 A-B-A 實驗設計，個案接受3次基準期測量、4次訓練期測量及2次追蹤期測量，訓練期為期四週，每週三次，每週治療時間累積 120 分鐘。利用「虛擬實境手部復健系統」及「EyeToy™Play 遊戲」進行虛擬實境訓練計畫，配合治療師的徒手引導，並依個案進步情形逐漸降低引導及增加訓練遊戲難度。成效測量包括(1)伸取動作之運動學分析：執行洞洞板活動及投遞信封活動時4項運動學參數(動作時間、路徑長、動作單位及最大動作速度)的表現；(2)伸取觸碰擺動的球；(3)皮巴迪動作發展量表第二版之精細動作。本研究使用視覺觀察法及兩標準差帶分析法比較相隔兩時期表現測量數值的差異。個案在訓練期於兩種測量活動之3個方向皆有運動學參數獲得進步，追蹤期部分參數的進步繼續維持；於伸取觸碰擺動的球在訓練期分數進步但無法維持到追蹤期；皮巴迪動作發展量表的精細動作能力於訓練期進步 11 分，追蹤期分數增加 1 分。本個案報告顯示，虛擬實境上肢訓練計畫可以增進腦性麻痺兒童上肢伸手取物的動作表現、上肢預期性動作控制能力，及精細動作能力，而訓練效果似乎可以維持到治療結束後一個月。其結果可以作為臨床上治療腦性麻痺兒童上肢功能的參考及提供一項治療的新選擇。(物理治療 2005;30(6):339-347)

關鍵詞：虛擬實境、腦性麻痺兒童、伸取行為

腦性麻痺是指因為發展中的中樞神經系統有非進行性的損傷而造成姿勢與動作失調。¹ 腦性麻痺族群中約有一半的人有上肢功能障礙，是造成日常生活失能的主要原因。^{2,3} 腦

性麻痺兒童常見的上肢功能障礙包括伸取時動作速度緩慢，伸取軌跡不平順；預備抓握時手指反而呈現過度伸直，拇指內收及手腕彎曲的姿勢，抓握時手指彎曲的速度緩慢；抓握

¹ 國立陽明大學物理治療學系暨研究所

² 義守大學生物醫學工程學系

³ 台北榮民總醫院復健醫學部及陽明大學醫學系

⁴ 國立台灣大學物理治療學系暨研究所

通訊作者：陳祐蘋 國立陽明大學物理治療學系暨研究所 112 台北市北投區立農街二段 155 號

電子信箱：yuping19@yahoo.com.tw

收件日期：94年8月4日 接受日期：94年10月6日

力量較弱，且施力的大小較易變動。⁴ 造成腦性麻痺兒童上肢功能障礙可能的原因很多，包括痙攣、肌肉無力、動作不協調等動作方面的障礙，或是因為觸覺區辨能力、視知覺等感覺方面的障礙，此外，感知與動作功能不全的問題也會阻礙日常生活的活動表現。⁵⁻¹²

對於增進腦性麻痺兒童上肢功能，已發展出多種物理治療與理論，而目前研究證據顯示：練習為增進腦性麻痺兒童上肢功能重要的治療因子，但是腦性麻痺兒童通常缺乏動機做重複的練習，或因動作功能受限而減少練習的機會。¹³⁻¹⁵ 此外，傳統物理治療主要著重於改善動作方面的障礙，且傳統治療環境下很難量化地改變感知訊息作為訓練。

虛擬實境 (Virtual Reality, VR) 為一種利用電腦科技創造出的虛擬物體及情境，使人可以身歷其境與虛擬物體互動，¹⁶ 可能可以提供腦性麻痺兒童上肢功能訓練的另一項選擇。應用虛擬實境訓練兒童上肢動作，可以增進練習的動機，同時將視知覺資訊作量化的改變以提供不同情境、不同任務難度的練習，在虛擬環境中也可以降低腦性麻痺兒童肢體上的限制，增加安全性，進而提升腦性麻痺兒童的動機與信心。^{16,17} 但是目前應用虛擬實境作為腦性麻痺兒童上肢動作訓練的文獻相當有限，僅有兩篇前趨試驗。^{18,19} Wann 等學者利用及時電腦回饋訓練 3 位腦性麻痺青少年 (2 位為雙邊下肢痙攣型，1 位為徐動型) 上肢控制能力。其中兩位雙邊下肢痙攣型的青少年在訓練後伸取動作之平順性明顯增加，但徐動型受測者在訓練後並沒有進步。¹⁸ Reid 則採用 Mandala Gesture Xtreme Technology 進行上肢動作訓練，利用攝影機和電視機將兒童的影像呈現在電視畫面中進行虛擬遊戲。¹⁹ 該研究針對四個腦性麻痺兒童實行為期八週，每週一次 90 分鐘的訓練。以上肢動作品質測試量表 (Quality of Upper Extremity Skills Test, QUEST)²⁰ 評估訓練成效，四位受測者中一位在基準期已達滿分、兩位有微幅進步 (在基準期的分數已有 90 分以上，對治療活動動機佳)、一位卻退步，作者解釋退步的原因可能因為其動作功能最差，做出伸取動作較困難，故療效不顯著。以 Bruininks-Oseretsky 動作熟練測試 (Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, BOTMP) 量表²¹ 第 5 面向第 6 項「將手向前伸出指向擺動的球」作為成效測量，發現四位受測者皆有進步。由僅有的兩篇文獻可以初步得知，虛擬實境訓練可能可以增進腦性麻痺兒童上肢動作功能表現，但對於不同受試兒童有很大的個別差異。本研究目的為應用虛擬實境訓練一位痙攣型腦性麻痺兒童，並探討此訓練計畫在上肢動作功能之成效。

個案報告

個案描述

個案為一名六歲男孩，診斷為四肢痙攣型腦性麻痺 (spastic quadriplegia)，選用較好手 (右手) 為主要評估與治療的上肢，右側上肢雖張力輕度增加但仍能執行日常活動及操作玩具，例如拿杯子喝水、堆疊積木等，左側上肢伸取範圍小且幾乎無法抓握。於坐姿下給予軀幹良好的支撐，可以促進雙手動作功能表現，例如右手可堆疊較多積木，左手伸取範圍較遠。認知功能屬於正常範圍，可以聽得懂並執行治療師與父母的指令。個案接受常規物理及職能治療，每週三次，每次各 30 分鐘，但是對於治療活動動機不高，大多須以強制的方式進行訓練。行走功能方面，在他人以手環抱軀幹並在跨步時協助重心轉移之下可以在室內行走短距離，長距離移動皆須由人抱或是使用推車，如果將來要達到自行移動的功能可能需依靠電動輪椅 (粗動作功能分類屬於等級四)。²² 視聽覺功能方面，有輕度近視但沒有戴眼鏡矯正，在一般近距離活動，例如玩玩具、看電視等，不需戴眼鏡仍可視物，聽覺功能正常，故可以接受本實驗給予虛擬實境的視聽覺刺激。

成效測量

本研究使用單一受試組 A-B-A 實驗設計。基準期個案僅接受收案前原本已經進行的醫療復健計畫，在兩週內共進行 3 次測量評估；訓練期四週個案除接受原已進行的醫療復健計畫，同時加上本研究的虛擬實境上肢訓練計畫，每週並進行一次訓練成效測量評估，共 3 次。追蹤期四週個案亦只接受原本已經進行的醫療復健計畫，每兩週進行一次追蹤期測量評估，共 2 次。

本研究共包含三大項成效測量 (伸取動作之運動學分析、伸取觸碰擺動的球、及精細動作能力)，藉以量化上肢動作表現的變化並偵測功能性活動的進步情形，分別敘述如下：

一、伸取動作之運動學分析

使用 VICON 370 動作分析系統 (Oxford Metrics Ltd., UK) 記錄並擷取運動學資料，取樣頻率為每秒鐘擷取 60 個畫格，同時以兩台數位攝影機 (Sony-DV27, Sony, Japan) 錄影施測情形取得錄影資料。另外將反光球黏貼於個案欲測手的肩關節 (肩峰)、手腕 (尺骨莖突)、拿取的目標物或放置的目標位置上。以攝影系統被動記錄受測者手腕上反光球的二度空間移動軌跡，再經由系統軟體進行三度空間的座標重建，用於評估個案手部動作之運動學參數。分別於基準期三次、訓練期四次及追蹤期兩次評估點施測。共有兩種測試活動：

1. 洞洞板活動

個案在聽到開始指令後手由開始位置伸取以拿取積木，將積木放置於洞洞板上指定的目標孔洞中，放置後手再回到開始位置，以準備進行下一次的伸取活動。施測者給予的指令為「放越多個，越快越準越好」。分別施測3個方向：

- (1) 橫向內收放置積木：「圖 1.a」顯示本項測試活動設備之設置。個案坐在有良好支撐的座椅上，以安全帶固定於直立坐姿，手的開始位置在桌面上身體中線正前方，距身體約 15 公分處。洞洞板位置之中線對齊個案身體中線，下邊線距身體約 18 公分處，積木開始位置位於個案測試手的同側，與洞洞板的側邊線距離約 5 公分，與個案的距離則由測試手的同側肩關節往前方算起約一倍手長處，目標孔洞位於距離積木開始位置 30 公分處。
- (2) 橫向外展放置積木：「圖 1.b」顯示本項測試活動設備之設置。個案之擺位、手的開始位置及洞洞板位置同上所述，積木開始位置在個案測試手的對側，與洞洞板的側邊線距離約 5 公分，與個案的距離則由測試手的對側肩關節往前方算起約一倍手長處，目標孔洞位於距離積木開始位置 30 公分處。
- (3) 向前伸取放置積木：「圖 1.c」顯示本項測試活動設備之設置。個案之擺位及洞洞板位置同上所述，手的開始位置於桌面上測試手肩關節正前方約 15 公分處，積木開始位置在兒童身體中線正前方約 15 公分處，目標孔洞

位於兒童身體中線正前方距離肩關節一倍手長處。

2. 投遞信封活動

「圖 1.d」顯示本項測試活動設備之設置。個案坐在桌子前方有良好支撐的座椅上，以安全帶固定於直立坐姿，手拿信封的開始位置位於桌面上測試手肩關節正前方約 15 公分處以貼紙做記號，郵筒撲滿放置於距離肩關節一倍手長處，且郵筒撲滿之投遞口位於手由肩關節高度算起略為抬高的位置，共有 3 個方位：肩關節正中、向外 45 度、向內 45 度。以口語方式要求個案手拿信封準確地投入郵筒撲滿投遞口中。施測者給予的指令為「投越多個，越快越準越好」。

資料處理時先將運動學資料和錄影資料同步放映，先由錄影資料決定一個伸取動作之開始與結束的畫格數，再換算成運動學資料的畫格數，只分析手腕上反光球的運動軌跡。對於「洞洞板活動」只分析從手持積木到放入洞洞板內該段伸取動作，伸取動作的操作型定義：由錄影資料畫面判斷，伸取開始為手將積木提起至底面完全離開桌面的第一個畫格，伸取結束為積木底面對準並接觸目標孔洞的第一個畫格；「投遞信封活動」之伸取動作的操作型定義：伸取開始為個案手先拿妥信封，當聽到開始指令後，手的任一部分（包括手腕）離開桌面的開始位置的第一個畫格，伸取結束為將信封插入投遞孔中的第一個畫格。

排除錄影資料不清楚或運動學資料遺失的伸取動作後，將可分析的運動學資料利用 C3D exporter (Vicon, Oxford, UK) 電腦軟體擷取出每一次伸取動作手部移動的三度空間座標數值（只分析手腕上反光球的運動軌跡），再經 MATLAB 程式 (Mathworks, Inc. US) 計算出下列運動學參數：動作時間，由伸取開始到結束所經過的時間，單位為畫格 (1/60 秒)。路徑長，由伸取開始到結束時手移動軌跡的累積位移長度，單位為公釐 (mm)。最大動作速度，由伸取開始到結束總合速度圖 (resultant velocity profile) 上出現的最大切線速度的數值，單位為公釐/秒 (mm/sec)，間接測量伸取動作的力量大小。動作單位，總合速度圖上一次加速和減速稱為一個動作單位，代表動作的平順性。

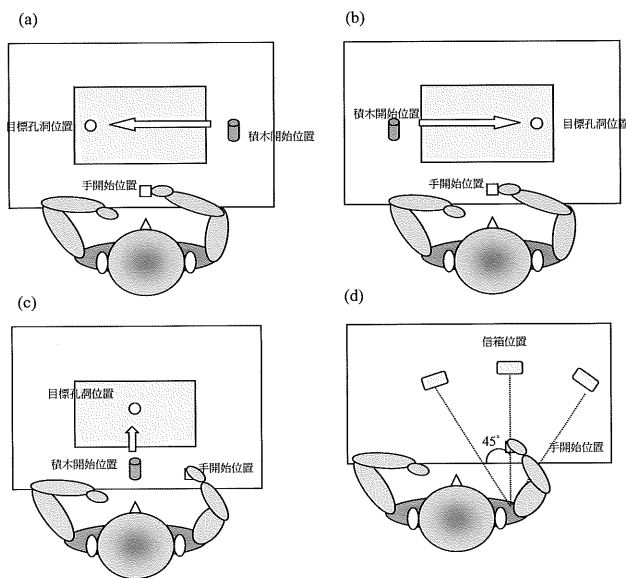


圖 1 洞洞板活動與投遞信封活動測量之實驗設備示意圖 (a) 橫向內收放置積木、(b) 橫向外展放置積木、(c) 向前伸取放置積木、(d) 投遞信封活動之三個方向

二、伸取觸碰擺動的球

分別於基準期三次、訓練期四次及追蹤期兩次評估點施測。測試方法是由 Bruininks-Oseretsky 動作熟練測試 (Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, BOTMP)²¹ 量表第 5 面向第 6 項修改而來：個案坐在有良好支撐的座椅上，手開始位置位於桌面上身體中線正前方約 15 公分處。施測者拿著繫著線的球，一手拿著線的一端，另一手把球舉到與線的另一端之相同高度，由受測者的側邊 (左右側皆可) 把球放掉，球會落下並成弧形擺動，球的擺動距離位於個案略小

於一倍手長處，球擺動的最低點約在下巴前方，要求個案在球經過面前時用手準確地伸取觸碰球。利用數位攝影機錄影施測情形，事後觀看錄影帶給予評分。每次測試時，會讓兒童先練習兩回合，再施測五回合。滿分為5分，每回合若成功可得1分，得分標準為球在來回擺盪經過個案面前6次以內兒童必須伸取碰到球至少1次。

三、精細動作能力

分別於基準期第一次、訓練期第四次及追蹤期第二次施測。以皮巴迪動作發展量表第二版評估，²³ 僅施測精細動作部分，分為「抓握」及「視覺動作整合」兩大領域。

訓練計畫

訓練過程中個案坐在有良好支撐的座椅上，以安全帶提供軀幹良好穩定度，由治療師給予口語指令及徒手引導，教導個案遊戲的操作方式、引導上肢做出準確又有效率地伸取動作，並隨個案的進步漸漸降低徒手協助的程度並增加活動難度。本研究共使用「虛擬實境手部功能訓練系統」^{24,25} 及「EyeToy™Play 遊戲」兩套虛擬實境系統進行上肢動作功能訓練，依個案本身的認知與動作能力、動機及進步情形決定訓練的活動。

一、虛擬實境手部功能訓練系統^{24,25}

由台北榮總及中央大學合作研發，包含感應手套、位置追蹤器及桌上型個人電腦。利用15吋平面型螢幕(CMV, A150X1)呈現虛擬環境的畫面，個案戴上感應手套便可以與虛擬物體互動。遊戲選擇包括：1. 抓蝴蝶：任務為抓到飛動中的蝴蝶，可調整蝴蝶飛行方式，分為直線型、鋸齒狀、螺旋狀、不規則出現四種，難度依序增加；亦可調整蝴蝶飛行速度，分為慢、中、快。2. 洞洞板活動：畫面為一洞洞板，積木起始位置在洞洞板右邊，任務為將紅藍黃三個積木放入箭頭指定的目標孔洞中，可調整目標孔洞的位置。3. 形狀板積木放置：畫面為四個不同形狀的積木(圓柱體、三角柱體、正方體、長方體)及其相對應的形狀板，任務為將畫面上顯示的積木放入同樣形狀的孔洞中，可調整積木起始位置在目標孔洞的前、後、左、右四個方向。此系統可提供即時的視覺及聽覺回饋，在視覺回饋方面可以顯示伸取的軌跡，虛擬畫面的手在愈接近積木或蝴蝶時會由灰色變成黃色再變成紅色，變成紅色時表示可以抓握積木或蝴蝶；在聽覺回饋方面，當手觸碰到虛擬的積木或洞洞板時會有聲響。也可以藉由修改程式設定來調整難易度，包括：1. 改變抓握所需的手指彎曲度，角度愈大愈困難，可分為易、中、難；2. 改變抓握時距離積木的半徑或放置時距離目標孔洞的半徑，半

徑愈小愈困難，可分為易、中、難；3. 改變抓握時距離積木的高度或放置時距離目標孔洞的高度，高度愈小愈困難，可分為易、中、難。

二、EyeToy™Play 遊戲

系統設備包含：1. 遊戲主機：台灣專用機型PlayStation 2 (SONY, SCPH-50007)，2. 電視機 (KOLIN, CT-29FR5)，3. PlayStation 2 專用規格遊戲軟體EyeToy™Play，4. 專用EyeToy™ USB 攝影機。藉由電視機呈現虛擬環境畫面，透過專用攝影機感應個案的動作，即可和遊戲軟體中的虛擬人物產生互動。挑選難度較適合此個案的遊戲，除了每個遊戲本身有3種不同的難度選擇，也可以經由攝影機與遊戲者的距離來調整難度，距離愈近所需要的肢體活動度愈小愈簡單，而治療師及家長幫忙也可以同時依給予協助的程度來調整訓練活動的難度。此個案所接受的治療活動依難度由低至高名稱分別為「吹泡泡」、「海底世界」、「窗戶亮晶晶」、「引爆火花」、「搗蛋怪鼠」、「功夫小子」。這些活動可以雙手一起執行，以訓練穩定、準確及快速的伸取動作能力，並藉由聽覺回饋(例如準確碰觸目標物時有聲響)、視覺回饋(例如畫面中可以看到自己的動作與虛擬人物互動的情形)讓個案在訓練過程中重複練習並修正動作。

個案接受為期4週，每週三次的訓練，使用虛擬實境手部功能訓練系統的訓練時間約為每週45分鐘，由第一到第四週依個案的進步情形逐漸增加三個遊戲的難度；使用EyeToy™Play遊戲的訓練時間約為每週75分鐘，第一週由「吹泡泡」、「海底世界」、「窗戶亮晶晶」等較簡單的三個活動開始訓練，動作較沒有速度及準確度限制，主要讓個案熟悉虛擬的訓練環境，第二週以「引爆火花」、「搗蛋怪鼠」等遊戲訓練，需要動作快速、準確及手眼協調的能力，第三、四週以「搗蛋怪鼠」、「功夫小子」訓練，除需要快速及準確的動作及手眼協調的能力之外，也需要預期性控制以擊中移動中的物體。

資料分析

本研究以視覺觀察法(visual inspection)及兩標準差帶分析法(two-standard deviation band method)²⁶的方式比較個案在伸取動作運動學分析之『洞洞板活動』及『投遞信封活動』的基準期與訓練期、訓練期與追蹤期的表現測量數值的差異。使用兩標準差帶分析法時，先求出基準期資料點表現測量數值的平均值之正負兩標準差帶，若訓練期有連續兩資料點落於兩標準差帶之外，則訓練期相較於基準期有顯著改變，訓練期與追蹤期的分析方式亦同。^{26,27}

結 果

個案於訓練期間配合度尚佳，尤其對感興趣的訓練遊戲主動參與動機高，但有時仍須以強制的方式讓個案達到預定的練習時間及次數。個案於三項成效測量項目的變化情形分別描述如下：

一、伸取動作之運動學分析

個案在洞洞板活動及投遞信封活動總共執行 375 個伸取動作，其中 275 個用以計算運動學參數，每個方向用以分析／實際執行的伸取動作數目分別為 1. 洞洞板活動之橫向內收：49/69，橫向外展：46/59，向前伸取：51/63；2. 投遞信封活動之肩關節往內 45 度：45/64，肩關節往外 45 度：40/61，肩關節正中：44/59。

1. 洞洞板活動

- (1) 橫向內收放置積木：四個參數中只有路徑長有較明顯改變，在訓練期相較於基準期，其數值降低到接近基準期表現平均值之負 2 倍標準差線，但未達顯著差異，表示訓練期伸取軌跡變短但未達顯著差異，追蹤期則觀察到有變長的趨勢。「圖 2.a」
- (2) 橫向外展放置積木：在訓練期相較於基準期，路徑長及最大動作速度之數值下降達顯著差異 ($p < 0.05$)，表示訓練期伸取軌跡變得較短且最大動作速度下降，追蹤期則觀察到有路徑長變長且最大動作速度增加的趨勢，但是路徑長仍維持如同訓練期較低的數值。其餘參數沒有顯著的變化。「圖 2.b」
- (3) 向前伸取放置積木：訓練期相較於基準期，四項參數數值的降低皆達顯著差異 ($p < 0.05$)，表示訓練期動作時間縮短、伸取軌跡變得較短且更平順，最大動作速度也降低，追蹤期觀察到四項參數仍維持如同訓練期較低的數值。「圖 2.c」

2. 投遞信封活動

- (1) 郵筒置於肩關節往內 45 度：在訓練期相較於基準期，動作時間和動作單位數值的降低達顯著差異 ($p < 0.05$)，路徑長及最大動作速度之數值降低到接近基準期表現平均值之負 2 倍標準差線，但未達顯著差異，表示訓練期動作時間縮短、伸取動作更平順；而伸取軌跡雖變得較短且最大動作速度降低，但未達顯著差異。在追蹤期則觀察到動作時間增加、伸取軌跡變長且較不平順及最大動作速度增加的趨勢，但動作單位仍維持如同訓練期較低的數值。「圖 2.d」
- (2) 郵筒置於肩關節往外 45 度：在訓練期相較於基準期，路徑長及動作單位之數值的降低達顯著差異 ($p < 0.05$)，

動作時間之數值降低到接近基準期表現平均值之負 2 倍標準差線，但未達顯著差異。代表訓練期伸取軌跡變得較短且更平順，動作時間縮短但未達顯著差異，追蹤期觀察到三項參數仍維持如同訓練期較低的數值。最大動作速度則沒有顯著變化。「圖 2.e」

- (3) 郵筒置於肩關節正中：四個參數中只有動作單位有較明顯改變，在訓練期相較於基準期，其數值的降低達顯著差異 ($p < 0.05$)，表示伸取動作變得更平順，追蹤期觀察到仍維持如同訓練期較低的數值。其餘參數沒有顯著變化。「圖 2.f」

二、伸取觸碰擺動的球

個案在基準期的分數為 1 至 2 分，訓練期的分數增加為 2 至 3 分，追蹤期降為 0 至 1 分。(圖 3)

三、精細動作能力

精細動作能力總分於基準期為 141 分，訓練期為 152 分，共增加 11 分；追蹤期為 153 分，相對於訓練期增加 1 分，皆為視知覺整合領域的分數增加，進步的項目為堆疊積木、畫圖形或描線。

討 論

對於「洞洞板活動」及「投遞信封活動」的運動學參數表現，個案在訓練期各方向的表現均有參數獲得進步，追蹤時進步的參數在部分測量方向仍維持訓練期的表現。此結果顯示虛擬實境訓練對此位個案上肢伸手取物動作表現達到增進的效果，訓練效果也許可以維持到治療結束後一個月。

探討本個案進步的原因，可能是虛擬實境訓練提供之練習效果，此與動作學習理論中學習效果與練習次數成正比例的觀點吻合，此個案雖然對活動動機不高，但是仍然會配合達到規定的練習次數。²⁸ 再者，本研究使用之虛擬實境手部功能訓練系統，可以依個案的動作功能逐漸精確地調整難度，加上治療師依個案的進步情形漸降低徒手引導，逐步引導其獨立完成活動，對於腦性麻痺兒童有良好的學習效果，此與 Wann 等學者提出的概念相似，¹⁸ 他們認為不直接在真實環境下訓練，而使用及時電腦回饋來進行治療活動的理由便是經由電腦程式的修改，可以逐步引導兒童學習如何完成一項活動。另外，也可能因為個案本身動作功能較差，加上本研究使用之運動學分析是敏感度較高的成效測量方式，因此較容易看出訓練效果。個案在「伸取觸碰擺動的球」的分數也獲得進步，表示上肢預期性動作表現進步，能預期物體的移動軌跡同時做出適當的動作，進而準確地觸碰移動中的

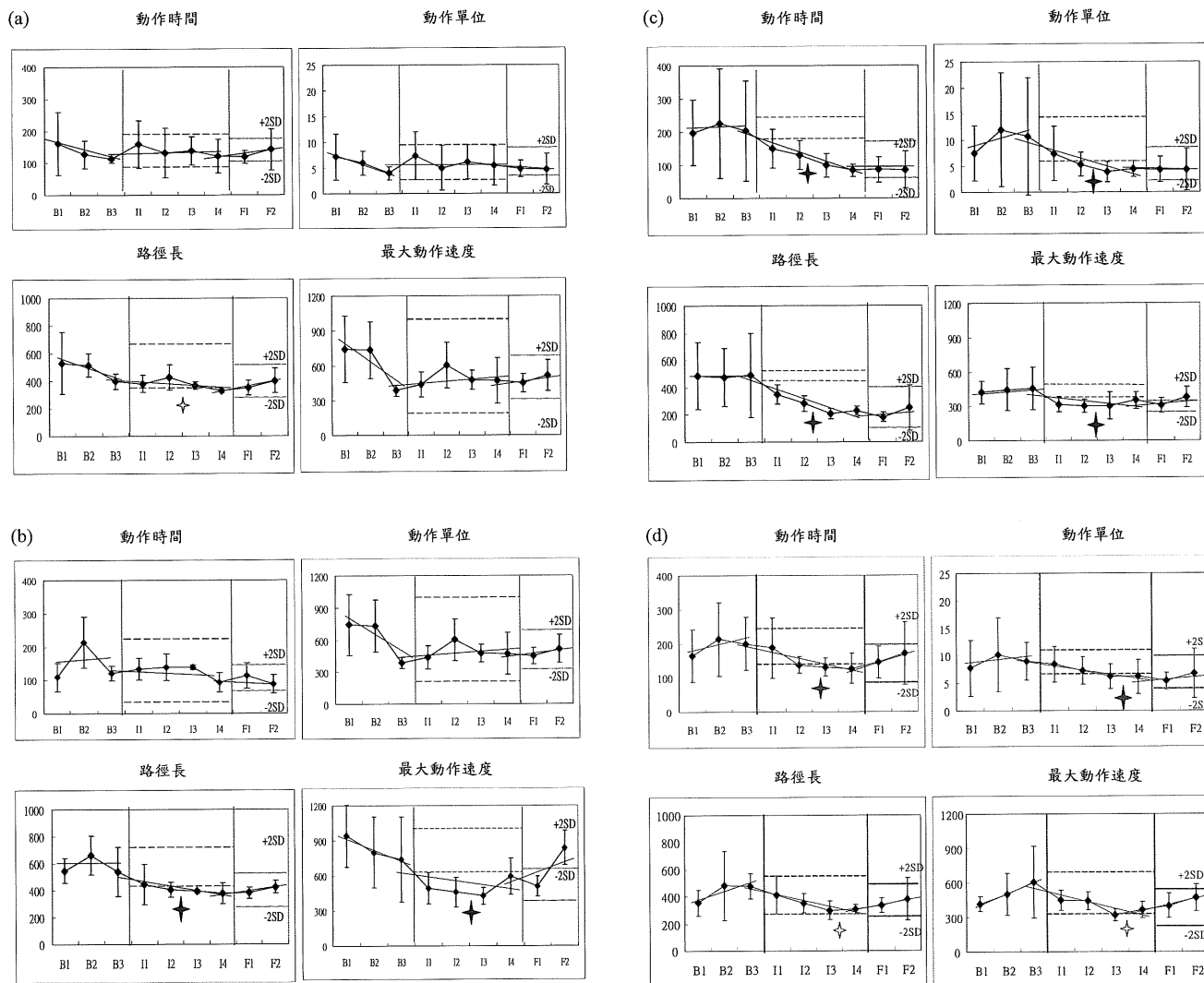


圖2. 個案在洞洞板活動及投遞信封活動表現的變化。洞洞板活動：(a)橫向內收放置積木、(b)橫向外展放置積木、(c)向前伸取放置積木；投遞信封活動：(d)郵筒置於肩關節往內45度、(e)郵筒置於肩關節往外45度、(f)郵筒置於肩關節正中(-----代表基準期表現平均值之正負兩倍標準差線，-----代表訓練期表現平均值之正負兩倍標準差線)。†表示以兩標準差帶分析法檢定出相隔兩時期間的表現測量數值達顯著差異($p < .05$)，†為接近顯著差異
B1-3表示基準期第一至三個測量點，I1-4表示訓練期第一至四個測量點，F1-2表示追蹤期第一至二個測量點

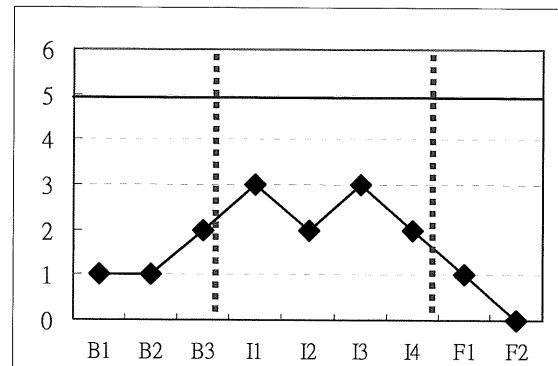
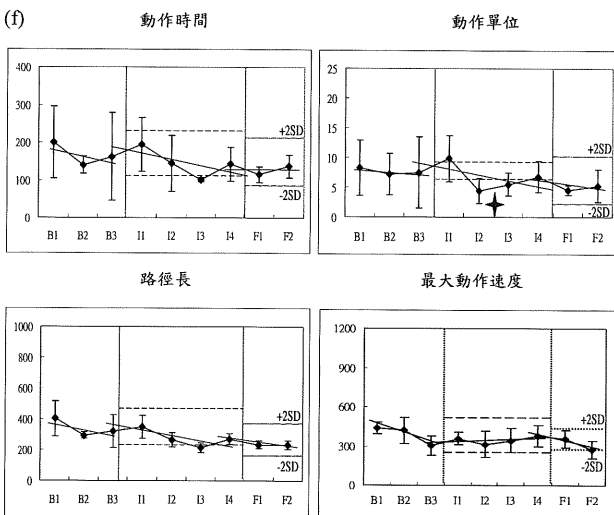
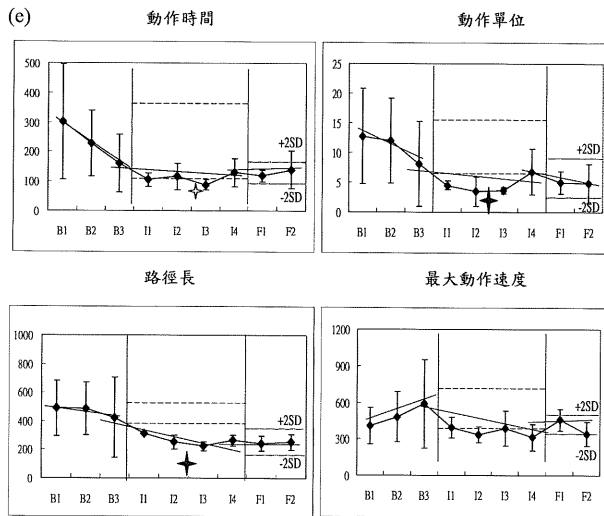


圖3. 個案在各時期伸取觸碰擺動的球的分數變化(實線代表滿分5分)

B1-3表示基準期第一至三個測量點，I1-4表示訓練期第一至四個測量點，F1-2表示追蹤期第一至二個測量點

表現；(4)可以量化地改變視知覺訊息，降低腦性麻痺兒童動作上的限制；(5)上述的好處可能造成腦性麻痺兒童對自我表現的信心提升，間接造成造成動作表現的進步；^{29,30} (6)虛擬環境下的訓練效果可能可以轉移到真實環境的表現，在與訓練活動類似的上肢伸手取物動作獲得進步，³¹⁻³³ 也可以概化到未加以訓練的功能性活動。³³⁻³⁵

總結而言，虛擬實境上肢訓練計畫可以增進腦性麻痺兒童的伸取動作表現、預期性控制能力及精細動作能力，訓練效果也許可以維持到治療結束後一個月。雖然未來需要更多研究支持虛擬實境對於增進腦性麻痺兒童上肢動作功能的療效，但此初步結果可以作為臨床治療腦性麻痺兒童的參考，除了各項傳統治療方法之外，虛擬實境也可能成為臨床治療的新選擇。

致 謝

感謝振興醫院黃湘茹治療師協助資料蒐集，中央大學機械工程研究所黃維信、蔡文偉協助硬體設備的製作與維修。

參考文獻

1. Acevedo JS. Physical therapy for the child with cerebral palsy. In: Tecklin JS. editor. Pediatric physical therapy. 3rd ed. New York: Lippincott-Raven; 1999:107-62.
2. Wright PA, Granat MH. Therapeutic effects of functional electrical

物體，此與Reid的研究結果一致。¹⁹ 個案在「精細動作能力」的分數進步幅度高達11分，可能是因為訓練後上肢動作的穩定度及手眼協調能力獲得改善，因此在模仿堆疊積木項目上，可以穩定的將積木放於正確位置；在模仿畫圓形、方形及描線等項目上，因為運筆的穩定度增加使得畫出的圖形得分愈高。

由本個案報告之結果顯示，個案在接受虛擬實境訓練後伸取動作表現、上肢預期性動作表現及精細動作能力接獲得進步，可能由於虛擬實境有下列幾點特色：(1)可以依兒童的動作功能程度而精確調控難度；(2)可以增加「重複練習」的動機；(3)可以提供動作表現即時的回饋，藉此調整動作

- stimulation of the upper limb of eight children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2000;42:724-7.
3. Fedrizzi E, Pagliano E, Andreucci E, Oleari G. Hand function in children with hemiplegic cerebral palsy: prospective follow-up and functional outcome in adolescence. *Dev Med Child Neurol* 2003;45:85-91.
 4. Sugden D, Utley A. Interlimb coupling in children with hemiplegic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1995;37:293-309.
 5. Twitchell TE. The grasping deficit in spastic hemiparesis. *Neurology* 1958;8:13-21.
 6. Neilson PD, O' Dwyer NJ, Nash J. Control of isometric muscle activity in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1990;32:778-88.
 7. Hanna SE, Law MC, Rosenbaum PL, King GA, Walter SD, Pollock N, et al. Development of hand function among children with cerebral palsy: growth curve analysis for ages 16 to 70 months. *Dev Med Child Neurol* 2003;45:448-55.
 8. Yekutieli M, Jariwala M, Stretch P. Sensory deficit in the hands of children with cerebral palsy: A new look at assessment and prevalence. *Dev Med Child Neurol* 1994;36:619-24.
 9. Menken C, Cermak S, Fisher A. Evaluating the visual-perceptual skills of children with cerebral palsy. *Am J Occup Ther* 1987;41:646-51.
 10. van der Meer ALH, van der Weel FR, Lee DN, Laing IA, Lin JP. Development of prospective control of catching moving objects in preterm at-risk infants. *Dev Med Child Neurol* 1995;37:145-58.
 11. van der Weel FR, van der Meer ALH, Lee DN. Measuring dysfunction of basic movement control in cerebral palsy. *Hum Mov Sci* 1996;15:253-83.
 12. van der Meer ALH, van der Weel FR. Development of perception in action in healthy and at-risk children. *Acta Paediatr Suppl* 1999;429:29-36.
 13. Boyd RN, Morris ME, Graham HK. Management of upper limb dysfunction in children with cerebral palsy: a systematic review. *Eur J Neurol* 2001;8(Suppl.5):150-66.
 14. Willis JK, Morello A, Davie A, Rice JC, Bennett JT. Forced use treatment of childhood hemiparesis. *Pediatrics* 2002;110:94-6.
 15. Taub E, Ramey SL, DeLuca S, Echols K. Efficacy of constraint-induced movement therapy for children with cerebral palsy with asymmetric motor impairment. *Pediatrics* 2004;113:305-12.
 16. Wilson P, Foreman N, Stanton D. Virtual reality, disability and rehabilitation. *Disabil Rehabil* 1997;19:213-20.
 17. Rizzo A. Virtual reality and disability: emergence and challenge. *Disabil Rehabil* 2002;24:567-9.
 18. Wann JP, Turnbull JD. Motor skill learning in cerebral palsy: movement, action and computer-enhanced therapy. *Baillieres Clin Neurol* 1993;2:15-28.
 19. Reid D. The use of virtual reality to improve upper-extremity efficiency skills in children with cerebral palsy: a pilot study. *Tech Disabil* 2002;14:53-61.
 20. DeMatteo C, Law M, Russell D, Pollock N, Rosenbaum P, Walter S. The reliability and validity of the quality of upper extremity skills test. *Phys Occup Ther Pediatr* 1993;13:1-18.
 21. Bruininks RH. *Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency*. Minnesota: American Guidance Service; 1978.
 22. Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, Russell D, Wood E, Galuppi B. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1997;39:214-23.
 23. Folio RM, Fewell RF. *Peabody Developmental Motor Scales (II)*. Austin (Texas): Pro-ed; 2000.
 24. Chuang TY, Huang WS, Chiang SC, Tsai YA, Doong JL, Cheng H. A virtual reality-based system for hand function analysis. *Comput Methods Programs Biomed* 2002;69:189-96.
 25. Shing CY, Fung CP, Chuang TY, Penn IW, Doong JL. The study of auditory and haptic signals in a virtual reality-based hand rehabilitation system. *Robotica* 2003;21:211-8.
 26. Portney LG, Watkins MP. *Foundations of Clinical Research: Application to Practice*. 2nd ed. New Jersey: Prentice-Hall; 2000.
 27. Kluzik J, Fethers L, Coryell J. Quantification of control: a preliminary study of effects of neurodevelopmental treatment on reaching in children with spastic cerebral palsy. *Phys Ther* 1990;70:65-76.
 28. Schmidt RA, Lee TD. *Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis*. 2nd ed. Champaign: Human Kinetics; 1998.
 29. Reid D. Benefits of a virtual play rehabilitation environment for children with cerebral palsy on perceptions of self-efficacy: a pilot study. *Pediatr Rehabil* 2002;5:141-8.
 30. Reid D. Virtual reality and the person-environment experience. *Cyberpsychol Behav* 2002;5:559-64.
 31. Kenyon R, Afenya M. Training in virtual and real environments. *Ann Biomed Eng* 1995;23:445-55.
 32. Rose FD, Attree EA, Brooks BM, Parslow DM, Penn PR, Ambihapahan N. Training in virtual environments: transfer to real world tasks and equivalence to real task training. *Ergonomics* 2000;43:494-511.
 33. Holden M, Todorov E, Callaban J, Bizzi E. Virtual environment training improves motor performance in two patients with stroke: case report. *Neurol Report* 1999; 23:57-67.
 34. Merians AS, Jack D, Boian R, Tremaine M, Burdea GC, Adamovich SV, et al. Virtual reality-augmented rehabilitation for patients following stroke. *Phys Ther* 2002;82:898-915.
 35. Merians A, Boian R, Tremaine M, Burdea G, Adamovich S. Rehabilitation in a virtual reality environment modifies hand function. *Neurorehabil Neural Repair* 2002;16:15-6.

Training Effects of Virtual Reality on Reaching Behaviors in Children with Cerebral Palsy: Case Report

Lin-Ju Kang¹ Yu-ping Chen¹ Wen-Hsu Sung² Tien-Yow Chuang³ Shwn-Jan Lee¹
Mei-Wun Tsai¹ Suh-Fang Jeng⁴ Ji-Liang Doong²

Virtual reality (VR) is a computer technology that artificially generates sensory information in a form that people perceive as real-world objects and events. It has been proposed that VR can improve upper-extremity function in children with cerebral palsy (CP) by decreasing physical disabilities, precisely adjusting the difficulty of task and feedback, enhancing motivation and manipulating perceptual information. The purpose of this study was to investigate the training effects of VR on reaching behavior in a child with CP. This case was a 6-year-old boy with spastic quadriplegic CP who had good cooperation and normal cognition. A single-subject A-B-A design was used. The case received 3 baseline, 4 intervention, and 2 follow-up measures. He received a 4-week (3 times a week) individualized VR training using VR-hand function training system and Eyetoy-play system with therapist's manual guidance. The outcome measures included (1) four reaching kinematic parameters (movement time (MT), path, peak velocity (PV), and number of movement units (MU)) in 2 activities (pegboard and mail-delivery) at 3 directions (abduction, adduction, and forward); (2) touching a swing ball; and (3) the fine motor domain of Peabody Development Motor Scale-2nd edition (PDMS2). Visual inspection and 2-standard deviation band method were used to compare the outcome measures between the two adjacent phases. Improvements were found in the kinematic parameters in all directions from baseline to intervention, and the effects were maintained in some directions from intervention to follow-up. Improvement was also shown in the ability to touch a swing ball, but the effect was not maintained from intervention to follow-up. Furthermore, there was an increase (11 points) in the PDMS2 scores from baseline to intervention and an increase (1 point) from intervention to follow-up. This case study demonstrated the potential effect of VR training program to improve the upper-extremity function in children with CP. The training effects might retain for 1 month post intervention. (FJPT 2005;30(6):339-347)

Key words: Virtual reality, Cerebral palsy, Reaching behavior

1 Institute and Faculty of Physical Therapy, National Yang-Ming University

2 Department of Biomedical Engineering, I-Shou University

3 Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Taipei Veterans General Hospital and National Yang-Ming University

4 School and Graduate Institute of Physical Therapy, National Taiwan University

Correspondence to: Yu-ping Chen, Institute and Faculty of Physical Therapy, National Yang-Ming University, No. 155, Li-Nong St. Sec. 2, Shih-Pai, 112 Taipei, Taiwan, E-mail: yuping19@yahoo.com.tw

Received: August 4, 2005 Accepted: October 6, 2005

