

以家庭式虛擬腳踏車訓練對腦性麻痺兒童對肌力的影響

Effects of home-based virtual cycling training on muscle strength in children with cerebral palsy

劉育君¹(Yu-Chun Liu), 洪維憲^{1,*}(Wei-Hsien Hong), 陳嘉玲²(Chia-Ling Chen), 黃政華¹(Mei-Hua Huang), 郭凡誌¹(Fan-Zhi Guo)

¹ 中國醫藥大學 運動醫學系 (Department of Sports Medicine, China Medical University)

² 長庚紀念醫院 復健科 (Chang Gung Memorial Hospital, Linkou)

一、中文摘要

本研究的目的以家庭為基礎的虛擬自行車訓練 (hVCT) 對痙攣型腦性麻痺 (cerebral palsy, CP) 兒童的肌力的影響研究使用一個設計良好的隨機對照試驗方式。本研究徵召 20 位可活動的痙攣型 CP 兒童，年齡 6-12 歲，並被隨機分配到 hVBT 組 (N=10) 或對照組 (N=10)。於訓練前及 3 個月 hVCT 介入訓練後的量測，包括動作功能 (GMFM-66)、腰部及下肢肌力 (仰臥起坐分數和膝關節伸肌和屈肌的力矩)。結果顯示治療後，hVCT 組有明顯較高的伸展肌和屈曲肌力矩在 60°/s 和 120°/s 當和對照組比較 ($p < 0.05$)；治療後，hVCT 組也顯示膝屈肌比膝伸肌有更大的肌力改善 (60°/s: 膝屈肌: 42%, 伸膝: 14%; 120°/s: 膝屈肌: 36%; 膝伸肌: 30%)。然而，仰臥起坐分數、GMFM-66 在訓練後兩組間沒有差異。結論：雖然擬議的 12 個星期的 hVCT 方案沒有改善粗大動作功能，然而它可以增強腦性麻痺兒童膝關節的肌肉力量。研究結果將有助於臨床醫生提供腦性麻痺兒童更有效益和效率的肌力訓練略策。

關鍵字：腦性麻痺，肌力，虛擬實境，家庭為基礎

Abstract

This is the first study to assess the effects of a novel home-based virtual bicycle training (hVCT) program for children with spastic CP using a well-designed randomized controlled trial.

Twenty-one ambulatory children with spastic CP, aged 6–12, were randomly assigned to the hVBT group (n=10) or control group (n=10). Outcome measures, including motor function (Gross Motor Function Measure-66 (GMFM-66), and muscle strength (curl-up scores and knee extensor and flexor strength), were administered before and immediately after the 12-week intervention. Analysis of covariance (ANCOVA) at post-treatment showed that, compared to the control group, the hVCT group had significantly higher

isokinetic torque in the knee extensor and flexor muscles at 608/s and 1208/s angular velocities ($p < 0.05$). At post-treatment, the hVCT group also showed greater isokinetic strength improvement in the knee flexor than in the knee extensor (at 60°/s: knee flexor: 42%; knee extensor: 19%; at 120°/s: knee flexor: 35%; knee extensor: 28%). However, the GMFM-66 and curl-up scores at post-treatment did not differ between the two groups. Although the proposed 12-week hVCT protocol does not improve gross motor function, it enhances knee muscle strength in children with CP. The protocol obtains larger gains in the knee flexor than in the knee extensor at different angular velocities. The study findings will help clinicians to provide more effective and efficient strategies for muscle strength training in children with CP.

Keywords: Cerebral palsy, muscle strength, virtual reality, home-based.

二、緣由與目的

腦性麻痺 (cerebral palsy, CP) 是一種引致肌肉運動及姿勢失調的疾病，其限制體力活動 (Rosenbaum et al., 2007)。動作的表現形式，包括正向症狀和負向症狀和不同 CP 亞型有不同發展的功能 (Chen et al., 2010)。正向症狀包括肌肉痙攣和不自主運動；負向症狀包括無力、靈巧度和選擇性運動控制受損；痙攣性腦癱兒童減少膝蓋和腳踝的離心和同心峰值扭矩 (peak torque) (Damiano et al., 2001)。而肌無力和活動受限有很強的相關性 (Ross and Engsborg, 2007)，無力進一步對日常生活和參與社會活動 (Givon, 2009) 功能的限制。

設計一個有效益和高效率的肌肉增強方案 (muscle-strengthening program) 去提高 CP 兒童的骨質密度是非常重要的課題。以家庭為基礎的虛擬腳踏車訓練 (home-based virtual cycling training, hVCT) 透過家庭環境的虛擬實境 (virtual reality, VR) 的練習整合踏板騎自行車運動。hVCT 方案提供了既激勵和方便的一個鍛練經驗，並允許參

與者在家裡週期訓練。家庭為基礎的方案還可以提供一個自然的環境中鍛煉，從而提高了參與者和照顧者遵守。先前研究顯示，10 週的自行車測力計的訓練計劃提高最大攝氧量和肌肉的效率，積極影響體能和肌肉中的神經肌肉適應(Snyder et al., 2010)。此外，虛擬實境適能可以是趣味和具有誘導性(Snyder et al., 2010)。因此，增加肌力的 hVCT 方案設計是以家庭為基礎(home-based)，需要重複性(repetitive)和漸進式阻抗運動(progressive-resistance movement)，並以 VR 為基礎(VR-based)的工作。

這是第一個研究使用一個隨機對照試驗 (randomized controlled trial, RCT) 探討以家庭和 VR 為基礎的肌肉增強方案對痲痺型 CP 兒童肌力的影響。預後測量主要是肌力、運動功能。我們假設痲痺型 CP 兒童完成為期 12 週的 hVCT 計劃將比對照組有較好的肌力、運動功能。此外，循環性和漸進式阻抗的肌肉強化可以增加膝關節的肌力，但沒有增加軀幹肌力。

三、材料與方法

3.1 受試者

本研究徵召 20 位痲痺型 CP 兒童，CP 納入標準其粗動作功能分級系統(Gross Motor Function Classification System, GMFCS)被診斷為 I - II 期(Palisano et al., 1997)，為 6-12 歲，獨立行走的能力，並於測試期間能夠接受一個運動功能和等速肌力測試，和領悟命令和合作的能力。本研究並通過長庚醫院人體試驗委員會的審查批准，所有參與兒童的家長都經過說明且同意參加，並簽下受試者同意書。

3.2 設計與流程

所有參與者進行一系列測試，包括肌力、粗動作功能、和骨密度的評估。受試者被隨機分配到 hVCT 組 (N= 10) 或對照組 (N= 10)，測試量測分別於訓練介入之前(pre-treatment)和之後的 12 週(post-treatment)。實驗者在參與研究前提下被訓練使用等速肌力儀及粗動作功能量測(Gross Motor Function Measure, GMFM)。兩組受試者的年齡、性別、身高、體重、和身體質量指數 (BMI) 被記錄，個人資料結果顯示於表 1。其中身體質量指數計算的體重除以身高的平方。

3.2.1 介入(Intervention)

hVCT 組 每天 40 分鐘的腳踏循環訓練，每週 3 次，為期 12 週。 hVCT 方案包括 5 分鐘的熱身運動、20 次的由坐到站運動、 hVCT 20 分鐘和 5 分鐘

緩和運動。熱身和緩和運動涉及的頭部、頸部、全身上下伸展和放鬆。Eloton SimCycle 虛擬自行車系統(Eloton Inc., NV, USA)，一個重量輕及便於攜帶的固定自行車系統(如圖 1)，以參與者的能力為基礎，用於下肢循環和漸進增強式阻抗運動。該系統提供參與者能在家裡一個循環鍛煉的經驗，既有誘導性和方便性。該系統提供一個的視頻鍛煉庫去指導使用者透過虛擬實境的練習的踏板機器。Eloton 劇院 CD-ROM 透過個人電腦連結讓受試者進入一虛擬的世界，讓受試者藉由這虛擬健身世界上的互動訓練。 SimCycle 偵測踏板的運動，並調整在電腦上的模擬情形。虛擬實境適能(VR fitness)的樂趣和誘導，可進一步鼓勵受試者去訓練。而對照組受試者在父母的監督下鼓勵在家裡只執行一般的身體鍛煉。



圖 1. 家庭為基礎的虛擬自行車訓練系統 (hVCT)

3.2.2 結果量測(Outcome Measures)

(1) 粗動作功能(Gross motor function)

GMFM 內容可分為五個項目，分別為躺/翻身、坐、爬/跪、站、走/跑/跳來評分，依動作執行的完成度由 0-3 分來給分。研究顯示此量表具有高度之信度與效度(Palisano et al., 1997)，且是目前在研究治療腦性麻痺兒童之學術界與臨床界被廣泛使用，也是廣被接受與運用之兒童動作評估工具。其中 GMFM-66，為 66 個項目的一個子集組成，是一維的階層性的量表(hierarchical scale)。GMFM-66 分獲得的 GMFM-88 總總值的動作能力的估算軟體的得分(Russell et al., 2002)。

(2) 肌力(Muscle strength)

軀幹肌力使用仰臥起坐(curl-ups)評估。仰臥起的測試在測量腹部肌肉的反覆產生張力的能力。這些肌肉的使用主要是姿勢的控制。這變數是每分鐘能正確執行仰臥起坐的最大次數(curl-up scores)。較嚴重患側的膝關節伸展及屈曲力矩的量測則使用等速肌力儀(Cybex NORM® Humac, CA, USA)。受試者坐在 Cybex 測試椅上在一個軀幹-大腿間 95° 角的位置。肌力儀輸入軸是和膝蓋

對齊，測試的腿綁於肌力儀力臂略高於 malleoli 處。測試前，每位受試者進行熱身收縮和膝關節伸直和屈曲向心收縮兩次的練習。休息10秒後，受試者進行了連續五個週期的膝關節伸屈(knee extension-flexion)向心收縮。膝關節伸屈包括一最大自主膝伸展，緊接著一個最大自主的膝屈曲。設置速度為60°/s和120°/s，運動範圍是70，開始在膝屈曲80°結束在膝伸展-10°的位置。測量變數為膝關節伸肌和屈肌的等速力矩峰值(peak torque)。

3.3 統計分析

使用SPSS統計軟體進行統計分析(SPSS, Inc., Chicago, IL, USA)。使用獨立樣本t檢定兩組基本資料及臨床特徵的差異；分類變量(如性別、GMFCS等)的比較則使用卡方檢定(chi-square test)。為了測試在後測(posttest)是否hVCT組比對照組明顯改善，以前測(pretest)表現作為共變數(covariate)來進行共變數分析(analysis of covariance, ANCOVA)後，再以校正後平均值來比較各後測表現。顯著水平定為0.05。

四、結果與討論

表 1 顯示兩組個人資料的比較。結果顯示兩組在訓練介入前沒有顯著差異。

表 1. 受測者的個人資料

	hVCT 組 (n=10)	對照組 (n=10)
年齡 (years)	8.8 ± 2.2	8.3 ± 2.4
身高 (cm)	125.8 ± 12.5	124.2 ± 15.8
體重 (kg)	27.6 ± 8.5	30.4 ± 15.0
BMI (m/kg ²)	17.6 ± 2.5	19.8 ± 4.0
性別 (n) (boys/girls)	8/2	7/3
CP subtypes		
Spastic diplegic (n)	8	8
Spastic hemiplegic (n)	2	2
GMFCS		
Level I (n)	9	8
Level II (n)	1	2

^a t tests; ^b chi-square tests; hVCT, home-based virtual cycling training; BMI, body mass index; CP, cerebral palsy; GMFCS, Gross Motor Function Classification System.

表 2 為兩組前後測各參數的比較。結果顯示兩組在前測時無明顯差異；而經共變數分析(ANCOVA)結果顯示兩組於後測時粗動作和沒有明顯差異。在肌力方面，訓練介入後仰臥起坐分數兩組間無顯著差異，然而 hVCT 組在膝伸展($p<0.05$)和屈曲($p<0.05$)力矩皆較對照組來的大。

膝伸肌和屈肌的強度變化指標(strength change index)在 hVCT 組治療後 60°/s 時提昇 14 至 42%

而對照組是-2 到 1%；120°/s 時 hVCT 組治療後提昇 31 至 36%而在對照組為-6 至-19%；而 hVCT 組治療後膝屈肌強度變化大於膝伸肌($p<0.05$)(圖 2)。

據我們所知，這是對一次的研究針對評估痲痺型 CP 兒童於 hVCT 後對肌力的影響。分析結果部分與我們的假設是一致的。在這項研究中 hVCT 的方案對提昇下肢肌力是有效益和效率的策略。

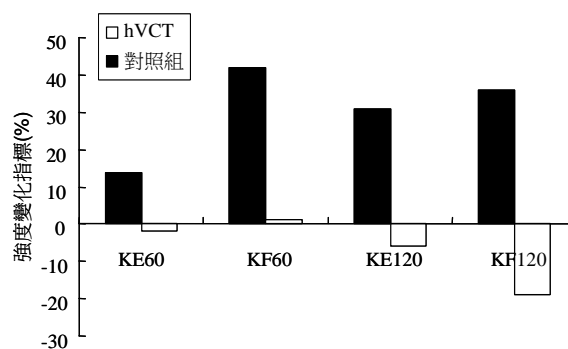


圖 2. 不同角速度的強度變化指標。KE60: 在 60°/s 膝伸肌力矩; KF60: 在 60°/s 膝屈肌力矩; KE120: 在 120°/s 膝伸肌力矩; KF120: 在 120°/s 膝屈肌力矩。

hVCT 誘發 CP 兒童在肌力更大的提昇，但在粗動作功能與對照組無明顯改變。訓練後兩組的 GMFM-66 分數無顯著差異，可能是因為 hVCT 聚焦放在增強肌肉而不是一般動作功能的訓練。這些分析結果支持 CP 兒童的肌力有相關而不是 GMFM-66 的分數(Binkley and Specker, 2008)。這些分析研究結果表明，相比一般的身體活動，hVCT 程序獲得較大的改進，在肌肉力量，不是在運動功能。

hVCT 誘發更大膝屈肌肌力比膝伸肌，特別是在低角速度下。其原因可能是 hVCT 選擇性徵召腦性麻痺兒童膝屈肌，而不是膝伸膝，尤其是在低角速度。先前研究在斜臥式固定腳踏車時，青少年的 CP 膝屈肌活動時時間比正常的青少年長(Johnston et al., 2007)，後腿肌(hamstring muscle)在騎腳踏車時的徵召時間及強度可能超過日常活動時徵召的需求是長在青少年的 CP，較沒有殘疾青少年。腿筋肌肉的招聘過程中循環的持續時間和強度可能會超過招聘需求(Johnston et al., 2007)。這些發現建議騎腳踏車訓練是首選的治療方法當針對膝屈肌。

本研究設計的 hVCT 訓練方案是有效益和高效率的策略，以改善膝關節肌力。12 週的 hVCT 訓練提昇膝屈肌及伸肌(14-42%)，先前的研究呈現為期 12 週的功能漸進式阻力運動提高了 14

%的力量(Scholtes et al., 2010)。在另一研究為期 12 週的循環訓練計劃，60°/秒時平均膝屈肌和伸肌等速力矩幾乎保持不變(0-1%)，而在 120°/秒時分別提高了 14-19% (Fowler et al., 2010)。可能的解釋是，hVCT 訓練方案除了利用以家庭為基礎的方案、自行車運動、和漸進式阻抗訓練的好處外，也使用虛擬實境為基礎的訓練，虛擬實境環境允許的創造性、及產生任務的持久性、

享樂、和一定程度的控制(Reid, 2004)，進而加強受試者練習的動機。先前的研究顯示對 CP 而言，虛擬實境有許多好處，包括重組 / 可塑性，提高動作能力，提高視覺和知覺能力，和高程度的社會參與(Snider et al., 2010)。此外，基於偏癱 CP 兒童功能性核磁共振(fMRI)的研究，虛擬實境治療可能誘發皮質重組功能的改善(You et al., 2005)。

表 2. 兩組粗動作及肌力量測的結果和統計分析

Variables	治療前			治療後		
	hVCT (n=10)	控制組 (n=10)	<i>p</i> value	hVCT (n=10)	控制組 (n=10)	<i>P</i> value
粗動作功能						
GMFM-66	81.2 ±13.0	77.8 ±9.7	0.356 ^a	84.5 ±11.6	81.0 ±8.8	0.294
肌耐力						
仰臥起作分數	12.2 ±9.8	9.4 ±9.2	0.386 ^a	13.8 ±9.6	8.8 ±8.5	0.185
肌力 (力矩, Nm/kg)						
膝伸肌 60°/s	1.52 ±0.65	1.40±0.52	0.478 ^a	1.73 ±0.76	1.38 ±0.55	0.044*
120°/s	1.10±0.52	1.12±0.46	0.896 ^a	1.45 ±0.63	1.05 ±0.60	0.010**
膝屈肌 60°/s	0.52 ±0.28	0.48±0.32	0.778 ^a	0.73 ±0.36	0.49 ±0.31	0.026*
120°/s	0.46±0.25	0.47±0.23	0.946 ^a	0.65 ±0.35	0.40 ±0.30	0.008**

*, *P*<0.05; **, *P*<0.01; Values are expressed as mean±SD; hVCT, home-based virtual cycling training; GMFM-66, Gross Motor Function Measure-66.

五、結論

這研究說明 12 週 hVCT 方案的設計在增進腦性麻痺兒童膝肌力而不是動作功能。hVCT 組在訓練介入後比對照組有較好的膝伸肌和屈肌的肌力。而這肌肉增強方案比動作功能訓練更具體增加 CP 兒童的下肢肌力，更重要的是，研究結果將有助於臨床醫生提供腦性麻痺兒童更有效益和效率的肌力訓練略策。未來的研究將集中於縱向追蹤及在 hVCT 方案下對 CP 兒童肌力增進的生物力學效應。

六、致謝

本研究由中國醫藥大學校內計畫編號CMU99-COL-24-2 補助支持，特此誌謝。

七、參考文獻

- Binkley TL and Specker BL (2008) *J Musculoskelet Neuronal Interact*, 8:239-243.
- Chen CL, Ke JY, Lin KC, Wang CJ, Wu CY and Liu, WY (2011) *J Child Neurol*, 26:552-559.
- Damiano DL, Martellotta TL, Quinlivan JM and Abel MF (2001) *Med Sci Sports Exer*, 33:117-122.
- Fowler EG, Knutson LM, Demuth SK, et al. (2010) *Phys Ther*, 90:367-381.
- Givon U (2009) *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*, 43: 87-93.

- Damiano DL, Martellotta TL, Quinlivan JM and Abel MF (2001) *Med Sci Sports Exer*, 33:117-122.
- Johnston TE, Barr AE and Lee SC (2007) *Phys Ther*, 87:572-585.
- Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, Russell D, Wood E and Galuppi B (1997) *Dev Med Child Neurol*, 39:214-223.
- Reid D (2004) *Occup Ther Int*, 11:131-144.
- Ross SA and Engsberg JR (2007) *Arch Phys Med Rehabil*, 88:1114-1120.
- Russell DJ, Rosenbaum PL, Avery L and Lane M (2002) MacKeith Press, London, United Kingdom.
- Scholtes VA, Becher JG, Comuth A, Dekkers H, Van Dijk L and Dallmeijer AJ (2010) *Dev Med Child Neurol*, 52:e107-113.
- Snider L, Majnemer A and Darsaklis V (2010) *Dev Neurorehabil*, 13:120-128.
- You SH, Jang SH, Kim YH, Kwon YH, Barrow I and Hallett M (2005) *Dev Med Child Neurol*, 47: 628-635.