

太極拳結合震動訓練對膝伸肌神經 肌肉特性之影響

孫 銘¹、劉 強¹、莊榮仁²、相子元³

¹ 臺北市立體育學院運動器材科技研究所、²中國文化大學國術學系

³ 國立臺灣師範大學運動科學研究所

摘要

目的：本研究以站立於震動機臺上練習太極拳的方式，探討太極拳結合震動訓練對膝伸肌最大等長肌力、等速肌力、肌電活化、電機械延遲與發力率等影響。**方法：**48 位一般大學生分為 3 組：太極震動組、太極拳組以及控制組，進行為期 8 週、每週 3 次的訓練。訓練前後以 Biomedex 等速肌力儀、Biopac 多功能訊號擷取系統與表面肌電片，測試膝伸肌之最大等長肌力、等速肌力與肌電活化。統計分析以混合設計二因子變異數分析來進行考驗，顯著水準定為 $\alpha = .05$ 。**結果：**太極震動組的 $60^\circ/\text{s}$ 等速向心肌力顯著進步 11.8% 。此外，太極震動組在各等速收縮時的肌電活化程度降低，但其肌力卻呈現增加的趨勢；太極拳組及控制組在各依變項中均無顯著變化。**結論：**在 8 週的訓練中，太極拳結合震動訓練可有效增進膝伸肌等速肌力的表現。

關鍵詞：太極震動、肌肉活化、電機械延遲、發力率、等速肌力



壹、緒論

太極拳為我國之國粹，深含中華傳統文化與哲學思維，同時也是近代國民健身的熱門項目之一。太極拳屬於強度較低、速度緩慢且較少衝擊性的運動，故深受老年人喜愛。這種運動經證實可促進心肺功能 (Lan, Chen, Lai, & Wong, 1999)、肌耐力、增進柔軟度 (Husted, Pham, & Hekking, 1999) 及平衡力 (Wolf 等, 1996)，也可以降低血壓 (Young & Jee, 1999) 及血脂肪。在有關太極拳對肌力影響的研究中，Lan, Lai, Chen, 與 Wong (2000) 使用 Cybex6000 測試太極拳練習 6 個月之後的老年人膝伸肌肌力，發現慣用腳與非慣用腳在 $60^{\circ}/\text{s}$ 等速向心及等速離心收縮時達顯著進步，可見長期練習太極拳能有效提升肌力的表現。雖然太極拳具有各項益處，但練習時身體的負重僅只有體重，以積分肌電 (integral electromyography) 評估下肢肌群的運動單位參與數量僅該肌群最大等長肌力的三分之一左右 (王瑞元, 1996)，因此較無法訓練到肌肉的快縮肌群。此外，另有研究發現，普遍太極拳的全套平均心率，介於 105 次/分～136 次/分之間，屬中低運動強度 (衛志強, 1994)，且在神經肌肉 (neuromuscular) 反應的訓練上與慢跑等運動並無明顯差異 (Xu, Li, & Hong, 2005)。因此若能在安全的前提下加強太極拳運動強度，便能提升其對於神經肌肉訓練的效益與價值。且以往研究的對象大部分以老年人為主，對其他年齡層的族群而言是否也具有相同益處也是有待驗證。

全身式震動訓練 (whole-body vibration training, WBVT) 最近幾年來已發展成神經肌肉的訓練方法 (Delecluse, Roelants, & Verschueren, 2003)。過去研究顯示震動訓練能有效增強肌力、爆發力及運動表現，並增加更多的運動單位 (motor unit) 徵召 (Warman, Humphries, & Purton, 2002)。經過長期震動訓練後能提升年輕運動選手的肌力與爆發力 (Mahieu 等, 2006)。Delecluse 等比較 4 組女生接受 12 週 4 種不同的訓練課程，比較前後肌力增加的效果。完成 12 週 WBVT 的受試者其膝伸肌之最大等長肌力增加 16.6%，同時等速肌力增加 9.0%，由此可知震動刺激對下肢肌力是有正面的助益。下肢肌群中又以膝伸肌為主要肌群，膝關節的伸肌以股四頭肌 (quadriceps) 為主，包括股直肌 (rectus femoris)、股內側肌 (vastus medialis)、股外側肌 (vastus lateralis) 以及股中間肌等，主要作用在於負責膝關節伸展 (extension) 的動作。當我們要從坐姿起立成站姿時，膝伸肌就必須產生足夠的力量將身體撐起；或當我們在爬樓梯時，膝伸肌也要產生力量完成登階動作。此外，我們在進行跳躍動作的起跳及落地時，股四頭肌必須產生強而有力的收縮來執行動作與防止傷害。因此膝伸肌對於我們日常生活的動作而言是很重要的。當我們面臨擾亂的環境時，膝伸肌在初期維持穩定姿勢時，扮演重要的角色 (Xu 等, 2005)。因此若肌力不足，容易導致跌倒或受傷，以及爬樓梯困難，造成生活不便，



所以我們必須重視膝伸肌的訓練。震動刺激也常被用來搭配不同訓練法以提升效益，Nazarov 與 Spivak (1987) 指出結合震動刺激與阻力訓練，可以在肌力增加的同時促進神經肌肉系統間的作用，進而增強肌力 (strength) 與爆發力 (power)，提供有效的肌力訓練方法；但對於一般非專業運動選手而言，這樣的模式容易使身體負擔過重進而造成傷害，且需要專人在旁輔導給予適當的訓練處方；因此若能有其他低負荷訓練取代阻力負重，可能會比較適宜，例如太極拳等。

由以上論述得知，太極拳與震動訓練共同之處，在於能改善人的心肺能力和肌力；不同之處是，太極拳屬較無衝擊性的訓練，運動強度上略顯不足；反之，震動訓練的運動強度較強，能增加肌肉快縮能力，這是在太極拳訓練所較為缺乏的。此時若能將震動刺激對人體的優點，結合在太極拳運動，應能改善訓練強度的不足，加強在爆發力及快縮肌力方面的訓練。且以往在接受 WBVT 時，都是採取單一站姿，使用者容易感到疲乏無趣，因此將太極拳的豐富肢體動作取代 WBVT 的固定姿勢，可以提升使用者的訓練意願。此外，太極拳是極富東方文化與神秘色彩的運動，若能將這種傳統特色與新式訓練法結合，並經過研究證實其健康與訓練方面的效益，或許能造就新的創意文化訓練法，創造出結合東西方特色的產業。

綜觀以往的研究，較多是以最大等長收縮 (maximal isometric voluntary contraction) 及慢縮肌力來評估太極拳對肌力的影響，較少探討其對肌肉快速收縮能力及爆發力的效益，而常被用來評定爆發力的指標，包括了代表肌梭敏感度的電機械延遲 (electromechanical delay, EMD) (陳婉菁，2004)，與代表肌肉瞬間收縮速度快慢的發力率 (rate of force development, RFD) (Zatsiorsky, 1995)；其中 EMD 為運動神經元發出訊號至肌肉產生力量的時間差，時間愈短代表肌肉愈能迅速收縮。而 RFD 為單位時間內的力量變化 (N·m/sec)，數值愈高表示能在較短的時間內產生強大的力量。因此本實驗目的在探討對於一般大學生而言，太極拳與震動訓練的組合，與單純太極拳運動相比，對膝伸肌的最大等長肌力與肌電活化、等速肌力與肌電活化、EMD 與 RFD 的表現上是否能有更佳的訓練效果。

貳、方 法

一、研究對象

本研究以 48 位健康且經診斷半年內無下肢神經肌肉及骨骼傷害之大學生為受試對象，實驗前填寫受試者同意書。為避免各組性別人數不同影響實驗結果，將 48 人經性別配對平均分配至太極震動組 (Tai Chi and vibration, TAV) (9 男 7 女)、太極拳組 (Tai



Chi, TAI) (8 男 8 女) 以及控制組 (control, CON) (8 男 8 女) 共 3 組，基本資料如表 1。受試者被要求於訓練之外的時間盡可能少運動，以確保實驗準確性。TAI 組有 1 人在訓練中因為身體不適而退出，故只剩 15 人。

表 1 各組受試者基本資料表之平均數與標準差

項目	TAV (n=16)	TAI (n=15)	CON (n=16)
年齡 (y)	20.56 (0.96)	20.00 (1.59)	21.12 (1.50)
身高 (cm)	167.13 (6.92)	166.00 (11.69)	168.06 (8.97)
體重 (kg)	62.52 (10.42)	62.95 (10.34)	59.87 (7.48)

註：TAI 組有 1 人因身體不適中途退出訓練，故只剩 15 人。M(SD) 表平均數（標準差）。

二、訓練方法

(一) 太極震動組 (TAV)

受試者接受為期 8 週、每週 3 次的太極拳訓練內容，如表 2 所示，包括太極拳基本樁式、單招與動作組合。第 1、2、8 週為樁式，3 到 4 週為單招，5 到 7 週為動作組合。根據陳韋翰等（2009）發現楊式 24 式太極拳的原地單招及組合動作練習與套路練習在心跳率方面的運動強度無顯著差異，因此本實驗選擇以單招及組合的練習方式取代套路的練習模式，且具有相當於整套套路的訓練效果。訓練中站立於由臺灣期美科技股份有限公司依據太極動作範圍所特製之太極震動訓練機臺（圖 1）。在不同震動頻率與振幅的實驗中，高頻率低振幅 (32Hz、1mm) 能顯著增加膝伸肌最大等長肌力與 120°/s 等速向心肌力（王星翔，2010），因此本研究選擇由機臺給予頻率 32Hz、振幅 1mm 的震動刺激。每次訓練過程中依據漸進訓練原則，分為 3 個階段，第一階段為訓練 1 分鐘共 3 次，第二階段訓練 2 分鐘共 3 次，第三階段訓練 3 分鐘共 2 次，每次訓練間皆休息 1 分鐘。

(二) 太極拳組 (TAI)

TAI 組接受與 TAV 組相同的每週 3 次、為期 8 週的太極拳訓練（表 2）。不同的地方在於太極拳組一般場地進行訓練，訓練過程中依據漸進訓練原則，分為 3 個階段，第一階段為訓練 1 分鐘共 3 次，第二階段訓練 2 分鐘共 3 次，第三階段訓練 3 分鐘共 2 次，每次訓練間皆休息 1 分鐘。



表 2 TAV 組與 TAI 組太極拳訓練動作內容

週	一	二	三	四	五	六	七	八
第 1 次	無極勢	白鶴亮翅	十字手	摟膝拗步	四式	五式	六式	無極勢
第 2 次	騎馬蹲檔	摟膝拗步	雲手	攢雀尾	四式	五式	六式	騎馬蹲檔
第 3 次	提手上式	金雞獨立	金雞獨立	攢雀尾	四式	五式	六式	提手上式

註：四式 = 提手上式 → 摟膝拗步 → 白鶴亮翅 → 攢雀尾。

五式 = 提手上式 → 摟膝拗步 → 白鶴亮翅 → 攢雀尾 → 雲手。

六式 = 提手上式 → 摟膝拗步 → 白鶴亮翅 → 攢雀尾 → 雲手 → 金雞獨立。

前 2 週的太極拳動作是採用定式（站樁）訓練，3 和 4 週採用動態的單招訓練，5 到 7 週則是動作組合，第 8 週訓練同第一週訓練。

（三）控制組（CON）

不接受任何太極震動與太極拳訓練。所有人員皆於訓練前後適度暖身。

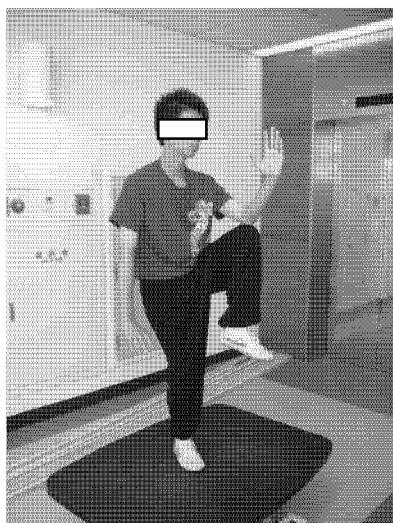
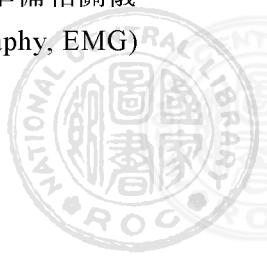


圖 1 TAV 受試者於太極震動機接受訓練

三、測試方法

本實驗共有 2 次測驗：訓練前先進行前測，於 8 週訓練結束再後測。實驗地點位於臺北體育學院運動器材科技研究所的運動表現實驗室。每次實驗前 1 天先準備相關儀器，測試前先請受試者適當熱身。分為膝伸肌之肌力與肌電圖（electromyography, EMG）



測試兩部分，兩者同步進行訊號收集。肌力測試包括最大等長肌力與等速肌力，最大等長肌力除了解受試者自主收縮的最大力量外，可另行分析爆發力等表現；EMG 則用以得知運動單位的徵召，可了解經訓練後的神經肌肉反應情形。詳細測試流程說明如下：

(一) 肌力測試

本研究以 Biodex System 3 Pro (Biodex Medical System Inc, Shirley, NY) 等速肌力測試訓練儀並搭配內建 Biodex System 3 軟體來測試受試者膝伸肌之肌力表現。本機臺包含附有軌道與力矩主軸呈 T 字形狀的座椅與力矩主軸兩大部分，可利用電腦自動設定操作控制啓動。熱身後，令受試者坐於 Biodex 等速肌力測量儀座椅，固定軀幹及右腳後調整坐椅和動力計之相對位置，使膝關節旋轉點（股骨外側踝）對準測量儀之旋轉軸心，經膝關節活動度 (range of motion) 設定與小腿重心校正後，開始測驗。

1. 最大等長肌力測試：將收縮模式設為等長收縮 (isometric) 模式，膝關節角度固定於 60 度，看施測者的燈泡訊號指示，燈亮後受試者盡最大自主收縮持續 3 秒並測試 3 次，每測試之間有 30 秒的休息時間，測試過程中給予口頭激勵以盡最大力量。

2. 等速向心 / 離心 (isokinetic concentric / eccentric contraction) 肌力測試：測試等速肌力之儀器將收縮模式設定為等速向心/等速離心收縮模式，角速度設為 $60^\circ/\text{s}$ 、 $120^\circ/\text{s}$ ；在每種角速度正式測試之前，受試者均會以約 30% 的力量，進行 3 個反覆的練習，以熟悉收縮方式和角速度。練習結束後休息 3 分鐘便開始正式測試。每位受試者以隨機方式依序完成 $60^\circ/\text{s}$ 、 $120^\circ/\text{s}$ 的測試，正式測試時受試者需盡最大努力完成每種角速度 3 個反覆次數，每角速度之間有 1 分鐘的休息時間。

(二) 肌電活化測試

本實驗使用具有前置放大器的雙極表面電極貼片 (EMG-Amplifier and Electrodes; Biovision Inc., Wehrheim, Germany)、電極片 (Al/AgCl; EL503; Biopac Systems Inc.) 及訊號記錄器 (MP150; Biopac Systems Inc., Santa Barbara, CA) 進行肌電活化資料的記錄。先利用刮刀與酒精棉去除需黏貼肌電儀貼片位置的毛髮與角質，然後將 2 片肌電貼片（直徑 0.3 公分）黏貼在股四頭肌的肌腹上（髂前下棘至髌骨上緣之中點），兩電極心間距 2.5 公分，接地電極貼於髌骨外上髁。於受試者接受 Biodex 等速肌力儀的測試時，同步以 Biopac 多功能訊號處理系統及訊號擷取軟體 Acqknowledge 3.8.1 版收集膝伸肌之表面肌電訊號，擷取頻率設為 1000Hz。此外再將 Biodex 等速肌力儀所測得的力矩值 (torque)、速度值 (velocity)、位置值 (position) 透過轉接盒將訊號傳送至 Biopac 及 Acqknowledge 軟體並記錄之。



四、資料處理

本研究的自變項為有震動刺激介入的太極拳組 (TAV)、傳統太極拳訓練組 (TAI) 以及無訓練的控制組 (CON)。依變項為膝伸肌之最大等長肌力、角速度 $60^\circ/\text{s}$ 及 $120^\circ/\text{s}$ 之等速向心肌力與等速離心肌力、EMG 與 RFD。其中 EMG 與 RFD 可藉由最大等長肌力的結果來分析之。

(一) 最大等長肌力、等速肌力之力量值與肌電活化

肌肉力量方面，將 Biodex 等速肌力儀所測得之各項的最大力矩 (peak torque) (Nm) 作為本研究資料分析；EMG 方面，先將原始的肌電訊號以 10-500Hz 進行通帶濾波 (band-pass filter) 處理，再進行翻正 (full rectification) 以及均方根肌電振幅 (root mean square of EMG, EMGrms)，等速肌力之肌電活化需先標準化之，即除以肌肉最大自主等長收縮 (maximal voluntary isometric contraction, MVIC) 之 EMGrms。測試 3 秒取中間的 1 秒並將 3 次測得之數據平均，其原始訊號如圖 2、圖 3 所示。

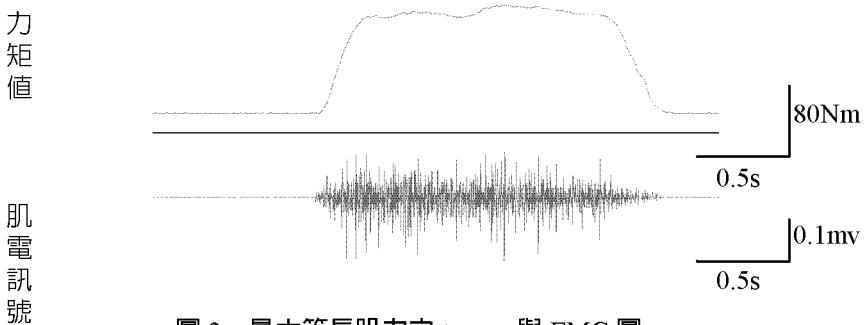


圖 2 最大等長肌力之 torque 與 EMG 圖

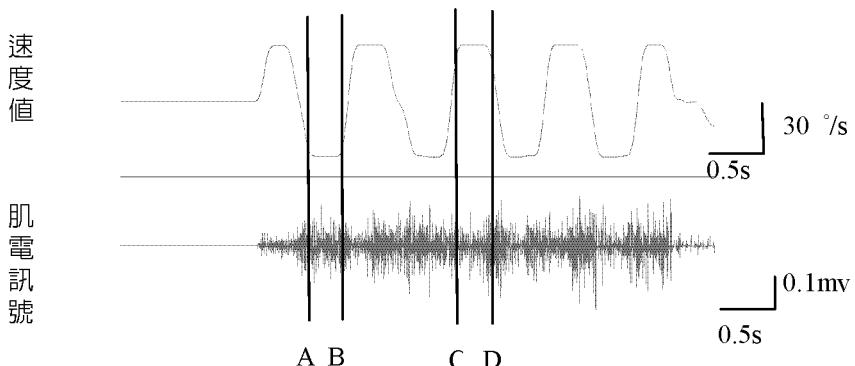


圖 3 等速肌力之 velocity 與 EMG 圖

註：A→B 為離心期，C→D 為向心期



(一) 電機械延遲 (EMD)

將最大等長肌力測試時 Acqknowledge 所測得到的 torque 與 EMG 經濾波等處理後匯出至 Excel，利用公式取得兩項數據的起始點時間 (onset time)，公式為：訊號基準線 (baseline) 的平均值+3 倍標準差 ($\text{mean} + 3 \times \text{SD}$)。將兩項數值相減即為 EMD (onset T - onset EMG)，如圖 4，單位為微秒 (ms)。

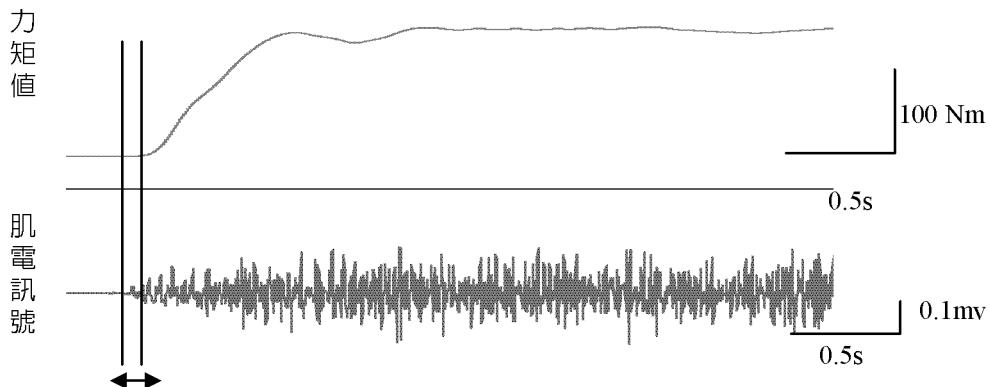


圖 4 EMD 之原始 torque 與 EMG 圖

(二) 發力率 (RFD)

將 Acqknowledge 摄取到的力矩值以 10Hz 進行低通濾波後，計算出從 0 開始，到 200 毫秒時的力矩差距，再除以 200 毫秒。即起始點時間 (onset time) 至 200 毫秒之間力矩的斜率 (slope) (圖 5)，為單位時間內的肌力變化量，代表 RFD (陳淑枝、陳瑞蓮、黃達德，2009)，單位為 $\text{N} \cdot \text{m/sec}$ 。(本實驗中所有受試者最大力矩的峰值均晚於 200 毫秒)。

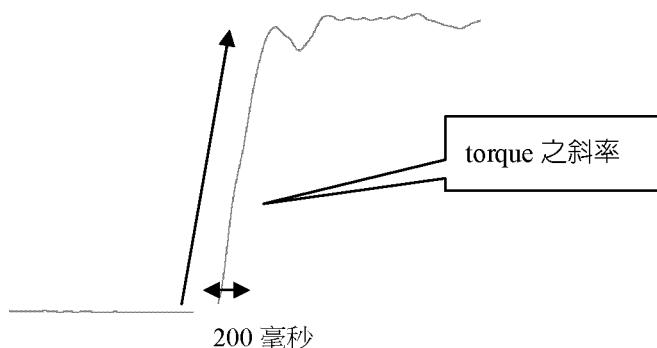


圖 5 RFD 之原始 torque 圖



五、統計分析

經資料處理後，以 SPSS for Windows 12.0 中文版統計套裝軟體，進行下列統計分析：以混合設計二因子變異數分析 (Two-way ANOVA) 來檢視不同訓練模式對於膝伸肌神經肌肉特性之影響，如交互作用達到顯著水準，則進行單純主要效果考驗，並以杜凱氏法 (Tukey method) 進行事後比較，所有顯著水準定為 $\alpha = .05$ 。

參、結 果

一、最大等長肌力

3 組經 8 週不同方式的訓練後，膝伸肌最大等長肌力經統計比較後，未有交互作用產生，也都未達顯著差異 ($F = .602, p = .552$)。TAV 組由 163.3 ± 37.2 (Nm) 增加到 166.0 ± 36.6 (Nm)，進步率為 2.67% 大於其餘兩組（圖 6）。EMGrms 經統計比較後未有交互作用產生，皆無顯著差異 ($F = 1.220, p = .305$)（圖 7）。

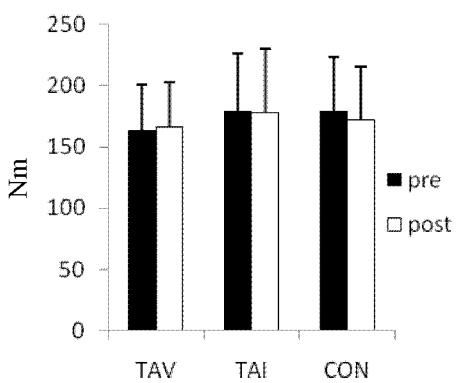


圖 6 不同訓練模式與訓練前後之
最大等長肌力之力矩值

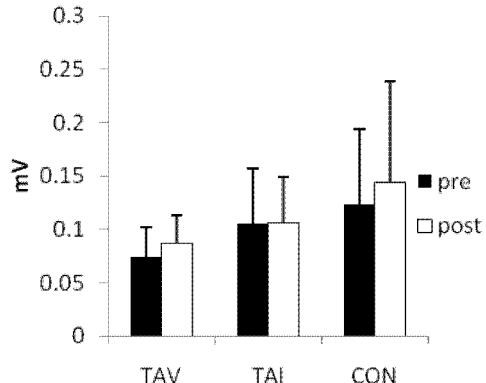
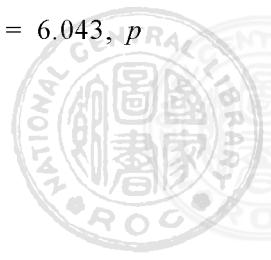


圖 7 不同訓練模式與訓練前後之
最大等長肌力之 EMGrms

二、角速度 $60^\circ/\text{s}$ 之等速肌力

(一) 向心期

3 組經 8 週訓練後在膝伸肌 $60^\circ/\text{s}$ 等速向心肌力的表現，經統計考驗後，顯示有交互作用 ($F = 3.342, p = .026$)，以單純主要效果分析後，發現 TAV 組前後測由 163.92 ± 37.91 (Nm) 增加到 183.68 ± 52.4 (Nm)，進步率為 11.8%，達顯著進步 ($F = 6.043, p$



$= .027$)，其餘各組則無，組間比較未有差異。結果如圖 8 所示。

(二) 離心期

各組 $60^\circ/\text{s}$ 等速離心肌力結果經統計結果分析後無顯著差異 ($F = 1.081, p = .348$)，TAV 組前後測由 216.58 ± 52.31 (Nm) 增加到 239.98 ± 65.4 (Nm)，進步率為 11.69% ，雖未達顯著進步，但比其他組增加幅度高，如圖 9 所示。

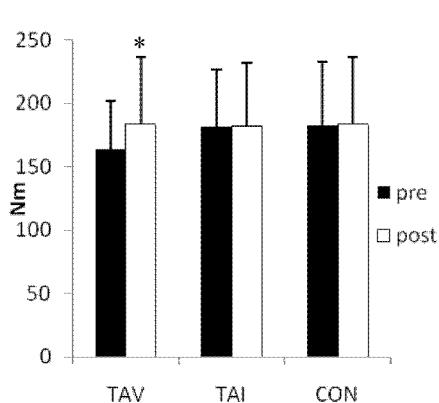


圖 8 $60^\circ/\text{s}$ 等速向心肌力 torque
(* $p < .05$ 達顯著差異)

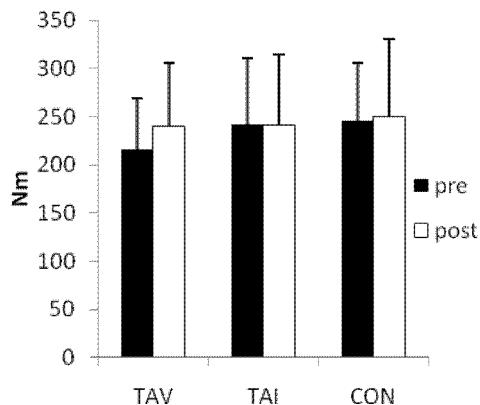


圖 9 $60^\circ/\text{s}$ 等速離心肌力 torque

三、角速度 $120^\circ/\text{s}$ 之等速肌力

(一) 向心期

8 週不同的訓練後，統計結果未達顯著差異 ($F = 3.034, p = .058$)。TAV 組進步幅度最大，由 148.1 ± 36.2 (Nm) 增加到 159.8 ± 49.1 (Nm) (進步率為 7.72%)，其餘 2 組則呈現退步趨勢，如圖 10 所示。

(二) 離心期

經 8 週訓練後，3 組組間無交互作用產生 ($F = .872, p = .425$)，各組前後測也未有顯著差異。其中 TAV 組由 231.6 ± 52.4 (Nm) 增加到 240.9 ± 63.0 (Nm) 進步率 5.16% 為 3 組中最高，如圖 11 所示。



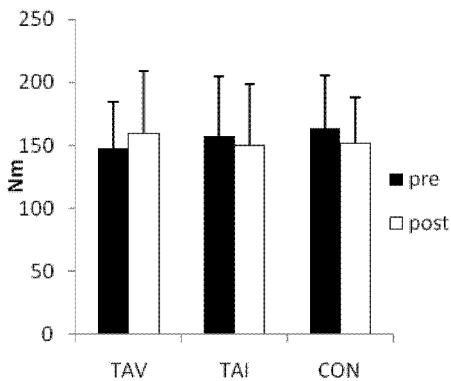


圖 10 120°/s 等速向心肌力 torque

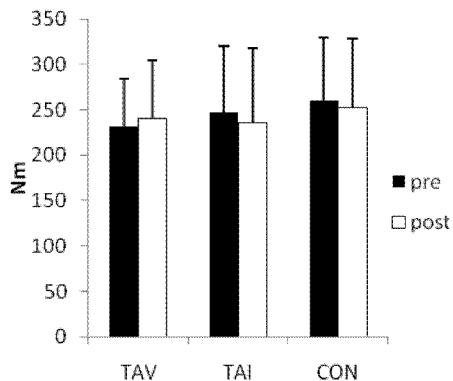


圖 11 120°/s 等速離心肌力 torque

四、角速度 60°/s 與 120°/s 之 EMGrms

分析肌電活化結果，發現各組間或組內比較皆未達顯著差異。TAV 組後測數值呈現下降的趨勢，其餘兩組則是略為增加，如表 3 所示。

表 3 各組在等速肌力測試項目之 EMGrms

組別	TAV (n=16)		TAI (n=15)		CON (n=16)		<i>F</i> 與 <i>p</i> 值
	前測	後測	前測	後測	前測	後測	
60°/s	121.3	108.9	98.4	105.9	80.6	91.1	<i>F</i> =1.223
CON	(66.4)	(24.6)	(45.6)	(37.6)	(22.4)	(42.2)	<i>p</i> =.304
60°/s	107.7	90.5	90.9	94.9	81.6	90.6	<i>F</i> =3.204
ECC	(49.0)	(24.8)	(53.3)	(46.0)	(23.5)	(38.3)	<i>p</i> =.051
120°/s	132.9	112.9	97.6	105.1	78.4	84.1	<i>F</i> =1.621
CON	(76.7)	(30.6)	(65.5)	(43.7)	(24.5)	(34.9)	<i>p</i> =.209
120°/s	110.6	91.2	95.9	98.1	92.3	91.3	<i>F</i> =1.937
ECC	(49.6)	(21.3)	(58.6)	(46.0)	(27.2)	(32.3)	<i>p</i> =.156

註：單位為% MVC。M (SD) 表平均數（標準差）。CON 表向心收縮，ECC 表離心收縮。

五、電機械延遲 (EMD)

經 8 週訓練後，各組 EMD 經統計顯示未達顯著差異 ($F = .863, p = .429$)，組間進步率比較其大小為：TAV (4.49%) > TAI (1.84%) > CON (-4.21%)，結果如圖 12 所示。



六、發力率 (RFD)

經 8 週訓練後，各組 RFD 無交互作用產生 ($F = .001, p = .999$)，組內進步率以 TAV 組最高 (19.11%)，結果如圖 13 所示。

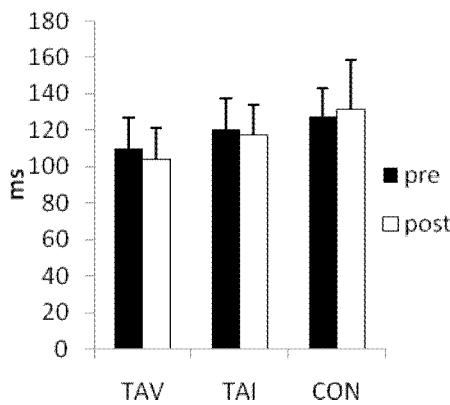


圖 12 不同訓練模式各組之電機械延遲

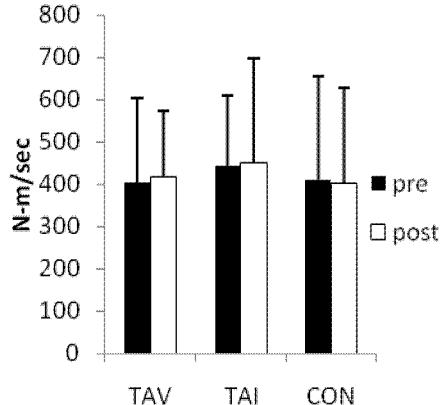


圖 13 不同訓練模式各組之發力率

肆、討 論

本實驗探討 8 週的太極拳結合震動訓練與單一太極拳運動，對於膝伸肌神經肌肉特性的影響。發現太極拳與震動的組合能增進受試者的運動表現，以下就各項測試來分別討論：

一、最大等長肌力

將震動訓練與太極拳結合的 TAV 組，在最大等長肌力測試中，僅進步 2.67%，未達顯著差異 ($p > .05$)。在震動影響的機制中，過去曾有研究以 8 週不同震動頻率與振幅模式訓練：高頻率低振幅 (HFV, 32Hz、1mm)、中頻率中振幅 (MFV, 18Hz、3mm) 及低頻率高振幅 (LFV, 3Hz、114mm) 對膝伸肌之運動表現的影響，結果發現 HFV 組能顯著增加膝伸肌最大等長肌力 (王星翔, 2010)。由於震動訓練能增加牽張反射 (stretch reflex) 的敏感性 (Cardinale & Bosco, 2003)，而產生張力性震動反射 (tonic vibration reflex, TVR) 進而引起肌肉長度不自主的迅速變化 (Hagbarth & Eklund, 1966)，肌肉纖維內的肌梭 (muscle spindle) 會因刺激而產生強烈的興奮性訊號，進而引起肌肉的反射性收縮。但若將震動結合太極拳卻無法達到單一震動訓練的效果，造成這之間的差異有可能是因為站立在震動平臺上的姿勢不同所致。在王星翔 (2010) 的實驗中，震動組是動態半蹲動作 (屈膝 90 度至 150 度)，對於膝伸肌可造成較強的刺激，而太極拳的動作



雖然也採用蹲姿，但因動作型態強調養生與低衝擊性，通常雙腳呈微蹲姿勢（角度僅約 150 度至 160 度左右），因此導致結合太極拳與震動的訓練，無法顯著增加膝伸肌之最大等長肌力。因此未來若能探討震動訓練搭配太極拳動作時，盡可能的要求姿勢蹲低，有可能會有較佳的結果。

二、等速肌力

太極拳配合震動訓練在不同的等速收縮方面也有不一樣的影響： $60^\circ/\text{s}$ 等速向心肌力由 $163.92 \pm 37.91 (\text{Nm})$ 增加到 $183.68 \pm 52.4 (\text{Nm})$ ，進步率為 11.8% 有達顯著差異 ($p = .027$)，而 $60^\circ/\text{s}$ 等速離心肌力雖未達顯著，但其進步率為 11.69%，高於其餘兩組 (TAI 組為 2.27%；CON 組為 2.05%)，由本實驗的結果可看出太極拳結合震動訓練在慢縮肌力的表現，比單一太極拳有較大的進步。因此在相同的 8 週訓練中，震動刺激確實能加強太極拳的訓練效果。過去學者 Wu (2002) 比較 20 位至少練 3 年太極拳的老人 (太極組) 與 19 位沒練太極拳的老人 (控制組)，以等速肌力儀 Biomed 测量右腳膝伸肌及膝屈肌，角速度為 $60^\circ/\text{s}$ 之等速肌力，結果發現太極組的膝伸肌表現顯著優於控制組。這項實驗所測試的等速肌力也是較慢的收縮速度。由於在打太極拳之動作時，膝關節是處於微彎的狀態，造成膝伸肌輕微負荷的情況，過程中步法的移動也是緩慢而穩定，因此能訓練增加肌纖維中的慢縮運動單位；過去研究曾以反應肌電訊號頻率特徵的平均功率頻率 (mean power frequency, MPF) 來探討練習不同太極拳時的肌電變化，發現練習太極拳時的 MPF 顯著低於最大用力收縮，說明練太極拳時動用了較多的慢縮運動單位參與工作 (王瑞元, 1996)。快縮肌力方面，在王星翔 (2010) 的研究中，高頻率低振幅 (32Hz、1mm) 組能顯著增加膝伸肌之 $120^\circ/\text{s}$ 等速向心肌力，因此在高頻率的震動下能誘發快縮運動單位的徵召。本實驗在 $120^\circ/\text{s}$ 等速向心肌力的結果中可看到 TAV 組進步率為 7.72%，但 TAI 組卻是退步，因此單一太極拳訓練會造成肌肉快速收縮能力下降，但卻可以由震動訓練來補強。因此統計上雖未達顯著差異，但這種趨勢值得未來進一步探討。

TAI 組在各項測驗中均無明顯進步，且 $120^\circ/\text{s}$ 等速收縮能力呈現退步，顯示本實驗中太極拳的訓練處方效果不佳。Xu, Li 與 Hong (2006) 研究比較 21 位至少練太極拳 4 年以上老人 (太極組)、18 位至少有 4 年以上慢跑經驗之老人 (慢跑組) 及 22 位未有正式運動 5 年以上的老人 (控制組)，以等速測力機 Cybex $30^\circ/\text{s}$ 及 $120^\circ/\text{s}$ 測量膝關節等速肌力、 $30^\circ/\text{s}$ 測量踝關節等速肌力，結果發現太極組於 $30^\circ/\text{s}$ 及 $120^\circ/\text{s}$ 膝關節等速肌力與慢跑組及控制組無顯著差異，因此太極的訓練內容需依照不同的使用者來規劃適合的強度；推測本實驗中 TAI 組的處方中所選的楊式太極拳動作對於一般大學生的刺激強度還不夠，造成在等速肌力測驗中無明顯差異。



三、肌電活化

本實驗所採用的肌電訊號分析法 EMGrms，可用以代表運動單位的活化程度。對同一肌群與動作而言，其 EMGrms 愈高，表示徵召的運動單位愈多。本研究在等速收縮的 EMGrms 中，各組經分析比較後未達顯著差異。若仔細來看可發現，TAV 組的各項測驗中，後測活化程度呈現下降趨勢，代表後測比前測時所被徵召的運動單位數量降低，其餘兩組則略為增加。在一般阻力訓練中也有類似的情況，最初的 1~2 個月雖然肌力增加了，但肌纖維卻沒有增大的現象，Rutherford, Golden, Harris 與 Dudley (1995) 認為神經因素以某種方式適應，進而增加力量。這種神經適應僅需要較少的肌群就能舉起初期採用的次大負荷 (Ploutz, Biro, Tesch, & Dudley, 1994)。因此雖然本研究中的結果未達顯著差異，但若延長訓練時間，或許就會有較為明顯的結果，值得進一步探討。

四、電機械延遲 (EMD) 與發力率 (RFD)

本實驗希望透過 EMD 時間差來觀察經過太極拳結合震動訓練後其肌肉肌腱複合體 (muscle tendon complex) 的勁度 (Mora 等, 2003)，以及評估肌梭敏感度是否會因為不同訓練模式而增加，導致 α 運動神經的活化而促進橫橋運動，使 EMD 降低 (Riemann, Demont, Ryu, & Lephart, 2001)，進而增進爆發力等運動表現。TAI 組的 EMD 表現僅些微進步 (1.84%)，推論可能是因為太極拳較為緩和的動作對減少延遲時間並無幫助。在震動介入下，機械性干擾會刺激肌肉中的肌梭或肌腱的感覺受器 (高爾肌腱器)，經過反射路徑而誘發 TVR 反射 (Eklund & Hagbarth, 1996)，啓動 α 運動神經活化梭外肌纖維收縮，另外也驅動 γ 運動神經興奮梭內肌纖維，進而再強化 Ia 反射迴路的興奮性 (黃淑玲、陳婉菁、劉強、莊榮仁、相子元, 2009)，因此可減少肌肉活化至動作力量產生的時間差。此外藉由震動訓練後可讓膝伸肌的肌梭敏感度活化，導致橫橋收縮數量增加，而補足串連彈性成分 (series elastic component) 彈性物質的鬆弛性以減少 EMD 的發生 (Riemann 等, 2001)。因此震動訓練在這方面比太極拳有更佳的訓練效果。由結果可看出太極拳在配合震動訓練後，仍無法達到顯著進步，但有較佳的進步趨勢 (4.49%)，因此若能將 TAV 組進行長期訓練至半年以上，或許就能達顯著差異，藉此改善太極拳在這方面訓練的不足。

RFD 為單位時間內的力量變化 (N·m/sec)，通常為評斷爆發力的指標之一。數值越高代表爆發力越好，即能在較短的時間內產生強大的力量。競技的運動項目中，爆發力被視為決定選手表現的關鍵，因此各項針對以爆發力為主的訓練方法被陸續提出，像增強式訓練 (plyometric training)、彈震式阻力訓練等。這些訓練方式的共通點是必須在短時間內伴隨迅速且強而有力的肌肉收縮來做為訓練手段，使神經肌肉功能產生適應進而提升爆發力。震動訓練在提升爆發力方面也有類似的效果，Issurin 與 Tenenbaum (1999)



發現在震動訓練下屈肘的最大爆發力顯著增加 7.9~10.4%；Jackson 與 Turner (2003)在連續震動 30 分鐘後，發現最大自主收縮力量及 RFD 都有顯著下降，表示震動可使肌肉獲得較大程度的訓練，導致顯現較為顯著的疲勞。

但本實驗中各組在 RFD 表現都無顯著差異，太極拳運動並不著重在增加爆發力，因此 TAI 組的結果並沒有顯著進步，是可被預期的。但太極拳在加入震動刺激後，也未達顯著進步。過去也曾有實驗發現震動訓練 (30Hz, 8mm) 對於大腿的發力率無增進效果 (De Ruiter, Van Der Linden, & Van Der Zijden, 2003)，原因可能是震動刺激強度與處方設計的差異，例如不同的頻率、振幅以及動態半蹲的速率，受試者是否為菁英選手也會影響到其訓練結果的差異性。此外，肌纖維的型態也與 RFD 有關，若我們肌肉所含的快速收縮運動單位愈多，代表肌肉能在短時間內產生較強的力量。由本實驗中的等速肌力測試結果可發現，8 週的太極震動訓練僅能加強肌肉在慢速收縮時的肌力，而快縮肌力僅些許提升未達顯著，也因此 RFD 未能有效進步。未來應針對不同的震動刺激強度或站立之動態動作來細分比較 RFD 結果，以便能找出較有效之訓練處方。

本研究結論為一般大學生在 8 週的不同訓練中，太極拳結合震動訓練能有效的增加膝伸肌之慢縮肌力（進步率 11.8%），且在等速收縮時能以減少運動單位的徵召來達成力量提升。單一太極拳訓練無法有效增進一般大專生的膝伸肌運動表現。因此若要在短時間內加強太極拳在慢速肌力的訓練，可考慮輔以震動刺激強化其訓練效果。

致謝

本研究為行政院國家科學委員會整合型產學合作計畫「太極震動訓練機之開發研究」之部分研究成果，各子計畫分別為：子計畫一 NSC 98-2622-B003-001-CC2、子計畫二 NSC 98-2622-B-034-001-CC2、子計畫三 NSC 98-2622-B-154-001-CC2；並由衷感謝期美科技股份有限公司提供相關研究經費及太極震動平臺。

引用文獻

- 王星翔 (2010)。由肌肉收縮表現探討震動訓練頻率與振幅之訓練效果。未出版碩士論文，臺北市立體育學院，臺北市。
- 王瑞元 (1996)。練習不同流派太極拳時的肌電變化。北京體育大學學報, 19 (4), 39-42。
- 黃淑玲、陳婉菁、劉強、莊榮仁、相子元 (2009)。不同震動刺激頻率對於下肢神經肌肉立即性效果。2009 國際生物力學研討會暨臺灣生物力學年度學術研討會海報發表，臺北市。



陳淑枝、陳瑞蓮、黃達德（2009）。提鈴能力表現在舉重選材之研究。運動教練科學，15，33-41。

陳韋翰、鄭維怜、李宜芳、莊榮仁、劉強、相子元（2009）。太極拳原地練習與套路練習的運動強度比較。2009 亞太國際運動生物力學研討會暨臺灣運動生物力學年會海報發表，臺北市。

陳婉菁（2004）。不同震動刺激型態對等長收縮時肌肉活化程度之影響。未出版碩士論文，國立體育學院，桃園縣。

衛志強（1994）。太極拳流派演變過程中的特點與規律。上海體育學院學報，18（4），46-48。

Cardinale, M., & Bosco, C. (2003). The use of vibration as an exercise intervention. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 31, 3-7.

Delecluse, C., Roelants, M., & Verschueren, S. (2003). Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(6), 1033-1041.

De Ruiter, C. J., Van Der Linden, R. M., & Van Der Zijden, M. J. (2003). Short-term effects of whole-body vibration on maximal voluntary isometric knee extensor force and rate of force rise. *European Journal of Applied Physiology*, 88, 472-475.

Eklund, G., & Hagbarth, K. E. (1996). Normal variability of tonic vibration reflexes in man. *Experimental Neurology*, 16, 80-92.

Hagbarth, K. E., & Eklund, G. (1966). Tonic vibration reflexes (TVR) in spasticity. *Brain Research*, 2(2), 201-203.

Husted, C., Pham, L. & Hekking, A. (1999). Improving quality of life for people with chronic conditions: The example of T'ain Chi and multiple sclerosis. *Alternative Therapies in Health Medicine*, 5, 70-74.

Issurin, V. B., & Tenenbaum, G. (1999). Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. *Journal of Sport Sciences*, 17(3), 177-182.

Jackson, S. W., & Turner, D. (2003). Prolonged vibration reduces maximal voluntary knee extension performance in both the ipsilateral and the contralateral limb in man. *European Journal of Applied Physiology*, 88, 380-386.

Lan, C., Chen, S. Y., Lai, J. S. & Wong, M. K. (1999). The effect of Tai Chi on cardiorespiratory function in patients with coronary artery bypass surgery. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(5), 634-638.



- Lan, C., Lai, J. S., Chen, S. Y. & Wong, M. K. (2000). Tai Chi Chuan to improve muscular strength and endurance in elderly individuals: A pilot study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81(5), 604-607.
- Mahieu, N. N., Witvrouw, E., Voorde, D. V., Michilsens, D., Arbyn, V., & Broecke, W. V. (2006). Improving strength and postural control in young skiers: Whole-body vibration versus equivalent resistance training. *Journal of Athletic Training*, 41(3), 286-293.
- Mora, I., Quinteiro-Blondin, S., Perot, C., Isabelle, M., Sylvie, Q. B. & Chantal, P. (2003). Electromechanical assessment of ankle stability. *European Journal of Applied Physiology*, 88(6), 558-564.
- Nazarov, V., & Spivak, G. (1987). Development of athlete's strength abilities by means of biomechanical stimulation method [in Russian]. *Theory Pract Physical Cult (Moscow)*, 12, 37-39.
- Ploutz, L. L., Biro, R. L., Tesch, P. A. & Dudley, G.A. (1994). Effect of resistance training on muscle mass involvement in exercise, *Journal of Applied Physiology*, 76, 1675-1681.
- Riemann, B. L., Demont, R. G., Ryu, K., & Lephart, S. M. (2001). The effects of sex, joint angle, and the gastrocnemius muscle on passive ankle joint complex stiffness. *Journal of Athletic Training*, 36(4), 369-377.
- Rutherford, C. L., Golden, C. L., Harris, R. T. & Dudley, G. A. (1995). Hypertrophy, resistance training and the nature of skeletal muscle activation, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 9, 155-159.
- Warman, G., Humphries, B., & Purton, J. (2002). The effects of timing and application of vibration on muscular contractions. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 37(2), 119-127.
- Wolf, S., Barnhart, H. X., Kutner, N. G., McNeely, E., Coogler, C. & Xu, T. (1996). Reducing frailty and falls in older persons: an investigation of Tai Chi and computerized balance training. Atlanta FICSIT Group. Frailty and Injuries: Cooperative studies of intervention techniques. *Journal of the American Geriatrics Society*, 44(5), 489-497.
- Wu, G. (2002). Evaluation of the effectiveness of Tai Chi for improving balance and preventing falls in the older population-a review. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50(4), 746-754.



- Xu, D. Q., Li, J. X. & Hong, Y. (2005). Effect of regular Tai Chi and jogging exercise on neuromuscular reaction in older people. *Age and Aging*, 34, 439-444.
- Xu, D. Q., Li, J. X. & Hong, Y. (2006). Effects of long term Tai Chi practice and jogging exercise on muscle strength and endurance in older people. *British Journal of Sports Medicine*, 40(1), 50-54.
- Young, D. R. & Jee, S. (1999). The effects of aerobic exercise and T' ai Chi on blood pressure in older people: Results of a randomized trial. *Journal of the American Geriatrics Society*, 47, 277-284.
- Zatsiorsky, V. M. (1995). *Science and practice of strength training*. Champaign, IL, U.S.A.: Human kinetics Books.

投稿日期：99 年 12 月

接受日期：100 年 03 月



Effects of Tai Chi combined with vibration stimulation on neuromuscular adaptation of knee extensor

Ming Sun¹, Chiang Liu¹, Long-Ren Chuang², and Tzyy-Yuang Shiang³

¹Graduate Institute of Sports Equipment Technology, Taipei Physical Education College,

²Department of Chinese Martial Arts, Chinese Culture University,

³ Graduate Institute of Exercise and Sport Science, National Taiwan Normal University

Abstract

Purpose: The study was to investigate the effects of Tai Chi combined with vibration stimulation on maximal isometric contraction, isokinetic contraction, muscle activity, electromechanical delay and rate of force development by playing Tai Chi on the vibration training machine. **Methods:** Forty-eight normal university students were recruited as subjects and randomly assigned to three groups: Tai-Chi-Vibration group, Tai chi group and control group. They were participated training programs for eight weeks, three times a week. Before and after the training, maximal isometric contraction, isokinetic contraction and muscle activity of the knee extensor were measured by Bidex dynamometer, Biopac multi-function signal recorder and bipolar surface electrodes. The collecte data were analyzes by mixed design two-way ANOVA. The level of significance was set at $\alpha = .05$. **Results:** 60°/s isokinetic concentric contraction of Tai-Chi-Vibration group was significantly improved 11.8%. In addition, muscle activity of Tai-Chi-Vibration group in each isokinetic contraction was decreased, but the torque showed a increased trend; There were no significant results in Tai chi group and control group. **Conclusion:** Tai Chi combined with vibration training for eight weeks can significantly improve isokinetic contraction of knee extensor.

Key words: Tai Chi vibration, muscle activity, electromechanical delay, rate of force development, isokinetic contraction

