

被動式下肢推蹬肌力訓練對跆拳道踢擊速度及一般體能之影響-個案研究

Effects of passive leg press training on kicking velocity and physical fitness in elite Taekwondo athlete: A case study

王翔星¹ Hsiang-Hsin Wang 朱木炎¹ Mu-Yen Chu 湯惠婷¹ Hui-Ting Tang

¹國立體育大學技擊運動技術學系 Department of Sport Training Science - Combats, National Taiwan Sport University

投稿日期：2016年8月；通過日期：2016年10月

摘要

前言：本研究揭示我國 2004 年奧運跆拳道第一量級朱木炎選手為強化下肢肌群快速收縮的能力，接受 7 週之被動式下肢推蹬肌力訓練課程後，專項踢擊動作速度及一般體能之增強效果。方法：受試者接受 7 週每週 3 次之被動式下肢推蹬肌力訓練，踏板上下活動頻率設定為 0.5~3.0 赫茲(Hz)，推蹬力量設定為 60%~80%最大自發性等長收縮肌力(MVC)，每次訓練共 8 個組數每組數維持 10~20 秒。以全身反應器、三軸加速規及多頻道訊號擷取系統等儀器擷取四個連續踢擊動作之速度及總合時間進行分析比較。以分段計時器及測力板擷取 60 公尺衝刺及垂直跳之成績。結果：專項踢擊速度部分，左腳下壓踢動作速度進步 0.156 m/s，右腳連續 5 次中端旋踢進步 0.03 秒。左腳連續 5 次中端旋踢進步 0.05 秒。一般體能部分，60 公尺衝刺進步 0.023 秒，下蹲跳則進步 0.02 公尺。結論：接受 7 週被動式下肢推蹬肌力訓練課程後，不僅一般體能之 60 公尺衝刺及下蹲跳獲得增強效果，多數專項動作之踢擊速度亦有進步。被動式下肢推蹬肌力訓練成功強化菁英選手不易突破的高水準肌力，有助於朱木炎選手發揮更快速的踢擊能力。

關鍵字：被動式下肢推蹬肌力訓練、快速肌力、踢擊能力、垂直跳、60 公尺衝刺

壹、緒論

肌力、體能、技術與戰術是所有運動項目奪標的決定因素，缺一不可。「好的技、戰術出現在好的體力之延長線上」，此話一語點破菁英運動員應具備的最基本條件(陳全壽，2014)。眾所皆知，在競爭激烈的競技殿堂上，如何運用科學儀器進行訓練與分析，以突破菁英選手技術、肌力與體能的瓶頸，已成為運動競技場外另一項激烈的競爭。自跆拳道競賽改以電子護具計分後，選手賽場對戰模式改採主動快速踢擊、連續踢擊、衝撞後第二波近身纏鬥踢擊的策略。這些策略與能力的建構除了技能的精進之外，更須強化選手快速且能連續踢擊的肌肉收縮速度。

跆拳道對打項目屬於敏捷的加速運動型態，故其動作經常被要求在極短暫的時間內完成，在賽場上發動攻擊的瞬間肌肉能展現快速的收縮能力即可掌握得分的絕對優勢。此外，所有敏捷的加速運動所需的重要條件是高的動力及快速、加速、無減速的肌肉收縮條件(Newton et al., 1996)。Behm 及 Sale (1993)提出「阻力訓練的速度特殊性」觀點，其表示最大力量及

動力的獲得來自訓練時的速度或接近訓練時的速度。許多運動科學的研究也證實了，選手以較慢的收縮速度訓練，所獲得的最佳力量只出現在較慢的動作中(Komi, 1986；Sale, 1988)。Hakkinen (1993)表示，所有的競技運動選手想要有優秀的動作表現，一致的條件就是肌肉在盡可能最短的時間內產生最大的力量，而這樣的能力必須透過例如彈跳訓練讓肌肉快速收縮的肌力訓練方式，讓肌肉具備高的發力能力。張木山等人(2012)也表示，運動員的跳躍高度代表爆發力優劣，欲達快速的起跳能力則需要有系統的下肢肌力訓練。現階段多數選手所使用的機械式或自由式肌力訓練器確實可讓選手獲得很好的肌力訓練效果，亦可提升肌肉收縮的力量以及爆發力。但是無論是使用機械式或自由式肌力訓練器進行肌力訓練，選手在自主收縮的模式下無法展現極快的肌肉收縮動作，更無法突破既有的肌肉收縮速度模式。此外，若選手想要進行快速且連續的肌肉收縮訓練，在沒有運科儀器的偵測下，自然無法精準掌握訓練當下肌肉收縮的速率。這些問

*通訊作者：王翔星 Email：stat@ntsue.edu.tw

題在 2004 年雅典奧運集訓期間獲得運動科學人員與國家訓練中心跆拳道教練團研討後共同解決。

我國朱木炎選手在基礎肌力建構完備後，利用被動式下肢推蹬肌力訓練器(Passive Leg Press Training Machine 簡稱 PLP 訓練器)進行 7 週被動反覆推蹬肌力訓練，目的是強化朱木炎選手連續快速踢擊的專項能力。PLP 訓練器主要是利用馬達的驅動，由特殊的傳導機構使活動踏板能快速的上下移動，如此能促使站於活動踏板的訓練者，能以突破固有的肌肉收縮速度模式，以及一般肌力訓練方式所無法達到的高頻率反覆動作速率進行訓練，不但能適當的激發更高神經興奮頻率，並強迫訓練者做更快速的收縮；由於肌肉收縮的速度是透過馬達被動的驅動，因而具有控速的功能，可配合肌力訓練不同階段或選手特殊需求進行微調，提供符合實際動作頻率的需求(陳全壽、相子元，1998)。事實上，PLP 訓練自 2000 年起即廣泛應用於競技運動訓練的領域中；溫怡英等人(2002)以 20 名優秀男子跆拳道選手接受 4 週每週 2 次的 PLP 訓練，研究結果顯示受試者之肌力與動力有顯著的進步效果。李雲光等人(2004)以參加第十四屆韓國釜山亞運會之 14 名男籃選手為受試者，經過為期 6 週 PLP 訓練後，在下肢最大肌力與爆發力均有明顯的進步。

因此，研究證實 PLP 訓練可提升優秀選手的肌力與爆發力。有鑑於跆拳道競賽規則之變異(電子護具)，使得踢擊力量已非得分首要，但踢擊速度(特別是連續踢擊速度)仍為得分關鍵。根據上述研究，本研究認為 PLP 訓練對連續踢擊動作速度具有增強效果，並以一般體能(衝刺跑及下蹲跳)佐證 PLP 訓練對於強化肌肉快速收縮之訓練成效。綜合以上，本研究目的在揭示我國跆拳道奧運選手接受 7 週被動反覆推蹬肌力訓練後，透過運動儀器所掌握到的專項踢擊動作速度及一般體能之訓練效果，除讓國人了解 2004 年奧運跆拳道選手所接受的特殊肌力訓練策略外，欲藉此提供一個非常符合當下跆拳道賽場所所需的踢擊能力之肌力訓練方法，或可作為備戰 2017 年台北世界大學運動會以及 2018 年雅加達亞洲運動會之訓練參考依據。

貳、研究方法

一、研究對象

本研究對象為 2004 年雅典奧運會男子跆拳道第一量級選手朱木炎，其年齡、身高、體重分別為：23 歲、173 公分、60 公斤。接受訓練時無肌肉與骨骼相關傷害，且已具備 15 年跆拳道運動經歷。該年度亦已

取得 2004 年希臘世界大學運動會第 3 名及 2004 雅典奧運資格賽(法國巴黎)第 1 名成績。

二、訓練課程

本訓練課程於 2004 年 6 月 29 日至 8 月 14 日進行(共 7 週)。訓練課程每週實施 3 次，訓練前由教練陪同選手於田徑場進行約 30 分鐘之熱身運動，包括 5 至 10 分鐘伸展(動態與靜態伸展交替)、20 分鐘慢跑與漸速跑。完成熱身運動後選手進入肌力與體能訓練中心並由運動科學專家向教練及選手說明訓練課程。本訓練課程於擬訂前進行專項踢擊能力檢測，分析選手連續 5 次旋踢踢擊測試結果發現，選手平均單次踢擊時間為 0.45 秒約為 2.2Hz，故依據漸進超載原則將活動頻率設定為 0.5~3.0Hz，震幅為 11.4 公分。因 PLP 訓練器之活動踏板下裝置壓力計，故可擷取推蹬動作之最大自主等長收縮力量(Maximum Voluntary Contraction, MVC)並即時顯示於力量監控面板(左右腳力量值及整體力量值)，讓選手依訓練課程規範之 MVC% 進行訓練。本訓練計畫下肢推蹬力量前 4 組(set)設定為 60%MVC，後 4 組設定為 70%MVC。推蹬維持時間前 2 組設定為 10 秒，第 3 至第 6 組設定為 15 秒，而第 7、8 組則設定為 20 秒。每一次選手訓練前會先以自覺舒適的 MVC 負荷進行 0.5Hz 及 1Hz 的推蹬速度練習，並在確認身心狀態無疑慮且教練允許下進行訓練，訓練計畫詳如下表：

表一、被動式下肢推蹬肌力訓練課程表

組次	1	2	3	4	5	6	7	8
週次								
第一週	0.5 Hz	0.5 Hz	0.5 Hz	0.5 Hz	1.0 Hz	1.0 Hz	1.0 Hz	1.0 Hz
第二週	1.5 Hz	1.5 Hz	2.0 Hz	2.0 Hz	2.0 Hz	2.0 Hz	2.5 Hz	2.5 Hz
第三週	2.0 Hz	2.0 Hz	2.5 Hz	2.5 Hz	2.5 Hz	2.5 Hz	3.0 Hz	3.0 Hz
第四、五週	2.0 Hz	2.0 Hz	2.5 Hz	2.5 Hz	3.0 Hz	3.0 Hz	3.0 Hz	3.0 Hz
第六、七週	2.0 Hz	2.5 Hz	3.0 Hz	3.0 Hz	3.0 Hz	3.0 Hz	3.0 Hz	3.0 Hz
下肢推蹬力	60% MVC				70% MVC			
持續時間	10 sec		15sec			20sec		

三、檢測項目與方法

(一) 最大自主等長收縮(MVC)

以 PLP 訓練器(裝置壓力計)擷取朱木炎選手之 MVC 力量值。當聽到「GO」的口令後，朱木炎選手

必須盡最大努力向上頂住槓鈴並向下推蹬踏板並維持 5 秒, 向下推蹬之 MVC 力量值由壓力計所偵測並即時顯示於監控面板上, 紀錄此 MVC 力量值作為訓練課程負荷安排之依據。

(二) 專項踢擊動作檢測

本研究之專項踢擊動作測試包括左、右腳 5 次中端旋踢、跑步左腳下壓踢及 360 度右腳旋踢。專項踢擊能力測試於 PLP 訓練課程開始當週及結束後一週內實施。在專項動作測試時, 朱木炎需站立於人型靶前完成備戰準備狀態, 並集中注意力於聲光反應器之光源訊號箱, 當光源訊號箱發出紅色光源訊號時, 朱木炎必須儘速完成所指定的專項動作。踢擊動作之速度擷取部分, 是以全身反應器(Whole Body Reaction Machine)執行同步擷取功能(Trigger), 其光源亦作為攻擊之訊號。將三軸加速規固定於人型攻擊靶背部, 當靶遭踢擊之瞬間, 加速規產生之訊號可作為動作時間之結束點。同時以多頻道訊號擷取系統(Biopac system)擷取全身反應器及三軸加速規之訊號, 並經由 MP-150 將類比訊號轉換成數位訊號。測試時, 量測並記錄受試者攻擊腳(腳食指)至踢擊目標靶中心點之攻擊距離。此距離除以全身反應器及加速規所擷取到的時間, 即可獲得攻擊平均速度 ($Velocity = distance / time$)。連續 5 次中端旋踢動作則記錄光源訊號亮起至第 5 腳踢擊到人型靶使加速規產生訊號之總和時間。本研究中每項專項踢擊動作必須測試 3 次, 每次測試中間休息 30 秒, 而每項動作之間休息 1 分鐘。測試場地及相關儀器如圖 1 所示:



圖 1、測試場地及相關儀器

(三) 一般體能檢測

除檢測專項踢擊動作速度之外, 受試者於專項踢擊測試前 2 小時進行下蹲跳測試及 60 公尺衝刺。下蹲

跳測試時受試者以手插腰膝關節角度呈 180 度自然站立, 聽到「開始」口令後, 下蹲跳至膝關節角度 90 度後迅速跳起, 經由 Kistler 測力版系統(9281B)之軟體擷取跳躍高度。根據自由落體運動 $h=1/2gt^2$, 將騰空時間(選手起跳瞬間測力板產生訊號至落地瞬間測力板產生訊號)除以 2 帶入公式, 可得跳躍高度, 共測試 3 次每次中間休息 30 秒。60 公尺衝刺則於下蹲跳測試後移至田徑場進行, 以分段計時器擷取 3 次 60 公尺衝刺秒數, 每次中間休息 3 分鐘。

四、統計方法

本研究為個案研究, 各項統計數據以平均數、標準差表示, 並以描述性統計以統計表格呈現方式比較受試者接受 PLP 訓練前與訓練後專項踢擊速度與一般體能之增強效果。

參、結果與討論

由表二可知, 朱木炎接受 7 週 PLP 訓練後, 跑步左腳下壓踢動作速度增強 2.68%, 進步 0.156(公尺/秒); 而 360 度右腳中端旋踢則無進步。研究結果亦顯示左、右腳連續 5 次中端旋踢之全程時間表現進步, 右腳連續 5 次中端旋踢後測比前測增強 1.33%, 進步了 0.03 秒; 而左腳連續 5 次中端旋踢後測比前測增強 2.22%, 進步 0.05 秒。

表二、踢擊速度前測與後測比較表

專項動作名稱	前測 M±SD	後測 M±SD	進步百分比
跑步左腳下壓踢(m/s)	5.674±0.08	5.518±0.24	2.68%
360 度右腳中端旋踢(m/s)	4.381±0.06	4.388±0.12	-0.17%
右腳中端 5 次旋踢(s)	2.314±0.03	2.284±0.06	1.33%
左腳中端 5 次旋踢(s)	2.374±0.04	2.321±0.07	2.22%

由表三及可知, 代表速度之 60 公尺衝刺及代表爆發力之下蹲跳表現均有進步, 60 公尺衝刺增強 0.03%, 進步 0.023 秒; 下蹲跳則增強 4.2%, 進步 0.02 公尺。

表三、一般體能前測與後測比較表

動作名稱	前測	後測	進步百分比
	M±SD	M±SD	
60 公尺衝刺(s)	7.57±0.11	7.550±0.10	0.03%
下蹲跳(m)	0.47±0.01	0.496±0.01	4.2%

研究結果顯示，朱木炎接受 7 週 PLP 訓練後，衝刺速度增強 0.03%、爆發力增強 4.2% 且多數測試動作之踢擊速度分比進步 2.68%、1.33% 及 2.22%。朱木炎選手的賽場對戰特色是積極搶攻、動作連續且多波攻擊，左、右腳連續 5 次中端旋踢的增強有助於多波攻擊速度，可製造更多得分機會。換言之，PLP 訓練突破了菁英選手高水準的肌肉收縮速度能力，強化了朱木炎原已具備的快速且連續攻擊的踢擊能力。在 60 公尺衝刺(快速肌收縮)及下蹲跳(爆發力)的增強部分，本研究結果與其他菁英選手透過被動式快縮肌力訓練研究的結果相符合；劉強等人(2015)以 8 位優秀女子排球選手為實驗組實施 4 週被動反覆等速訓練，7 位優秀女子手球選手為對照組實施 4 週傳統半蹲式訓練。研究結果發現實驗組訓練效果顯著優於對照組，且實驗組的菁英排球選手膝伸肌之等長肌力進步 12.24%，120 度/秒等速向心肌力進步 10%，成功強化了菁英排球選手的快速肌力。李雲光等人(2004)以參加第十四屆韓國釜山亞運會之 14 名男籃選手為受試者，經過為期 6 週 PLP 訓練後，下肢爆發力獲得顯著增強效果(進步 19.52%)。以上研究均佐證 PLP 訓練確實可強化菁英選手肌肉快速收縮能力。

競技運動場上速度決定一切，0.1 秒的時間可能就是金牌與銀牌的差距，因此競技運動員的肌力訓練計畫所強調的不只有最大力量的展現，更重要的是肌肉快速收縮的能力。本研究中朱木炎之衝刺速度與爆發力均獲得增強效果，對於跆拳道賽場上快速移動及跳躍攻擊(如：空中雙腳旋踢或跳後踢)有正面的助益。此增強效果與被動驅使肌肉快速收縮的訓練方式有關，Hollmann (1980)認為快速肌力是單位時間內最大限度發揮的力量，運動員如想要有好的速度或爆發力表現，肌力訓練時必須在力量及速度二方面下功夫。Hakkinen(1985)同樣支持這個論點，其表示以重的阻力及慢的收縮速率並不能有效的增進速度與爆發力，因此阻力訓練的方式應以超載的原則讓肌肉訓練的收縮

速度，超出選手固有的肌肉收縮速度頻率。David 等人(2016)的研究也驗證快速肌力訓練能提高足球運動員的速度與爆發力表現，其以 30 名年輕足球運動員為受試者，隨機分配為維持既有模式訓練的控制組(技術、體能與肌力)，及強調高速度收縮阻力訓練的實驗組。研究結果顯示，實驗組之最大肌力、垂直跳高度以及衝刺的速度皆顯著優於控制組。David 等人認為讓運動員的肌肉學會如何在最短時間內產生力量，可讓足球員有快速的移動能力，因此建議所有想展現速度與敏捷技術動作的運動員都應該接受快速收縮的肌力訓練。Liu 等人(2013)以 30 名未經過系統阻力訓練的大學生為受試者，隨機分成傳統阻力訓練組進行頻率 0.5Hz 之下蹲訓練、低頻率(0.5Hz)被動下肢推蹬訓練組、及高頻率(2.5Hz)被動下肢推蹬訓練組。研究結果顯示：傳統的阻力訓練只強化了 30 公尺衝刺速度和峰值力。低頻率被動下肢推蹬組受試者經過訓練後顯著增加垂直跳高度、30 公尺衝刺速度、爆發力和峰值力。而高頻率被動下肢推蹬組受試者經過訓練後顯著增加垂直跳高度、落地反彈跳高度、30 公尺衝刺速度、爆發力、峰值力、SSC 效率，且增強效果顯著優於傳統的阻力訓練組。綜合本研究結果及上述研究可知，需要展現速度與敏捷動作的運動員，應該接受快速收縮的肌力訓練，以增強其專項動作與一般體能之速度與爆發力。

本研究以 PLP 訓練器強化了朱木炎選手的速度、爆發力以及專項踢擊速度能力，可謂一次菁英選手專項與一般體能增強的成功經驗。整體而言，不同種類阻力運用於訓練的方式與動作性質甚異，在各種運動領域均有不同訓練方式與訓練後表現不同的效果(戴一涵等人，2015)。但相關的研究也證實，肌力增加但跑步速度卻不見得相對增加，運動表現無法隨肌力改變而進步的可能原因是阻力訓練時的動作型態沒有接近實際運動的動作型態(張恩崇等人，2015)。PLP 訓練器以高頻率的踏板上下讓選手能以接近真實踢擊的速度進行肌力訓練，掌握了肌力訓練的速度特殊性，並強化的專項踢擊速度的能力。

肆、結論與建議

PLP 訓練器最大的特色是提供訓練者進行連續且快速的肌收縮訓練，並能突破長期建立的肌肉收縮速度模式。本研究之核心本質是一項幫助優秀運動員提升快速肌力水準的訓練課程，企圖讓優秀運動員的專項表現變得更優秀，以提高競技實力。研究結果顯示

多數測試動作之踢擊速度均有進步,合理推論優秀跆拳道選手的身體能力進步空間有限,能夠縮短其專項踢擊速度實屬不易,特別是讓朱木炎征戰各國所累積的得分踢擊能力(連續踢擊能力)進步0.156(公尺/秒)並縮時0.03秒及0.05秒,相信可讓受試者在競技場上,掌握更優勢的賽場主導權。

利用肌力訓練提升競技選手的競技表現已被國內教練與選手肯定與接受。各種的肌力訓練方式與技巧只要選手積極投入訓練均能獲得肌力增強效果;但在微秒必爭的高度競技運動世界中,所追求的是更高的增強效率。本研究所使用的PLP訓練器能有效增強肌肉快速收縮能力,在提升競技運動員肌力水準成效上亦已具數個成功的經驗,可做為企圖突破自我極限的菁英運動員一個優勢的肌力訓練策略。

伍、參考文獻

李雲光、謝素貞、東方介德 (2004)。被動反覆衝擊式訓練對中華男籃選手之最大腿肌力及爆發力之影響。**大專體育學刊**, 6(1), 235-243。

陳全壽、相子元 (1998)。反覆衝擊式肌力增強器對肌力、肌動力訓練效果之探討。1998 國際大專運動教練科學研討會。台北市: 私立中國文化大學。

陳全壽 (2014)。追求卓越的運動表現。**運動表現期刊**, 1(1), 01-06。

莊銘修、張立羣 (2010)。**舉重抓舉之杠鈴運動學分析**。2010 臺灣生物力學學會及臺灣運動生物力學學會聯合年會暨學術研討會&國際運動生物力學研討會。台南市: 臺灣運動生物力學學會。

溫怡英、王宏正、狄昌、蔡昆霖 (2002)。陳氏肌力增強器對跆拳道選手下肢肌力與動力訓練之影響。**大專體育學刊**, 4(2), 109-118。

張榮三、湯惠婷、王翔星 (2005)。2004 年雅典奧運跆拳道選手-朱木炎肌力訓練執行計畫。**國立體育學院論叢**, 16 (3), 176-184。

張木山、連健智、王令儀、廖韋任 (2012)。排球前、後排扣球技術起跳期下肢動作特性之生物力學分析。**體育學報**, 45 (1), 67-78。

張恩崇、侯彥竹、陳梅苓、戴一涵、謝振芳、相子元 (2015)。年長族群之阻力訓練器材選擇依據。

華人運動生物力學期刊, 13(1), 33-39。

劉強、王星翔、相子元、陳全壽 (2010)。四週被動反覆等速肌力訓練對優秀女子選手膝伸肌等速肌力之影響。**華人運動生物力學期刊**, 3, 27-32。

戴一涵、謝振芳、相子元 (2015)。年長族群之阻力訓練器材選擇依據。**運動表現期刊**, 2(1), 01-06。

Behm, D. G., & Sale, D. G. (1993). Velocity specificity of resistance training. *Sports Medicine*, 15(6), 374-388.

David, R. R., Felipe, F. M., Fernando, P. B., Ricardo, M. C., Juan, M., Jose, G. S., & Juan, G. B. (2016).

Effects of 6 weeks resistance training combined with plyometric and speed exercises on physical performance of pre-peak-height-velocity soccer players. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 11(2), 240-246.

Komi, P. V. (1986). Training of strength and power. *International Journal of Sport Medicine*, 7, 10-15.

Hakkinen, K., & Komi, P. V. (1985). The effect of explosive type strength training on electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles during concentric and various stretch-shortening cycle exercises. *Scandinavian Journal of Sport Sciences*, 7, 65-76.

Häkkinen, K. (1993). Changes in physical fitness profile in female basketball players during the competitive season including explosive type strength training. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 33(1), 19-26.

Hollmann, W., & Hettinger, T. (1980). *Sportmedizin-Arbeits- und Trainingsgrundlagen*. Schattauer. Stuttgart, New York.

Liu, C., Chen, C. S., Ho, W. H., Fule, R. J., Chung, P. H.,

& Shiang, T. Y. (2013). The effects of passive leg press training on jumping performance, speed and muscle power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1479-1486.

Newton, R. U., Kraemer, W. J., Hakkinen, K., Humphries, B. J. & Murphy, A. J. (1996). Kinematic, Kinetic, and muscle activity during explosive upper body movements. *Journal of Applied Biomechanics*, 12(1), 31-43.

Sale, D. G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20, S133-S145.