

彈震式阻力訓練之應用與效益

蘇振忠 新北市立山佳國民小學總務處事務組長

前言

Zehr and Sale (1994) 認為彈震式動作 (ballistic movement) 是指表現最大速度及加速度的動作，其特性包括高肌肉激發頻率 (high firing rates)、短收縮時間 (brief contraction times) 及高發力率 (high rate of force development)。此類動作與過去一般人所從事的漸緩式收縮動作 (slower ramp movements) 有所不同，它是開放式的表現及包含周遭知覺中樞的回饋，是在輕負荷條件下盡可能以最大速度將重物拋出去，以避免動作有減速的情況發生，這種快速及動作全程加速性的肌力訓練方式，能有效的增進神經肌肉功能，例如運動單位徵召的變化、運動單位的同步性、神經傳導的速率、伸展反射能力等 (王翔星、劉強，2000)。

爆發力 (power) 是跑、跳、投擲等基本運動的主要能力，它所呈現出的力量和速度代表著彈跳、踢擊或投擲等運動項目表現的優劣，同時它也是評估和量化生理表現的方式之一，對短時間高強度的運動是很重要的 (教育部，1984)。而彈震式阻力訓練所呈現的快速及動作全程加速性的肌力訓練方式與爆發力所要表現出的特質是相似的。本文的目的在探

討彈震式阻力訓練之理論基礎與訓練原則，以了解彈震式阻力訓練對爆發力訓練之應用與效益。

彈震式阻力訓練之理論基礎

彈震式阻力訓練 (ballistic resistant training) 是改善動力輸出的訓練方法，結合了增強式訓練中，伸展縮短循環 (stretch-shortening cycle, SSC) 的特性和傳統阻力訓練如腿部和仰臥推舉，以較輕的阻力負荷 (30-50%1RM)，在動作範圍內盡最大速度克服阻力，最後將阻力負荷釋放，避免有減速的情況發生，這種快速及動作全程加速的阻力訓練方式，能有效增進神經肌肉功能，譬如運動單位招募及神經傳導性加強等，對動力輸出能力提升有很大的效果 (王嘉吉、張嘉澤，2007b)。彈震式阻力訓練增加動力輸出的生理機制在於神經激發頻率與肌肉的活化現象、肌肉彈性能的運用、運動單位的徵召及神經肌肉適應。以下將逐項對其機轉進行探討：

神經激發頻率與肌肉的活化現象

彈震式阻力訓練擁有短暫的極高激發頻率。Grimby, Hannerz, and Hedman (1981) 指出神經的激發頻率愈高，則力量

愈大，當激發頻率為50Hz時，肌肉可產生最大的等張力量，此時肌力處於高原狀態，無法再增加力量，但卻對肌肉的收縮速度非常有利（引自王翔星、劉強，2000）。在動作時，肌肉的肌電訊號顯示出三相現象（triphasic pattern）之肌電特徵（Angle, 1974），亦即在肌肉電位變化上表現出作用肌先活化，接著顛抗肌活化，隨後又是作用肌第二次活化的現象，這樣的現象提供彈震式收縮時增加發力率及肢體的最大速度（王翔星、劉強，2000）。

肌肉彈性能的運用

肌肉收縮的元素是肌纖維，而肌肉是由許多不同彈性係數之肌纖維彈性串聯（如肌腱等）和並聯（如肌膜等結締組織）所構成，當肌肉離心收縮時，伸展了這些彈性成份而儲存大量能量，以提供快速向心收縮時所運用。彈震式阻力訓練則運用彈震式動作的特性以快速的肌肉收縮方式，經骨骼肌快速延展，彈性能被儲存，應用在隨後的快速且無減速期的收縮（王嘉吉、張嘉澤，2007a）。

運動單位的徵召

舉重選手會在上場比賽前試舉高負荷重

量，這種以增加負荷量的方式達到最佳肌力表現之效果，若從肌肉神經系統觀點來看，運動單位徵召的順序是從小的、閾值低的慢縮肌運動單位開始徵召，然後再徵召大的、高閾值的快縮肌運動單位，這就是所謂大小原則（size principle）。

有關彈震式動作運動單位徵召的方式，目前仍各有不同的研究見解。Desmedt（1981）認為其徵召應遵循大小原則，但在力量的徵召閾值，已知數量的運動單位明顯減少（王翔星、劉強，2000）。Grimby and Hannerz（1977）指出身體的感覺受納器，在接受彈震式動作訓練的刺激時，可在最短的時間內徵召大量運動單位及肌纖維來同時收縮以產生最大動力。

神經肌肉適應

彈震式的訓練是藉由間歇性高頻率（100Hz）的肌肉刺激，使能產生非常獨特的神經肌肉適應，甚至肌纖維形態的變化（王翔星、劉強，2000）。Jansson, Esbjornsson, Holm, and Jacobs（1990）曾指出以高強度的訓練方式，也許可能達到肌纖維形態轉變的可能。他們讓受試者做6週的反覆溫蓋特（Wingate）30-sec 衝刺訓練，

觀察到type II 肌纖維顯著的增加（引自王翔星、劉強，2000）。Hakkinen and Komi（1986）則在比較爆發力訓練與重阻力訓練的結果發現到爆發力訓練後能使力量產生的時間縮短，這顯示特殊高速度訓練的適應性（引自王翔星、劉強，2000）。Zehr and Sale（1994）認為，彈震式阻力訓練能影響人體運動神經興奮的能力，能增加喚醒運動單位的能力，使收縮時產生運動單位的同步性結果，這對需要在短時間內產生快速肌力的運動項目而言，有非常大的益處（引自王翔星、劉強，2000）。

彈震式阻力訓練之訓練原則

Behm（1995）指出彈震式阻力訓練能提升運動單位的喚起活化率、加強神經反射及減低顫抗肌的抑制，使運動員獲得更高的發力率，是一種理想的動力訓練方式。此種訓練方式以伸展縮短循環理論為訓練基礎，訓練時會有高強度的離心收縮，因此，訓練時須遵守下列幾項原則：

建立基本肌力：為避免在快速的伸展縮短循環動作時受傷的發生，須先建立基礎的肌力加強肌肉、肌腱、韌帶、軟骨和骨骼接受高壓力的承受能力。

速度及阻力的配合：彈震式阻力訓練的訓練負荷，通常以30~50% 1RM來作為參考值，但如發生訓練時無法表現出速度（慢速

或減速）則必須減輕阻力的負荷（王翔星，2000）。

適當的頻率與休息：彈震式動作要求每次動作都是盡最大能力執行，故須避免高頻率的訓練而導致無法及時恢復肌力，而造成訓練效果不彰，所以每個動作與動作間的時間頻率，要考量運動員的肌力是否能完成所有動作來量制，組間（set）也必須有充分的休息，避免運動員在疲勞狀態下進行訓練（王嘉吉、張嘉澤，2007a）。

足夠的熱身活動：彈震式阻力訓練前，須確實做好全身熱身及訓練部位的伸展操，且在執行預先設定的訓練負荷前，先以較輕的負荷、慢速度練習欲訓練的動作型態，增加主要訓練肌群的熟悉度。

彈震式阻力訓練之應用與效益

Newton, Kraemer, Hakkinen, Humphries and Murphy（1996）學者們的研究發現彈震式訓練在原地跳躍（雙腳起跳）與三步助跑跳躍（單腳起跳）高度的進步明顯優於力量漸增式訓練。他們以16位美國大學NCAA I組的排球選手為受試者，於年度訓練計畫之季外期實施8週阻力訓練，並以隨機分配方式區分為彈震式訓練組及力量漸增式訓練組。力量漸增式訓練組實施蹲舉與膝伸展動作的訓練，重量負荷設定為6RM，每個動作實施3個組數。彈震式訓練組實施蹲跳訓練，重量

負荷設定為30%、60%及80%1RM，每1個負荷實施2個組數。

Hammett and Hey (2003) 的研究證實了彈震式阻力訓練對速度與爆發力的增強效果，因此訓練時動作執行的速度是關鍵因素。他們在實驗中讓兩組受試者（短跑選手）在季外時期接受阻力訓練，實驗組的訓練混合強調動作速度的彈震式訓練，對照組則進行傳統的阻力訓練。季外期結束後，兩組均開始4週密集的阻力訓練，實驗組以彈震式進行訓練，而對照組依舊實施傳統的阻力訓練。實驗結果顯示，實驗組40碼衝刺的進步顯著優於對照組。

McEvoy and Newton (1998) 的研究發現棒球投手在利用彈震式阻力訓練後，球速明顯增加，他們的研究中是以18名職業球員分成實驗及控制兩組，實驗組在球季前10週訓練週期中加入仰臥推舉與蹲踞跳兩種彈震式阻力訓練，訓練後實驗組投手投球球速明顯提升2%。球速增加主要在於肌力的動力輸出增加、在整個動作範圍中的發力率提高、神經肌肉適應和肌肉收縮時SSC的改善。

王翔星 (2000) 的研究則發現彈震式阻力訓練對跆拳道選手爆發力水準的提升優於傳統漸進式阻力訓練。他在研究中將12名跆拳道選手隨機分配為實驗組及對照組，分別實施為期6週、每週2次之彈震式及漸進式下肢仰臥推蹬阻力訓練，並以下肢最大肌力、垂直跳、立

定3次跳與30公尺衝刺跑表現作為訓練前、後測之比較值，以分析比較彈震式及漸進式訓練對最大肌力與爆發力增強效果之差異。

由以上幾個研究結果可看出彈震式阻力訓練對運動表現的跑跳、投擲或踢擊等動作均比傳統阻力訓練較有其效益，也可看出彈震式阻力訓練在器材限制不多、訓練方法也多樣化，只要利用適度的負荷來做快速度無減速的開放訓練動作即為彈震式阻力訓練。除此之外，還可運用藥球或部分重量訓練器材來實施彈震式阻力訓練，如楊明達、詹貴惠 (2006) 的研究中發現8週的藥球訓練能有效的提升棒球運動員之投球表現。研究中以14位高中棒球運動員為受試者，分藥球組及控制組，藥球組除正常的棒球訓練外，另外進行每週3次、持續8週的增強式及彈震式藥球訓練，藥球重量為5、6、7、8公斤，每2週換一個重量，持續往上遞增，訓練動作包含坐姿過頂拋球、前彎擺舉、伏臥舉體、轉體、直膝前轉體及兩人仰臥起坐傳球等，每個動作完成10次為1組，組間休息30秒；控制組除正常的棒球訓練和體育課外，不再其他的運動訓練，以探討藥球訓練對棒球運動員之棒球擲遠距離、球速及折返跑時間之影響。王翔星 (2000) 的研究中有自行研發能裝置於CYBEX仰臥推蹬機上，讓運動員能以最大努力將踏板及負荷推蹬出去後，使踏板及負荷能卡在零速度點上之彈震式負荷驅動器，進行6週的阻力訓練，訓練強度以輕負

荷（35-55%1RM），進行3組無減速彈震式推蹬動作，1至3組負荷逐步往上增加，每組動作次數則由6次逐步減少至4次，組間休息3分鐘，不過在功能仍不夠完善，因在負荷制動器卡住踏板後，欲解除制動時必須將踏板再向上推一下，方能使踏板下滑，如此將必須在訓練機旁多安排2人協助解除制動，實不合乎經濟效益。

結語

爆發力的優異是運動競賽勝敗的關鍵因素之一，其方程式定義為力量乘上速度。而彈震式阻力訓練強調的是訓練時速度與力量的配合，在設定好動作的模式後，以不同的負荷來全力將負荷拋出的開放式訓練，和多項運動競技的動作模式相符，且其具有高神經激發頻率及作用肌二次活化、肌肉彈性能的儲存、運動單位同步徵召及神經肌肉的高速度適應等生理機制的反應，可見彈震式阻力訓練適合排入選手們的肌力訓練處方。未來仍須更多的研究證實彈震式阻力訓練的效益，並深入探討其適合的負荷（30-50%1RM）區間中，以不同的負荷均以最快速度動作將負荷拋出，分析不同負荷其對爆發力訓練效果之關係，讓教練和選手訓練時有所依據。另對於較缺乏肌力訓練基礎的家庭主婦或銀髮族，是否用較輕重量，也可以達到訓練肌力的效果，也是未來可以探究的方向。

參考文獻

- 王翔星（2000）。彈震式與漸進式阻力訓練對跆拳道選手下肢爆發力之效果比較。未出版碩士論文，國立體育大學，桃園縣。
- 王翔星、劉強（2000）。彈震式阻力訓練之簡介。大專體育，48，137-143。
- 王嘉吉、張嘉澤（2007a）。彈震式阻力訓練在提升棒球投手球速上之應用與效益。大專體育，88，25-29。
- 王嘉吉、張嘉澤（2007b）。伸展縮短循環理論應用在棒球運動訓練上之應用效益。大專體育，91，22-29。
- 楊明達、詹貴惠（2006）。藥球訓練對棒球投手投球表現及敏捷性影響。運動生理暨體能學報，5，149-156。
- 教育部（1984）。體育大辭典。台北：作者。193、227。
- Angle, R. W. (1974). *Electromyography during voluntary movement: The two-pattern. Electromyography and Clinical Neurophysiology*, 36, 493-498.
- Behm, D. G. (1995). Neuromuscular implications and applications of resistance training. *Journal of Strength and Conditions of Resistance Training*, 9 (4), 264-274.

- Grimby, L., & Hannerz, J. (1977) . Fring rates of recruitment order of toe extensor motor units in different modes of voluntary contraction. *Journal of Physiology*, 264, 867-875.
- Hammett, J. B., & Hey, W. T. (2003) . Neuralmuscular adaptation to short-term (4Weeks) ballistic training in trained high school athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17, 556-560.
- McEvoy, K. P., & Newton, R. U. (1998) . Baseball throwing speed and base running speed: The effect of ballistic resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12 (4) , 216-221.
- 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.
- Zehr, E. P., & Sale, D. G. (1994) . Ballistic movement: Muscle activation and neuromuscular adaptation. *Canada Journal of Apply Physiology*, 19 (4) , 363-378.

