

# 震動訓練對肌力和爆發力的效果

許 加／國家運動訓練中心

王信淵／國立臺灣體育學院

## 摘 要

根據目前的研究發現，震動訓練搭配阻力訓練比單獨採用阻力訓練，可以更有效增進肌力和爆發力，而且不管是單次震動訓練或是長期震動訓練都同時具有增進肌力和爆發力的效果，不過很明顯的，震動訓練的效果會受到震動訓練的參數所影響，包括震幅、頻率，此外所搭配的阻力訓練強度、訓練量，也都是影響的原因之一。肌肉被活化的程度取決於震動訓練的震幅和頻率，目前的研究指出，最適當的振動頻率為 30-50Hz，至於震幅方面，目前並沒有一個最適當的參考值，不過可以知道的是，太低的震幅可能無法達到震動訓練的效果。震動訓練搭配高強度的阻力訓練，可以更有效的增進肌力和爆發力，而且優秀運動員接受單次震動訓練後的效果又比一般人好。未來，若能將震動訓練做為舉重運動的一種輔助訓練，可能有助於增進舉重運動員的運動成績。

**關鍵詞：**震動訓練、肌力、爆發力、舉重

---

主要聯絡人：許加 813 高雄市左營區中海路 1 號 運科組

Tel : 0922-100777 e-mail : sgi\_muscle@yahoo.com.tw

## 壹、前 言

對競技運動來說，肌力和爆發力是決定運動表現的重要因素。長久以來運動員藉由阻力訓練，來提升肌力和爆發力 (Fleck & Kraemer, 1997)。直到 1987 年，俄國的科學家 Nazarov 首先將震動的刺激 (vibration stimulation) 和阻力訓練結合 (Nazarov & Spivak, 1987)，結果發現可以增加肌力和爆發力，後來這種訓練方式就稱為震動訓練 (vibration training)。目前震動訓練，可以透過一個機械平台，產生全身的震動，稱為全身震動訓練 (Whole-Body vibration training)，這種機器已商業化，各種品牌皆源自歐洲，其中包括 (Nemes<sup>®</sup>，荷蘭；Galileo<sup>®</sup>，德國；Power-Plate<sup>®</sup>，荷蘭)。

早期震動訓練是用於物理治療，近年來有許多文獻在探討震動訓練對肌力和爆發力的影響，本文將根據已發表的文獻，分析震動訓練在單次訓練後的效果，

及長時間訓練後所產生的適應，並探討震動訓練在競技運動上的應用。

## 貳、震動訓練對肌力和爆發力的效果

### 一、震動訓練在單次訓練後的效果

Torvinen 等 (2002)，讓 16 位未經訓練的受試者接受 4 分鐘的震動訓練 (震幅 4mm；頻率 15-30Hz)，訓練後 2 分鐘測量反向垂直跳 (counter-movement jump) 的高度，結果發現效果震動訓練組比控制組來的高 (2% vs 0%； $p < .05$ )，但是在訓練後 60 分鐘測量，則兩組沒有顯著差異。Torvinen 等 (2002b) 在另一個實驗中，讓 16 位未經訓練的受試者一樣接受 4 分鐘的震動訓練 (但是震幅較小為 1mm；頻率 25-40Hz)，訓練後不管是 2 分鐘或是 60 分鐘，震動訓練組和控制組的反向垂直跳高度皆沒顯著差異。這兩個實驗結果顯示，單次震動訓練後的殘餘作用 (acute residual effect) 能夠增進動態收縮 (dynamic contraction) 的運動表現，但是這個作用只存在訓練後 2 分鐘，訓練後 60 分鐘則沒有效果。此外，震動訓練的震幅和持續時間，必須達到足夠的強度，才能夠產生訓練效果。

表一、單次震動訓練後的殘餘作用對運動表現的影響

參考文獻	受試者	震動參數				神經肌肉運動表現的變化			
		方法 (位置)	震幅 (mm)	頻率 (Hz)	運動	持續 時間 (min)	肌肉收 縮模式	震動訓練後 距離檢測的 時間(min)	運動表現測量
Issurin and Tenebaum, (1999)	28 T 男 14 = 優秀選手 14 = 業餘選手	手部	0.3-0.4	44	肱二頭肌彎舉	0.1	肱二頭 肌彎舉	0	優秀選手: 爆發力 5%↑NS 業餘選手: 爆發力 2%↑NS
		控制組	NA	NA	肱二頭肌彎舉	0.1	肱二頭 肌彎舉	0	優秀選手: 爆發力 1%↓NS 業餘選手: 爆發力 3%↓NS
Rittweger et al.(2003)	19 UT (10 女·9 男)	全身震 動訓練	6	26	於平板上負重 蹲舉	5.8	連續跳	0 10	高度 (NSC) 高度 (NSC)
		控制組	NA	NA	於平板上負重 蹲舉	8.6	連續跳	0 10	高度 (NSC) 高度 (NSC)
Torvinen et al.(2002a)	16 UT (8 男·女)	全身震 動訓練	4	15-30	於平板上執行 低強度運動	4	反向 垂直跳	2 60	高度 2.2%↑* 高度 1.9%↓(NSC)
		模擬訓練	NA	NA	於平板上執行 低強度運動	4	反向 垂直跳	2 60	高度 0%↑ 高度 2.2%↓
Torvinen et al.(2002b)	16 UT (8 男·女)	全身震 動訓練	1	25-40	於平板上執行 低強度運動	4	反向 垂直跳	2 60	高度 2.2%↑(NSC) 高度 4.0%↓(NSC)
		模擬訓練	NA	NA	於平板上執行 低強度運動	4	反向 垂直跳	2 60	高度 0%↑ 高度 3.5%↓

T: 受過訓練者; UT: 未受訓練者; NA: 無法提供; NS: 未達顯著差異; NSC: 和控制組比較未達顯著差異;  
\*: 和控制組比較達顯著差異

## 二、長期震動訓練後所產生的適應

關於長期震動訓練對等長肌力影響的研究，Delecluse, Roelants, and Verschueren (2003)，進行 12 週的全身震動訓練，結果腿部伸展的最大自主收縮 (maximal voluntary contraction) 能力增加 16.6%，達顯著差異，而控制組只增加了 5%，無顯著差異；但是 de Ruiter, Van Raak, Schilperoort, Hollander, and de Haan (2003) 的研究卻發現，11 週的全身震動訓練，控制組和震動組兩組間腿部伸展的等長肌力 (isometric strength) 並沒有差異。關於震動訓練的參數方面，前者的頻率是 35-40Hz，震幅為 1.25mm，後者的頻率是 30Hz，震幅為 4mm。顯然震動訓練在這兩個實驗中，足以對肌肉產生作用，因此造成不同實驗結果可能是因為所搭配的運動訓練方式不同。在 Delecluse 等人的研究中，受試者站在震動訓練機的平台，進行動態收縮和等長收縮，包括深蹲 (deep squat)、寬步距蹲舉 (wide-stance squat)、單腳蹲舉 (one-legged squat) 和弓箭步 (lunge)。相對的，de Ruiter 等人的研究中，受試者只有站在震動訓練機的平台，然後膝關節角度維持在 110°。因此，Delecluse 等人的訓練強度明顯較高。此外，Delecluse 等人的實驗是採用漸進式增加訓練時間，由起初持續 3min 到實驗快結束時增加到 20min，而 de Ruiter 等人的實驗起初持續 5min，最後實驗結束時只延長到 8min，由以上的結果得知，長時間的震動訓練所產生的效果，可能和搭配的訓練強度、訓練量等，有很大的相關。Issurin, Liebermann, and Tenebaum (1994)，讓未經訓練的受試者，進行 3 週坐姿二頭肌彎舉的震動訓練，其中震動訓練的震幅為 4mm，頻率為 30Hz，阻力訓練的強度為 80-100% 1RM (repetition maximum)，共 6 組，每週訓練三次，結果阻力訓練加震動訓練組的肱二頭肌最大肌力進步幅度顯著高於單純的阻力訓練組 (49.8% vs. 16%)。相較於 Delecluse 等人和 de Ruiter 等人的研究，Issurin 等人的訓練時間最短 (12 週 vs. 11 週 vs. 3 週)，但是受試者最大肌力增加的幅度卻是最大，這個結果可能和之前提到的原因相同，即震動訓練搭配高強度的阻力訓練，肌力方面可能獲得更大的進步。

表二、長期震動訓練對肌力和爆發力的影響

參考文獻	受試者	震動參數				神經肌肉運動表現的變化		
		方法 (位置)	震幅 (mm)	頻率 (Hz)	運動	持續時間	運動表現測量方式	測量結果
De Ruiter et al.(2003)	10 UT (6男,4女)	全身震 動訓練	4	30	站立於平板上 (膝關節維持在 110°)	5組 60秒; 8組 60秒, 每週3次, 共11週	反向垂直跳	高度: 3.0%↑NS
		控制組	NA	NA	站立於平板上 (膝關節維持在 110°)	5組 60秒; 8組 60秒, 每週3次, 共11週	反向垂直跳	高度: 3.0%↑NS
Delecluse et al.(2003)	20 UT 女	全身震 動訓練	1.25-2.5	35-40	站立於平板上,並 執行動態膝關節 伸展動作	每次 3-20分 每週3次,共 12週	等速膝關節伸展(100°/秒) 反向垂直跳 彈震式(ballistic)膝關節 伸展 (阻力:0%,20%,40%, 60%,最大等長肌力)	最大肌力: 9%↑ 高度:7.6%↑ 最大速度:0% NS
		控制組	可忽略		站立於平板上,並 執行動態膝關節 伸展動作	每次 3-20 min 每週3 次,共12週	等速膝關節伸展(100°/秒) 反向垂直跳 彈震式(ballistic)膝關節 伸展 (阻力:0%,20%,40%, 60%,最大等長肌力)	最大肌力: 3%↑NS 高度:0% NS 最大速度:0% NS
Issurin et al.(1994)	10UT 男 8UT 男	手部	0.3-0.4	44	坐姿肱二頭肌彎 舉(80-100% 1RM)	6組,每週3 次,共3週	坐姿肱二頭肌彎舉	最大肌力: 49.8%↑**
		控制組	NA	NA	坐姿肱二頭肌彎 舉(80-100% 1RM)	6組,每週3 次,共3週	坐姿肱二頭肌彎舉	最大肌力: 16%↑**

T: 受過訓練者; UT: 未受訓練者; NA: 無法提供; NS: 未達顯著差異;  
\*: 和控制組比較達顯著差異; +: 和訓練前比較達顯著差異

## 參、震動訓練的參數對神經肌肉運動表現之影響

在增進神經肌肉的運動表現方面，不管是長期或單次訓練，其震動訓練的參數(包括震幅、頻率、震動方式)及所搭配的運動處方(運動強度、運動量)，皆會影響震動訓練的效果。

Torvinen 等 (2002) 和 Torvinen 等 (2002) 的研究中，分別採用不同的振幅訓練(4mm; 1mm)，結果採用較大震幅的實驗受試者在 4 分鐘的震動訓練過程中，其受試者比目魚肌和股外側肌的平均功率肌電訊號(mean power frequency of EMG, EMG<sub>mpf</sub>)皆顯著下降(比目魚肌: 18.8%; 股外側肌: 8.6%)，而且在最初的 1min 到 4min，比目魚肌的肌電訊號增加了 21.6%。然而採用較小震幅的實驗，其受試者不管是在比目魚肌或股外側肌，其肌電訊號的參數皆沒有明顯變化；運動表現方面，單次震動訓練後所殘留的效果，只存在於較大震幅的研究中(4mm)，震動訓練組相對於控制組其最大自主收縮能力及垂直跳的高度皆有

顯著差異。Luo, McNamara, and Moran (2005) 認為，不管是單次訓練或是長期的訓練，爲了超越活化肌肉的閾值，震動訓練的震幅必須達到足夠的強度。但是目前並沒有研究專門針對這個問題進行探討。

## 二、震動訓練的頻率

Kihlberg, Attebrant, Gemne, and Kjellberg (1995) 針對不同的頻率，探討震動訓練的效果，受試者站立於震動平台上，進行肱三頭肌伸展的等長肌力訓練，震動平台的震動頻率分別爲 50Hz 和 137Hz，結果發現在前臂伸肌、前臂屈肌和肱三頭肌的肌電訊號增加的幅度，兩種頻率皆顯著高於控制組，但 50Hz 又比 137Hz 增加得多（前臂屈肌 83.3% vs. 40%；前臂伸肌 45.5% vs. 27.3%）。而且，在肱三頭肌的積分肌電訊號 (integrated EMG, IEMG) 增加幅度上，只有 50Hz 達到顯著差異；在 Jackson and Turner (2003) 對股四頭肌進行 30min，頻率分別爲 30Hz 和 120Hz 的震動訓練，並在單次訓練後測試腿部伸展的最大自主收縮能力，結果發現 30Hz 的肌力下滑程度明顯高於 120Hz，這顯示在較低的震動頻率下 (30Hz)，可能對肌肉的活化程度最大，進而產生較大的肌肉疲勞。根據以上兩篇文獻的結果，較低的震動頻率可能可以產生較好的訓練效果，但是也不宜使用太低的頻率，Mester, Spitzenpfel, and Yue (2002) 建議使用全身震動訓練時，頻率應該避免小於 20Hz，以防止身體產生共振而造成傷害。綜合以上的結論，震動訓練的頻率設定在 30-50Hz，可能可以產生最大的訓練效果 (Luo 等, 2005)。

## 三、震動源和肌肉相對位置的關係

在全身震動訓練的研究方面，Torvinen 等 (2002) 發現，實驗受試者在 4 分鐘的震動訓練過程中（震幅 4mm；頻率 30Hz），比目魚肌 EMG<sub>mpf</sub> (18.8%) 明顯下降得比股外側肌 (8.6%) 還多，同樣的，Kihlberg 等 (1995) 使用頻率爲 137Hz 的震動訓練時，前臂屈肌和前臂伸肌的 IEMG 有顯著增加，但是肱三頭肌則沒有顯著改變，由以上兩個結果顯示，使用全身震動訓練時，越接近震動源的肌群，肌肉被活化的程度也越大。

## 肆、震動訓練在競技運動上的應用

在肌力訓練的初期，肌力的增加主要來自於神經系統的適應，數個月之後，肌肉肥大的適應則是肌力增加的主要原因，但是隨著訓練時間的增加，優秀運

動員在神經系統或肌肉肥大的效益都會越來越少 (Sale, 1988)。由目前的研究結果顯示，優秀的運動員將阻力訓練搭配震動訓練，將可以更有效增進肌力 (Issurin & Tenebaum, 1999)。Delecluse, Roelants, and Merschueren (2003) 認為，長時間全身震動訓練能增進肌力和爆發力的原因，主要是由於神經系統的適應而非肌肉肥大的適應，雖然詳細的機轉目前仍然不清楚，但是這種訓練法對於需要高度相對肌力的體重分級項目，例如：舉重，可能有很大的幫助。此外，不管是單次訓練後的殘餘效果 (Torvinen 等, 2002)，或是長時間訓練後的適應 (Delecluse 等, 2003)，震動訓練皆可以增加反向垂直跳的高度。反向垂直跳的高度是評定運動員下肢爆發力的指標之一，Canava, Garret, and Armstrong (1996) 認為，垂直跳的動作和舉重動作，如抓舉 (snatch)、挺舉 (clean & jerk) 等，在生物力學上具有很大的相似，Carlock 等 (2004) 研究中指出，64 位美國國家級舉重選手在反向垂直跳所測得的爆發力峰值 (peak power)，和選手的抓舉、挺舉最佳成績有非常高的相關 (抓舉：0.93；挺舉：0.91)，綜合以上結果，若將震動訓練作為舉重選手的一種輔助訓練，或是將震動訓練搭配深蹲、前蹲、架上挺舉和硬舉等輔助動作，可能有助於增進舉重選手的運動成績。

## 伍、結語

根據目前的研究指出，不管是單次或長期的震動訓練都能有效增進肌力和爆發力，然而震動訓練的效果會受到震動參數 (如：震幅、頻率) 及所搭配的訓練處方 (訓練強度、訓練量) 所影響，由於優秀運動員接受單次震動訓練的效果比一般人來的好，同時目前研究也發現震動訓練可以明顯增進下肢爆發力的運動表現，因此若將震動訓練作為舉重選手的一種輔助訓練，可能有助於增進舉重選手的運動成績。

## 引用文獻

- Canavan, P. K., Garret, G. E., & Armstrong, L. E. (1996). Kinematic and kinetic relationships between an Olympic-style lift and the vertical jump. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10, 127-130.
- Carlock, J. M., Smith, S. L., Hartman, M. J., Morris, R. T., Ciroslan, D. A., Pierce, K. C., et al. (2004). The relationship between vertical jump power estimates and

- weightlifting ability: A field-test approach. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18, 534-539.
- Delecluse, C., Roelants, M., & Verschueren, S. (2003). Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35, 1033-1041.
- de Ruiter, C. J., Van Raak, S. M., Schilperoort, J. V., Hollander, A. P., & de Haan, A. (2003). The effects of 11 weeks whole body vibration training on jump height, contractile properties and activation of human knee extensors. *European Journal of Applied Physiology*, 90, 595-600.
- Fleck, S. J., & Kraemer, W. J. (1997). *Designing resistance training programmes (2nd ed.)* Champaign, IL: Human Kinetics.
- Issurin, V. B., Liebermann, D. G., & Tenebaum, G. (1994). Effect of vibratory stimulation training on maximal isometric contractions. *Journal of Sports Science*, 12, 561-566.
- Issurin, V. B., & Tenebaum, G. (1999). Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. *Journal of Sports Science*, 17, 177-182.
- Jackson, S. W., & Turner, D. L. (2003). Prolonged muscle 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.
- Kihlberg, S., Attebrant, M., Gemne, G., & Kjellberg, A. (1995). Acute effects of vibration from a chipping hammer and a grinder on the hand-arm system. *Occupational and Environmental Medicine*, 52, 731-737.
- Luo, J., McNamara, B., & Moran, K. (2005). The use of vibration training to enhance muscle strength and power. *Sports Medicine*, 35, 23-41.
- Mester, J., Spitzenfeil, P., & Yue, Z. Y. (2002). Vibration loads: Potential for strength and power development. In P. V. Komi (Ed.), *Strength and Power in Sport (pp. 488-501)*. Oxford: Blackwell.
- Nazarov, V., & Spivak, G. (1987). Development of athlete's strength abilities by means of biomechanical stimulation method. *Journal of Theory and Practice Physical Culture*, 12, 37-39.

- Rittweger, J., Mutschelknauss, M., & Felsenberg, D. (2003). Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise. *Clinical Physiology and Function Imaging*, 23, 81-86
- Sale, D. G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20, S135-S145.
- Torvinen, S., Kannu, P., Sievanen, H., Jarvinen, T. A., Pasanen, M., Kontulainen, S., et al. (2002). Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance: Randomized cross-over study. *Clinical Physiology and Function Imaging*, 22, 145-152.
- Torvinen, S., Sievanen, H., Jarvinen, T. A., Pasanen, M., Kontulainen, S., & Kannus, P. (2002). Effect of 4-min vertical whole body vibration on muscle performance and body balance: A randomized cross-over study. *International Journal of Sports Medicine*, 23, 374-379.