

## 不同負重對蹲踞跳的影響 Effects of Different Loadings on Squat Jump

李書維

Lee Su Wei

黎明技術學院

Lee-Ming Institute of Technology

### 摘要

本研究的目的是在探討五種不同重量(0,5,10,15,20kg)負重對蹲踞跳動作的影響，了解不同負重訓練對下肢有最佳的運動表現。研究對象以 10 名有規律的運動習慣的大學一年級男生，身高： $173.25 \pm 7.27$  公分，年齡： $21.30 \pm 1.71$  歲，體重： $72.14 \pm 15.22$  公斤。利用一台測力板(Quattro Jump, Kistler)，擷取頻率為 500Hz，記錄垂直方向的地面垂直反作用力。統計方法採用重複量數單因子變異數分析 ( $\alpha = .05$ )，達到顯著差異時再以 LSD 做事後比較。最大力量和最大輸出功率的力量均隨著負重重量的增加而增加( $P < .05$ )。最大輸出功率的速度、最大速度、推蹬離地的速度均隨著負重重量的增加而減少( $P < .05$ )。本研究指出增加負重的過重會影響蹲踞跳的最大表現。

**關鍵詞：**負重、蹲踞跳

### Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of different loads (0,5,10, 15,20kg) on the lower limbs during the optimal performance of the squat jump exercise. Ten male collegiate regular exercises participated in this study ( height:  $173.25 \pm 7.27$  cm, age:  $21.30 \pm 1.71$  years, weight:  $72.14 \pm 15.22$ kg). Kistler Quattro Jump force plate (500Hz) was used to collect vertical ground reaction force. One way ANOVA was conduct to test the difference ( $\alpha = .05$ ) and LSD was applied for the post hoc test. There were significantly differences on peak force and force at peak power increasing as the load increased( $P < .05$ ). There were significantly differences on velocity at peak power, peak velocity, and velocity at take-off decreasing as the load increased( $P < .05$ ). The results indicated that the incremental load may influence the peak performance of squat jump.

**Key Words:** load, squat jump



## 壹、緒論

### 一、研究背景

良好的垂直跳動作是取決於個人肌肉使用及釋放能量的能力，與下肢不同肌肉相互協調的動作，可改善運動員垂直跳表現的能力，使其能夠跳得更高和更快。垂直跳動作產生適當的功率輸出必須配合運動的速度與力量。在測力板可以評估最大無氧爆發力。過去許多研究調查指出在爆發力的訓練執行蹲踞跳動作時，適當的負重比沒有負動，更能產生更高的垂直跳高度、最大功率和平均功、力量及速度對負重所產生的衝擊(Cormie, McCaulley, Triplett, & McBride, 2007; Sheppard, Newton, McGuigan, 2007; Toji, & Kaneko, 2004)。

垂直跳動作在整個動作時期是 CMJ 動作(無擺臂)來表現外，在推蹬期時是以 CMJ 動作來表現，但是在某些狀況下則使用 SJ 動作來表現，而無 CMJ 的動作出現，SJ 是以半蹲的方式當作參考。SJ 通常來測量運動員跳躍的能力，測量下肢向心肌力和爆發力(Newton, Rogers, Volek, Häkkinen, & Kraemer, 2006)。但是有些研究則指出利用測力板利用非負重或負重來評估下肢爆發力，可以比較速度的特徵來比較不同的負重(Sheppard, Cormack, Taylor, McGuigan, & Newton, 2008)。

運動教練和研究人員對於爆發力的發展必須考慮如何評估肌肉的爆發力和訓練的策略。有些學者建議在訓練上運動員發展爆發力的能力時，必須以最大肌力(repetition maximum, RM)的 20~90%1RM 的負重來做下肢爆發力的運動訓練(Zink, Perry, Robertson, Roach, & Signorile, 2006;

McBride, Haines, & Kirby, 2011)，奧運級舉重運動以 80-100%BM 來做重量訓練(Kilduff, Bevan, Owen, Kingsley, Bunce, Bennett, & Cunningham, 2007)。或者針對排球選以最大肌力的 30-90% 1RM 上搏(hang power clean)來評估不同強度對功率輸出的影響，在 70%1RM 有最大的輸出功率(Kawamori, Crum, Blumert, Kulik, Childers, Wood, Stone, & Haff, 2005)。Stone, et al.(2003)研究指出 CMJ 和 SJ 在不同百分的 1RM 的爆發力和最大肌力的關係，以及將受試者分為強弱兩組來比較最大功率輸出，結果發現 CMJ 和 SJ 的最大功率輸出均在 10%1RM，隨著 1RM 的強度增加而減少；強弱兩組的最大功率輸出分別為 40%1RM 和 10%1RM。

Huw, Paul, Nick, Mark, Christian, Dan, Robert, & Liam, (2010) 以身體重量(body weight, BW) 負重的不同百分比(0,20,30,40,50,60%BW) 來執行 SJ 動作，結果發現在 0%BW 上有較大功率輸出。Cormie, et al., (2007) 以不同負重(0,12,27,42,56,71,85% 1RM)來進行 SJ 測驗，找出最適當的功率輸出，發現 0%1RM 沒有任何負重產生最大的速度，而身體的重量提供足夠的阻抗以產生最大的力量輸出，因此適當的負重結合最佳的力量和速度以產生最大的功率輸出；最大爆發力在 56%時產生，最大力量則在 85%1RM 時產生。

過去的許多的研究大都以最大肌力的百分比(1RM%)或者是以身體重量負重的不同百分比(BW%)來測量，但一般學生且未受過任何訓練，利用額外的負重重量來測量評估，適當的負重或者是沒有負重條件下，可以增進下肢運動的表現，我們尚



未清楚。因此，本研究以黎明技術學院的大一學生進行不同負重蹲踞跳動作的比較，以評估學生最佳的垂直跳表現的現況。

## 二、研究目的

探討五種不同重量（0、5、10、15、20kg）負重對蹲踞跳動作的影響，了解不同負重對下肢有最佳垂直跳的運動表現。

## 三、研究限制

本研究在進行時，受試者必須負重及手插腰來執行規定動作。由於是在室內進行實驗，實驗者儘量以口頭的方式，來鼓勵受試者盡最大的努力來執行動作，但是受試者是否盡全力，並非本研究所能掌控。

## 四、名詞操作性定義

- (一) 推蹬期：是指受試者從身體重心在最低點時到腳趾離地瞬間的期間。
- (二) 蹲踞跳(squat jump, SJ)：是指受試者在執行半蹲跳時膝部需彎曲成  $90^\circ$ ，以及雙手必須插在腰間，而後儘最大力量向上垂直跳躍，但是在執行動作時，身體重心不能在往下蹲再向上跳起，著地動作與一般垂直跳動作一樣。主要在描述下肢跳躍的能力和產生最大爆發力。
- (三) 負重蹲踞跳(squat jump plus body weight, SJBW)：整個動作與蹲踞跳動作一樣，只是增加額外的重量至一倍的體重。這個動作主要在評估在推蹬期下肢向心爆發力，當使用不同的負重，來測試或評估下肢伸肌的力量/速度之間的特徵。

## 貳、研究方法

### 一、研究對象

本研究係以黎明技術學院 10 名有規律的運動習慣大學一年級男生(身高： $173.25 \pm 7.27$  公分( cm)，年齡： $21.30 \pm 1.71$  歲(years)，體重： $72.14 \pm 15.22$  公斤(kg)。於實驗期間或者之前受試者並無疾病和下肢之病痛影響。

### 二、研究工具

本實驗以 1 台可攜式單軸測力板(Kistler Quattro Jump) 來收集不同負重蹲踞跳的動力學資料，擷取頻率為 500Hz，記錄垂直方向的地面垂直反作用力。Quattro Jump 1.08 版電腦軟體一套。負重背心 3 件，每一個沙袋重量為 1kg，可依實驗設計之重量 5kg 的倍數來調整。

### 三、實驗步驟

- (一) 實驗前，完成測力板校正工作，擷取頻率設定為 500Hz，並進行試測，確認整個資料過程，再使用 Quattro Jump 1.08 軟體來收集資料。
- (二) 記錄受試者基本資料並填寫同意書，並告知整個實驗流程。
- (三) 本實驗受試者負重的重量分成 5 種不同的重量（0、5、10、15、20kg）。
- (四) 受試者必須在本實驗開始前，預先熱身 15 分鐘，以及和不同重量負重手插腰執行 SJ 動作試跳 3 次。
- (五) 不同重量的負重順序是採隨機抽樣的方式進行測驗。每一個重量測試三次，成功後更換不同重量，每一次負重之間休息 3 分鐘，並且詳細記錄每一次測驗的情形。每種重量分別進行 3 次最大努力垂直跳，共取 15 次跳躍。



#### 四、資料處理

實驗測量所得之各項資料，以統計軟體 SPSS 19.0 版軟體分析。使用重複量數單因子變異數分析，來檢定不同負重蹲踞跳之差異的顯著性 ( $\alpha = .05$ )。當達到顯著差異時，再使用 LSD 做事後比較。

#### 參、結果

由表 1 中得知，經由不同負重蹲踞跳，在推蹬時期最大力量(Peak Force, PF)和最大輸出功率的力量(Force at Peak Power, FPP)均達顯著差異 ( $F=9.150$ ， $F=9.675$ ， $p<.05$ )。在推蹬時期最大力量，負重 0kg、5kg、10kg 的力量均小於負重 15kg、20kg；負重 15kg 小於負重 20kg。在推蹬時期最大輸出功率的力量，負重 0kg 的最大輸出功率力量小於負重 10kg、15kg、20kg；負重 5kg 的最大輸出功率力量小於負重 15kg、20kg；負重 15kg 小於負重 20kg。由圖 1 顯示本研究其中一位受試者在負重 0kg 執行 SJ 動作時，在推蹬期時的最大力量生的產生發生於最大輸出功率力量的產生之前。

表 1 五種不同負重蹲踞跳之動力學參數

負重	0kg_1	5kg_2	10kg_3	15kg_4	20kg_5	F 值	事後比較
最大力量(N)	1587 (284)	1599 (350)	1613 (363)	1714 (404)	1806 (396)	9.15*	1<4,5; 2<4,5; 3<4,5;4<5
最大輸出功率的力量 (N)	1482 (300)	1528 (322)	1624 (297)	1644 (371)	1806 (396)	9.68*	1<3,4,5; 2<4,5;4<5

\*  $p<.05$

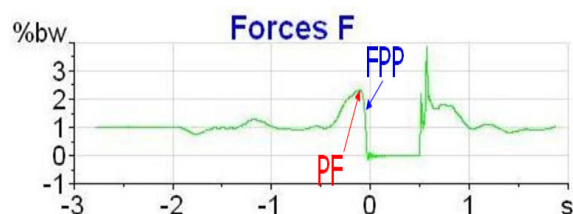


圖 1 一位受試者在負重 0kg 在推蹬期的最大力量、最大輸出功率力量

由表 2 中得知，經由不同負重蹲踞跳，在推蹬時期之最大速度(Peak Velocity, PV)、最大輸出功率的速度(Velocity at Peak Power, VPP) 和推蹬離地的速度(Velocity at takeoff, Vtakeoff) 均達顯著差異 ( $F=141.073$ ， $F=163.614$ ， $F=22.088$ ， $p<.05$ )。在推蹬時期最大速度，負重 0kg 的最大速度力量均大於負重 5kg、10kg、15kg、20kg；負重 5kg 的最大速度大於負重 10kg、15kg、20kg；負重 10kg 的最大速度大於負重 15kg、20kg；負重 15kg 的最大速度大於負重 20kg。

在推蹬時期最大輸出功率的速度，負重 0kg 的最大輸出功率的速度均大於負重 5kg、10kg、15kg、20kg；負重 5kg 的最大輸出功率的速度大於負重 10kg、15kg、20kg；負重 10kg 的最大輸出功率的速度大於負重 15kg、20kg；負重 15kg 的最大輸出功率的速度大於負重 20kg。

在推蹬離地的速度，負重 0kg 的推蹬離地的速度大於負重 15kg、20kg；負重 5kg 的推蹬離地的速度大於負重 10kg、15kg、20kg；負重 10kg 的推蹬離地的速度大於負重 15kg、20kg；負重 15kg 的推蹬離地的速度大於負重 20kg。由圖 2 顯示本研究其中一位受試者在負重 0kg 執行 SJ 動作時，在推蹬期時的推蹬速度先後發生的順序，依序為最大速度，其次為最大輸出功率速度，最後為推蹬離地的速度。

表 2 五種不同負重蹲踞跳之推蹬速度參數

負重	0kg_1	5kg_2	10kg_3	15kg_4	20kg_5	F 值	事後比較
最大速度 (m/s)	2.63 (0.14)	2.48 (0.13)	2.40 (0.11)	2.28 (0.11)	2.22 (0.13)	141.07*	1>2,3,4,5; 2>3,4,5; 3>4,5;4>5
最大輸出功率速度 (m/s)	2.39 (0.13)	2.25 (0.12)	2.19 (0.10)	2.08 (0.11)	2.02 (0.12)	163.61*	1>2,3,4,5; 2>3,4,5; 3>4,5;4>5
推蹬離地速度 (m/s)	2.30 (0.18)	2.27 (0.14)	2.20 (0.16)	2.08 (0.14)	2.02 (0.17)	22.09*	1>4,5; 2>3,4,5; 3>4,5;4>5

\*  $p<.05$



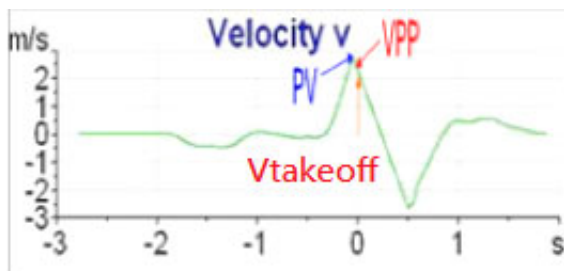


圖 2 一位受試者在負重 0kg 在推蹬期的最大速度、最大輸出功率速度、推蹬離地速度

由表 3 中得知，經由不同負重蹲踞跳，在推蹬時期最大輸出功率 (Peak Power, PP)和平均輸出功率(Mean Power, MP)均無顯著差異( $F=47.93$ ， $F=20.54$ ， $p>.05$ )。由圖 3 顯示本研究其中一位受試者在負重 0kg 執行 SJ 動作時，在推蹬期時的最大輸出功率的產生發生於最大峰值，平均功率輸則產生推蹬期所有功率總合的平均值。

表 3 五種不同負重蹲踞跳之功率輸出參數

Load	0kg_1	5kg_2	10kg_3	15kg_4	20kg_5	F 值
平均輸出功率 (W/kg)	20.57 (2.19)	19.88 (2.02)	20.26 (2.13)	19.62 (2.08)	20.54 (1.98)	0.50
最大輸出功率 (W/kg)	49.21 (3.89)	47.79 (4.84)	47.20 (4.16)	47.34 (4.62)	47.93 (4.88)	1.88

\*  $p<.05$

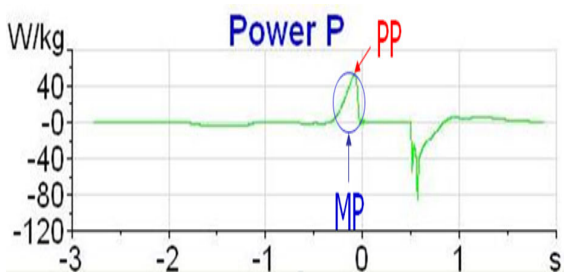


圖 3 一位受試者在負重 0kg 在推蹬期的最大輸出功率、平均輸出功率

## 肆、討論

本研究受試者在執行 SJ 動作負重為 0kg 時，最大力量和最大輸出功率的力量是較小的力量(1587, 1482N)；在負重為 20kg 時則有較大的力量(1806, 1806N)。由圖 4 中顯示，最大力量和最大輸出功率的力量隨著負重增加而逐漸增加。與 Tarak, Henry, Jacques, Christian, & Hugues,(2001) 和 Davies & Young (1984) 的研究結果與本研究相似的結果，最大力量和最大輸出功率的力量也是隨著負重的重量的增加而增加。另外，Cormie, et al. (2007) 研究的結果則指出最大力量的產生則是隨著負重的增加而增加，負重在 85%1RM 時，有較大的最大力量，與本研究結果相似。然而，Cormie, et al. (2008) 研究的結果則指出最大力量和最大輸出功率的力量的產生則是隨著負重的增加而增加，負重在 85kg 時，則有較大的最大力量和最大輸出功率的力量，但在負重為 0kg 和 20kg 時沒有差異，與本研究略有不同。也就是說，不管是一般人或者是因不同項目的運動員，在重量負荷上雖然有較大的差異，但是在負重逐漸增加時，最大力量和最大輸出功率的力量也隨之增加。

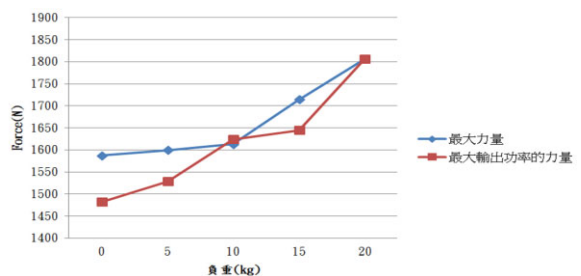


圖 4 不同負重蹲踞跳之動力學參數

由圖 5 中顯示，本研究在負重為 0kg 時，推蹬期的最大速度、最大輸出功率速



度、推蹬離地速度，有較高的速度，但是隨著負重的增加三種速度也隨之減少，與 Tarak, et al.,(2001)研究有著相似的結果；而在推蹬期的最大速度則和 Cormie, et al., (2007)有著相似的研究結果相同；Cormie, et al. (2008)研究顯示在最大速度和最大輸出功率速度隨著負重的增加而減少，在負重為 0kg 和 20kg 時有差異，與本研究結果相同。然而，Tarak, et al.,(2001)指出一般人在負重為 0kg 條件下，速度在最高最大功率明顯高於 5kg 和 10kg，這可能是在沒有負重時，有較高最大功率和較高最大功率的速度。在不同負重執行垂直跳動作時，要產生較大的最大輸出功率，必須讓受試者達到適當速度(Tarak, et al., 2001)，但是最大速度必須大於等於適當速度才行，而且負重不能過重，以免因負重過重的因素而無法產生適當速度，進而影響最大輸出功率的變化。

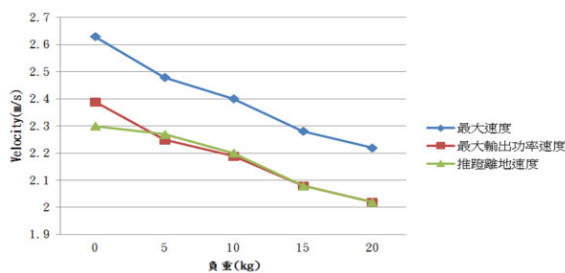


圖 5 不同負重蹲踞跳之推蹬速度參數

由圖 6 中顯示，在負重為 0kg 時在推蹬期的最大輸出功率、平均輸出功率，本研究的結果在任何負重下並沒有差異，與 Tarak, et al.,(2001)和 Cormie, et al., (2007)研究有所不同，其最大輸出功率、平均輸出功率均隨著負重而減少；而 Huw, et al.,(2010)在負重為 0%1RM 時，比其較大的負重有較大的最大輸出功率；

Cormie, et al., (2008) 在負重為 0kg，研究顯示在最大輸出功率隨著負重的增加而減少，在負重為 0kg 和 20kg 時並沒有差異，與本研究結果相同。而 Stone, et al.,(2003)研究指出 SJ 的最大輸出功率均在 10%1RM，隨著最大肌力的強度增加而減少；但是強弱兩組的最大輸出功率分別在 40%1RM 和 10%1RM，與本研究結果有所不同。然而，Tarak, et al.,(2001)指出一般人在負重為 0kg 條件下，最大輸出功率和平均輸出功率大於 5kg 和 10kg。然而，最大輸出功率的產生必須藉由最大力量 and 提供一個高於適當速度的最大速度來產生。這可能是在沒有負重時，有較高最大功率，以產生較高的速度和最大力量。綜合上述的研究的結果不同負重條件下，與其他研究有不一致之處，最佳的最大輸出功率可能受到下肢單一關節或多關節運動、不同肌肉動作的型態、運動的模式、個別肌力的差異以及個別訓練的時期不同等因素而有所影響。

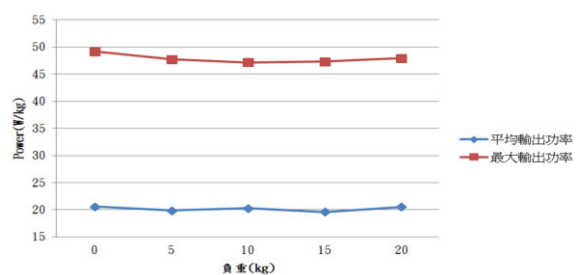


圖 6 不同負重蹲踞跳之輸出功率參數

## 伍、結論

在不同負重蹲踞跳中，最大力量和最大輸出功率的力量均隨著負重重量的增加而增加。最大輸出功率的速度、最大速度、推蹬離地的速度均隨著負重重量的增加而減少。但是在平均輸出功率、最大輸出功



率則無差異，可能是因本研究受試者為一般學生，而且是沒有受過任何專業訓練，在負重過程中較無法適應易影響垂直跳表現，為了調整身體的不穩定狀態，採取自我調整策略以因應負重。因此建議未來在從事相關負重蹲踞跳動作時，應增加肌力及爆發力相關的訓練，並適時評估身體負重的策略，觀察負重訓練的效果及調整，使身體進能承受更大的負荷，進而增進運動垂直跳的表現。

## 文獻參考

1. Cormie, P, McBride, J.M. and McCaulley, G.O. (2008). Power-Time, Force-Time, and Velocity-Time Curve Analysis During the Jump Squat: Impact of Load, *Journal of Applied Biomechanics*. 24: 112-120
2. Cormie, P, McCaulley, G.O, Triplett, N.T, and McBride, J.M.(2007). Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises. *Med Sci Sports Exerc* 39: 340–349.
3. Davies, C.T., and Young, K.,(1984). Effects of external loading on short term power output in children and young male adults. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 52 (3), 351–354.
4. Huw R.B., Paul, J.B., Nick, J.O., Mark, A.B., Christian, J.C., Dan, J.C., Robert, U.N., & Liam, P.K,(2010). Optimal loading for the development of peak power output in professional Rugby players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24 (1), 43-47.
5. Kilduff, LP, Bevan, H, Owen, N, Kingsley, MIC, Bunce, P, Bennett, M, and Cunningham, D. (2007). Optimal loading for peak power output during the hang power clean in professional rugby players. *Int J Sports Physiol Perform* 2: 260–269.
6. Kawamori, N., Crum, A.J., Blumert, P.T., Kulik, J.R., Childers, J.T., Wood, J.A., Stone, M.H., and Haff, G.G. (2005). Influence of different relative intensities on power output during the hang power clear: identification of the optimal load. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 19 (3), 698-708.
7. McBride, J.M, Haines, T.L., and Kirby, T.J.(2011). Effect of loading on peak power of the bar, body, and system during power cleans, squats, and jump squats. *Journal of Sports Sciences*, 29(11), 1215-1221.
8. Newton, R.U, Rogers, R.A, Volek, J.S, Haˆkkinen, K, and Kraemer, W.J.( 2006). Four weeks of optimal load ballistic resistance training at the end of season attenuates declining jump performance of women volleyball players. *J Strength Cond Res* 20: 955–961.
9. Sheppard, J.M., Cormack, S., Taylor, K.L., McGuigan, M. R., & Newton, R.U,(2008). Assessing the force-velocity characteristics of the leg extensors in well-trained athletes: the incremental load power profile. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22 (4), 1320-6.



10. Sheppard, J.M. Newton, R.U. and McGuigan, M.R., (2007). The Effect of Accentuated Eccentric Load on Jump Kinetics in High-Performance Volleyball Players, *International Journal of Sports Science and Coaching*, 2(3), 267-273.
11. Stone, MH, O'Bryant, HS, McCoy, L, Coglianesi, R, Lehmkuhl, M, and Schilling, B.( 2003). Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *J Strength Cond Res* 17: 140–147.
12. Tarak, D., Henry, V., Jacques, Q., Christian, M., & Hugues, M,(2001). Effects of external loading on power output in a squat jump on a force platform: A comparison between strength and power athletes and sedentary individuals. *Journal of Sports Sciences*, 19, 99-105.
13. Toji, H., & Kaneko,M,(2004). Effect of multiple-load training on the force-velocity relationship. *J Strength Cond Res* 18: 792–795.
14. Zink, AJ., Perry, A.C., Robertson, B.L., Roach, K.E., and Signorile, J. F.(2006). Peak power, ground reaction forces, and velocity during the squat exercise performed at different loads. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 658–664

