

# 舉重運動對呼吸肌力的影響

樹德科技大學

莊鑫裕

## 摘要

耐力性運動已經被證實能有效提升呼吸肌耐力，然而，肌力性運動對呼吸肌肌力的影響尚未有明確結論。本研究的目的是探討舉重對呼吸肌肌力的影響。受試對象以 22 名國內男性優秀舉重運動員和 20 名非運動員的正常健康男性大學生為受試對象，進行肺功能和最大靜態吸氣 ( $P_{I \max}$ ) 呼氣 ( $P_{E \max}$ ) 壓力的測量。結果顯示舉重運動員的  $P_{I \max}$  和  $P_{E \max}$  分別是  $136.3 \pm 18.4$  和  $221.4 \pm 26.3$  mmHg 顯著高於非運動員的  $105.8 \pm 28.9$  和  $152.5 \pm 27.5$  mmHg ( $p < .05$ )。結論指出舉重運動能有效提昇呼吸肌肌力。

**關鍵詞：**舉重、呼吸肌力、最大靜態呼吸壓力

## Effect of Weight-Lift on Respiratory Muscle Strength

### Abstract

Several studies have reported that endurance exercise improves respiratory muscle endurance. However, there are only a few studies that discuss the effect of respiratory muscle strength on strength exercise. The purpose of this study was to discuss the effect of weight-lift on respiratory muscle strength. Subjects were 22 male elite weight-lifter athletes and 20 unathletes. They were measured lung function, maximal static inspiratory ( $P_{I_{max}}$ ) and expiratory ( $P_{E_{max}}$ ) pressure. The result showed that weight-lifter athlete's  $P_{I_{max}}$  ( $136.3 \pm 18.4$  mmHg) and  $P_{E_{max}}$  ( $221.4 \pm 26.3$  mmHg) were higher than unathletes ( $p < .05$ ). It was concluded weight-lift increases respiratory muscle strength.

**Key words: weight-lift, respiratory muscle strength, maximal static respiratory pressure**

## 壹、問題背景

運動時通氣量 (ventilation) 的增加，是因體內二氧化碳的大量產生，提高動脈血中的氫離子濃度，並降低血液酸鹼值，刺激呼吸中樞，增加呼吸肌的收縮力量、速度和次數，使通氣量上升可達安靜值的 10 倍以上。從另一觀點，呼吸肌肉因運動而誘發訓練，這對呼吸肌力是否能產生影響？

許多研究已經證實透過耐力性運動 (如游泳、跑步等) 能提升呼吸肌耐力。從人體實驗中 (Boutellier 等人, 1992; Fairbairn 等人, 1991; Inbar 等人, 2000; Morgan 等人, 1987; Spengler 等人, 1999; Sonetti 等人, 2001) 有不少證據顯示，呼吸肌肉經由運動訓練或呼吸儀器訓練能顯著提升呼吸肌的工作能力；在動物實驗中亦發現，主要呼吸肌肉透過耐力性運動訓練能顯著提升有氧 (Powers 等人, 1994) 和無氧 (Faulker 等人, 1972; Lieberman 等人, 1972; Moore 和 Gollnick, 1982) 酵素活性與膈肌 (diaphragm) 肌糖含量 (Green 等人, 1989; Metzger 和 Fitts, 1986)，且膈肌透過運動訓練後發現肌纖維的微血管密度顯著增加 (Green 等人, 1989; Tamaki, 1987)。然而，運動訓練對呼吸肌肌力的影響仍存有爭議。一些研究顯示運動員似乎具有較佳的抗呼吸肌疲勞的能力，從比較運動員與非運動員在短時間高強度運動後最大靜態呼吸壓力的研究結果，發現運動員擁有較佳的呼吸肌力 (Choukroun 等人, 1993; Coast 等人, 1990)；可是，也有一些研究顯示運動員與非運動員的呼吸肌肌力並未存在顯著差異 (Armour 等人, 1993; Cordain 等人, 1990; Zinman 和 Gaultier, 1986)。因此，本研究嘗試以肌力性運動 (舉重) 評估對呼吸肌肌力的影響。

## 貳、研究方法

### 一、研究對象

本研究以 22 名國內男性優秀舉重運動員和 20 名正常健康男性大學生的非運動員為受試對象。依 Miller 等人 (1986) 的肺功能預測公式，全體受試者的肺功能值均在正常範圍內 (其中有 2 名舉重運動員的  $FEV_1$  是預測值的 77% 和 79%，3 名非運動員的 FVC

是預測值的 75%、76% 和 78% )。舉重運動員參與實驗時正處於訓練期。

## 二、測量過程

受試者於運動測試前一天須充分休息或避免劇烈運動，測驗項目包括身高、體重、最大靜態呼吸壓力和肺功能，共分一次練習和二次正式測量，二次正式測量須間隔 1 日以上，一星期內測量完畢，且每位受試者的測量時間一致。測量身高體重前利用合格標準捲尺和蒸餾水進行身高體重計 (PBS-150, 聯合, 台灣) 校正，並將測量結果依校正迴歸公式計算 (身高:  $y=0.9998x+0.3352$ ; 體重:  $y=1.00264x-0.11241$ ) BMI 依校正後身高、體重值帶入公式 (體重/身高<sup>2</sup>) 計算, BSA 依 Steven 等人 (1984) 的公式 ( $BSA=體重^{0.425} \times 身高^{0.725} \times 7.184 \times 10^{-3}$ ) 計算。實驗時為避免因次序先後產生肌肉疲勞，而導致最大靜態呼吸壓力和肺功能的誤差，本研究採平衡次序 (balanced-order) 方式進行測量，使實驗測量的誤差能達到平衡。

## 三、測量方法和儀器裝設

### (一) 肺功能

肺功能測量裝置是使用 10 公升乾式肺量計 (Survey spirometer, Collins, 美國) 紀錄呼吸時體積的變化。測量方法採用已建立的標準方法 (Quanjer, 1983), 由人手測量和計算，並將測量結果轉換為體溫及其水蒸氣飽和壓力 (body temperature pressure and saturated, BTPS) 值，以兩次成功測試的最佳 FEF<sub>25-75%</sub> 值為代表。測量項目包括用力肺活量 (forced vital capacity, FVC)、1 秒用力呼氣量 (forced expiratory volume in one second, FEV<sub>1</sub>) 和 25%–75% 用力呼氣流量 (forced mid expiratory flow, FEF<sub>25-75%</sub>)。以下為各項肺功能測量的方法：

1. 用力肺活量：於最大吸氣後，盡全力快速呼出之肺容量。
2. 1 秒用力呼氣量：在用力肺活量測量中呼氣 1 秒鐘所呼出的氣量。
3. 25%–75% 用力呼氣流量：由 25% ~ 75% 用力肺活量的氣流量。

公式：(75%FVC-25%FVC) / Time (秒)

## (二) 最大靜態呼吸壓力

最大靜態呼吸壓力測量裝置是由一組手動的 3 通路活門 (model 2870 series 3 way manual sliding valve, Hans Rudolph, 美國) 連接 $\pm 400$  mmHg 的壓差換能器 (MP-45-38-871 Validyne, Northridge, 美國), 壓差換能器的另一端是連接大氣壓, 氣壓信號經壓差換能器顯示於記錄器 (model 595 Omega, Stanford, 美國)。呼吸口嘴裝設於 3 通路活門上, 呼氣口嘴是大口徑的圓筒形橡膠材質口嘴, 吸氣則使用不須牙齒咬住的口嘴 (model 109-NT no biteblock Vacumed, 美國)。此外, 漏孔設計於連接呼吸口嘴的塑膠材質上, 是一根長度 37 mm 內徑 2 mm 的塑膠管 (Ringqvist, 1966)。

最大靜態呼吸壓力測量前先利用 U 型管 (PSI 100 Flextube, Dwyer, 美國) 進行壓力記錄器校正, 壓力測量範圍設定為呼氣 0 + 300 mmHg、吸氣 0 - 180 mmHg。最大靜態吸氣壓力 (maximal static inspiratory pressure,  $P_{I\max}$ ) 的測量是受試者盡力呼氣到肺殘氣量 (residual volume, RV) 的位置, 再作最大最快速吸氣; 最大靜態呼氣壓力 (maximal static expiratory pressure,  $P_{E\max}$ ) 的測量則盡力吸氣到總肺容量 (total lung capacity, TLC) 的位置, 再作最大最快速吸氣, 整個測量過程在封閉通路 (closed airway) 及站立姿勢的狀態下進行。其測量方法依據 Ringqvist (1966) 的標準: 1.不能發生漏氣。2.3 次最大壓力值必須在 $\pm 5\%$ 內, 且稍後測量不得出現較高值。3.受試者必須感覺盡最大努力。4.每次測量間隔至少 1 分鐘的休息。5.呼吸壓力的維持不得低於 1 秒鐘。6.以測量壓力的最大值作為紀錄。

信度考驗是隨機抽樣 10 名受試者, 於實驗後一星期內, 進行最大靜態呼吸壓力重複測量, 並將其實驗數據, 以皮爾遜積差相關法考驗再測信度。結果顯示  $P_{I\max}$  ( $r^2=0.87$ ;  $SE=0.12$ )  $P_{E\max}$  ( $r^2=0.70$ ;  $SE=0.18$ ) 均呈現顯著高相關 ( $p < .05$ )。

## 四、資料處理

本研究採用獨立樣本 t 考驗比較舉重運動員和非運動員的最大靜態呼吸壓力值。

## 參、結果與討論

### 一、受試者基本資料

受試者基本資料顯示於表一，舉重運動員的年齡、體重、BMI 均顯著高於非運動員，身高則顯著低於非運動員。

表一：受試者基本資料

	舉重運動員	非運動員
年齡(歲)	21.1 ± 1.4*	19.8 ± 1.0
身高(cm)	168.9 ± 7.1*	174.3 ± 0.1
體重(kg)	83.7 ± 19.5*	69.5 ± 7.8
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	29.0 ± 4.8*	22.9 ± 2.4
BSA(m <sup>2</sup> )	1.94 ± 0.25	1.83 ± 0.12
FVC(L)	4.73 ± 0.74	5.01 ± 0.70
FVC/預測FVC(%)	96.9 ± 0.1	94.4 ± 0.1
FEV <sub>1</sub> (L)	3.97 ± 0.53	4.33 ± 0.52
FEV <sub>1</sub> /預測FEV <sub>1</sub> (%)	96.0 ± 0.1	96.7 ± 0.1
FEF <sub>25-75%</sub> (L·s <sup>-1</sup> )	4.32 ± 1.14	5.18 ± 1.05
FEV <sub>1</sub> /FVC(%)	84.5 ± 7.4	87.0 ± 8.0

\*:P<.05

### 二、比較運動員與非運動員最大靜態呼吸壓力之差異

從表二結果顯示，舉重運動員 P<sub>I max</sub> 和 P<sub>E max</sub> 均顯著高於非運動員，顯示舉重運動員傾向較有力的呼吸肌肌力。

表二：運動員與非運動員之最大靜態呼吸壓力

	人數	$P_{I_{max}}$ (mmHg)	$P_{E_{max}}$ (mmHg)
舉重運動員	22	136.3 <sup>*</sup> ±18.4	221.4 <sup>*</sup> ±26.3
非運動員	20	105.8±28.9	152.5±27.5

\*:  $P < .05$

運動訓練（耐力性和肌力性運動）是否影響呼吸肌肌力的發展，目前尚未有明確的結論。Cordain 等人（1990）的研究指出，田徑徑賽運動員的  $P_{E_{max}}$  顯著高於非運動員，Fuso 等人（1996）的研究亦顯示優秀足球運動員比非運動員擁有較高的  $P_{I_{max}}$ ；此外，Coast 等人（1990）和 Choukroun 等人（1993）比較運動員與非運動員在短時間高強度運動後最大靜態呼吸壓力的變化，發現非運動員的  $P_{I_{max}}$  於運動後顯著降低，但沒有證據顯示運動員的呼吸肌肌力產生疲勞。從上述研究結果發現，運動員似乎擁有較有力的吸氣或呼氣肌肌力。然而，從 Armour 等人（1993）、Cordain 等人（1990）、Zinman 和 Gaultier（1986）的研究結果發現，運動員與非運動員的最大靜態呼吸壓力並沒有顯著差異存在。

本研究採用肌力性運動（舉重）評估呼吸肌肌力的影響，結果發現舉重運動員擁有較有力的吸氣和呼氣肌肌力，顯示肌力性運動對呼吸肌肌力可能產生影響。依舉重運動的呼吸模式而言，舉重運動員對槓鈴施力時，經常暫時中斷呼吸，甚至摒住呼吸，以增加內在壓力，支撐強大的外力。Andersson 等人（1977）、Bartelink 等人（1957）和 Morris 等人（1961）指出當人體軀幹負荷重量時，會促使胸部、腹部及背部等肌肉收縮，且隨著負荷的增加而提升肌肉收縮的力量，以擴大胸腔及腹腔內的壓力，固定脊椎，使軀幹能穩固地支撐重量。然而，耐力性運動的呼吸模式則是強調呼吸的順暢與週期的一致性。因此，本研究推測舉重運動對呼吸肌力的影響可能與呼吸模式有關。

此外，舉重運動員擁有較有力的肌肉適能已經被證實，而依解剖學的觀點，呼吸肌肉全部集中於上身，與胸部、腹部和背部等肌肉有多處重疊，且 Ringvist（1966）的研究指出軀幹肌肉彎曲力量和  $P_{I_{max}}$  有顯著相關存在，推測增加軀幹肌力時呼吸肌肉可能參與其中活動。上述推論意味呼吸肌力與上身肌力可能有關係？這並非本研究目的，不過可

針對該主題進一步深入研究。

## 肆、結論與建議

本研究結果發現舉重運動能顯著提升呼吸肌肌力，且推測可能與呼吸模式有關。建議增加不同運動種類進行研究和比對，以提昇研究之效度；此外，亦可增加不同變項（如上身肌力等）進行更深入研究。

## 伍、參考文獻

- Andersson G. B. J., Örtengren R., and Nachemson A. ( 1977 ) . Intradiskal pressure, intra-abdominal pressure and myoelectric back muscle activity related to posture and loading. *Clinical Orthopaedics and Research*, 129, 156-164.
- Armour J., Donnelly P.M., and Bye P.T.P. ( 1993 ) . The large lungs of elite swimmers: an increased alveolar number? *European Respiratory of Journal*, 6, 237-247.
- Bartelink D.L., London and Ontario ( 1957 ) . The role of abdominal pressure in relieving the pressure on the lumbar intervertebral discs. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 39B(4), 718-725.
- Boutellier U., Büchel R., Kundert A., and Spengler C. (1992). The respiratory system as an exercise limiting factor in normal trained subjects. *European Journal of Apply Physiology*, 65, 347-353.
- Choukroun M.L., Kays C., Gioux M., Techoueyres P., and Guenard H. ( 1993 ) . Respiratory muscle function in trained and untrained adolescents during short-term high intensity exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 67, 14-19.
- Coast J.R., Clifford P.S., Henrich T.W., Stray-Gundersen J., and Johnson R.L., ( 1990 ) . Maximal inspiratory pressure following maximal exercise in trained and untrained subjects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(6), 811-815.
- Cordain L., Tucker A., and Moon D.( 1990 ). Lung volumes and Maximal respiratory pressures in collegiate swimmers and runners. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 61(1), 70-74.
- Fairbairn M. S., Coutts K. C., Pardy R. L., and McKenzie D.C. (1991). Improved respiratory muscle endurance of highly trained cyclists and the effects on maximal exercise performance. *International Journal of Sports and Medicine*, 12(1), 66-70.
- Faulker J.A, Maxwell L.C, & Lieberman D.A,( 1972 ). Histochemical characteristics of muscle fibers from trained and detrained guinea pigs. *American Journal of Applied Physiology*,

222, 836-840.

- Fuso L., Di-Cosmo V., Nardecchia B., Sammarro S., Pagliari G., and Pistelli R. ( 1996 ) . Maximal inspiratory pressure in elite soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 36(1), 67-71.
- Green H.J., Plyley M.J., Smith D.M., and Kile J.G. ( 1989 ) . Extreme endurance training and fiber type adaptation in rat diaphragm. *Journal of Applied Physiology*, 66(4), 1914-1920.
- Inbar O., Weiner P., Azgad Y., Rotstein A., and Weinstein Y.(2000). Specific inspiratory muscle training in well-trained endurance athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(7), 1233-1237.
- Lieberman D.A., Maxwell L.C., and Faulker J.A. ( 1972 ) . Adaptation of guinea pig muscle to aging and endurance training. *American Journal of Applied Physiology*, 22, 556-560.
- Metzger J.M., and Fitts R.H. ( 1986 ) . Contractile and biochemical properties of diaphragm: effects of exercise training and fatigue. *Journal of Applied Physiology*, 60(5), 1752-1758.
- Miller A., Tahornton J.C., Warshaw R., Bernstein J., Selikoff I.J., and Teirstein A.S. ( 1986 ) . Mean and instantaneous expiratory flows, FVC and FEV<sub>1</sub>: prediction equations from a probability sample of Michigan, a large industrial state. *Bulletin Europeen de Physiopathologie Respiratoire*, 22, 589-597.
- Moore R., and Gollnick P. ( 1982 ) . Response of ventilatory muscles of the rat to endurance training. *Pflugers Archiv-European of Applied Physiology*, 392, 268-272.
- Morgan D.W., Kohrt W.M., Bates B.J., & Skinner J.S. ( 1987 ) . Effects of respiratory muscle endurance training on ventilatory and endurance performance of moderately trained cyclists. *International Journal of Sports and Medicine*, 8(2), 88-93.
- Morris J.M., Lucas D.B., and Bresler B. ( 1961 ) . The role of the trunk in stability of the spine. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 43A(3), 327-351.
- Powers S.K., Criswell D., Lawler J., Martin D., Ji L.L., Herb R.A., and Dudley G. ( 1994 ) . Regional training-induced alterations in diaphragmatic oxidative and antioxidant enzymes. *Respiration Physiology*, 95, 227-237.

- Ringqvist, T. ( 1966 ). The ventilatory capacity in healthy subjects: an analysis of causal factors with special reference to the respiratory forces. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation, supp.88*, 5-179.
- Sonetti D. A., Wetter T. J., Pegelow D. F., and Dempsey J. A. (2001). Effects of respiratory muscle training versus placebo on endurance exercise performance. *Respiratory physiology*, 127(2-3), 185-199.
- Spengler C. M., Roos M., Laube S. M., and Boutellier U. (1999). Decreased exercise blood lactate concentrations after respiratory endurance training in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 79, 299-305.
- Steven, A.C., Kinasetitz, G.T., and George, R.B. ( 1984 ) . *Pulmonary Function Testing*. New York: Churchill Livingstone. 335-353.
- Tamaki N. ( 1987 ). Effect of endurance training on muscle fiber type composition and capillary supply in rat diaphragm. *European Journal of Applied Physiology*, 56, 127-131.
- Zinman R., and Gaultier C. ( 1986 ) . Maximal static pressures and lung volumes in young female swimmers. *Respiration Physiology*, 64, 229-239.