

體力鍛鍊이 肺機能에 미치는 效果

慶北大學校 醫科大學 生理學教室

南八守 · 黃樹寬 · 金亨鎮 · 朱永恩

= Abstract =

Effect of Physical Training on Pulmonary Function

Pal-Soo Nam, Soo-Kwan Hwang, Hyeong-Jin Kim and Young-Eun Choo

Department of Physiology, School of Medicine Kyungpook National University, Taegu, Korea

In the present study, an effort was directed to elucidate the effect of the physical training on the pulmonary function.

Twenty-four male athletics major students who have undergone regular physical training for more than five years were randomly chosen as the athletic subjects, and 12 regular male students who have not been engaged in any form of regular physical exercise or training were chosen as the non-athletic subjects, and a comparison was made between the two groups.

The following were mainly observed by spirometry for the study; respiratory rate, tidal volume, vital capacity, maximum voluntary ventilation(MVV), forced expiratory volume for 1 second(FEV1), percent FEV1 to forced vital capacity(FEV1%), forced expiratory flow for initial 1 liter(FEF0.2-1.2 L), and forced mid-expiratory flow(FEF 25-75%).

The results obtained are summarized as follow.

1) The respiratory rate, tidal volume, and vital capacity showed no significant difference between athletes and non-athletes. The MVV in athletes was significantly($p < 0.01$) increased to 148.1 ± 3.1 L/min comparing with 118.3 ± 9.1 L/min in non-athletes.

2) FEV1 was 3.310 ± 0.070 L in athletes and 2.779 ± 0.104 L in non-athletes; FEV1% $83.63 \pm 1.29\%$ in athletes and $75.33 \pm 1.75\%$ in non-athletes, both showing significant($p < 0.01$) increase in athletes.

3) FEF0.2-1.2 L was 297.1 ± 13.5 L/min in athletes and 222.7 ± 15.0 L/min in non-athletes; FEF 25-75% was 3.543 ± 0.109 L/sec in non-athletes, both showing significant($p < 0.01$) increase in athletes.

4) Some discussions were made on these results. The lung volumes showed no significant difference between the two groups. But MVV, FEV1, FEV1%, FEF0.2-1.2 L and FEF25-75% in athletes were significantly($p < 0.01$) higher than in non-athletes. It is therefore concluded that the athletes have more powerful respiratory muscles, or higher compliance of the lung and thorax than the non-athletes.

緒 論

肺機能이라고 하면 肺의 換氣(ventilation), gas 의

擴散(diffusion) 및 肺循環機能을 말한다¹⁾. 肺換氣機能을 評價하기 위한 方法으로서 肺容積(lung volume) 및 最大換氣能(maximum voluntary ventilation, MVV) 등의 測定이 利用되어 왔음은 잘 알려진 事實

이다.

全肺容積(total lung capacity)의 여러 分割中 spirometry 로써 簡單히 測定할 수 있는 것은 一回呼吸量(tidal volume), 吸氣豫備量(inspiratory reserve volume), 呼氣豫備量(expiratory reserve volume) 및 이 들로부터 誘導되는 吸氣容量(inspiratory capacity)과 肺活量(vital capacity)이다¹⁾. 最大換氣能도 spirometry 로써 測定할 수 있는 것으로서 被檢者가 過呼吸(hyperventilation)을 함으로써 얻을 수 있는 最大分時呼吸量이다¹⁾.

한편, spirometry 로써 最大呼出氣速(forced expiratory flow, FEF)을 測定하는 方法이 있다. 被檢者로 하여금 最大吸息狀態에서 spirometer 를 통해 最大의 努力과 最大의 速度로 呼息하게 하여 努力性最大呼出曲線(forced expiratory volume curve)을 얻는다. 이 曲線에 描記되는 最大容積은 努力性最大呼出曲線에 의해 얻어진 肺活量으로서 이를 forced vital capacity (FVC)라 한다²⁾. 이 曲線上에서 첫 1秒間에 描記된 容積을 秒時肺活量(forced expiratory volume for 1 second, FEV₁)이라 하며, FEV₁의 FVC에 對한 百分率을 FEV₁%라 한다²⁾. 이 曲線上에서 容積이 0.2 liter 및 1.2 liter 가 되는 點사이의 平均氣速(average flow rate)을 計算함으로써 이 區間의 最大呼出氣速(FEF 0.2~1.2 L)을 求할 수 있다. 또 이 曲線上에서 容積이 FVC 의 25% 및 75%가 되는 點사이의 平均氣速을 計算함으로써 이 區間의 最大呼出氣速(FEF 25~75%)을 求할 수 있다.²⁾

正常人 및 各種呼吸器疾患者에 對한 肺容積 및 最大換氣能 등의 比較檢査는 많은 研究者들³⁻⁶⁾에 의하여 實施되어 왔으며, 臨床에서 肺機能을 評價하는데에 指針이 되는 것으로서 重要한 位置를 차지하고 있다. 즉, 閉鎖性肺疾患(obstructive lung disease)에서는 肺活量, 秒時肺活量, FEV₁%, FEF 25~75%, 最大換氣能 등이 減少하며, 制限性肺疾患(restrictive lung disease)에서는 肺活量은 顯著히 減少하나 秒時肺活量의 減少는 微微하여 FEV₁%는 正常 或은 그 以上이라고 한다⁷⁾.

한편, 長期間 訓練을 쌓은 運動選手에서 長期間의 體力鍛鍊이 肺機能에 어떠한 生理的變化를 招來하였는지에 對하여 研究하기 위해서도 이러한 檢査들을 利用할 수 있다.

朴等⁸⁾은 運動選手群에서는 非運動選手群에 比해서 一回呼吸量은 낮으나, 肺活量은 높으며, 最大換氣能은 同一하다고 하였다. Stuart 等⁹⁾도 肺活量은 選手群에

서 意義있게 增加되어 있으나 最大換氣能은 兩群間에 아무 差異가 없다고 報告한 바 있다. Gaensler¹⁰⁾ 및 金等¹¹⁾도 選手群에서는 肺活量이 增加되어 있다고 報告하였으나, Newman 等¹²⁾은 體力鍛鍊이 肺活量의 變化를 招來하지 않는다고 한 바 있다.

이와같이 運動選手群과 非運動選手群에 對하여 一回呼吸量, 肺活量, 最大換氣能 등을 比較測定한 研究는 많으나⁸⁻¹²⁾, 이 兩群에 對하여 秒時肺活量, FEV₁%, FEF 0.2~1.2 L, FEF 25~75% 등을 比較測定한 研究는 거의 없음이 現狀이다.

著者들은 이 점에 着眼하여 體力鍛鍊이 肺機能에 미치는 影響을 보다 더 綜合的으로 究明하고자, 運動選手群과 非運動選手群에 對하여 呼吸數, 一回呼吸量, 肺活量, 最大換氣能, 秒時肺活量, FEV₁%, FEF 0.2~1.2 L, FEF 25~75%를 測定하여 意義있는 結果를 얻었기에 이에 報告하는 바이다.

對象 및 方法

運動選手群은 慶北大學校 體育科學生中 男子로서 5~10年間 選手經歷을 가진 핸드볼 및 蹴球選手中 任意로 24名을 選定하였다. 非運動選手群은 慶北大學校 男

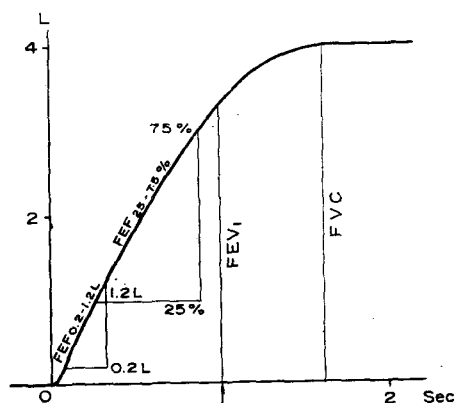


Fig. 1. A typical forced expiratory volume curve. FVC: forced vital capacity. FEV₁: forced expiratory volume for 1 second. FEF 0.2~1.2 L: forced expiratory flow, 0.2~1.2 liters. FEF 25~75%: forced expiratory flow, 25~75%.

學生中 任意로 12名을 選定하였으며, 平素 規則의인 運動을 하거나 過去에 運動經歷내지 選手生活을 한 者는 本 研究對象에서 除外하였다.

모든 對象者는 本 研究 施行에 앞서서 一般의인 身體檢査를 實施하여 健康한 사람만을 對象으로 하였으며, 特殊한 病歷이 있거나 現在 疾病이 있는 사람은 除外하였다.

體格檢査를 위하여 身長은 身長計測器로, 體重은 體重計로 測定하였으며, 體表面積은 DuBois 및 DuBois¹³⁾의 方法에 의해 算出하였다.

食事に 의한 影響을 最少限으로 줄이기 위하여 모든 測定은 午前 10時 또는 午後 2時에 實施하였으며 實驗始作前 約 1時間부터 體格檢査를 實施하면서 休息을 취하도록 하였다. 體格檢査가 끝난 후, 被檢者를 寢台에 눕게하여 30分間 安靜을 取하게 한 다음, 30分間 目測으로 呼吸數를 測定하여 1分間의 呼吸數를 換算하였다.

그 外의 檢査를 위하여 被檢者로 하여금 坐位를 取하게 하여 Krogh's spirometer를 使用하여 spirometry를 實施하였다. 먼저 被檢者로 하여금 平素安靜時와같이 조용한 呼吸을 數回 繼續하게 하여 이로부터 一回 呼吸量을 算出하였다. 이어서 最大吸息狀態로부터 最大의 努力과 最大의 速度로 呼息하게 하여 努力性最大 呼出曲線(forced expiratory volume curve)을 作成하였다. 이 曲線으로부터 圖 1에 表示한 바와 같이 肺活量, 秒時肺活量, FEV₁%, FEF 0.2~1.2 L 및 FEF 25~75%를 各各 算出하였다.

最大換氣能의 測定을 위하여 被檢者로 하여금 可能한 限, 깊고 빠르게 12秒間 呼吸하게 하여 얻은 數值를 1分間值로 換算하였다.

Spirometry를 利用한 모든 測定値는 standard temperature, pressure, dry(STPD)로 換算하였다.

成 績

運動選手群 및 非運動選手群 身體檢査所見은 表 1에서 보는 바와 같다. 即, 運動選手群의 平均體重은 67.2±1.17 kg 으로서 非運動選手群의 59.4±0.89 kg 에 비해 有意하게 높았으며, 身長과 體表面積은 서로 큰 差異가 없었다. 平均年齡은 選手群이 20.1歲, 非選手群이 22.1歲였다.

安靜狀態의 呼吸數, 一回呼吸量, 肺活量 및 最大換氣能은 表 2 및 圖 2에서 보는 바와 같다. 即, 運動選手群의 最大換氣能은 148.1±3.1 L/min 로서 非運動選手群의 118.3±9.1 L/min 보다 有意하게 (p<0.01) 높았다. 呼吸數, 一回呼吸量 및 肺活량은 選手群에서 各各 17.8±0.54/min, 523.0±18.1 ml, 및 3.980±0.016 L 였으며, 非選手群에서 各各 19.0±0.99/min, 512.4±22.6 ml 및 3.701±0.144 L 로서 兩群사이에 有意한 差異가 없었다.

安靜狀態의 秒時肺活量(FEV₁)과 FEV₁%는 表 3 및 圖 3에서 보는 바와 같다. 여기서 보는 바와 같이 肺活량은 兩群사이에 有意한 差異가 없었음에 비해 秒時肺活량은 運動選手群에서 3.310±0.070 L, 非運動選手

Table 1. Physical characteristics of athletes and non-athletes

	Age (yr)	Height (cm)	Body weight (kg)	Body surface area (m ²)	No. of case
Athletes	20.1±0.24	173.7±0.92	67.2±1.17	1.8±0.02	24
Non-athletes	22.1±0.70	170.8±1.56	59.4±0.89	1.7±0.02	12

Values are mean±standard error.

Table 2. Respiratory rate(RR), tidal volume(TV), vital capacity(VC), and maximum voluntary ventilation(MVV) of athletes and non-athletes

	RR (/min)	TV (ml)	VC (L)	MVV (L/min)	No. of case
Athletes	17.8±0.54	523.0±18.1	3.980±0.016	148.1±3.1*	24
Non-athletes	19.0±0.99	512.4±22.6	3.701±0.144	118.3±9.1	12

Values are mean±standard error.

* p<0.01 vs. non-athletes.

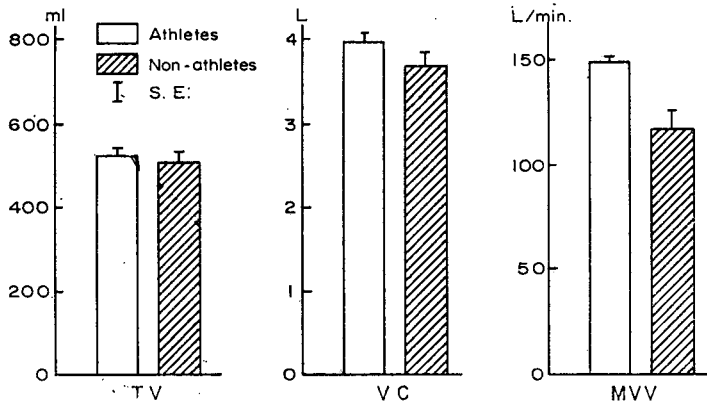


Fig. 2. Tidal volume(TV), vital capacity(VC), and maximum voluntary ventilation(MVV) of athletes and non-athletes.

Table 3. Forced vital capacity(FVC), forced expiratory volume for 1 second (FEV₁), and FEV₁% of athletes and nonathletes

	FVC (L)	FEV ₁ (L)	FEV ₁ % (%)	No. of cases
Athletes	3.980±0.106	3.310±0.070*	83.63±1.29*	24
Non-athletes	3.701±0.144	2.779±0.104	73.33±1.75	12

Values are mean±standard error.

* p<0.01 vs. non-athletes.

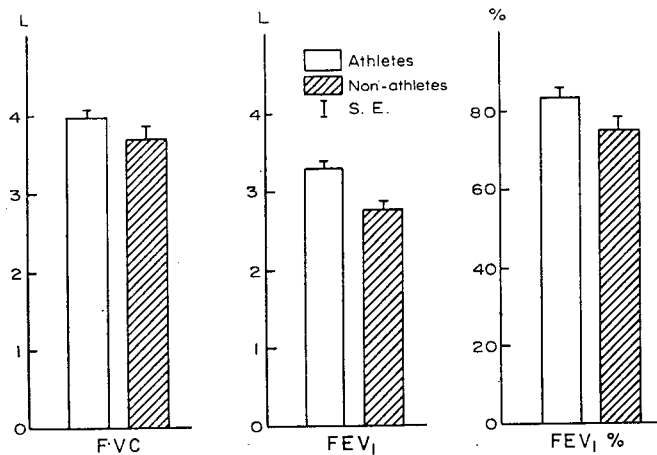


Fig. 3. Forced vital capacity(FVC), forced expiratory volume for 1 second(FEV₁), and FEV₁% of athletes and non-athletes.

Table 4. Forced vital capacity(FVC), forced expiratory flow, 0.2~1.2 liters(FEF 0.2~1.2L), and forced expiratory flow, 25~75%(FEF 25~75%) of athletes and non-athletes

	FVC (L)	FEF 0.2~1.2 L (L/min)	FEF 25~75% (L/sec)	No. of case
Athletes	3.980±0.106	297.7±13.5*	3.543±0.109*	24
Non-athletes	3.701±0.144	222.7±15.0	2.719±0.142	12

Values are mean±standard error.

* p<0.01 vs. non-athletes

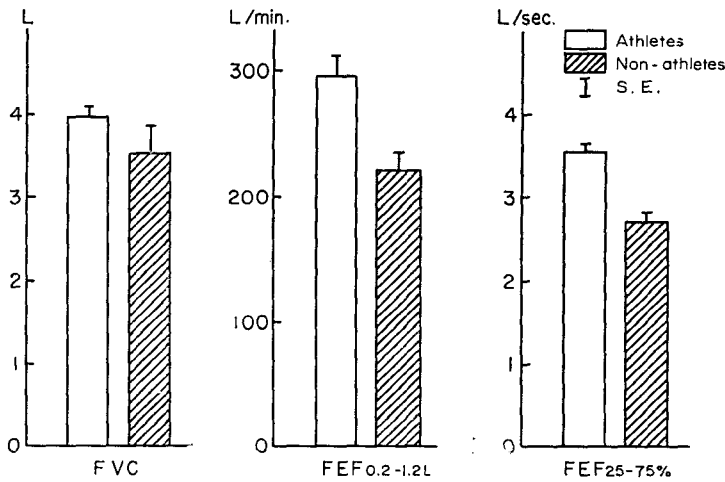


Fig. 4. Forced vital capacity(FVC), forced expiratory flow, 0.2~1.2 liters(FEF 0.2~1.2L), and forced expiratory flow, 25~75%(FEF 25~75%) of athletes and non-athletes.

群에서 2.779±0.104 L였으며, FEV₁은 운동선수群에서 83.63±1.29%, 非運動선수群에서 75.33±1.75%로서 各各 운동선수群이 非運動선수群보다 有意하게 (p<0.01) 높았다.

FEF 0.2~1.2L 및 FEF 25~75%는 表 4 및 圖 4에서 보는 바와 같이 FEF 0.2~1.2L는 운동선수群이 297.7±13.5, 非運動선수群이 222.7±15.0 L/min 이고 FEF 25~75%는 운동선수群에서 3.543±0.109, 非運動선수群에서 2.719±0.142 L/sec로서, 두가지에서 모두 운동선수群이 非運動선수群에 비해 有意하게 (p<0.01) 높은 値를 나타내었다.

考 察

本 研究의 結果를 綜合하여 보면 運動선수群과 非運動선수群사이에 呼吸數, 一回呼吸量 및 肺活量에 있어서는 큰 差異가 없으나, 最大換氣能, 秒時肺活量, FEV₁%, FEF 0.2~1.2L 및 FEF 25~75%에 있어서는 運

動선수群에서 非運動선수群에 비해 有意하게 (p<0.01) 높은 測定値를 나타내었다.

最大換氣能(MVV)이란 單位時間內에 呼吸할 수 있는 最大量의 空氣容積을 말하는 것으로서 肺換氣機能을 動的으로 評價할 수 있는 가장 좋은 指標가 된다⁸⁾. 最大換氣能을 左右하는 因子로는 呼吸筋의 힘, 肺 및 胸廓의 容壓率 및 氣道와 肺胸廓組織의 抵抗等이 있다고 한다¹⁵⁾. 이로 미루어 보면, 運動선수群에서는 非運動선수群에 비해 呼吸筋의 힘이 더 强하거나, 肺 및 胸廓의 容壓率이 더 높거나, 아니면 氣道抵抗이 더 낮을 可能性을 생각할 수 있다.

秒時肺活量(FEV₁)은 最大呼出 첫 1秒間에 呼出된 容積으로서²⁾ 이 期間中의 平均氣速을 의미한다. 特히 FEV₁%는 同一한 肺活量에 對하여 FEV₁을 比較하기 위하여 算出한 것으로서²⁾ 呼出氣速을 評價할 수 있는 좋은 指標가 된다. 또 FEF 0.2~1.2L는 最大呼出 初期에 있어서는 平均氣速이며 FEF 25~75%는 最大呼出 中間期에 있어서는 平均氣速으로서²⁾ 역시 呼出氣速

을 評價할 수 있는 좋은 指標가 된다.

즉, 選手群에서는 非選手群에 比하여 FEV₁, FEV₂, FEV₃, FEF 0.2~1.2 L 및 FEF 25~75%가 높다는 것은 最大呼出中 各期間에 있어서 呼出氣速이 增加되어 있다는 것을 意味한다.

呼出氣速은 氣道兩端의 氣壓差, 即 呼出時에 肺內에 나타나는 陽壓에 比例하고 氣道抵抗에 反比例한다¹⁶⁾. 이로 미루어 보면 運動選手群에서는 非運動選手群에 比하여 呼出時에 더 큰 肺內陽壓을 만들어 내거나, 氣道抵抗이 더 작을 可能性을 생각할 수 있다. 金等¹⁷⁾의 報告에 의하면 肺活量 100% 吸息後의 最大呼息壓은 運動選手群에서 非運動選手群에 比해 增加되어 있다고 한다. 呼息時 肺內陽壓이 더 크려면 呼吸筋, 特히 呼息筋의 힘이 더 強해야 할 것이다.

이러한 推論을 前述한 바 最大換氣能에 對한 考察結果와 綜合해 보면, 運動選手群에서는 非運動選手群에 比해 1) 呼吸筋의 힘이 더 強하거나, 2) 肺 및 胸廓의 容壓率이 더 크거나, 3) 氣道抵抗이 더 작을 것이라고 생각할 수 있다.

Stuart 등⁹⁾은 運動選手群에서는 規則的인 運動訓練의 結果 呼吸筋이 發達되어 있다고 하였으며, 朴等⁸⁾은 選手群에서는 對照群에 比해 氣道抵抗이 더 크다고 한 바 있다.

이러한 報告들을 參考하여 著者들은 運動選手群에서는 非運動選手群에 比해 呼吸筋의 힘이 더 強하거나, 肺 및 胸廓의 容壓率이 더 크다고 생각하며, 이로 말미암아 肺機能을 評價하는 여러 檢査에서 더 優秀한 成績을 나타내었다고 생각하는 바이다.

要 約

長期間의 體力鍛鍊이 肺機能에 미치는 影響을 알아 보고자 運動選手群 24名과 非運動選手群 12名에 對하여 實施한 本 研究의 結果를 要約하면 다음과 같다.

呼吸數, 一回呼吸量 및 肺活量은 選手群과 非選手群 사이에 有意한 差異가 없었으나, 最大換氣能은 選手群이 148.1±3.1 L/min, 非選手群이 118.3±9.1 L/min로서 選手群에서 非選手群에 比해 有意하게 (p<0.01) 높았다.

秒時肺活量은 選手群이 3.310±0.070 L, 非選手群이 2.279±0.104 L였고, FEV₁%는 選手群이 83.63±1.29%, 非選手群이 75.33±1.75%로서 둘 다 選手群에서 非選手群에 比해 有意하게 (p<0.01) 높았다.

FEF 0.2~1.2 L는 選手群이 297.7±13.5 L/min, 非

選手群이 222.7±15.0 L/min였고, FEF 25~75%는 選手群이 3.543±0.109 L/sec, 非選手群이 2.719±0.142 L/sec로서 둘 다 選手群에서 非選手群에 比해 有意하게 (p<0.01) 높았다.

以上の 結果를 綜合하면 選手群과 非選手群 사이에 肺容積은 別差異가 없으나, 最大換氣能, 秒時肺活量, FEV₁%, FEF 0.2~1.2 L, FEF 25~75% 등은 選手群이 非選手群에 比해 有意하게 (p<0.01) 높은 測定值을 나타내었으며, 이것은 選手群에서 非選手群에 比해 呼吸筋의 힘이 더 強하거나, 肺 및 胸廓의 容壓率이 더 크기 때문인 것으로 思料된다.

參 考 文 獻

- 1) Guyton, A.C.: *Textbook of medical physiology*, 5th ed., Philadelphia, W.B. Saunders, 1976, pp. 516-525.
- 2) Hyatt, R.E.: *Dynamic lung volumes*. In: *Handbook of physiology*, section 3: *Respiration*, edited by Fenn, W.O. and Rahn, H., Washington, D.C., American Physiological Society, 1965, pp. 1381-1395.
- 3) 任百仁: 韓國人の 肺活量 및 最大換氣量에 關한 研究. 스포츠 科學研究報告書, 2:53-67, 1965.
- 4) 金大洙, 李聖行, 朴熙明: 健康韓國人の 肺容積 最大換氣量 및 秒時肺活量에 對하여. 大邱醫學雜誌, 2:45-53, 1959.
- 5) 金萬在, 朴熙明, 吳相鎭, 李聖行, 金大洙: 健康韓國人の 肺臟機能에 關한 研究. 高秉幹博士 領壽記念說論叢. 慶北大學校, pp. 303-314, 1960.
- 6) 沈東源, 尹坪晉, 金錫柱: 年齡的 推移로 본 肺機能 檢査成績(1). 大韓生理學會誌, 10:11-16, 1977.
- 7) Harvey, A.M., John, R.J., Owens, A.H. and Ross, R.S.: *The principles and practice of medicine*, 8th ed., New York, Appleton-Century-Crofts, 1972, pp. 397-400.
- 8) 朴海根, 朴喆斌, 尹貞愛, 吳亨錫, 金熙胃: 運動選手의 肺容積, 最大換氣能 및 二酸化炭素 呼吸時의 呼吸 및 循環系 反應에 關한 研究. 스포츠 科學研究報告書, 1:32-41, 1964.
- 9) Stuart, D.H. and Collins, W.D.: *Comparison of vital capacity and maximal breathing capacity of athletes and non-athletes*. *J. Appl. Physiol.*,

14:507-509, 1959.

10) Gaensler, E.A.: *Clinical pulmonary physiology.*
New Engl. J. Med., 252:17-19, 1955.

11) 金炳吉, 朴海根, 吉殷鎬, 朴喆斌, 南淑賢, 吳亨錫
: 體育選手的 心肺機能檢査. 스포츠科學研究報告
書, 1:65-70, 1964.

12) Newman, F., Smalley, B.F. and Thomson,
M.L.: *Effect of exercise, body and lung size
on CO diffusion in athletes and non-athletes.*
J. Appl. Physiol., 17:648-655, 1962.

13) DuBois, D. and DuBois, E.F.: *Clinical calorim-*

*etry, formula to estimate surface area if hei-
ght and weight be known.* *Arch. Int. Med.*, 17:
863-865, 1916.

14) 朴喆斌, 洪鴻基: 運動選手的 心肺機能 및 運動代
謝. 스포츠科學研究報告書, 1:51-64, 1964.

15) Selkurt, E.E.: *Basic physiology for the health
sciences, Boston, Little and Brown, 1975, p.*
415.

16) Altose, M.D.: *The physiological basis of pulm-
onary function testing.* *Clinical Symposia, CIBA,*
31:3-39, 1979.