

體育特技者의 肺機能과 運動後 恢復期의 血液가스의 變化*

啓明大學校 醫科大學 麻醉科學教室

崔 圭 泽·全 在 奉

慶北大學校 醫科大學 生理學教室

朱 永 恩·李 元 晶

Abstract

Pulmonary Function and Changes of Blood Gases during Recovery Period in the Athletes of Physical Education Students

Kyu Taek Choi, Jae Kyu Jeon

Department of Anesthesiology, Keimyung University
School of Medicine, Taegu, Korea

Young Eun Choo, Won Jung Lee

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

The pulmonary function and changes of blood gas tensions and pH in the athletes have been reported but are fragmentary as to require more complete studies including all the pulmonary parameter and blood gas tensions especially at the early part of 20 years of age. This study was aimed to elucidate the pulmonary function at the rest and the changes of venous blood gas tension and pH after the exercise in the athletes of physical education students. The subjects chosen for this study were 15 athletes of physical education students (special group) of 21-25 years of age. The athletes had at least four years of exercise careers, and were compared with 12 non-athletes of physical education students (general group) who had not been subjected to any form of rigorous training program. All the subject were directed to perform running on the treadmill for three minutes under the condition of 15% grade and 5 MPH. The venous blood samples were taken at the rest as well as at 0, 5, 10 and 20 minutes after the exercise to check the changes of Pco_2 , Po_2 and pH during the recovery period. The venous blood Pco_2 , Po_2 and pH were determined using the Model 175 Automatic Blood Gas Analyzer by Corning Co., and the pulmonary

*본 논문은 1985년도 계명대학교 동산의료원 임상연구 보조비로 이루어졌음.
*본 논문은 최규백의 박사학위 논문임.

function using the computerized spirometer.

The results obtained were compared with the general group and summarized as follows:

The special group exhibited higher values of the pulmonary function except FVC compared with the general group, and particularly FEV_{0.5%} and FEV_{1%} were significantly different.

The venous Po₂ was decreased immediately after the exercise, but increased during the recovery period. The special group generally showed higher oxygen partial pressure than the general group. The venous PCO₂ in contrast to the oxygen increased immediately after the exercise, but decreased during the recovery period. The special group showed lower carbon dioxide partial pressure. Blood pH was significantly decreased from the resting value after the exercise and returned to the resting value at 20 minutes. In the special group, however, the change of pH was less than in the general group.

緒論

酸素는 人體에 너지 生成에 必須의 物質이며 外呼吸으로 外界에서 肺로 들어오며 一面 内呼吸으로 血液에서 組織으로 移動되어 代謝過程에 利用된다. 外呼吸의 程度는 肺機能検査로 어느 정도 알 수가 있을 것이다, 内呼吸의 程度는 血中酸素分壓 測定으로 알 수 있을 것이다. 肺機能検査는 時間에 따른 肺容積과 이들의 變化, 即 氣速을 測定하는 것으로 生理學的肺換氣機能을 測定하는 外에 肺疾患의 診斷과豫後判定에도 重要한役割을 하고 있다¹⁾.

한편 運動時에는 組織이 많은 酸素를 利用하는 데 이때에는 安靜時보다 心搏出量이 4倍나 增加하고 劇靜脈 酸素含量의 差異가 3倍가 되어 酸素消耗量이 대략 12倍增加한다²⁾. 만약 酸素의 供給이 需要를 따르지 못하면 嫌氣性 糖分解作用이 일어나서 乳酸의 生成이 過多하게 되고 이 結果 pH는 酸性으로 된 것이다. 酸素消耗量은 運動負荷量, 性別 및 運動負荷程度에 따라 다르지만, 보통 安靜時には 約 0.25L/min이며, 잘 훈련된 男子運動選手의 運動時には 4~5L/min이며, 一般男子의 경우는 2~3 L/min라고¹⁾ 한다. 即 酸素消耗量은 運動에 依해 增加하게 되며, 特히 運動選手들은 에너지를 一般人보다 더욱 많이 要求하기 때문에 많은 酸素를必要로 할 것이다. 위와 같은 酸素消耗量의 增加가恢復期에는 어떻게 될 것인가를 아는 것은 呼吸生理學的見地에서 重要한 일이라 하겠다.

그러나 運動後恢復期의 身體의 變化에 對한 報告^{3), 4)}나 高等學生에 있어서 運動後恢復期의 血液ガス 分析에 관한 研究⁵⁾는 있지만 運動選手로서 全盛期라 할 수 있는 即 心肺機能이 가장 旺盛한 20歲前半의 選手를 對象으로 하여 肺機能과 血中ガス分

壓의 變化를 総合적으로 研究한 報告는 거의 없는 것 같다.

따라서 著者は 21~25歲의 體育科 特技者 學生을 對象으로 安靜時에 肺機能検査를 하고 運動後恢復期의 靜脈血中 pH, 酸素分壓 및 二酸化炭素分壓의 變化를 測定하였고 나아가서 特技者와 同一年齡의 一般體育科 學生의 그들을과 서로 比較하여 몇 가지有意한 結果를 얻었기에 報告하는 바이다.

對象 및 方法

實驗對象으로는 病歴, 特히 心肺機能障碍가 없고 4年以上의 特殊運動 經歷을 가진 大邱市內 體育科 特技者(special group) 15名과 對照群으로 같은 學校의 體育科 一般學生(general group) 12名으로 하였다. 運動負荷前에 施行한 肺機能検査는 Caviron會社製 SC-20A Spirometric Computer를 利用하였다. 努力性肺活量(forced vital capacity, FVC)의 spirometry는 實施前에 被檢者에게 그 要領을 充分히 理解시키고 나서, 直立狀態에서 2~3回 準備呼吸을 시킨 뒤 行하였다. 方法은 全肺容量까지 完全히 吸息한 後 可能한 限 빠르고 完全하게 mouthpiece에 最大의 努力으로 3秒以上呼息을 시킨 後 역시 빠르고 完全하게 吸息을 하여 FVC以外에 努力性呼氣量 0.5秒值(forced expiratory volume, FEV_{0.5%}) 및 0.5秒率(FEV_{0.5%}), 1秒值(FEV_{1%}) 및 1秒率(FEV_{1%}), 3秒值(FEV_{3%}) 및 3秒率(FEV_{3%}), 最大呼氣速(peak expiratory flow, PEF), 努力性呼氣速 0.2~1.2L值(forced expiratory flow, FEF_{0.2~1.2L}), 25~75%值(FEF_{25~75%}), 75~85%值(FEF_{75~85%}), 25%值(FEF_{25%}), 50%值(FEF_{50%}), 75%值(FEF_{75%})와 最大吸氣速(peak inspiratory flow, PIF)等의 成績을 얻었다. 最大呼氣

壓(maximal expiratory pressure, MEP)은 水銀柱을 利用하여 最大吸氣時의 肺內壓을 測定하였다.

血中ガス分壓의 測定은 食事에 依한 影響을 最小로 줄이기 為하여 食後 3時間은 쉬게 한 後 運動을 負荷하여 採血 測定하였다. 運動負荷는 鄭等⁵⁾의 研究와 같이 treadmill 上에서 15% 傾斜, 5 MPH로 3分間 달리게 하였다. 이 運動負荷는 體育科 一般學生이 거의 最大的 運動을 한 것에 該當된다. 測定時間은 運動前(rest), 運運動直後(0分), 恢復期 5, 10 및 20分에 하였다. 採血은 實驗對象全員을 全時間 間隔에 한 것이 아니고 實驗計劃에 따라, 가만히 누운 狀態로 肘前靜脈(antecubital vein)에서 靜脈의 深한 滯留를 막으며 注射器의 死腔(dead space)를 해파린溶液으로 채운 一回用 플라스틱 注射器로 하였다. 해파린의 濃度는 最終濃度가 0.25mg/mL가 되게 하였다. 採血後 即時 測定하지 않은 血液은 糖分解作用을 防止하기 為하여 陰溫통에 放入되었으며 可能한 限 빠른 時間内에 測定하였다.

靜脈血의 pH, 酸素分壓(PO_2) 및 二酸化炭素分壓(PCO_2)은 Corning 會社製 Model 175 自動血液ガス分析器를 利用하였다. HCO^-_3 , base excess(BE), 酸素飽和度(O_2 SAT) 및 酸素含量(O_2 CT)은 그 測定器에 内在되어 있는 program을 利用하였다.

以上의 成績은 각각 그 平均과 標準誤差로 나타내었으며有意性檢定은 t-test로 하였다.

成 績

實驗對象의 身體的 特性은 表 1에서 보는 바와 같다. 即 體育科 一般學生의 年齢은 24.1 ± 0.6 歲이고 身長, 體重 및 DUBois 와 DuBois 式⁶⁾에 依해 計算한 體表面積은 각각 173.5 ± 1.4 cm, 65.7 ± 1.5 kg 및 1.79 ± 0.03 m²이었다. 體育科 特技者의 年齢은 23.3 ± 0.4 歲이고 身長, 體重 및 體表面積은 각각 175.0 ± 1.3 cm, 68.0 ± 1.1 kg 및 1.83 ± 0.02 m²로 一般學生의 그것과 큰 差異가 없었다.

肺機能検査結果는 表 2, 3 및 圖 1, 2에서 보는 바와 같다. 即一般學生의 FVC는 5.05 ± 0.30 L이었으며, 特技者は 4.84 ± 0.14 L이었다. 一般學生의 0.5, 1 및 3秒의 FEV는 2.77 ± 0.61 , 3.93 ± 0.72 및 4.82 ± 0.43 L이었으며, 特技者は 4.68 ± 0.22 , 4.68 ± 0.18 및 4.84 ± 0.14 L로 큰 傾向을 나타내었다. 一般學生의 0.5, 1 및 3秒에서의 FVC에 對한 百分率은 55 ± 6.1 , 78 ± 7.8 및 $95 \pm 4.5\%$ 이었고 特技

者의 그것은 76 ± 3.8 , 97 ± 3.2 및 $100 \pm 0.6\%$ 로 0.5秒와 1秒에서의 FVC에 對한 百分率은 一般學生보다 有意하게 높았다. 一般學生의 氣速 即 PEF, $FEV_{0.2 \sim 1.0}$, $FEV_{25 \sim 75\%}$, $FEV_{75 \sim 85\%}$, $FEF_{50\%}$, $FEF_{75\%}$ 및 PIF는 각각 9.85 ± 1.98 , 6.42 ± 1.74 , 4.15 ± 0.93 , 3.23 ± 0.41 , 8.46 ± 1.87 , 6.61 ± 1.05 , 3.64 ± 0.54 및 8.65 ± 1.24 L/sec이었으며, 特技者の 그것은 각각 11.00 ± 1.21 , 9.71 ± 1.07 , 6.47 ± 0.65 , 3.19 ± 0.54 , 10.08 ± 1.17 , 7.21 ± 0.81 , 3.81 ± 0.58 및 8.95 ± 1.01 L/sec로서 $FEF_{75 \sim 85\%}$ 를 除外한 나머지 成績은 一般學生보다 모두 높은 傾向이었다. 一般學生의 MEP는 99.2 ± 9.0 mmHg이었으며 特技者は 106.0 ± 4.6 mmHg이었다.

Table 1. Physical characteristics in special and general groups of physical education students

	General (12)	Special (15)
Age(yr)	24.1 ± 0.6	23.3 ± 0.4
Height (cm)	173.5 ± 1.4	175.0 ± 1.3
Body Weight(kg)	65.7 ± 1.5	68.0 ± 1.1
Body Surface Area(m ²)	1.79 ± 0.03	1.83 ± 0.02

Values are means \pm SE with numbers of experiments in parentheses.

The general group means the physical education students who are not directly engaged in any form of regular physical exercise.

The special group means the physical education students who are directed to perform regular physical exercise.

Table 2. Forced expiratory volumes and maximal expiratory pressure (MEP) in special and general groups of physical education students

	General (6)	Special (15)
FVC (L)	5.05 ± 0.30	4.84 ± 0.14
FEV _{0.5} (L)	2.77 ± 0.61	3.68 ± 0.22
FEV _{0.5%}	55 ± 6.1	$76 \pm 3.8^{**}$
FEV ₁ (L)	3.93 ± 0.72	4.68 ± 0.18
FEV _{1%}	78 ± 7.8	$97 \pm 3.2^{*}$
FEV ₃ (L)	4.82 ± 0.43	4.84 ± 0.14
FEV _{3%}	85 ± 4.5	100 ± 0.6
MEP (mmHg)	99.2 ± 9.0	106.0 ± 4.6

Values are means \pm SE with numbers of experiments in parentheses.

Significantly different from the general group: * $p < 0.01$.

For general and special group, see table 1.

Table 3. Expiratory and inspiratory flow rates during FVC maneuver in special and general groups of physical education students

	(L/sec)	
	General (6)	Special (15)
PEF	9.85±1.98	11.00±1.21
FEF _{0.2-1.2L}	6.42±1.74	9.71±1.07
FEF _{25-75%}	4.15±0.93	6.47±0.65
FEF _{75-85%}	3.23±0.41	3.19±0.54
FEF _{25%}	8.46±1.87	10.08±1.17
FEF _{50%}	6.61±1.05	7.21±0.81
FEF _{75%}	3.64±0.54	3.81±0.58
PIF	8.65±1.24	8.95±1.01

Values are means±SE with numbers of experiments in parentheses.

For general and special group, see table 1.

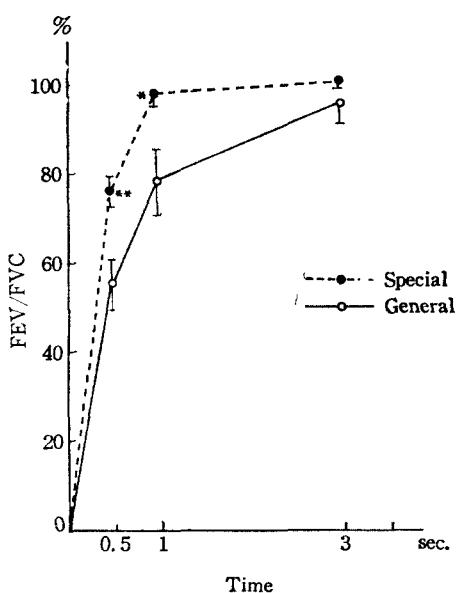


Fig. 1. Forced expiratory volume percent in special and general athletic students. Significantly different from the general athletic students; * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$: Bars indicate 1 SE.

The general group means the physical education students who are not directly engaged in any form of regular physical exercise.

The special group means the physical education students who are directed to perform regular physical exercise.

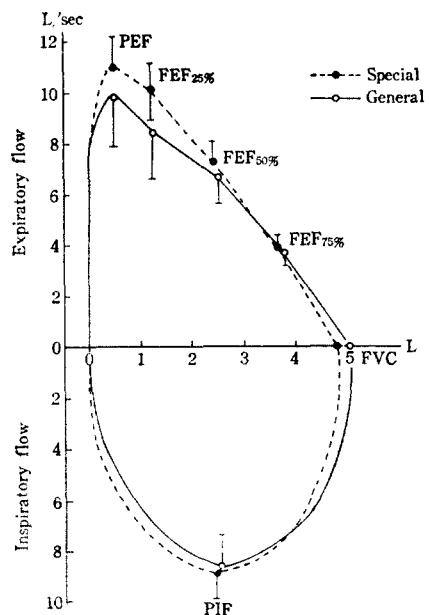


Fig. 2. Expiratory and inspiratory flow rates during FVC maneuver in special and general athletic students. Bars indicate 1 SE.
PEF: peak expiratory flow
PIF: peak inspiratory flow
For general and special group, see Fig. 1.

運動後 恢復期의 静脈血中-酸素와 二酸化炭素 分壓은 表 4와 圖 3에서 보는 바와 같다. 即 運動直後의 一般學生의 酸素分壓은 18.5 ± 2.0 mmHg로 安靜時의 23.0 ± 1.3 mmHg에 比해 減少하였으며 恢復期 5分에는 31.1 ± 4.1 mmHg로 오하려 有い하게 增加하였으며 恢復期 20分에는 28.2 ± 1.3 mmHg로 높은 狀態였다. 特技者의 變化樣相은 一般學生과 差이있으나 恢復 5, 10 및 15分에 33.3 ± 3.1 , 32.6 ± 4.6 및 34.1 ± 4.0 mmHg로 一般學生의 31.1 ± 4.1 , 30.6 ± 3.1 및 28.2 ± 1.3 mmHg 보다 높은 値을 維持하였다. 二酸化炭素의 變化樣相은 酸素의 그것보다 反對의 樣相을 나타내었리. 即 一般學生은 運動直後 63.0 ± 2.5 mmHg로 安靜時의 55.2 ± 1.3 mmHg 보다 增加하였고 恢復期 5分에는 54.5 ± 6.4 mmHg이었으며 그 後는 減少하여 10 및 20分에는 47.7 ± 1.1 및 46.5 ± 5.5 mmHg이었다. 特技者도 運動直後는 增加하고 차차 減少하는 傾向은 一般學生과 같았으나 特技者에서는 二酸化炭素分壓이 낮았다. 即 運動直後에서는 58.8 ± 2.8 mmHg이

Table 4. Changes of PvO_2 and $PvCO_2$ during recovery period after exercise in special and general groups of physical education students

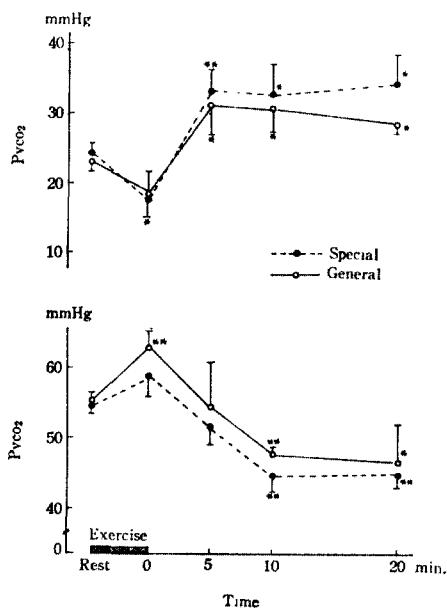
(mmHg)

	Rest	After exercise			
		0	5	10	20min
PvO_2					
General	23.0 ± 1.3 (12)	18.5 ± 2.0 (9)	$31.1 \pm 4.1^*$ (5)	$30.6 \pm 3.1^*$ (9)	$28.2 \pm 1.3^*$ (5)
Special	24.4 ± 1.4 (14)	$17.6 \pm 2.6^*$ (5)	$33.3 \pm 3.1^{**}$ (7)	$32.6 \pm 4.6^*$ (5)	$34.1 \pm 4.0^*$ (7)
$PvCO_2$					
General	55.2 ± 1.3 (12)	$63.0 \pm 2.5^{**}$ (9)	54.5 ± 6.4 (5)	$47.7 \pm 1.1^{**}$ (9)	$46.5 \pm 5.5^*$ (5)
Special	54.4 ± 1.0 (14)	58.8 ± 2.8 (5)	51.7 ± 2.5 (7)	$44.6 \pm 2.1^{**}$ (5)	$44.7 \pm 1.8^{**}$ (7)

Values are means \pm SE with numbers of experiments in parentheses.Significantly different from the rest; * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

Exercise: Running on a treadmill at 5 mile/hr and 15% grade for 3min.

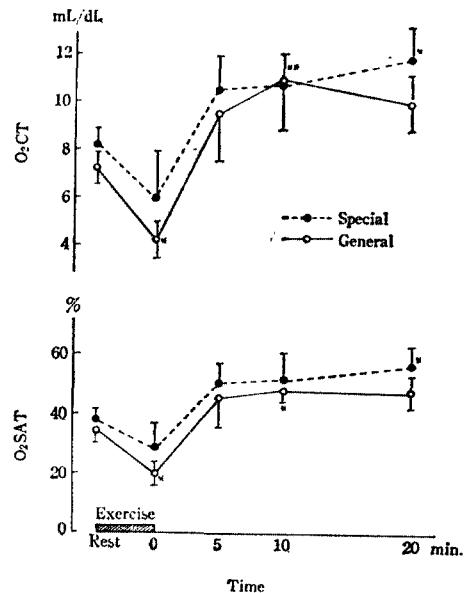
For general and special group, see table 1.

Fig. 3. Changes of venous blood PvO_2 (PvO_2) and $PvCO_2$ ($PvCO_2$), shown as a function of time intervals after exercise.Significantly different from the rest;
* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

Bars indicate 1 SE.

Exercise: Running on a treadmill at 5
mile/hr and 15% grade for 3
min.For general and special group, see
Fig. 1.

運動直後에는 낮았고恢復期 5分에는 오히려 높은 値을 보았다. 一般學生의 安靜時 酸素含量은 7.2 \pm 0.7mL/dL 이었으며 運動直後에는 4.2 \pm 0.8mL/dL로 減少하였고恢復期 5分에는 9.5 \pm 2.0mL/dL로

Fig. 4. Changes of venous oxygen content (O_2 CT) and oxygen saturation (O_2 SAT), shown as a function of the time intervals after exercise.Significantly different from the rest;
* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

Bars indicate 1 SE.

Exercise: Running on a treadmill at 5
mile/hr and 15% grade for 5
min.For general and special group, see
Fig. 1.

있고恢復期 5, 10 및 20分에는 각각 51.7 ± 2.5 , 44.6 ± 2.1 및 44.7 ± 1.8 mmHg 이었다. 酸素의 含量과 饱和度는 表 5 및 圖 4에서 보는 바와 같다. 이 變化樣相은 血中酸素分壓의 變化樣相과 같이 運

Table 5. Changes of O₂CT and O₂SAT during recovery period after exercise in special and general groups of physical education students

Rest	After exercise				
	0	5	10	20min	
O₂ content (mL/dL)					
General	7.2±0.7 (11)	4.2±0.8* (9)	9.5±2.0 (5)	10.9±1.1** (9)	9.9±1.2 (5)
Special	8.2±0.7 (13)	5.9±2.0 (6)	10.5±1.4 (7)	10.7±1.9 (5)	11.7±1.4* (7)
O₂ saturation (%)					
General	34.1±3.4 (11)	19.8±3.9* (9)	44.9±9.5 (5)	47.7±4.1* (8)	46.7±5.6 (5)
Special	38.3±3.4 (14)	28.0±9.4 (6)	50.0±6.5 (7)	51.1±8.9 (5)	55.6±6.7* (7)

Values are means±SE with numbers of experiments in parentheses.

Significantly different from the rest; *p<0.05, **p<0.01.

Exercise: Running on a treadmill at 5 mile/hr and 15% grade for 3min.

For general and special group, see table 1.

增加하였다. 한편 特技者에서는 安靜時 8.2±0.7 mL/dL에서 運動直後는 5.9±2.0mL/dL로 減少하였고 恢復期 5分에는 10.5±1.4mL/dL로 增加하여 一般學生에 比해 酸素含量이 多은 傾向이었다. 一般學生의 酸素飽和度는 安靜時 34.1±3.4%이었으며 運動直後에는 19.8±3.9%로 減少하였고 恢復期 5分에는 44.9±9.5%로 增加하였다. 特技者도 역시 安靜時의 38.3±3.4%에서 運動直後에는 28.0±9.4%로 減少하였고 恢復 5分에는 50.0±6.5%로 增加하였으며 一般學生과 比較하여 높은 饱和度를 보였다.

pH의 變化를 中心으로 한 HCO₃⁻ 및 BE는 表6과 圖5에서 보는 바와 같다. 即 安靜時 一般學生의 pH는 7.32±0.01이었으며 運動直後에는 7.16±0.02로 有意하게 減少한 뒤 차차 增加하여 20分에

는 7.30±0.04이 있다. 特技者는 安靜時の pH가 7.32±0.01이었으며 運動直後에는 7.21±0.01로 역시 有意하게 減少한 뒤 차차 增加하여 20分에는 7.29±0.04이었지만 一般學生과는 달리 pH가 높았다. 安靜時 一般學生의 HCO₃⁻는 28.2±0.5mmol/L이었으나 運動直後에는 22.1±0.6mmol/L로 減少하였으며 恢復期 20分에는 22.8±0.6mmol/L로 약간 恢復되었다. 特技者도 같은 變化樣相을 보였는데 安靜時 28.1±0.5mmol/L에서 運動後 減少하여 10分에는 19.7±1.0mmol/L로 된 後 20分에는 22.2±1.9mmol/L로 되었다. HCO₃⁻의 變化도 pH의 變化樣相과 差이하였다. 安靜時 一般學生의 BE는 1.1±0.4mmol/L이었으며 運動直後에는 -8.1±1.0mmol/L로 減少하였고, 恢復期 20分에는 -3.6±0.6mmol/L로 恢復되는 傾向을 나타내었다. 特

Table 6. Changes of pH, HCO₃⁻ and BE during recovery period after exercise in special and general groups of physical education students

Rest	After exercise				
	0	5	10	20min	
pH					
General	7.32±0.01(12)	7.16±0.02** (9)	7.17±0.02** (5)	7.19±0.02** (9)	7.30±0.04 (5)
Special	7.32±0.01(14)	7.21±0.01** (6)	7.20±0.10 (7)	7.25±0.02** (5)	7.29±0.04 (7)
HCO₃⁻ (mmol/L)					
General	28.2±0.5(12)	22.1±0.6** (9)	20.0±1.6** (5)	18.5±1.1** (9)	22.8±0.6** (5)
Special	28.1±0.5(14)	22.2±1.3** (6)	20.5±1.6** (7)	19.7±1.0** (5)	22.2±1.9** (7)
BE (mmol/L)					
General	1.1±0.4(12)	-8.1±1.0** (9)	-5.5±4.6* (5)	-8.7±2.2** (9)	-3.6±0.6** (5)
Special	1.2±0.5(14)	-6.4±1.0** (6)	-8.0±2.2** (7)	-7.4±1.3** (5)	-4.2±2.4** (7)

Values are means±SE with numbers of experiments in parentheses.

Significantly different from rest; *p<0.05, **p<0.01.

Exercise: Running on a treadmill at 5 mile/hr and 15% grade for 3min.

For general and special group, see table 1.

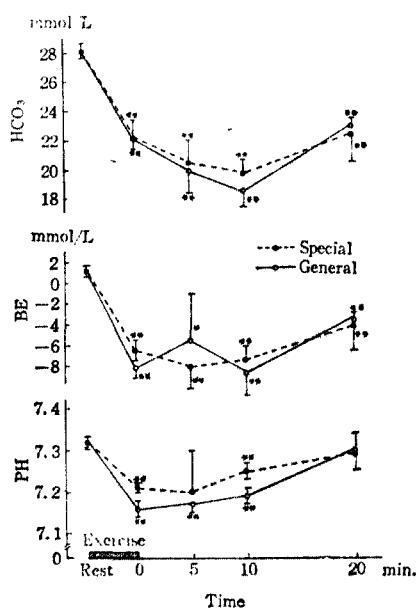


Fig. 5. Changes of pH, HCO_3^- and base excess (BE), shown as a function of the time intervals after exercise.
 Significantly different from the rest:
 $*p < 0.05$, $**p < 0.01$.
 Bars indicate 1 SE.
 Exercise: Running on a treadmill at 5 mile/hr and 15% grade for 3 min.
 For general and special group, see Fig. 1.

特技者の BE는 安靜時に $1.2 \pm 0.5 \text{ mmol/L}$ 이었고一般學生들과 같이 運動直後에는 $-6.4 \pm 1.0 \text{ mmol/L}$ 로 減少하였으며 20分에는 $-4.2 \pm 2.4 \text{ mmol/L}$ 로 恢復되는 傾向이었고 pH나 HCO_3^- 와 마찬가지로 特技者에서는 그 變化程度가 적은 傾向이었다.

考 察

年齢, 性別 및 身體的條件에 따라 肺機能検査結果는 다르다¹⁷⁾고 하며 身體的條件은 身長^{8,9)}, 體重 및 體表面積¹⁰⁻¹³⁾이 主要素가 된다. 本 實驗에서 各實驗對象間의 身長, 體重 및 DuBois 와 DuBois 式⁶⁾에 依해 計算한 體表面積은 差異가 없었기 때문에 兩群의 實測值를 서로 比較하였다. 體育科 特技者를 對象으로 實驗을 할 때 있어서 對照群을 體育科 一般學生으로 한 理由는 身體的條件에 따라 發生될 수 있는 肺機能의 差異를 除去할 수 있고 特技

者와 비슷한 生活을 하고 있기 때문이었다.

本 實驗에서 얻은 體育科 一般學生의 肺機能成績과 先行研究의 成績을 比較해 보면, $\text{FEV}_{0.5}$ 는 $2.8 \sim 3.2 \text{ L}$, $\text{FEV}_{0.4\%}$ 는 $58 \sim 66\%$ 라고^{14,15)} 하였는데 本 實驗에서도 $2.77 \pm 0.61 \text{ L}$ 와 $55 \pm 6.1\%$ 로 비슷하였으며 또한 FEV_1 은 $3 \sim 4 \text{ L}$ 이고 $\text{FEV}_1\%$ 는 $80 \sim 85\%$ 라고^{16,17)} 하였는데 本 實驗에서는 $3.93 \pm 0.72 \text{ L}$ 와 $78 \sim 7.8\%$ 로 비슷하였다. FEL_3 도 다른 研究結果^{14,18)}와 같이 거의 FVC와 같았고, 3秒內 모두 呼出하였다. PEF의 値도 다른 報告^{19,20)}의範圍内에 있으며 $\text{FEF}_{0.5-1.2} \text{ L}$ ^{14,21)}, $\text{FEF}_{25-75\%}$ ^{18,21)}, $\text{FEF}_{25\%}$ ²²⁾, $\text{FEF}_{50\%}$ ²²⁾ 및 $\text{FEF}_{75\%}$ ²²⁾도 모두 正常範圍内에 있었다

한편 特技者와 一般學生을 比較해 보면 FVC를 除外한 나머지 肺機能検査 種目은 特技者が 높은 傾向이었으며 특히 $\text{FEV}_{0.5\%}$ 와 $\text{FEV}_{1\%}$ 는 有意한 差異를 나타내었다. Newman 等²³⁾과 Kollias 等²⁴⁾은 運動으로는 FVC의 變化가 없다고 하였는데 本 實驗의 結果로서도 FVC는 特技者와 一般學生 사이에 差異가 없었다.

氣速曲線 모양은 一般的으로 初期에 急速히 最高에 達한 뒤 指數函數의 으로 減少한다. 初期의 上昇에는 呼吸筋에 依해 發生되는 힘에 左右되고 後期의 下降은 氣道의 抵抗때문인데 特히 肺活量의 60%以後에 氣道의 抵抗이 크다고²⁵⁾ 한다. 따라서 氣速～容積曲線은 初期의 筋力에 左右되는 努力性部分(effort dependent portion)과 後期의 努力과 關係가 없는 非努力性部分(effort independent portion)²⁶⁾으로 나눌 수 있다.

本 實驗의 成績을 보면 特技者は 努力性 및 非努力性 全部分에 一般學生에 比하여 큰 欲을 나타내었고 이것으로 미루어 볼 때 氣道抵抗이 적고 呼吸筋의 힘이 크다고 할 수 있겠는데 그 中에서도 初期에서 一般學生보다 더 큰 傾向을 나타내기 때문에 呼吸筋의 힘이 더 큰 作用을 하는 것이라고思料되는 바이다. 또한 呼吸筋의 힘이 큰 理由는 運動을 通하여 胸廓筋肉이 發達^{27,28)}되었기 때문일 것이다. 呼吸筋의 힘이 크다고 생각할 수 있는 또 하나의 理由는 特技者の MEP가 큰 傾向이라는 것이다. Rahn 等²⁹⁾은 MIP나 MEP는 呼吸筋의 힘과弛緩壓力(relaxation pressure)의 합이라고 하였는데 MEP가 큰 것은 呼吸筋의 힘이 큼을 意味하는 것일 것이다.

朴等³⁰⁾은 運動選手의 氣道抵抗이 크다고 하였는데 이 點은 本 實驗에서 얻은 結果와 相異한 點이고 따라서 氣道抵抗에 관해서는 앞으로 더 研究해 볼必要가 있다고 하겠다.

本實驗에서의 運動負荷는 最大運動負荷를 주기 위
해서 鄭等³¹이 實施한 것과 같이 하였다. 運動負荷
程度는 心搏數를 測定함으로써 間接的으로 알 수가
있었는데 이 運動負荷로서는 體育科 一般學生들의 運
動中 心搏數가 約 180회로 되었고 Shephard 等³¹
의 分類에 依하면 이것은 거의 最大運動量에 가까
우며 酸素消耗量도 最大에 該當된다³².

한편 本實驗에서 安靜狀態의 一般學生과 特技者
의 靜脈血 酸素分壓은 24mmHg 程度이 있는데 Guy-
ton³³의 40mmHg 와는 큰 差異를 갖는다. 그러나 Lamb³²은 30mmHg, Thomson 等³⁴은 20~30mm
Hg로 報告하였는데 이렇게 靜脈血中 酸素分壓이 큰
差異를 나타내는 理由는 여러 가지 實驗上의 誤差
因子³⁵ 即 死腔을 채운 해파린의 濃度, 採血時의
壓迫程度, 時間이 지남에 따른 糖分解作用, 機械의
敏感性 및 血液成分 自體의 差異에 依한 것으로 생
각된다. 運動直後의 血中 酸素分壓은 減少하고 二
酸化炭素分壓은 增加하였는데 이것은 運動으로 組
織의 代謝가 旺盛하여 多量의 酸素를 利用하고 反面
二酸化炭素를 發生하기 때문에 생작된다. 그러나 恢復期에서
는 위와 반대로 酸素分壓은 增加하고 二酸化炭素分壓은 減少하였다. Doll 等³⁶도 같은
結果를 얻었는데 이 點은 運動中止로 因해서 組
織의 酸素消耗量은 激減되고 한편 酸素消耗量以上
으로 酸素를 供給하기 때문에 생작된다. 酸素를
많이 供給하기 위해서는 血流의 增加와 過呼吸이
아무어지야 하는데 運動中에는 血流의 增加와 함께
血中 catecholamine의 增加³⁷ 혹은 pH의 減少로
呼吸回數가 많아지고 深度가 커지는 過呼吸이 일어
나는데 恢復期에도 酸素負債를 補償하기 위해서
一定時間동안 繼續해서 위와 같은 現象이 일어나는 것
으로 생작된다.

한편 特技者は 一般學生보다 높은 酸素分壓과 낮은 二酸化炭素分壓의 結果를 나타내었다. 即 特技
者는 一般學生에 比해서 心肺機能에 差異가 있다고
할 수 있을 것이다. 恢復期에 運動選手들의 呼吸數
는 非選手들보다 많지는 않지만³⁴ 運動選手들은 肺
擴散能이 커서^{38, 39} 酸素供給이 많을 것으로 생작된다.

Whipp 와 Wasserman⁴⁰은 運動으로 特히 肺上
葉에서 換氣／灌流 比가 增加하여 動脈血中 二酸化
炭素分壓이 減少한다고 하였다. 擴散能이 커서 動
脈血에 많은 酸素가 存在하면 靜脈血은 많은 酸素를
含有⁴¹하게 된다. 即 特技者は 肺機能에서처럼
呼吸筋의 힘이 크고 肺胞面積이 넓어서 換氣～灌流
比가 높을 것이며 따라서 靜脈血中 酸素分壓은 낮을 것

으로 생작된다. 물론 다른 因子 即 運動으로 因한
5~10% 해모글로빈 濃縮⁴², 筋肉 血流의 增加,
肺上葉의 血流增加⁴³ 및 組織의 酸化反應에 따른
酸素攝取率⁴⁴ 等도 關與한 것이다. 酸素飽和度와 酸
素含量은 酸素分壓을 基準으로 한 Thomass⁴⁵의 數
式을 利用한 것이기 때문에 酸素分壓의 變化樣相과
비슷할 것이다.

本實驗에서 運動後 血液은 酸性을 나타내었다가
恢復期 20分에는 安靜時의 값으로 되돌아 왔다. 運
動으로 오는 靜脈血의 pH 變化는 炭酸과 乳酸이 主
가 되는 것이고 恢復期의 二酸化炭素의 變化와 pH
變化는 같은 樣相을 나타내지 않으며 또한 運動後
1~2分에 乳酸이 最高에 達한 뒤 漸次 減少한다는
報告를 參考³¹ 한다면 運動後의 pH의 變化는 乳酸
變化와 더 密接한 關係가 있을 것으로 생작된다.

特技者の 血液의 pH는 恢復期에 높았는데 이것은
운동選手는 非選手보다 血中乳酸의 除去가 더
빠르기 때문에⁴⁶으로 생작된다. 運動中에 생긴 乳酸
은 恢復期에 充分한 酸素가 供給되면 再利用
되는데 特技者の 血中 酸素分壓이 높은 것은 乳酸
의 利用을 促進하는 하나의 要因이 될 것으로 생작된다.

二酸化炭素와 pH를 利用하여 計算한 HCO_3^- 과
Siggaard-Anderson⁴⁷의 式을 利用한 BE의 變化
도 pH의 變化樣相과 비슷하였다. HCO_3^- 은 酸을
中和할 수 있는 鹽基로 作用하며 HCO_3^- 의 增減程
度는 BE로 表示될 수 있는 것이다. 即 BE는 乳酸
과 pyruvic acid와 같은 固定酸(fixed acid)의 變
化를 나타내는 것으로서 鄭等³¹도 乳酸의 變化와
 HCO_3^- 및 BE의 變化가 逆關係임을 觀察하였다.

要 約

20歲 前半의 男子 運動選手에서 安靜時의 肺機能
과 運動負荷後恢復期의 血中ガス分壓과 pH의 變化
를 알아 보고자 體育科 特技者 學生 15名을 對象으
로 하고 體育科 一般學生 12名을 이의 對照群으로
삼아 實施한 本 研究의 結果를 要約하면 다음과 같
다.

肺機能検査에서 FVC를 除外한 다른 項目은 特
技者가 큰 傾向을 나타내었으며 特히 $\text{FEV}_{0.5\%}$ 와
 $\text{FEV}_{1\%}$ 는有意하게 커졌다. 氣速도 $\text{FEF}_{75-85\%}$ 를 除外
하면 特技者가 큰 傾向을 나타내었으며 全般的으로
氣速의 後期보다 初期에 差異가 커졌다.

運動後 恢復期의 酸素分壓은 運動直後에서는 減
少하였으나 恢復期 5分에서는 오히려 增加하였으며

特技者は一般學生보다 全般的으로 높은 酸素分壓을 나타내었다. 이와 反對로 二酸化炭素分壓은 運動直後에는 增加하였고 恢復期 10分에는 減少하는 傾向이 있다. 特技者は一般學生보다 낮은 二酸化炭素分壓을 나타내었다.

pH의 變化는 兩群에서 모두 運動直後值는 減少하였으며 그후 次次 恢復되어 恢復期 20分에서는 거의 安靜時值로 되돌아 왔으며 特技者에서는 이러한 pH의 化變가 적었다.

參 考 文 獻

- Judy, W.V.: Physiology of exercise. In: Basic physiology for the health sciences. Selkurt, E.E. 3rd ed., Little Brown Co., Boston, pp.563—587, 1975.
- Mitchell, J.H.: Maximal oxygen uptake. N. Engl. J. Med., 284: 1018—1022, 1971.
- 黃樹寬, 許墩: Treadmill 運動負荷後 恢復期에 있어서 心肺機能의 變化. 韓國體育學會誌, 19: 187—199, 1980.
- 裴玉錫, 黃樹寬, 金亨鎮, 朱永恩: Rebounder 運動負荷後 恢復期의 心肺機能의 變化. 慶北醫大雜誌, 23: 203—212, 1982.
- 鄭武達, 李元晶, 朴載植, 朱永恩: 男子高等學生 運動選手의 運動後 恢復期의 血液gas分析과 血中葡萄糖 및 乳酸濃度變化. 慶北醫大雜誌 24: 330—341, 1983.
- DuBois, D., and DuBois, E.F.: Clinical calorimetry. Formula to estimate surface area if height and weight be known. Arch. Int. Med., 17: 863—871, 1916.
- Hyatt, R.E.: Dynamic lung volumes. In: Handbook of physiology, section 3 respiration, edited by Fenn, W.O., and Rahn, H., American Physiological Society, Washington, D.C. pp.1381—1397, 1965.
- Gandevia, B.: Normal standards for single breath tests of ventilatory capacity in children. Arch. Disease Childhood, 35: 236—239, 1960.
- Kory, R.C., Callahan, R., Boren, H.G., and Syner, J.C.: The veterans administration-army cooperative study of pulmonary function. Am. J. Med., 30: 243—258, 1961.
- West, H.F.: Clinical studies on the respiration. Arch. Int. Med., 25: 306—312, 1920.
- Anderson, T.W., Brown, J.R., Hall, and Shephard, R.J.: The limitations of linear regressions for the prediction of vital capacity and forced expiratory volume. Respiration, 25: 140—158, 1968.
- 고재철, 이광무: 건강한 성인남자의 폐활량 예측식. 카톨릭大學醫學部論文集, 30: 357—364, 1977.
- 趙東圭, 朴熙明: 换氣力學検査의 推定正常值에 관한 研究. I. 努力性 呼氣曲線의 分析을 中心으로. 大韓醫學協會誌, 23: 715—720, 1980.
- Arkins, J.A., Glaser, M.R., and Trettel, R.J.: The maximal expiratory flow rate of normal individuals. Diseases Chest, 37: 496—498, 1960.
- Miller, W.F., Johnson, R.L., and Wu, N.: Relationships between fast vital capacity and various timed expiratory capacities. J. Appl. Physiol., 14: 157—163, 1959.
- Engström, I., Escardo, F.E., Karlberg, P., and Kraepelien, S.: Respiratory studies in children. VI. Timed vital capacity in healthy children and in symptom-free asthmatic children. Acta Paediat., 48: 114—120, 1959.
- Gaensler, E.A.: Analysis of the ventilatory defect by timed capacity measurements. Am. Rev. Tuberc., 64: 256—278, 1951.
- Løvallen, E.C., and Fowler, W.S.: Maximal midexpiratory flow. Am. Rev. Tuberc. Pulmonary Disease, 72: 783—800, 1955.
- Shephard, R.J.: Some observations on peak expiratory flow. Thorax, 17: 39—48, 1962.
- Goldsmith, J.R.: A simple test of maximal expiratory flow for detecting ventilatory obstruction. Am. Rev. Tuberc. Pulmonary Diseases, 78: 180—190, 1958.
- Caro, C.G., and DuBois, A.B.: Pulmonary function in kyphoscoliosis. Thorax, 16: 282—290, 1961.
- Hyatt, R.E.: The interrelationships of pressure, flow, and volume during various respiratory maneuvers in normal and emphysematous subjects. Am. Rev. Respirat.

- Diseases, 83 : 676—683, 1961.
23. Newman, F., Smalley, B.F., and Thomson, M.L.: Effect of exercise, body and lung size on CO diffusion in althletes and nonathletes. *J. Appl. Physiol.*, 17 : 648—655, 1962.
24. Kollas, J., Boileau, R.A., Bartlett, H.L., and Buskirk, E.T.: Pulmonary function and physical condition in lean and obese subjects. *Amer. Med. Assoc. Arch. Environ. Health*, 25 : 146—150, 1972.
25. Shephard, R.J.: Physiology and biochemistry of exercise. Praeger, NY 1982 pp. 135—175, 1982.
26. Van de Woestijne, K.P., and Zapletal, A.: The maximum expiratory flow-volume curve. In: Airway dynamics, physiology and pharmacology, edited by Bouhuys, A., C.C. Thomas, Springfield, Ill. pp. 61—72, 1970.
27. Ishiko, T.: Aerobic capacity and external criteria of performance. *Can. Med. Assoc. J.*, 96 : 746—749, 1967.
28. Stuart, D.H., and Collins, W.D.: Comparison of vital capacity and maximal breathing capacity of athletes and nonathletes. *J. Appl. Physiol.*, 14 : 507—509, 1959.
29. Rahn, H., Otis, A.B., Chadwick, L.E., and Fenn, W.O.: The pressure-volume diagram of the thorax and lung. *Am. J. Physiol.*, 146 : 161—164, 1976.
30. 朴海根, 朴詰斌, 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. *生理科之學研究報告書*, 1 : 32—41, 1964.
31. Shephard, R.J., Allen, C., Benade, A.J.S., Davies, C.T.M., di Prampero, P.F., Hedman, R., Merriman, J.E., Myhre, K., and Simmons, R.: The maximum oxygen intake: An international reference standard of cardiorespiratory fitness. *Bull. WHO*, 38 : 757—764, 1968.
32. Lamb, D.R.: Physiology of exercise. Macmillan Publishing Co., New York pp. 197—238, 1978.
33. Guyton, A.C.: Textbook of medical physiology. 6th., W.B. Saunders Co., Philadelphia-London-Toronto, pp. 504—515, 1981.
34. Thomson, J.M., Dempsey, J.A., Chosy, L.W., Shahidi, N.T., and Reddan, W.G.: Oxygen transport and oxyhemoglobin dissociation during prolonged muscular work. *J. Appl. Physiol.*, 37 : 658—664, 1974.
35. Siggaad-Angerson, O.: The acid-base status of the blood. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, 15 : 1—134, 1963.
36. Doll, E., Keul, J., and Maiwald, C.: Oxygen tension and acid-base equilibria in venous blood of working muscle. *Am. J. Physiol.*, 215 : 23—29, 1968.
37. Gray, I., and Beetham, W.P.: Changes in plasma concentration of epinephrine and norepinephrine with muscular work. *Proc. Soc. Exptl. Biol. Med.*, 96 : 636—638, 1957.
38. Anderson, T.W., and Shephard, R.J.: Physical training and exercise diffusing capacity. *Int. Z. Angew. Physiol.*, 25 : 198—209, 1968.
39. Anderson, T.W., and Shephard, R.J.: The effects of hyperventilation and exercise upon the pulmonary diffusing capacity. *Respiration*, 25 : 465—484, 1968.
40. Whipp, B.J., and Wasserman, K.: Alveolar-arterial gas tension differences during graded exercise. *J. Appl. Physiol.*, 27 : 351—365, 1969.
41. Kaijser, L.: Limiting factors for aerobic muscle performance. The influence of varying oxygen pressure and temperature. *Acta Physiol. Scand.*, Suppl. 346 : 1—96, 1970.
42. Terjung, R.L., and Tipton, C.M.: Plasma thyroxine and thyroid-stimulating hormone levels during submaximal exercise in humans. *Amer. J. Physiol.*, 220 : 1840—1845, 1971.
43. Bryan, A.C., Bentivoglio, L.G., Beerel, F., MacLeish, H., Zidulka, A., and Bates, D.V.: Factors affecting regional distribution of ventilation and perfusion in the lung. *J. Appl. Physiol.* 19 : 395—402, 1964.
44. Pirnary, E., Lamb, M., Dujardin, J..

- Deroanne, R., and Petit, J.M.: Analysis of femoral venous blood during maximal muscular exercise. *J. Appl. Physiol.*, 33: 289—292, 1972.
45. Thomas, L.J.: Algorithms for selected blood acid base and blood gas calculations. *J. Appl. Physiol.*, 33: 154—158, 1972.
46. Grimby, G., and Saltin, B.: Physiological effects of physical training in different ages. *Scand. J. Rehab. Med.*, 3: 6—14, 1971.
47. Sigaard-Anderson, O.: Titratable acid or base of body fluid. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 133: 41—58, 1966.