

여자 중·고등 학생의 최대 산소 섭취량^{1,2}

서울대학교 의과대학 생리학교실 및 국민체력과학연구소

鄭 日 東 · 南 基 鏞

Abstract

Maximal Oxygen Uptake in the Secondary School Girls

Chung, Il Dong and Nam, Kee Yong

Department of Physiology and Physical Culture Research Institute,

Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

Maximal oxygen uptake was measured in thirty-three secondary school girls by means of the treadmill test. Eighteen middle school girls aged 14.0 (range: 13.0~15.9) years and fifteen high school girls aged 16.9 (range: 16.0~18.0) years served as subjects. Maximal treadmill run lasted for 2 minutes and 20 seconds and the expired air was collected in a Douglas bag through a J-valve during the last one minute period. In general, absolute values of various measurements in the high school girls were greater than those of the middle school girls. When values were expressed on the body weight or lean body weight basis, however, work capacity of middle school girls was superior to that of the high school girls. The detailed results are as follows:

1. In middle school girls maximal oxygen uptake was 1.78 l/min., 47.4 ml/kg body weight, 12.3 ml/cm body height, and 61.7ml/kg lean body mass. In high school girls maximal oxygen uptake was 1.93 l/min., 39.7ml/kg body weight, 12.3 ml/cm body height, and 51.2 ml/kg LBM. Although the absolute value of maximal oxygen uptake was greater in high school girls than in middle school girls, values expressed on the body weight basis showed the reverse trend, namely, values of the middle school girls was greater than those of the high school girls.

2. The ratio of maximal to resting oxygen uptake was 8.8 in the middle school girls and was 10.2 in the high school girls.

3. Maximal pulmonary ventilation in the middle school girls was 55.3 l/min. and 66.1 l/min. in the high school girls. The ratio of maximal to resting pulmonary ventilation was 10.2 in the middle school girls and 10.1 in the high school girls.

4. The correlation between body weight and maximal oxygen uptake was relatively high, namely, $r=0.79$ both in middle and high school girls. The correlation coefficient between body weight and maximal pulmonary ventilation was a little less that of between maximal oxygen uptake and showed a value of $r=0.60$ both in middle and high school girls. The lean body mass was a poor reference of maximal oxygen uptake or maximal pulmonary ventilation as compared to body weight.

The correlation between maximal oxygen uptake and maximal pulmonary ventilation was high and the coefficient of correlation in middle school girls was 0.927 and in high school girls it was 0.856.

5. Maximal ventilation equivalent was 30.9 liters in middle school girls and 33.9 liters in high school girls. This indicated that no hyperventilation was induced during the maximal oxygen uptake

1. 국민체력과학 연구소 논문 제 31 호

2. This study was supported partly by the China Medical Board of New York, Inc., Grant No. 66~909~2.

exercise period as related to the maximal oxygen uptake.

6. Heart rate reached to the peak value within 1.5 minutes after beginning of maximal oxygen uptake run and remained at the same peak plateau level throughout the entire running period. Heart rate decreased steeply on cessation of running and subsided slowly thereafter. The maximal heart rate was 184 beat/min. in middle school girls and 189 beat/min. in high school girls.

7. Maximal oxygen pulse was 9.4 in middle school girls and 9.9 ml/beat in high school girls.

인체가 활동하면 산소 섭취량이 기초 상태에 비하여 증가함은 주지의 사실이다. 기초 상태의 산소 섭취량에 연령과 성별에 따르는 일정한 한계가 있는 것도 널리 알려진 사실이며 한편으로는 최대로 섭취할 수 있는 산소량도 일정한 한계가 있다. 이 최대 산소 섭취량은 연령과 성별에 따라 차이가 있으며(Astrand, 1956), 이것은 각 개인의 최대 신체 작업의 한계를 나타내는 것이다. 최대 산소 섭취에 영향하는 요인으로는 이 밖에도 체중(任·南, 1965, 郭·南, 1968), 총 지방량(Welch et al., 1958), 스포츠의 종류(Astrand, 1960) 특정 작업이나 신체 운동에 대한 훈련과 숙련도(Richardson, 1965) 등이 있다.

몸집이 큰 사람 즉 신장이 크고 체중이 많은 사람에서 최대 산소 섭취량이 크나 신장은 별반 관계가 없으며(郭·南, 1968), 같은 체중인 사람들 끼리는 총 지방량이 적은 사람 쪽이 최대 산소 섭취량이 많으며, 장거리 경주 선수나 스키 선수에서 특출하게 크고 힘든 일이라도 그 일에 숙련 하여지면 산소 섭취량은 적어진다.

여자는 남자에 비하면 같은 체중에서 총지방량이 차지하는 크기가 많은고로 최대 산소 섭취량에 대한 영향이 크게 나타날 것이 예상되며 또한 여자가 할 수 있는 신체의 최대 작업은 근력의 크기이나 지구력에 있어서 모두 남자보다 적다고 생각되는 것이 통념으로 되어 있

다. 이리하여 여자의 최대 산소 섭취량은 남자에 비하여 차이가 있을 것이 예상된다.

이 논문은 여자 중·고등 학생을 대상으로 트렌밀 검 사법에 의하여 최대 산소 섭취량을 측정하고 연령별 변화와 총 지방량과의 관련 아래에서 검토한 것이다.

실험 방법

대상자는 여자 중학생 18명과 여자 고등학생 15명이 었다. 대상자의 신체 특징을 제 1표에 보인다. 여자 중 학생 연령 평균은 14.0세(13.0~15.9세 범위), 신장이 144.5 cm, 체중이 37.8 kg, 총 지방량이 24.0%, 무지방 체중이 76.0%이었으며, 등, 허리, 팔 및 배의 4군데 피부두께의 평균 두께는 9.7 mm 이었다. 여자 고등학생 연령 평균은 16.9세(16.0~18.0세 범위), 신장이 156.2 cm, 체중이 49.8 kg, 총지방량이 24.1%, 무지방 체중이 75.9%이었으며, 4군데 피부두께의 평균 두께는 17.0 mm 이었다. 이들 대상자의 신장과 체중은 한국인 정상값(金仁達, 1959)과 비등한 것이었다. 총 지방량 측정 은 피부두께법(南基鏞, 1962)에 따랐으며 Lange의 집 계(Cambridge Sci. Ind. 제조)를 사용하여 등, 팔, 허리 및 배에서 측정한 피부두께의 평균치를(崔德瓊과金子香, 1968)의 공식에 대입하여 결정하였다. 즉 여자 중학 생에서는

Table 1. Physical characteristics of subjects

	Age yr	Height cm	Weight kg	Skinfold thickness, mm					Fat		LBM	
				Back	Waist	Arm	Abdomen	Mean	kg	%	kg	%
Middle school girls, N=18												
Mean	14.0	144.5	37.8	9.7	10.0	10.6	8.6	9.7	9.2	24.0	28.6	76.0
S.D.	0.82	5.8	6.0	4.7	4.5	4.5	6.5	4.7	2.6	5.0	4.4	4.9
Range	13.0~15.9	135~154	27.0~49.6	3.5~22.8	3.0~19.0	4.5~20.5	3.0~24.0	3.4~21.4	4.9~14.9	14.1~30.0	22.0~36.2	67.1~86.9
High school girls, N=15												
Mean	16.9	156.2	49.8	14.9	18.4	15.8	15.6	17.0	12.1	24.1	37.7	75.9
S.D.	0.56	1.5	3.8	3.1	4.0	2.0	3.6	2.7	1.9	2.2	2.2	2.2
Range	16.0~18.0	154~159	43.1~56.3	11.8~26.7	13.3~24.0	12.7~18.7	8.2~22.8	13.0~22.9	8.9~14.5	19.7~27.5	33.5~41.4	72.5~80.3

$$\text{Fat}(\%) = 0.747 \times \text{Mean skinfold thickness}(\text{mm}) + 16.21$$

여자 고등학생에서는

$$\text{Fat}(\%) = 0.544 \times \text{Mean skinfold thickness}(\text{mm}) + 15.32$$

로 셈하였다.

최대 산소섭취량 측정은 피검자를 트레널밀(treadmill) 위에서 달리게 하여 거의 눕초되고 뼈들어지기 직전에 이르는 힘든 전신 작업을 부과함으로써 최대의 에너지 소비를 강요하여 얻었다. 중학생에서는 트레널밀 회전속도를 6.5 또는 7 km/hr, 고등학생에서는 7.4 km/hr 로 고정하고 경사각도를 높여서 8.5 또는 9.5도로 하여 달리게 함으로써 최대 산소 섭취량을 결정하였다.

피검자로 하여금 같은 조건으로 트레널밀 위에서 2분 가량 준비 운동을 하게 하고 3분 가량의 휴식 후에 측정하였다. 달리기 시간은 2분 20초로 하였고 마지막 1분 동안에 벨숨 공기를 채집하여(任·南, 1965, Taylor et al., 1955) 분석하였다. 대상자 가운데는 2분 20초를 끝까지 달리지 못하고 도중에 단념하는에도 있었으며 벨숨 공기 채집 시간이 0.5분을 초과하지 못하는 예

는 버렸다. 피검자는 보통 대로의 아침 식사를 하였으며 실험실에 도착 즉시 침대에 눕히기를 30분 이상 하여서 심장 박동수가 80 이하인 것을 확인한 후에 안정 시 산소 섭취량을 측정하였다. J-valve를 통하여 배출되는 공기를 플라스틱으로 된 용량 100 리터 가량의 더글래스 주머니(Douglas bag)에 7분 내지 10분동안 모아서 산소와 탄산가스를 분석하였다.

트레널밀 위에서 달릴 때에는 플라스틱 마스크와 J-valve를 통하여 나오는 벨숨 공기를 더글래스 주머니에 채집하고 이로부터 산소 섭취량을 결정하였다. 더글래스 주머니에 채집된 공기 용량을 wet test gas meter로 측정하였고 공기 중의 산소와 탄산가스의 농도는 micro-Scholander 장치(1947)로 측정하였으며 용량 표시는 산소는 STPD로 환기량은 BTPS로 하였다. 산소섭취량 계산은 Consolazio 등(1963)의 계산도표를 사용하여 결정하였다. 심장 박동수 측정에는 원격계(telemeter)를 사용하였다.

실험 성적

여자 중학생 : 여자 중학생 18명의 성적을 제 2 표, 제

Table 2. Individual data of maximal oxygen intake and pulmonary ventilation in middle school girls
N=18

Subj.	Age yr	Body height cm	Body weight kg	Max \dot{V}_{O_2} , STPD l	Max \dot{V}_E , BTPS l	Max HR beat/min.
J S	14.1	145	46.0	2.25	68.0	
CK	14.2	150	45.3	2.02	62.0	
AD	14.2	153	41.9	2.18	62.0	
BA	13.9	143	40.4	1.75	58.2	
OY	14.3	139	31.8	1.49	41.0	
CY	13.3	139	35.4	1.97	59.1	
K J	13.8	145	36.5	1.55	58.4	
KC	14.3	154	49.6	2.00	66.4	
SM	13.3	145	33.8	1.86	58.0	192
K J	13.0	146	42.0	1.78	55.6	204
S C	13.2	138	27.0	1.43	43.8	108
SM	14.3	149	38.8	1.94	60.1	160
KY	13.0	135	29.2	1.26	39.8	174
BS	14.8	150	37.7	1.56	51.3	180
J J	13.3	138	31.7	1.55	42.8	180
KC	15.5	152	44.9	2.32	69.9	180
LB	15.9	140	34.7	1.65	53.6	186
OH	13.1	139	34.4	1.62	45.7	192
Mean	14.0	144.5	37.8	1.78	55.3	184.0
S.D.	20.8	5.8	6.0	0.98	8.9	11.4
Range	13.0~15.9	135~154	27.0~49.6	1.26~2.32	39.8~69.9	160~204

Table 3. Resting and maximal oxygen intake and oxygen pulse of middle and high school girls

	Resting \dot{V}_{O_2} , STPD			Maximal \dot{V}_{O_2} , STPD			Max \dot{V}_{O_2}	Ratio \dot{V}_{O_2}	Oxygen pulse	
	ml	$\frac{ml}{kg \text{ b. wt}}$	$\frac{ml}{kg \text{ LBM}}$	l	$\frac{ml}{kg \text{ b. wt}}$	$\frac{ml}{kg \text{ LBM}}$	$\frac{ml}{cm \text{ b. height}}$	Max	ml/beat	
		Rest	Rest		Rest	Rest	Rest	Rest	Rest	Max
Middle school girls, N=18										
Mean	202	5.4	6.6	1.78	47.4	61.7	12.3	8.8	2.7	9.4
S.D.	36.4	0.70	1.98	0.988	4.63	0.53	1.69	1.46	0.49	5.46
Range	157~ 287	3.8~ 6.6	5.8~ 8.7	1.26~ 2.32	40.3~ 55.6	54.7~ 67.7	9.3~ 15.5	6.8~ 11.7	1.9~ 3.6	7.2~ 12.9
High school girls, N=15										
Mean	190	3.9	5.1	1.93	39.7	51.2	12.3	10.2	2.7	9.9
S.D.	30.3	0.67	0.88	0.274	3.61	5.69	1.75	3.21	0.47	1.74
Range	117~ 229	2.3~ 4.8	3.0~ 6.3	1.58~ 2.54	34.9~ 47.5	43.2~ 65.3	9.9~ 16.1	7.8~ 14.5	1.5~ 3.1	8.1~ 12.1

Table 4. Pulmonary ventilation, ventilation equivalent and heart rate in middle and high school girls

	Pulmonary ventilation, BTPS			Ventilation eq.		Heart rate ratio	Max HR	Resting HR
	Rest	Max	Ratio	Rest	Max			
	l/min	l/min	$\frac{\text{Max}}{\text{Rest}}$	l	l			
Middle school girls, N=18								
Mean	5.4	55.3	10.2	26.4	30.9	2.5	184.0	75.0
S.D.	0.87	8.94	1.64	3.04	3.87	0.19	11.43	6.43
Range	3.7~ 6.9	39.8~ 69.9	5.8~ 12.6	21.8~ 34.0	27.5~ 33.1	2.0~ 2.8	160~ 204	60~ 80
High school girls, N=15								
Mean	6.5	66.1	10.1	34.2	33.9	2.7	189.3	70.4
S.D.	1.39	10.5	2.01	7.11	7.11	0.308	13.81	6.55
Range	4.3~ 10.4	46.2~ 87.0	8.2~ 13.9	24.5~ 38.3	29.1~ 39.6	2.2~ 3.1	174~ 224	60~ 84

3 표 및 제 4 표에 보인다. 안정시 산소 섭취량이 202 ml/min., 또는 5.4 ml/kg b.weight 이었고, 무지방 체중 기준으로는 6.6 ml/kg LBM 이었다. 트레일 달리기로 결정된 최대 산소 섭취량은 1.78 l/min. 이었으며 체중 기준으로는 47.4 ml/kg b.wt. 이었으며 신장 기준으로는 12.3 ml/cm body height 이었고, 무지방 체중 기준으로는 61.7 ml/kg LBM 이었다. 산소 섭취량 최대값의 안정값에 대한 비율은 8.8 이었다.

폐 환기량은 55.3 l/min. 이었으며 최대값 대 안정값 비율은 10.2 이었다. 이 값은 산소 섭취량의 같은 비율보다 큰 것이다. 이리하여 폐환기량 나누기 산소 섭취량으로 셈되는 환기 당량(ventilation equivalent)은 안

정 상태에서 26.4 리터 이었음에 비하여 최대 산소 섭취 상태에서 29.9 리터로 약간의 증가를 보였다. 즉 최대 산소 섭취 상태에서는 과도환기(hyperventilation) 있었음을 보였다.

산소 맥박(oxygen pulse)은 안정시에 2.7, 최대로 9.4 ml/beat 에 이르렀다. 심장 박동수는 안정시 배분 75.0 이었으며 최대로 184.0 에 이르러서 안정시의 2.5 배가 되었다. 최대 산소 섭취량이 안정값의 8.8 배로 증가한데 대하여 심장 박동수는 2.5 배로 증가하였으므로 허파로부터 산소를 얻는 심장 박동수의 능력이 안정시에 비하여 훨씬 좋아진 것이다.

트레일 위에서 최대 작업에 필요한 회전 속도와 경사

Table 5. Change of heart rate during and after maximal run of 2 minutes and 20 seconds duration in middle school girls aged between 13.0~15.9 years N=10

Time	Resting	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
Heart rate	75	156	173	184	185	179	159	135	125	118	115

Table 6. Individual data of maximal oxygen intake and pulmonary ventilation in high school girls N=15

Subj.	Age yr.	Body height cm	Body weight kg	Max \dot{V}_{O_2} , STPD,	Max \dot{V}_E , BTPS,	Max HR beat/min.
BH	17.4	156	52.6	2.34	76.9	192
KJ	16.2	157	52.4	1.96	69.8	180
KS	17.4	158	51.6	2.14	71.5	168
IH	16.0	156	50.0	1.87	55.4	204
KK	16.5	157	52.4	2.10	67.9	186
KI	16.8	155	46.7	1.71	62.6	224
KM	16.4	155	53.5	1.86	60.4	180
KG	16.8	156	51.8	2.05	79.4	192
JK	18.0	154	44.0	1.59	54.4	174
YS	17.0	159	45.3	1.58	59.3	186
HG	17.6	515	43.1	1.67	57.5	204
NK	17.7	157	53.3	2.54	87.0	186
LM	16.5	156	48.0	1.91	75.8	192
IS	17.4	154	56.3	2.12	67.7	198
KY	17.2	159	45.5	1.59	46.2	174
Mean	16.9	156.2	49.8	1.93	66.1	189.3
S.D.	0.56	1.52	3.88	0.27	10.5	13.8
Range	16.0~18.0	154~159	43.1~56.3	1.58~2.54	46.2~87.0	174~224

각도로 달리기 시작하면 심장 박동수는 곧 급속도로 증가하기 시작하여 1.5분 후에는 거의 최고의 수준에 도달하여 그후는 그냥 같은 수준에 머물다가 달리기를 멈추면 회복하였는데 그 모양을 제 5표와 제 1도에 보인다. 10명의 개개 예와 평균치 곡선을 보이는 것인데 평균치가 안정시 75이던 것이 0.5분 후에는 최고 값인 185에 도달하여 그후는 달리기를 멈추기까지 같은 수준을 유지하였다. 회복기에 들어서면서 심장 박동수는 곧 감소하기 시작하여 처음 박동수는 급격하게 하강하나 4.5분 가량 때에 120이하로 되면서 그후부터의 감소는 서서한 경과를 취하였다.

최대 산소 섭취량과 몸무게 사이의 상관 관계는 (제 7표) $r=0.795$ 이었으며 제 2도에 이 관계를 보인다. 무지방 체중과의 사이의 상관도는 $r=0.467$ 로서 단순한 체중으로 표시할 것보다 훨씬 나쁘다 (제 4도). 여자중학생에서 체중의 24.0%라는 크기의 총 지방량이 짐으로 작용하나 모든 몸집의 합계가 최대 산소 섭취량과 더 깊은 상관 관계가 있었음을 나타낸다. 최대 폐 환기량과 체중 사이의 상관 관계는 $r=0.604$ 이었으며 무지

방 체중과의 사이에는 $r=0.622$ 이어서 폐환기량이 몸집의 크기와 상당히 깊은 관계가 있음을 나타내었다.

여자 고등학생 : 여자 고등학생 성적을 제 3표, 제 4표 및 제 6표에 보인다. 안정시 산소 섭취량이 190 ml/min. 로 중학생보다 절대치가 오히려 작으나 유의한 것은 아니었으며, 체중 기준으로는 3.9 ml/kg 이어서 중학생보다 적었고 ($P<.001$), 무지방 체중 기준으로는 5.1 ml/kg LBM으로 중학생보다 적었다 ($P<.001$). 최대 산소 섭취량은 1.93 l/min. 이었으며 중학생과 비등한 것이었다. 고등학생의 몸집 즉 체중과 신장이 증가하였는데 불구하고 산소 섭취량의 절대치에는 별반 증가가 없었으므로 신장 기준으로는 12.3 ml/cm body height로서 중학생과 같은 값이었고 체중 기준으로는 39.7 ml/kg 에 불과하여서 중학생에 비하여 월등하게 적었다. ($P<.001$). 이러한 결과로 고등학생이 중학생과 같은 비율 즉 24.1%의 총 지방량을 간직하는데 불구하고 무지방 체중 기준으로 표시한 최대 산소 섭취량은 51.2 ml/kg LBM 이어서 이것 또한 중학생보다 월등하게 적었다 ($P<.001$). 이렇게 평균 연령 14.0세의 여자

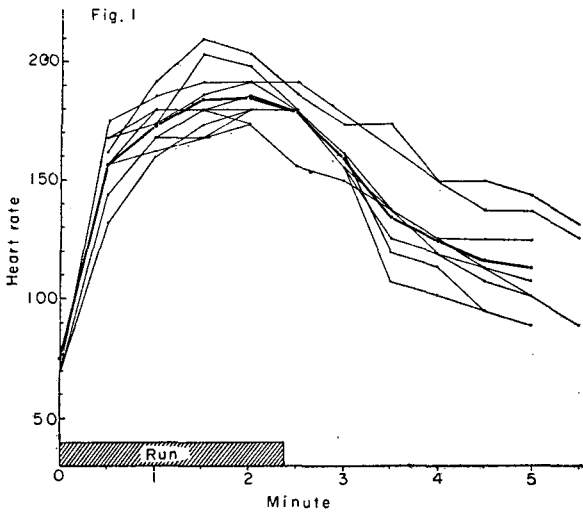


Fig. 1. Change of heart rate during and after the maximal run of 2 minutes and 20 seconds duration. Thick line represents the mean value of individual subjects (thin line).

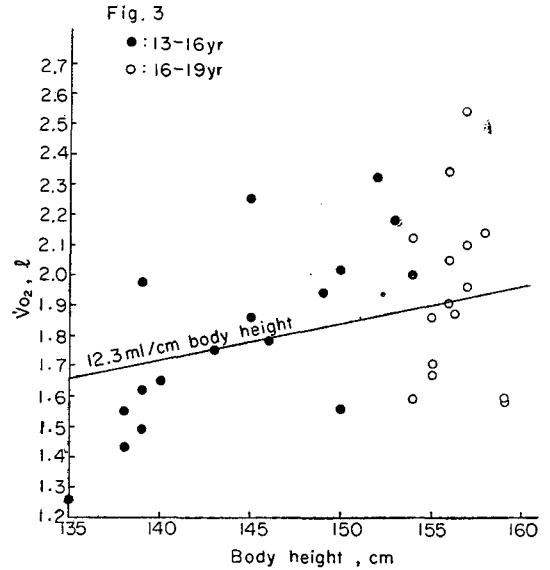


Fig. 3. Relation between body height (cm) and maximal oxygen intake (liter) in middle and high school girls. Solid line represents the mean value for both middle and high school girls.

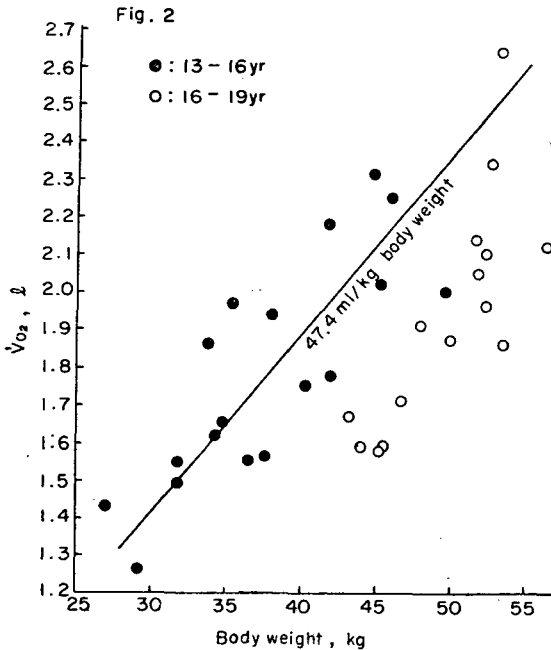


Fig. 2. Relation between body weight and maximal oxygen intake in middle and high school girls. Solid line represents the mean value for middle school girls.

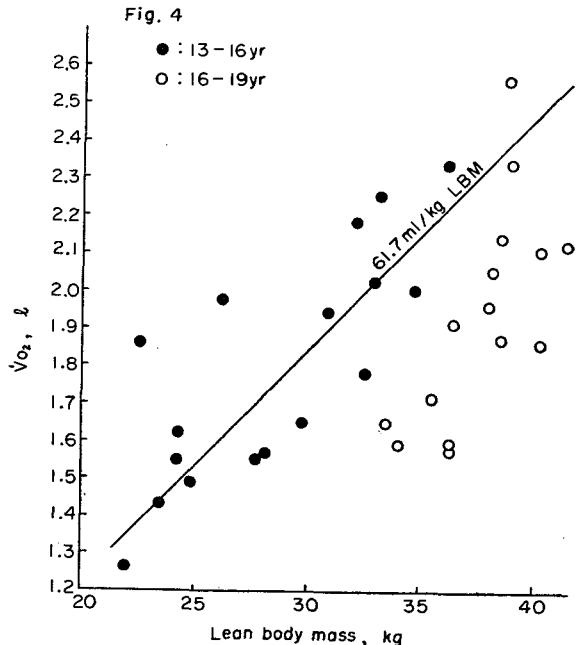


Fig. 4. Relation between lean body mass and maximal oxygen intake in middle and high school girls. Solid line represents the mean value for middle school girls.

중학생과 16.9세의 여자고등학생 사이의 몸집의 크기와 최대 산소 섭취량의 관계를 그린 것이 제 2도, 제 3도 및 제 4도이다.

제 3도는 신장과의 관계를 그린 것인데 중·고등 학

생의 구별없이 평균치를 나타내는 직선 즉 12.3 ml/cm body height 를 중심으로 고르게 분포되었으며 산소 섭

취량의 개인차가 상당히 큰 것이 나타나 있다. 고등학생의 신장이 표준 편차가 불과 1.52 cm 로 평균치에 대하여 1%에 불과하게 밀집되어 있었는데 최대 산소 섭취량은 표준 편차가 평균치의 14%에 해당하여서 크게 널리 분포되었다. 그러므로 신장을 기준으로는 최대 산소 섭취량의 크기를 논할 수가 없었다.

체중과 최대 산소 섭취량 사이의 관계가 제 2 도인데 고등학생의 거의 모든 예가 중학생의 평균치 47.4 ml/kg b. weight 직선보다 아래에 위치하여서 중학생보다 열등함이 잘 나타나 있다. 같은 경향은 무지방 체중과의 관계를 그린 제 4 도에서도 본다. 고등학생의 평균치가 51.2 ml/kg LBM 에 불과하므로 중학생 평균치 61.7 ml/kg LBM 을 나타내는 직선보다 모두 아래로 분포되어서 최대 산소 섭취량으로 본 고등학생의 작업 능력이 열등함이 나타나 있다.

폐 환기량은 안정시에 6.5 l/min. 로 중학생보다 컸으며 최대 환기량은 66.1 l/min. 로서 중학생보다 크고 최대값 대 안정값 비율은 10.1 로서 중학생과 같은 크기이었다.

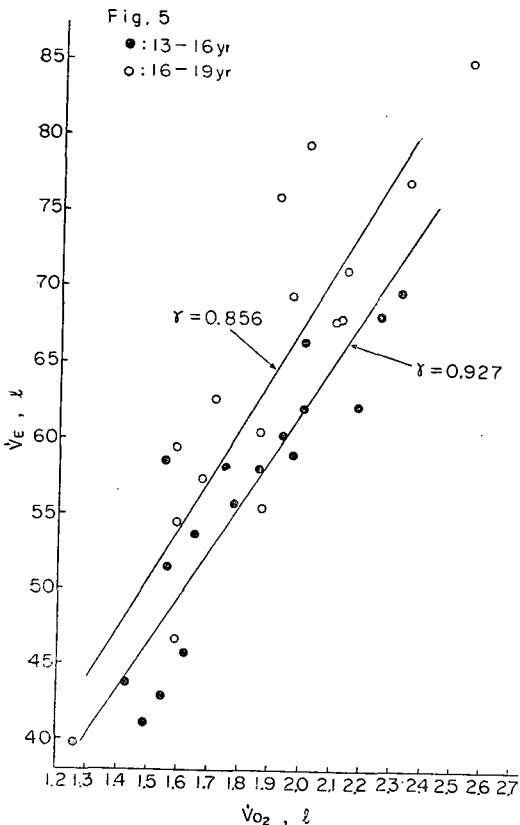


Fig. 5. Relation between maximal oxygen intake and maximal ventilation. Solid lines denote ventilation equivalent of middle school (30.9 liter) and high school girls (33.9 liter), respectively.

이 비율은 또한 산소의 같은 종류의 비율과 같은 크기이다. 즉 환기 당량은 안정시에 34.2 리터이며 최대값이 33.9 리터로서 둘이 같은 크기이었다. 그러나 중학생에 비하면 각각 큰 것이었다. 고등학생에서 같은 용량의 산소를 섭취함에 있어서 과도환기가 있었음을 가리킨다. 이 관계를 보인 것이 제 5 도이다. 중학생에서는 최대 산소 섭취량과 최대환기량 사이에는 좋은 상관 관계가 있어서 $r=0.927$ 이었는데 고등학생에서도 $r=0.856$ 으로 좋은 상관 관계를 보였다. 환기 당량의 평균치를 나타내는 직선이 고등학생의 것이 중학생의 것보다 위에 위치하고 있음은 고등학생이 같은 최대 산소량을 섭취하면서도 상대적으로 과도환기 상태에 있었음을 가리킨다.

Table 7. Coefficients of correlation between body weight, lean body mass and maximal oxygen intake and pulmonary ventilation

		Maximal $\dot{V}O_2$ (l)	Maximal $\dot{V}E$ (l)
Body wt., kg	middle school	0.795	0.798
	high school	0.604	0.609
Body wt. minus fat, kg	middle school	0.467	0.668
	high school	0.622	0.534
Maximal $\dot{V}O_2$ (l)	middle school		0.927
	high school		0.856

심장 박동수는 안정 상태에서 70.4, 최대값이 189.3 에 이르러서 둘의 비율이 2.7 이었다. 산소 맥박은 안정시에 2.7, 최대값이 9.9 로서 각기 중학생에 비하여 차이가 없었다.

최대 산소 섭취량과 체중 사이의 상관관계는(제 7 표) $r=0.798$ 이었으며 무지방 체중과는 $r=0.668$, 단순한 체중보다 오히려 저하되었다. 최대 폐 환기량과 체중 사이의 상관도는 $r=0.609$ 이었고 무지방 체중과의 사이에는 $r=0.534$ 의 관계가 있었다.

고 찰

산소 섭취량 : 이 실험에서 얻은 성적을 요약하면 연령이 13~15.9 세의 여자 중학생의 최대 산소 섭취량이 16~18 세의 여자 고등학생에 비하여 절대량은 적으나 체중을 기준으로 하면 월등하게 크다는 사실이다. 즉 중학생에서 47.4 ml/kg 로서 고등학생의 39.7 ml/kg 에 비하여 19%나 큰 사실이다. 최대 산소 섭취량은 개인이 주위 공기로부터 허파를 통하여 산소를 섭취하고 이것을 활동하는 근육에까지 운반하여 주는 능력 한계를 표시하는 것으로 순환-호흡계 활동한계를 나타내는 것이므로 여자 중학생의 순환-호흡계 활동 한계가 고등

학생보다도 큰 것을 가리킨다. 이 논문의 대상 연령인 13세부터 18세 사이는 아직도 체격의 발육이 진행되는 시기이며 (金仁達, 1959), 체격의 모든 지수가 고등학생 쪽이 크다. 그러나 다만 체중을 기준으로 하여 얻어지는 작업 한계는 나이가 많고 더 발육이 진행된 고등학생에서 작아졌다. 신장 단위로는 다같이 12.3ml/cm body height로서 차이가 없는데 몸무게를 운반하는 능력에 있어서는 차이가 있는데 총 지방량도 관련이 없는 것 같다. 즉 중·고등 학생이 다같이 24%체중의 크기로 간직하여서 활동성인 조직이 차지하는 비율은 두 실험군에서 동일하다. 여기서 체중/신장 비율을 보면 중학생이 0.26인데 비하여 고등학생은 0.32로서 신장에 비하여 몸집이 비대한 것이 눈에 띄는데 이것이 한가지 원인인지 모르겠다. 그리고 최대 산소 섭취량과 체중 사이의 상관 관계가 중학생에서 $r=0.795$, 고등학생에서 $r=0.798$ 로서 둘다 산소 섭취량 변화의 50%가량을 체중하나만 가지고도 설명할 수 있을즉 나머지 요인들이 여기에 가담하여 설명이 가능하다. 결국 고등학생은 체중은 커졌으나 순환-호흡계의 능력 한계는 도리어 적어졌다고 할 수 있다.

중·고등 여자 학생 연령인 13~18세 사람의 최대 산소 섭취량이 중학생을 거치고 다음에 연령 진행에 따라서 감소하는 것 같다. 즉 문헌상으로 비슷한 연령의 것을 찾으면 20세대의 스웨덴 여자에서 2.23 l/min. 또는 39.9 ml/kg (Astrand, 1960), 20세대의 스웨덴 여자에서 48.7 ml/kg (von Doebelen, 1956), 미국 여자에서 32.0 ml/kg (Michael and Harvath, 1965), 20세대의 미국 체육과 여자 대학생에서 40.9 ml/kg (Metheny et al., 1942), 20세대의 노르웨이 여자 대학생에서 2.3 l/min. (38 ml/kg, 13.6 ml/cm b. height) (Hermansen and Andersen, 1965) 19세의 한국 여자 대학생에서 2.23 l/min. (42.5 ml/kg, 55.8 ml/kg LBM) (崔德瓊·李德淑, 1968) 등으로 저자의 여자 중학생 보다는 적고 여자 고등학생과는 같은 값이었다. 이들은 특별한 신체 단련을 하지 않은 여자들이나 특별히 스포츠 단련을 받은 여자들의 값은 크다. 즉 노르웨이의 20세대 스키 선수에서는 3.3 l/min. (55 ml/kg, 19.5 ml/cm b.height) (Hermansen and Andersen, 1965)이었으며, 한국의 17~18세의 여자 농구 선수 5명에서 (崔·李, 1968) 2.86 l/min. (47.2 ml/kg, 60.4 ml/kg LBM, 17.6 ml/cm b. height) 이어서 여자 중학생과 같은 크기이다. 최대 산소 소비량이 나이의 진행에 따라 절대량과 체중 기준 값이 증가하였다가 청년 이후에 다시 감소하는 경향이 있는데 (郭·南, 1968, Andersen and Hermansen, 1965, Robinson, 1939), 저자의 성적으로 보면 이러한 감소가 여자에서는 일찍 나타났다고 볼 수 있다. 그러나 한편으

로는 남자에서는 전 연령층을 통하여 7세 이상에서는 최대 산소 섭취량은 상당히 일정한 값을 보이어서 평균 56~59 ml/kg (Astrand, 1952)이라는 보고도 있기는 하나 남자 연령 14~17세의 값이 제일 큰 것으로 보아서 (郭·南, 1968) 여자에서도 이 연령 즉 중학교 연령에서 최고를 보인다고 생각된다. 앞서 기술한 한국 여자 농구 선수는 신체 단련의 결과로 총 지방량이 18.2%에 불과하여 같은 연령의 한국 여자의 22.2% (金弘善, 1967)에 비하면 훨씬 적다. 무지방 체중 기준으로 표시한 이들의 최대 산소 섭취량이 60.4 ml/kg LBM으로서 역시 저자의 여자 중학생과 거의 같아졌을 뿐이다. 이렇게 보면 여자 중학생의 최대 산소 섭취량이 47.4 ml/kg b. weight 또는 61.7 ml/kg LBM이라는 값은 여자의 최대 한계를 나타내는 것이라 할 수 있다.

지방량의 많고적음은 여자의 최대 산소 섭취량에 별반 영향을 못 주는 것 같다. 최대의 신체 운동에서 소비되는 산소량은 적극적으로 신진대사에 참여하는 근조직이 제일 많이 소비할 것이며 지방질은 쓸모없는 부담으로 작용할 것이어서 최대 산소 섭취량과 더 밀접한 관련이 있을 것 같이 생각되는데 불구하고 사실은 그렇지 않다. 즉 최대 산소 섭취량과 무지방 체중 사이의 상관 계수가 단순한 체중과의 사이의 그것보다 적었다는 사실은 위의 일을 설명한다고 하겠다.

신장 단위로 본 최대 산소 섭취량은 노르웨이의 여자 스키 선수에서 19.5 ml/cm body height (Hermansen and Andersen, 1965), 한국 여자 농구 선수에서 17.6 ml/cm (崔·李, 1968)이어서 저자의 12.3에 비하여 월등하게 크다. 그러나 운동경기 단련이 없는 일반 여자 학생에서는 13.6 ml/cm로 저자의 성적과 별반 차이가 없다. 남자에서는 일반적으로 많으며 한국 남자 중학생에서 (郭·南, 1968) 13.9, 남자 고등학생에서 17.5 ml/cm이며 노르웨이 스키 선수에서 (Hermansen and Andersen, 1965) 19.5, 일반 대학생에서 18.2 ml/cm란 값의 보고가 있다. 그러나 신장은 최대 산소 섭취량 결정의 좋은 연장은 되지 않는다고 한다 (郭·南, 1968).

산소 섭취량의 최대값의 안정값에 대한 비율이 여자 중학생에서 8.8에 지나지 않았는데 이것은 고등학생의 10.2에 비하면 훨씬 작은데 중학생 나이에서 기초 상태의 대사율이 높은 것이 원인이라 하겠다. 기초 대사율이 나이와 함께 감소의 경향을 밟고 있는 도중이어서 (金龜子, 1965) 중학생에서 5.4 ml/kg 인데 고등학생에서 3.9 ml/kg로 크게 감소되었던 것이다. 즉 어린 나이에서는 이 비율이 적으나 나이가 많으면 증가를 보이거나 일반 여자에서는 기껏해야 10쯤이다. 즉 노르웨이 여자 대학생에서 10.7이었고 여자 스키 선수에서 15.3으로 일반보다 컸으며 (Hermansen and Andersen, 1965),

한국여자 농구 선수에서 13.0(崔·李, 1968) 등으로 스포츠에 단련된 여자에서 크다. 같은 연령의 한국 남자 중학생에서 9.7, 고등학생에서 10.8로(郭·南, 1968) 별반 차이가 없다. 그러나 20세대에 이르러서 기초 대사율이 감소하면 커지며 한국인 20세대 남자에서 13.9(任·南, 1965), 노르웨이 남자 대학생에서 12.3(Hermansen and Andersen, 1965)이란 보고가 있다. 이 비율도 스포츠에 단련된 여자에서는 남자와 같거나 이보다 커지며 한국 여자 농구 선수에서 13.0(崔·李, 1968), 노르웨이 여자 스키 선수에서 15.3(Hermansen and Andersen, 1965)으로 큰 값이다.

산소맥박(oxygen pulse)에 있어서도 성별차, 신체 단련의 차이가 뚜렷이 나타나 있다. 즉 저자의 성적에서 중학생이 9.4, 고등학생이 9.9로 되어 있는데 단련되지 않은 여자로서도 적은 쪽이라 하겠다. 노르웨이 여자 대학생이 11.3이며 남자 대학생이 17.0(Hermansen and Andersen, 1965)이며, 한국 남자 고등학생에서 14.4(郭·南, 1968) 20세대 남자에서 13.3(任·南, 1965) 등의 보고가 있다. 신체가 단련된 한국 여자 농구 선수에서 15.1(崔·李, 1968)이며 노르웨이 여자 스키 선수는 17.8이고 남자 스키 선수는 27.2이란 큰 값이다.

폐 환기량 : 폐 환기량은 대사율의 증가에 따라서 직선적으로 증가하나 산소 소비량의 어떤 한계 이상부터는 소위 작업에 의한 과도환기(hyperventilation)가 나타나며 최대 산소 섭취량의 70~80% 부근부터 과도환기가 있다고 한다(Hermansen and Andersen, 1965). 따라서 최대 폐 환기량은 이 한계를 넘은 과도환기 상태의 값이 나타난 것인데 산소 섭취량과의 사이의 관계는 제 5도와 같이 직선적이며 여자 중학생에서는 둘 사이의 상관도가 $r=0.927$ 로서 거의 완전히 서로를 대표할 수 있는 위치에 있다. 여자 고등학생에서도 $r=0.856$ 으로서 이것 역시 서로를 대표할 수 있다. 환기 당량이 중학생에서 30.9 리터인데 비하여 고등학생에서 33.9 리터로서 그만큼 폐의 환기 효율이 나쁜 것을 가리킨다. 과도환기가 고등학생에서 더욱 현저하게 나타난 것을 의미하며 어쩌면 이들에서는 최대의 작업을 할 때에 호흡운동의 깊이가 얕아지고 호흡수가 한층 더 증가했는지도 모르겠다. 즉 환기 효율은 운동 선수는 일반보다 큰 것으로서 폐활량은 17%, 최대 호흡 용량(maximal breathing capacity)은 23%가 크다함은(Andersen, 1960) 호흡의 깊이가 영향한다고 보겠다. 작업 능력이 저하된 여자 고등학생에서 환기 당량이 33.9 리터라 함은 이러한 환기 효율이 상당히 낮은 것을 가리킨다. 실제로 한국 여자 농구 선수에서는 환기 당량이 27.3으로서(崔·李, 1968) 상당히 작았고 일반 중년 부인에서는(權承洛 등, 1967) 34.0 리터로 상당히 크다. 제 7 표에 보듯

이 최대 폐 환기량도 체중과 상당히 좋은 상관 관계에 있었는데 체중이 작으면, 여자 중학생에서는 55.3 l/min. 이며 고등학생에서 66.1 l/min. 이며 각각 안정값의 10 배 가량으로 증가되어 있으나 환기당량으로 고찰하면 고등학생에서는 과도환기가 있었던 것이다. 이리하여 산소 섭취량과 환기량의 둘 가운데서 먼저 것이 증가하는데 따라서 뒤의 것이 같이 증가하나 마지막 최대값 가까이에서 과도환기가 나타나게 된다. 그러므로 체중이 큰 사람에서 최대 산소 섭취량이 큰 결과로 환기량도 커진다. 체중이 큰 서양 여자에서 최대 폐 환기량이 크며 가령 76.2 l/min. (Astrand, 1960), 71 l/min. (Hermansen and Andersen, 1965) 등이 있다. 운동선수에서 폐 환기량이 크며 한국 여자 농구 선수에서 80.0 l/min. (崔·李, 1968), 노르웨이 여자 스키 선수에서 99 l/min. 등의 보고가 있다. 다만 이들 운동선수에서는 환기량이 일반보다 크나 산소 섭취량도 더 큰 비율로 증가하여서 환기 당량은 오히려 감소되어 있다.

결 론

여자 중·고등학생 33 명을 대상으로 트랜밀 검사법에 의하여 최대 산소 섭취량을 측정하였다. 중학생은 나이가 평균 14.0 세(13.0~15.9 세)인 18 명이었고, 고등학생은 나이가 평균 16.9 세(16.0~18.0 세)인 15 명이였다. 트랜밀 위에서 달리는 시간은 2분 20 초로 하였으며 마지막 1분 동안에 채집한 호흡기를 분석하였다. 일반적으로 고등학생에 있어서 여러 측정치의 절대치가 중학생보다 크나, 이것을 체중이나 무지방 체중같은 몸집의 크기를 기준으로 관찰하면 반드시 그렇지도 않았고, 작업 능력은 중학생 쪽이 우위에 있었다. 관찰된 성적을 적으면 다음과 같았다.

1. 최대 산소 섭취량은 여자 중학생에서 1.78 l/min., 47.4 ml/kg body weight, 12.3 ml/cm body height 및 61.7 ml/kg LBM 이었고, 여자 고등학생에 있어서는 1.93 l/min. 39.7 ml/kg b. weight, 12.3 ml/cm b. height 및 51.2 ml/kg LBM 이었다.

즉 절대치는 고등학생 쪽이 크나 몸집의 크기를 기준으로 보면 중학생 쪽이 훨씬 컸다.

2. 산소 섭취량 최대값의 안정값에 대한 비율은 중학생에서 8.8, 고등학생에서 10.2 이었다.

3. 최대 폐 환기량은 중학생이 55.3 l/min. 를, 고등학생이 66.1 l/min. 를 보였다.

폐 환기량 최대값의 안정값에 대한 비율은 중학생에서 10.2, 고등학생에서 10.1로 서로 같았다.

4. 몸집의 크기와 최대 산소 섭취량 및 폐 환기량 사이에는 비교적 좋은 상관 관계가 있었다. 즉 중학생이

나 고등학생에서 다같이 체중과 산소량 사이에는 $r=0.79$, 환기량과는 $r=0.60$ 이었는데 무지방 체중과의 사이에는 상관 관계는 오히려 낮았다.

최대 산소 섭취량과 환기량 사이의 상관 관계는 중학생에서 $r=0.927$, 고등학생에서는 $r=0.856$ 로서 서로가 잘 비례하였다.

5. 최대 환기 당량은 중학생에서 30.9 리터, 고등학생에서 33.9 리터로서 과도환기가 있었음을 나타냈다.

6. 심장 박동수는 최대 작업을 시작하여 1.5분 이내에 최대값에 이르러 같은 수준을 유지하다가 작업을 멈추던 처음에 급격히 다음에 서서히 감소하였다. 최대값은 중학생이 184, 고등학생이 189에 이르렀다.

7. 산소 맥박은 중학생에서 최대로 9.4, 고등학생에서 9.9에 이르렀다.

REFERENCES

- Andersen, K.L.: *Recovery from muscular exercise of short duration. Acta Physiol. Scand.* 48:Suppl. 168, 1960.
- Andersen, K.L., and L. Hermansen: *Aerobic work capacity in middle-aged Norwegian men. J. Appl. Physiol.* 20:432, 1965.
- Astrand, P.-O.: *Experimental Studies of Working Capacity in Relation to Sex and Age. Copenhagen, Munksgaard, 1952.*
- Astrand, P.-O.: *Human physical fitness with special reference to sex and age. Physiol. Rev.* 36: 307, 1956.
- Astrand, I.: *Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. Acta Physiol. Scand.* 49: Suppl. 169, 1960.
- 崔德瓊·金子香: 밀도법 및 피부두점법에 의한 여자 중·고등 학생의 총 지방량 측정. *우석의대잡지* 5: 1, 1968.
- 李德淑·崔德瓊: 여자 고등학생의 최대 산소 섭취량과 신체 구성성분 사이의 관계. *우석의대잡지* 5:15, 1968.
- Consolazio, C.F., R.E. Johnson, and L.J. Pecora: *Physiological Measurements of Metabolic Functions in Man. New York, 1963.*
- Hermansen, L., and K.L. Andersen: *Aerobic work capacity in young Norwegian men and women. J. Appl. Physiol.* 20:425, 1965.
- 任昇宰·南基鏞: 남자의 최대 산소 섭취량과 신체 구성 성분 사이의 관계. *스포츠과학 연구보고서* 2(1): 89, 1965.
- 金弘善: 밀도법 및 피부 두점집기 법에 의한 한국 여학생의 총 지방량 측정. *우석의대잡지* 4:21, 1967.
- 金仁達: 한국인 체위에 관한 연구. *서울대 논문집, 자연 과학*, 3:45, 1959.
- 金龜子: 한국인 남녀 학생의 기초 신진대사, 활동 대사 및 일일 소비열량에 관한 연구. *현대의학* 3:271, 1965.
- 權承洛·南基鏞: 중년 남녀의 최대산소 섭취량. *대한생리학회지* 2:149, 1968.
- 郭板達·南基鏞: 남자 중·고등 학생의 최대 산소 섭취량. *대한 생리학회지* 2:105, 1968.
- Metheny, E., L. Brouha, R.E. Johnson, and W.H. Forbes: *Some physiologic responses of women and men to moderate and strenuous exercise: A comparative study. Am. J. Physiol.* 137:318, 1942.
- Michael, E.D. Jr., and S.M. Horvath: *Physical work capacity of college women. J. Appl. Physiol.* 20:263, 1965.
- 南基鏞: 인체의 총 지방량. *대한 군진의학* 2:27, 1962.
- Richardson, M.: *Effect of repetition on the energy expenditure of women performing selected activities. J. Appl. Physiol.* 20:1312, 1965.
- Robinson, S.: *Experimental studies of physical fitness in relation to age. Arbeitsphysiologie* 10:251, 1939.
- Scholander, P.F.: *Analyzer for accurate estimation of respiratory gases in one-half cubic centimeter samples. J. Biol. Chem.* 167:235, 1947.
- Taylor, H.L., E. Buskirk, and A. Henschel: *Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. J. Appl. Physiol.* 8:73, 1955.
- von Doebeln, W.: *Human standard and maximal metabolic rate in relation to fatfree body mass. Acta Physiol. Scand.* 57:Suppl.
- Welch, B.E., R.P. Riendeau, C.E. Crisp, and R.S. Isenstein: *Relationship of maximal oxygen consumption to various components of body composition. J. Appl. Physiol.* 12:395, 1958.