

## 걷기의 생리학적 분석\* \*\*

—체력 증진을 위한 운동—

서울대학교 의과대학  
국민체력 과학 연구소

南基鏞 · 張信堯 · 申東薰 · 成樂應 · 嚴隆義

=Abstract=

### Physiological Analysis of Walking

—Physical Exercise for the Promotion of National Health—

Kee Yong Nam, Shin Yo Chang, Dong Hoon Shin, Nak Eung Sung and Yung E Earm

*Physical Culture Research Institute, Seoul National University College of Medicine,  
Seoul, Korea*

Studies on the analysis of walking were performed on 33 male subjects. A prescription of physical exercise (walking at a speed of greater than 6 km/hr for more than one hour daily) for the promotion of individual health is presented on the basis of walking analysis. Presumptions were made that adequate physical exercise does promote health and is beneficial for the healthy life and increases the life span. These presumptions were derived from the numerous experimental literatures. The literatures support indirectly the presumptions. The following results were obtained and prescription of physical exercise is presented.

1. Oxygen uptake in a walking on a treadmill at a speed of 4 km/hr was only 3 times of the resting oxygen uptake. This kind of moderate exercise did not stimulate the cardiopulmonary system adequately. Heart rate at a 4 km/hr walking was 101 beats/min in boys of less than 20 years old and 83 beats/min in adults.

Oxygen uptake at a 6 km/hr walking exceeded 4 times of the resting oxygen uptake. It was interpreted that walking at 6 km/hr stimulated the cardiopulmonary system for the promotion of health. Heart rate at this speed was greater than 110 beats/min in boys and greater than 100 beats/min in adults.

2. Heart rates in a walking of 10 km/hr were 172 beats/min in boys, and 143 beats/min in adults, respectively. Maximal heart rates were 185 beats/min in boys, 180 in office clerks, and 168 beats/min in construction site laboreres.

3. The correlation between heart rate and oxygen uptake was high, namely,  $r > 0.95$ . Subsequently heart rate could be used as a measure of degree of intensity of physical exercise instead of the cumbersome oxygen uptake measurement.

4. The prescription of physical exercise for the promotion of health is: Daily walking for more than one hour at a speed of greater than 6 km/hr. Bodily functions in this daily walking are in boys (body weight, 50 kg): heart rates of 110 beats/min; breathing frequency, 28/min; oxygen uptake, greater than 4 times of the resting uptake; pulmonary ventilation, 35 l/min; stride, 124 strides/min; cumulative number of strides for one hour, 7, 440 strides, and energy expenditure of more than 300 kcal.

\* 이 연구에 쓰인 경비의 일부는 1969년도 문교부 학술 연구 조성비로써 충당되었다.

\*\* 국민체력 과학 연구소 논문 제 49 호

In adults (body weight, 60 kg) the bodily functions are: heart rates of 100 beats/min; breathing frequency, 28/min; oxygen uptake, greater than 4 times of the resting uptake; pulmonary ventilation, 30 l/min; stride, 127 strides/min; cumulative number of strides for one hour, 7,670 strides, and energy expenditure of more than 300 kcal.

## 서 론

신체 운동이 적당하면 사람의 체력을 향상하고 건강을 증진하는 데에 아마 효과가 있을 것이 추측되며 일반적으로 그렇게 생각한다. 그러나 불행하게 이것을 뒷받침하는 확실한 실험적 근거가 없으며 나아가 운동이 어떤 기전에 의하여 사람의 건강 증진에 유효한가를 알지 못한다. 운동이 신체내 에너지 변환 과정에 어떤 영향을 미치는 가는 근본적으로 중요한 문제지만 해결되지 못한 문제이다. 신체 운동 후에 여러 사람이 상쾌하고 활기찬 느낌을 얻으며 건강 나아가 이병율 (morbidity)의 저하, 사망율 (mortality)의 저하, 수명의 연장에 운동이 좋은 효과를 준다고 믿으며 또한 의학적인 근거가 있는 일이다. 흰쥐에 매일 적당한 운동을 시킨 것은 그렇지 않은 실험군에 비하여 수명이 길었다는 보고가 있다 (Retzlaff et al., 1966).

운동을 하여 건강을 증진하려는 노력과 실제로 건강한 신체가 유지되는 일은 중요하며 운동의 에너지 변환 과정에 미치는 효과로 작업 능력과 능률이 향상되고 전한 체력의 증진이 이룩된다고 전제하고 믿으며 이 실험을 시도한 것이다.

신체 운동을 하면 근육의 힘이 증가하고 근 섬유화의 비대가 오는 일은 일반적인 생각이며 또한 실험적 근거가 있다 (Tornvall, 1963; Goldberg, 1967). 운동은 나아가 근섬유 뿐 아니라 근육의 건 (腱)의 물리적 강도도 증가시킨다 (Tipton et al., 1967). 운동에 있어서 수축을 반복하는 근섬유 활동을 뒷받침하는 것이 폐-순환 계통인데, 근 운동이라는 자극으로 폐-순환계 활동이 왕성하여 진다. 폐-순환계가 적당한 자극으로 흥분되어 기능이 촉진되는 일이 신체 운동의 건전한 체력 증진 효과로 믿어진다. 신체 운동을 하는 동안에 심장 박동수의 증가, 수축기 혈압의 하강, 혈류 저항의 감소 등이 있으며 (Astrand et al., 1964; Barcroft, 1964, Donald et al., 1955), 폐 활동에 있어서는 호흡수의 증가, 일호흡량의 증가, 환기량의 증가 등이 나타난다 (Isselkutz and Rodahl, 1961).

신체 운동의 가장 보편적 형태가 율동성 (rhythmic) 운동이며, 걸기와 달리기 그 대표이다. 걸기와 달리는 다리와 팔 기타 근육이 오랫동안 율동성으로 수축

을 반복하는 것으로 신체 운동의 기초가 되는 것이다.

이 논문은 걸기와 달리를 생리학적으로 분석하여 건강 증진에 유효한 운동량을 결정하고 그 처방을 제시하는 것이다.

## 실험 방법

남자 33명을 대상으로 하였는데, 나이가 20세 미만의 8명을 아이들 (실험실의 사동) 실험군으로 하고, 22-36세의 15명을 비노동자 (사무원) 실험군으로, 27-33세의 10명을 노동자 (건축 공사장 일꾼) 실험군으로 하였다. 이들 대상자의 체격을 제 1 표에 제시한다.

Table 1. Physiques of subjects

	N	Age (yr.)	Height (cm)	Weight (kg)	Skinfold thickness (mm)		% Fat
					Arm	Mean	
Boys	8	<20	162 (3.2)	53.8 (6.4)	7.1	7.5 (1.58)	18.8 (3.0)
Adults	15	22-36	165 (6.0)	54.7 (6.2)	5.2	6.6 (1.2)	14.1 (1.8)
Laborers	10	27-33	167 (3.8)	1.7 (5.9)	5.4	7.5 (1.35)	15.4 (1.9)

( ): denotes S.D.

트렌밀 위에서 걸기와 달리를 부과하고, 일본 동인의 걸음걸이 수효, 심장 박동수, 산소 섭취량, 호흡수, 폐환기량, 직장 온도, 혈압 등을 측정하였다. 한편 안정시에 위와 같은 사항을 측정하였으며, 이것을 여러 계산의 기준으로 하여 비교하였다. 나아가 트렌밀 위에서 운동을 멈춘 후 30분 동안의 회복기에도 같은 사항을 측정하였다 (제 2 표).

Table 2. Experimental condition

	Exercise	Expired Air	Coll'n	Recovery
1.	4 KPH, 0%, for 60'	every 15'	for 1	30'
2.	6 KPH, 0%, for 30'	" 10'	" "	30'
3.	10 KPH, 0%, for 15'	" 5'	" "	30'
4.	11.2 KPH, 10%, for 5'	after 4'		

트렌밀의 회전 속도는 수평에서 4 및 6 km/hr 로 하여 느린 걸음과 빠른 걸음걸이로 하였고, 10 km/hr 로 달리기와 최대 산소 섭취량이 필요한 속도와 경사도의 (11.2 km/hr, 10 % grade 이상의 운동) 네 가지를 사용하였다.

걸음 걸이는 스톱 워치에 의하여 일분 동안의 수효를 썼으며, 심장 박동수는 심장 전기도를 Grass Polygraph 7 에 기록하는 한편 속도계 (tachometer)로 시시 각각으로 썼고, 호흡수는 가슴에 달은 호흡계 (pneumograph)를 폴리그래프에 연결 기록하여 썼하였다. 산소 섭취량 측정은 더글라스 주머니 (Douglas bag)에 받은 호흡 공기를 Scholander 분석기로 (Scholander, 1947) 분석하여 얻었으며, 안정시 값은 적어도 30분 이상 침상에 누워서 심장 박동수가 매분 80 이하인 것을 확인한 후에 측정하였으며, 최대 산소 섭취량 측정은 任昇宰 · 南基鏞 (1965) 에 따랐다. 호흡 공기 채집용 마스크는 어느 경우에도 Collins 회사의 삼중 J valve 마스크를 사용하여 기도의 공기 저항을 감소시키는데 노력하였다. 직장 온도는 tele-thermometer 로 측정하였다.

운동을 멈춘 후에는 곧 의자에 앉히고 4분이 경과한 후에 침상에 편히 눕히고 30-60분 동안 여러 측정을

하였다.

### 실험 성적

**걸음걸이 :** 걸기와 달리기의 걸음걸이 수효를 제 3 표에 보인다. 대상자의 몸길이가 모두 160 cm 내에 있었으며 몸길이의 차이와 걸음걸이 수효와의 사이에는 어떤 관계를 보이지 않았다. 즉 매시 4 km 속도의 걸기에 있어서 아이들 (몸길이가 평균 162 cm)에 있어서 매분 108 ± 4.4 (평균치 ± 표준편차)이었으며, 노동자 (몸길이가 평균 167 cm)에 있어서 매분 109 ± 5.7이었다. 시간당 6 km 속도의 걸기에 있어서는 아이들이 매분 124 ± 6.0, 비노동자가 127 ± 5.4, 노동자가 128 ± 4.1의 걸음 걸이를 보였다. 매시 10 km 속도의 달리기에 있어서는 아이들이 매분 170 ± 10.8 을, 노동자가 181 ± 9.0 을 보였다. 걸음의 길이는 속도가 커지면 길어졌다. 즉 매시 4 km 에서는 0.62 또는 0.61 미터이었으며, 6 km 속도에서 0.80 (아이), 0.79 (비노동자), 0.78 미터 (노동자) 이었고, 10 km 달리기에서 아이가 0.89 미터, 노동자가 0.92 미터를 보였다. Booyens 등 (1957)도 비슷한 결과를 보고하였다.

Table 3. Stride per minute during walk and run

	4 KPH Walk	6 KPH Walk	10 KPH Run	Length of stride, meter		
				4 KPH	6 KPH	10 KPH
Boys	108(4.4)	124(6.0)	170(10.8)	0.62	0.80	0.98
Adults		127(5.4)			0.79	
Laborers	109(5.7)	128(4.1)	181 (9.0)	0.61	0.78	0.92

( ) : denotes S.D.

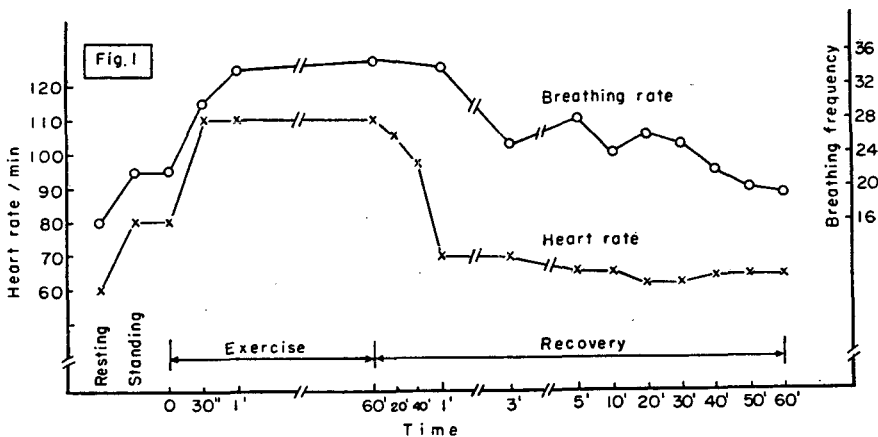


Fig. 1. Heart rate and breathing frequency during and after walk (6 km/hr) in a 16 years old boy.

Table 4. Heart rate during and after exercise

	Rest.	Stand.	Exercise	Recovery						
				1'	3'	5'	10'	20'	30'	Max.
4 KPH walk for 60 min.										
Boys	62 (5.7)	81 (10.1)	101 (11.2)	73 (11.2)	69 (7.0)	69 (7.7)	65 (6.7)	65 (6.8)	65 (6.7)	185 (6.3)
Adults	63 (6.6)	75 (8.6)								180 (7.3)
Laborers	61 (5.4)	71 (6.5)	83 (8.6)	61 (5.6)	59 (5.0)	57 (2.0)	57 (4.1)			168 (10.3)
6 KPH, walk for 60 min.										
Boys			115 (11.2)	77 (9.2)	74 (10.7)	73 (8.4)	71 (6.4)	66 (8.4)	65 (6.0)	
Adults			104 (7.3)	72 (5.0)	68 (8.7)	67 (8.7)	64 (8.2)			
Laborers			96 (9.2)	66 (6.0)	65 (7.8)	65 (9.1)	64 (7.6)			
10 KPH run for 15 min.										
Boys			172 (7.0)	108 (9.3)	100 (9.1)	96 (8.4)	90 (7.8)	83 (6.0)	76 (9.6)	
Adults										
Laborers			143 (8.7)	91 (4.6)	81 (3.8)	79 (3.7)	77 (5.8)	74 (3.1)		

심장 박동수 : 걸기를 시작하여 30초 후에는 항정 상태 (steady state)에 도달하여 매분 2-3 박동의 변동을 보일 뿐 일정한 수준을 유지하였다. 운동을 멈추면 회복기의 처음 1분에 급속히 심장 박동수가 감소하나 그후 60분에 이르도록 관찰하여도 안정시 값으로 회복되지 않았다. 제 1도는 16.7세 아이가 시속 6km의 걸기를 할 경우의 심장 박동수 변동을 보이는 것이다. 운동으로 나타나는 심장 박동수 변동의 시간적 경과를 걸기나 달리기 어느 경우에도 실험군 사이에 차이가 없었으며 제 4표에 심장 박동수의 여러가지 조건 아래의 값을 보인다.

심장 박동수의 운동에 의한 증가는 운동 조건과 대상자의 차이에 따라 각각 상이하다. 안정 상태 심장 박동수는 아이들이 62박동/분, 사무원이 63, 노동자가 61박동/분으로 차이가 없으나, 선 자세 및 운동에 있어서는 제 5표에 보는 바와 같은 각각 상이한 증가율을 보였다. 모든 경우에 20세 이하의 아이들 심장 박동수 증가율이 어른에 비하여 많았는데, 이것은 나이가 어릴수록 최대 심장 박동수가 많은 사실 (남기용 등, 1968)과 관계가 있다고 생각된다. 즉 20세 이하에서는 운동이라는 자극에 대하여 심장의 반응이 더 크므로 최대 심장 박동수 이외에도 서기, 걸기 등에서 모두 증가율이 크

Table 5. Increase in heart rate (%) during exercise

	Resting (beats/ min)	Standing	Exercise			
			Walk		Run	
			4 KPH	6 KPH	10 KPH	Max
Boys	62	30.6	62.9	8.4	177.4	198.3
Adults	63	19.0	—	65.0	—	185.7
Laborers	61	16.3	36.0	57.3	134.4	175.4

다. 한편 실내에서 일하는 사무원에 비하여 공사장의 노동자에서 심장 박동수의 증가율이 작다. 이 일은 노동자가 근육 운동을 계속하므로 단련의 효과가 심장 기능에 나타난 것이라 할 수 있다. 흰쥐에 있어서 운동 단련을 시킨 것은 비단련 흰쥐에 비하여 안정시 심장 박동수가 적으며 (Tipton, 1965), 사람에 있어서도 단련자의 안정시 박동수가 비단련자에 비하여 적다. 동일한 작업량의 운동을 하는데 있어서 단련자는 비단련자에 비하여 적은 심장 박동수를 나타내는 바 제 4표에서 시속 6km의 걸기에서 사무원의 심장 박동수가 매분 104인데 비하여 노동자에서는 96인 것과 같다. 이것은 신체 단련으로 순환계 기능이 향상된 것이라 해석할 수

있는 일인데, 이것을 뒷받침하는 연구는 많다. 즉 운동을 부과한 환경에서 관상 동맥 구경이 확대되고 심장근의 모세혈관대 근섬유 수효 비율이 증가하며 (Leon and Bloor, 1968), 사람이 있어서 심장 일박출량의 증가, 같은 작업량의 아최대 (submaximal) 작업에 있어서 심장 박동수의 감소가 나타나며 (Ekblom et al., 1968; Andrew et al., 1966), 운동가의 최대 심장 박출량이 크며 (Ekblom and Harmansen, 1968), 심장의 비대가 있는 (Steinhaus, 1933) 일들이 보고되었다.

**Table 6. Oxygen uptake per minute in walking and running**

	Boys	Adults	Laborers
Resting			
1	.29(.09)	.27(.07)	.30(.09)
ml/kg	5.4(1.7)	5.1(1.2)	4.7(1.4)
4 KPH walk			
1	.89(.15)		.91(.06)
ml/kg	16.8(3.2)		13.9(1.3)
6 KP Hwalk			
1	1.39(.02)	1.15(.01)	1.16(.24)
ml/kg	26.6(3.8)	21.2(3.1)	18.8(2.1)
10 KPH run			
1	2.59(.27)		2.42(.25)
ml/kg	48.8(3.4)		37.4(4.2)
Maximal			
1	3.29(.27)	2.92(.67)	3.00(.22)
ml/kg	58.2(3.8)	52.3(6.3)	48.0(4.7)
Ratio to resting $\dot{V}O_2$			
4 KPH	3.2		2.9
6 KPH	5.4	4.4	4.2
10 KPH	9.7		8.0
Maximal	13.3	11.2	9.1

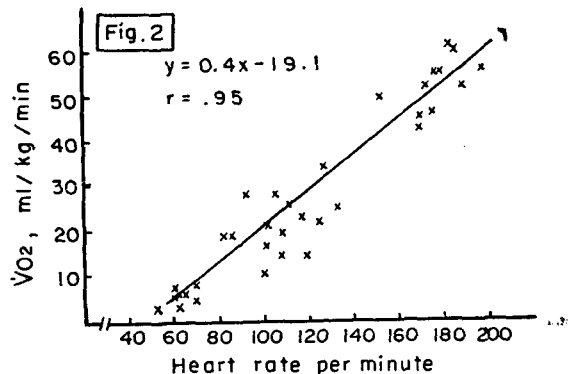
( ) : denotes S.D.

**산소 섭취량** : 산소 섭취량 측정 성적을 제 6 표에 보인다. 작업량이 많을 수록 산소 섭취량이 증가했으며, 같은 작업량으로는 20 세 이하의 아이가 제일 많았고 다음에 사무원이고, 노동자가 제일 적었다. 즉 체중을 기준으로 표시한 값을 보면 아이들, 사무원, 노동자의 순으로 안정시 섭취량이 각각 5.48, 5.17 및 4.78 ml/kg/min 이었으며, 최대 섭취량은 58.2, 52.3 및 48.0 ml/kg/min 이었다. 시속 4 km 의 걷기에 있어서는 아이들이 16.8, 노동자가 13.9 ml/kg/min 의 값을 보이었는데 이것은 안정값에 비하여 각각 3.2배 및 2.9배에 지나지 않는다. Dill (1936)에 의하면 작업을 분류하기를

산소 섭취량이 안정값의 3배까지를 경 (moderate) 작업으로 하고, 4-8 배 사이의 작업을 고된 (hard) 작업이라 하였으며, 최대 작업은 8 배 이상의 산소 섭취량이 필요한 것이라 하였다. 이 분류에 따르면 시속 4 km 의 걷기는 경한 작업이며 폐-순환계에 대한 자극이 작고 부담이 되는 일은 없다고 하겠다.

시속 6 km 의 걷기에 있어서 산소 섭취량은 아이들이 26.6, 사무원이 21.2, 및 노동자가 18.8 ml/kg/min 의 값을 보였는데, 안정값에 비하여 각각 5.4 배, 4.4 배 및 4.2 배로서 비교적 경한 고된 작업이라 하겠다. 즉 이만한 속도의 걷기는 폐-순환계의 적당한 자극으로 작용한다고 볼 수 있다. 시속 10 km 의 달리는 산소 섭취량이 안정값의 9.7 배 (아이들), 및 8.0 배 (노동자) 이어서 최대 섭취량이 13.3 배 (아이들), 11.2 배 (사무원), 및 9.1 배 (노동자)인 것과 거의 같으며 폐-순환계의 과격한 자극으로 작용할 것이다. 그것은 최대 산소 섭취량을 나타내는 작업은 5분 내지 7,8분 계속되는 것이 한계이고, 사람은 지쳐서 그 이상 달리지 못하게 되는 것이므로 폐-순환계 기능의 한계를 나타내는 것이다. 이러한 최대 산소 섭취 상태에 거의 가까운 시속 10 km 의 달리는 폐-순환계에 과격한 자극이 되고 오랫동안 계속하면 사람은 지쳐서 완전한 피로 (fatigue) 상태가 나타나게 된다.

산소 섭취량을 측정하기가 번거로운 것으로 실험실 설비가 없으면 아니된다. 심장 박동수는 아무도 간단히 측정할 수 있는 것이며 그 정확성이 또한 높다. 다행히 산소 섭취량과 심장 박동수 사이에는 간단한 관계가 있으므로 몇몇 신체 운동에서 심장 박동수를 이용하여 산소 섭취량을 분석할 수 있다 (韓圭濬·南基鏞, 1968; Datta and Ramanatan, 1969). 본 실험의 여러 속도의 걷기에 필요한 산소 섭취량 (ml/kg/min.)과 심장 박동수 사이에는 제 2도 (아이들), 제 3도 (사무원), 및 제 4도 (노동자)



**Fig. 2.** Relation between heart rate and oxygen uptake in boys.

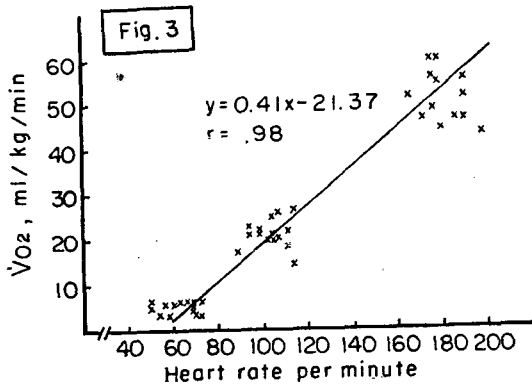


Fig. 3. Relation between heart rate and oxygen uptake in adults.

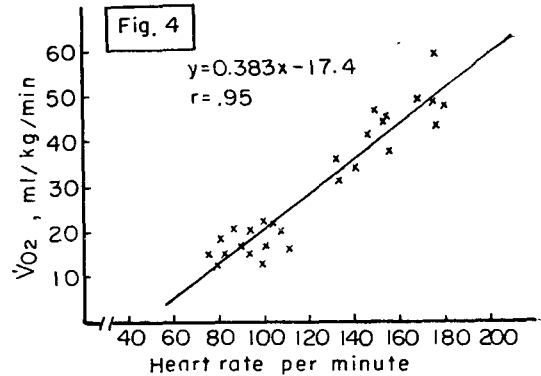


Fig. 4. Relation between heart rate and oxygen uptake in laborers.

에 보는 바와 같이 비례 관계가 있었다. 즉 아이들에서는 심장 박동수 (x)와 산소 섭취량 (y) 사이에  $y=0.40x-19.1$ ,  $r=.95$ 의 관계가 있었으며 사무원에서는  $y=0.41x-21.37$ ,  $r=.98$ 의 관계로 표시되었고 노동자에 있어서는  $y=0.38x-17.4$ ,  $r=.95$ 의 관계로 표시되었다. 즉 이들 관계가 말하는 것은 번거로운 산소 섭취량 측정을 하는 대신에 간단히 심장 박동수만 측정하면 곧 운동의 경중 정도가 짐작된다는 것이다. 저자들의 실험에서 심장 박동수와 산소 섭취량 사이에 단순한 정비례 관계를 얻었지만 이것은 안정시와 최대 작업시의 값은 제외하고 걸기에 해당하는 비교적 좁은 범위의 작업을 대상으로 하였기 때문이다. 韓圭濬와 南基鏞 (1968)에 의하면 둘 사이의 관계는 반대수 (semilogarithm) 좌표에서 직선 관계가 되었다. Malhotra 등 (1963)에 의하면 심장박동

수와 산소 섭취량 사이의 관계는 매분 95 박동을 경계로 하여 두개의 직선으로 표시된다고 하였다.

위의 관계를 걸기에 응용하면 Dill 이 분류한 고된 운동이 되려면 심장 박동수가 아이들에 있어서는 매분 110 박동 이상 (제 4 표 및 제 6 표 참조) 되어야 하며, 어른들에 있어서는 매분 100 박동 이상이 되어야 한다.

**호흡수:** 호흡수 측정 성적을 제 7 표에 보인다. 안정 상태에서부터 선 자세로 바꾸면 거기에 상응하여 호흡수가 증가하고, 걸기나 달리기를 하면 곧 증가하나 심장 박동수의 태도에 비하면 조금 시간적으로 지연된다. 제 1 도에 보이는 것 같이 운동 개시 1 분 후에야만 항정 상태에 이르렀고 그 후에 운동이 계속되는 동안에는 매분 2-3 회의 변동을 보일 뿐이었으며 같은 수준을 유지하였다. 운동을 멈춘 후 회복기의 시간 경과도 심장 박

Table 7. Breathing frequency (per minute) during and after exercise

	Resting	Standing	During exercise	Recovery					
				1'	3'	5'	10'	20'	30'
4 KPH walk									
Boys	17	19	25	24	22	20	19	19	19
Adults	15	18							
Laborers	16	19	26	21	20	21	20		
6 KPH walk									
Boys			28	24	22	22	20		
Adults			26	19	18	17	16		
Laborers			28	22	21	21	20		
10 KPH run									
Laborers			39	28	22	21	21	20	

동수의 회복에 비하여 지연되었다. 즉 회복기 3분에 이르러서야만 현저한 감소를 나타냈으며 이후에는 서서히 감소하였는데 도중에 증감의 변동을 때때로 나타냈다. 심장 박동수 감소 곡선이 미끈한 것에 비하면 조금 굴곡을 보였다.

안전 상태에서 호흡수는 매분 15-17 회이었으며, 바로 서기에서는 18-19 회로 증가하였다. 시속 4 km 의 느린 걷기에서는 아이들이 매분 25 회, 노동자가 26 회를 나타냈고 6 km 의 걷기에서는 아이들이 매분 28 회, 사무원이 26 회, 노동자가 28 회를 나타냈으며, 10 km 달리기에서는 노동자가 매분 39 회를 보였다.

고된 운동의 범주 즉 심장 박동수가 아이들에서 매분 100 박동 이상, 어른들에서 매분 100 박동 이상인 운동에 해당하는 호흡수는 매분 28 회 이상이 되어야 한다.

회복기 30 분까지 관찰하여도 호흡수는 안정 상태 회수로 회복되지 않았다.

**폐 환기량 :** 폐환기량 측정 성적을 제 8 표에 보인다. 안정시 환기량은 아이들이 10.3 리터, 어른이 9.3, 노동자가 9.6 리터를 나타냈고, 운동량 증가에 따라 폐환기량도 증가하여 최대 폐환기량은 아이들이 96.8 리터, 어른 사무원이 86.1, 노동자가 80.8 리터를 나타냈다. 시속 4 km 걷기에서는 폐환기량이 안정값의 2.2-2.5 배로 증가되었고, 6 km 걷기에서는 아이들이 3.7 배, 사무원이 3.0 배로, 노동자가 2.8 배로 증가된 값을 나타냈다. 시속 10 km 달리기에서는 안정값의 5.9 배 내지 7.4 배로 증가하였고, 최대 환기량은 8.3 배 내지 10.7 배로 증가되었다. 운동으로 증가되는 크기는 노동자가 제일 컸으며 일상 신체 운동을 하여 몸이 단련된 결과의 표시라고 해석된다.

폐환기량은 산소 섭취량과 정비례 관계가 있었으며 제 5 도는 아이들에 있어서 둘 사이의 관계를 보이는 것이다. 즉 폐환기량 (y)과 산소 섭취량 (x) 사이에는  $y = 1.57x - 3.8$ ,  $r = .97$ 의 관계가 있었다. 마찬가지로 사무원에 있어서는  $y = 1.64x - 4.17$ ,  $r = .93$ , 노동자에 있어서는  $y = 1.65x - 0.10$ ,  $r = .95$ 이라는 관계가 있었다.

운동의 경중을 가리는 기준으로 폐환기량을 사용한다면 산소 섭취량이 안정값의 4 배 (25 ml/kg/min)에 해당하는 폐환기량은 아이들에서 35 l/min 이며, 어른들에서는 (21 ml/kg/min 에 해당하는 환기량) 30 l/min 이 된다. 폐환기량의 이만한 크기는 안정값의 대략 3 배를 조금 넘는 값이 된다.

작장 온도는 시속 4 km 걷기에서는 60 분 동안 걸은 후에 0.1°C 상승할 뿐이며, 시속 6 km 걷기에서는 0.2°C 상승할 뿐이었다. 회복기에 직장 온도가 회복되는 시간은 상당히 빨랐으며 10 분에 운동전 수준으로 회복

Table 8. pulmonary ventilation

	Boys	Adults	Laborers
Resting	10.3(2.3)	9.3(2.9)	9.6(3.7)
4 KPH walk			
1	25.3(5.3)		23.3(3.9)
ratio to rest	2.5(.46)		2.2(.55)
6 KPH walk			
1	36.4(7.0)	25.2(1.0)	28.9(5.1)
ratio to rest	3.7(.83)	3.0(.71)	2.8(.55)
10 KPH run			
1	73.0(11.8)		61.5(10.3)
ratio to rest	7.4(1.7)		5.9(1.5)
Maximal			
1	96.8(5.3)	86.1(15.6)	80.8(8.5)
ratio to rest	9.1(2.9)	10.7(4.2)	8.3(2.6)
Ratio to resting $\dot{V}_E$			
4 KPH	2.5		2.2
6 KPH	3.7	3.0	2.8
10 KPH	7.4		5.9
Maximal	9.1	10.7	8.3

( ) : denotes S.D.

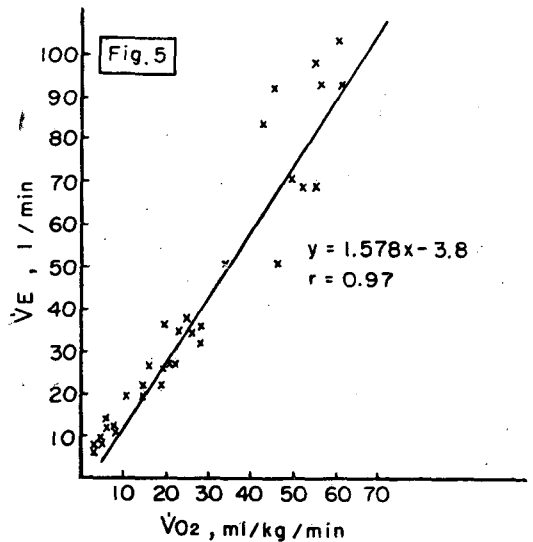


Fig. 5. Relation between oxygen uptake and pulmonary ventilation in walking and submaximal running.

되었다.

고 찰

신체 운동이 건강에 이로운 일인가? 이 문제에 대하

여 간단히 대답할 수 있는 자료가 없는 것이 현재의 지식이다. 여기에 건강 증진이라 함은 각 개인의 성별과 나이에 상부되는 적절한 신체적 활동성을 향상하여 각 개인의 생산성 (productivity)을 증강시키며, 사람의 일생을 통하여는 활동 연령이 연장되고 수명이 연장되는 일이라 정의하고자 한다. 개인은 직업적 또는 가정의 살림을 꾸며 나가는데 필요한 신체 운동을 하고 있으나 때에 따라서는 항상하고 있던 것과 다른 운동이 여구되든 경우에도 별 지장 없이 일을 할 수 있는 건강 상태 나아가 체력 (physical fitness)이 요구 된다. 즉 일상 생활을 꾸며 나가는 최소한의 체력과 긴급 상태 (emergency)에 대처할 수 있는 활동을 뒷받침하는 폐-순환계의 활동이 있어야 한다.

사람이 살아가는 데는 안정 상태 즉 심장 박동수가 매분 62-63 박동인 순환계 활동으로는 아니된다. 안정 상태 이상의 활동이 필요한데 사람의 일상 생활의 산소 섭취량은 대개가 안정 상태의 3배 이하인 것이 많다. 이 범위는 Dill (1936)의 경한 운동에 속하는데, 여기에 드는 활동은 앉아서 하는 일, 소청, 부엌일, 피아노 연주, 자동차 운전, 시속 4 km의 걸기 등 (金祐謙 등, 1963; 曹圭常, 1965; 金東俊 등 1966)이다.

사람의 건강을 증진하는 데는 위와 같은 기본적인 운동 이외에 적극적으로 운동을 더 하여야 하며 (뒤에 고찰하는 바와 같은 여러 사실로부터 미루어), 그 운동은 적어도 제 9표에 적는 기준 이상이 되어야 할 것을 주장한다. 간단하게는 하루에 시속 6 km 속도의 걸기를 1시간 이상 하라는 것이며, 이것에 해당하는 에너지를 일상 생활의 활동 이외에 소비하라는 것이다. 즉 심장 박동수가 아이에서 매분 110 박동, 어른에 있어서 100 박동 이상이며, 매분 호흡수가 28 회이고, 산소 섭취량이 안정값의 4 배 이상의 크기이며, 폐환기량은 아이들에 있어서 매분 35 리터, 어른들에 있어서 30 리터인 상태로 걸기를 하루에 1시간 이상이 되도록 운동을 하는 것이다. 신체 운동이 위에 적은 상태가 되는 데는 시속 6 km 이상으로 걸어야 하며 이 때의 걸음걸이는 아이들에서 매분 124 개, 어른들에서 127 개가 되므로 1시간 동안에는 아이들이 합계 7,440 걸음을 옮기며 어른들이 7,670 걸음을 옮기게 된다. 이러한 주장의 근거는 1) 시속 6 km 이하의 걸기는 순환계에 별한 자극을 주지 않으며, 2) 시속 6 km 이상의 걸기에서 산소 섭취량이 안정값의 4 배 이상이고 폐-순환계에 적당한 자극이 되며, 3) 이런 속도로 1시간 걸으면 350 kcal 가량의 에너지를 소비하고 4) 피로는 전혀 없으며 (회복기의 심장 박동수가 곧 정상으로 돌아온다). 5) 피로의 축적 등으로 오는 장애가 없는 일이다.

**Table 9. Lower limit of conditions of daily physical exercise (walking) recommended for the promotion of health. The duration of exercise should be greater than one hour**

	Boys (50kg)	Adults (60kg)
Heart rate per minute	110	100
Breathing frequency per minute	28	28
Oxygen uptake, ratio to resting uptake	>4	>4
Pulmonary ventilation, l/min, BTPS	35	30
Speed of walking, km/hr	>6	>6
Number of stride, per minute	124	127
cumulative for 1 hr	7,440	7,670
Energy expenditure, kcal	360	350

신체 운동이 건강에 이로운 일인가? 를 고찰하자. 직업과 건강의 관계를 보면 우체부는 우체국내 사무원에 비하여 관상 순환 질병 이환률이 낮았으며 (Morris et al., 1953), 신체 운동이 필요한 직업에 종사하는 사람의 관상 순환 질환, 당뇨병, 폐암 등에 의한 사망률이 낮았다고 하며 (Morris and Heady, 1953), 사후 부검 소견에서 생전에 신체 운동을 많이 하는 직업에 종사한 사람에게 동맥경화가 적었다고 한다 (Morris and Crawford, 1958). 그러나 부검상의 동맥경화 소견과 생전의 신체 운동의 많고 적음과는 관계가 없다는 보고도 있다 (Spain and Bradess, 1960).

신체 운동이 수명을 연장하는 가는 간단히 그렇다고 말하기 곤란하다. 흰쥐에서 운동을 시킨 놈은 더 오래 살았다는 보고도 있으나 (Retzlaff et al., 1966), 사람의 경우에는 해석이 곤란하다. 학교에서 5년 이상 대표 선수로 활약하고 사망시 연령이 22-60 세 (평균 42.6 세)인 51명의 한국인 운동가의 사망을 조사한바에 의하면 45%가 순환기 질환으로 사망하였으며 건강도 (健康度)가 비운동가에 비하여 좋았다는 증거는 없다 (梁東子 등, 1966). 영국 케임브릿지 대학생으로 1860년부터 1900년까지 사이에 재학시 운동 선수였던 723명 졸업생의 사망시 연령 평균이 67.97 세로 운동 선수가 아니었던 졸업생의 사망시 연령 평균이 67.43 세였던 것에 비하여 차이를 발견 못하였으며 (Rook, 1954), 1900년부터 1930년 사이의 미국 하버드 대학 축구 선수 355명의 기록을 조사한 바에 의하면 87명의 사망자 가운데 25명이 심장병으로 사망하였고, 이들은 졸업 후에 비교적 고된 운동을 하지 않은 사람이었고 고된 운동을 계속한 사람은 관상 순환 질환 이환률이 낮았다 한다



(Pomery and White, 1958). 한편 핀랜드의 남자 스키 선수의 평균 여명 (life expectation)은 일반 남자에 비하여 몇해가 길다는 보고도 있다 (Karvonen et al., 1956). 이런 업적을 종합하면 신체 운동이 수명을 연장하는 일에 적어도 해는 없으며 도리어 이로울 것이 많을 것이라는 느낌을 얻는다. 그러나 신체 운동을 하면 사람의 수명이 연장되는 일이 확실하다고 잘라서 말할 수는 없다.

신체 운동의 효과를 일생이라는 장시일이 아니라 몇 달이라는 단시 일에서 관찰하면 거의 모두가 신체 기능은 향상하고 생산성을 높이며 건강 증진에 유리하다는 실험 결과가 보고되어 있다 (Chapman, 1967). 한국 대표인 수영, 역도, 레슬링 선수에서 운동 부과 전후의 혈청 지질 함량을 조사하였던 바 운동 후에 혈청 함유량이 상승하였다는 보고도 있으나 (李昌煥, 1969), 이것은 하루 동안에 운동 전후를 비교한 결과이다. 혈액 내 지질함유량이 높은 일은 그 자체가 생명에 위협을 주는 것은 아니나, 혈장내 콜레스테롤 함유량이 높은 사람의 평균 여명은 단축됨이 증명되었다 (Kamel et al., 1961). 그렇다면 운동으로 혈장 지질 농도를 낮추는 일이 증명된다면 신체 운동은 건강에 이로울 일이라 말할 수 있다. 핀랜드의 남자 스키 선수의 혈장 콜레스테롤 함량은 배조 집단에 비하여 낮았다 한다 (Karvonen et al., 1958). 음식물로 다량의 지방질을 섭취하면 혈장 지질 농도가 상승하는데 신체 운동을 하면 이것을 떨칠 수 있고 또한 미리막을 수도 있다 하며 (Cohen and Golberg, 1960), 근 수축을 되풀이 하면 흰쥐의 콜레스테롤 산화가 촉진되었다 한다 (Malinow et al., 1969). 위와 같은 연구 소견은 신체 운동이 건강에 이로울 것을 뒷받침한다고 하겠다.

비만증 (obesity)이 있는 사람은 남자가 31%, 여자가 21% (15—39 세) 및 32% (40—69 세) 만큼 사망률이 높다 하며 (Metropolitan Life Insurance Company 1969), 사망 원인은 관상 동맥 질환, 중추신경계의 혈관 손상 및 당뇨병 등이라 한다. 비만증은 섭취하는 에너지 량에 비하여 소비량이 적은 결과로 지방질이 축적되어 체중이 많아지고 피부두께 두께 (skinfold thickness)가 증가하는 증세인데, 뚱뚱한 사람이 반드시 대식가 (大食家)는 아니며 그들은 대개 게을러서 신체 운동을 덜 하는 사람이다. 즉 南基鏞 등 (1966)에 의하면 한국 대표 남녀 운동 선수의 총지방량은 보통 사람에 비하여 훨씬 작았다. 보통 사람의 총지방량이 남자가 16.6%, 여자가 22.8% (金弘善 1967), 24.2% (崔德瓊 및 金子香 1968)인데 비하여 운동 선수는 남자 농구 선수의 총지방량이 11.9%에 지나지 않으며, 여자 농구 선수의 총지

지방량은 17.3%에 불과하였다. 또한 신체 운동을 하면 총지방량이 감소되고 비만증이 호전될 수 있는 일은 20 세대의 학생이나 한국 대표급 운동 선수에 있어서나 겨울철의 총지방량은 여름에 비하여 0.5% 증가된 일이 이것을 뒷받침한다 (曹允植 및 南基鏞 1969).

단기간의 훈련 효과를 보고한 것으로는 11세의 남자 아이를 6개월 동안 신체 단련을 하였더니 최대 산소 섭취량의 증가, 심장의 비대, 성장의 촉진 등이 있었다 하며 (Ekblom, 1969), 여자 대학생을 한 계절 동안 농구 훈련을 시켰더니 최대 산소 섭취량이 증가하였다고 다른 기능에는 별반 변화가 없었다고 한다 (Sinning Adrian, 1968). 장기적 관찰로는 젊어서 체육 대학생이던 여자 125명 (65—79 세 : 56명, 50—64 세 : 33명 35—49 세 : 36명)에게 편지로 문답 형식으로 건강상태를 물어 보고 이것을 젊어서 특별한 운동을 아니한 부인 87명의 회답과 비교하였더니 체육과 출신이 신체적 사회적 활동에 더 많은 흥미와 관심을 나타냈고, 계단 검사 (Step-test)의 성적도 좋았다 한다 (Espenschade, 1969).

이상의 고찰에 근거를 두어 하루에 시속 6km 속도 이상의 운동을 1시간 이상 매일 되풀이하여 건강 증진은 도모할 것을 주장하는 바이며, 걷기 이외의 운동을 고찰하고자 한다. 崔圭玆 및 南基鏞 (1967), 韓圭濩 및 南基鏞 (1968) 등의 연구에 의하면 심장 박동수가 안정값의 4배 전후인 운동은 가정 체조 (문교부 제정), 탁구, 계단 (72 계단 대략 4층까지의 계단 수요) 오르기, 배구의 톱싱 (비율이 4.8로 조금 강한 편) 등이라 한다 그러므로 이들 운동을 적당히 배합하여 필요한 신체 운동을 도모하는 도움으로 할 것이다.

## 결 론

남자 33명을 대상으로 트렐립 검사법을 응용하여 걷기와 달리기를 생리학적으로 분석하고, 여기서 얻은 성적을 기초로 하여 국민의 건강 증진에 도움이 되는 신체 운동의 처방 (處方)을 제시하였다. 신체 운동이 사람의 건강을 증진하고 수명도 연장할 수 있는 일을 문헌상의 여러 간접적인 실험 자료로부터 결론하여 운동은 사람의 건강에 이로울 일이라는 전제를 채택하고 일을 진행하여 다음과 같은 성적을 얻었으며 운동 처방을 제시한다.

1. 시속 4km의 걷기는 산소 섭취량이 안정값의 3배에 불과하여 폐-순환계에 적당한 자극이 못된다. 이 속도로는 심장 박동수가 20세 이하의 아이들에서 때분 101 박동 어른들에서 83 박동에 불과하였다.

시속 6km의 걷기에 있어서 산소 섭취량이 안정값의 4배 이상이 되어 폐-순환계에 적당한 자극으로 작용하

는 것이라 판단하였다. 이 속도에서는 심장 박동수가 아이들에서 매분 110 박동 이상이며, 어른들에서 100 박동 이상이 었다.

3. 시속 10 km의 달리기에서는 심장 박동수가 아이들에서 매분 172 박동이며 어른들에서 143 박동이었다. 최대 심장 박동수는 아이들에서 매분 185 박동, 사무원이 180 박동, 노동자에서 168 박동이었다.

4. 심장 박동수와 산소 섭취량 사이에는 정비례 관계가 있었으며, 심장 박동수만 목표로 하여도 운동의 중량은 쉽게 알 수 있었다.

5. 건강을 증진하기 위하여 매일 필요한 신체 운동의 처방은 다음과 같다(제 9 표 참조). 즉 시속 6 km 이상의 걷기를 매일 1시간 이상 할 것이며, 이 경우의 신체의 여러 기능은 아이들(체중 50 kg)에 있어서 심장 박동수가 매분 110 박동, 호흡수는 매분 28 회, 산소 섭취량은 안정값의 4 배 이상, 폐환기량이 매분 35 리터, 걸음걸이 수효는 매분 124 걸음, 1 시간에는 7,440 걸음이며, 에너지 소비량은 300 킬로칼로리 이상이다.

어른들(체중 60 kg)에 있어서는 심장 박동수가 매분 100 박동 호흡수는 매분 28 회, 산소 섭취량은 안정값의 4 배 이상, 폐환기량은 매분 30 리터, 걸음 걸이는 매분 127 걸음, 1 시간에는 7,670 걸음이며 에너지 소비량은 300 킬로칼로리 이상이다.

## REFERENCES

- 김동준·김구자·노광서·최경훈: *Studies of basal metabolism and energy expenditure of Koreans in daily life*. 한국문화연구원 논총 8:231, 1966.
- 金祐謙·李濟龍·盧洸瑞: 한국 육군 사병의 작업 대사량, 서울의대잡지 4:211, 1963.
- 金弘善: 밀도법 및 피부 두점집기 법에 의한 한국 여학생의 총지방량 측정. 수도의대잡지 4:21, 1967.
- 南基鏞·金基煥·成樂應·張信堯: 한국 폐표 남녀 운동선수의 총지방량. 스포츠과학 연구 보고서, 3:157, 1966.
- 南基鏞·金基煥·安炯琛·鄭觀玉·金祐謙·李相敦: 나이를 먹으면 최대 심장 박동수가 준다. 스포츠과학 연구 보고서 56:37, 1966.
- 梁東子·文顯柱·朴喆斌: 한국 스포츠맨의 건강도와 사인에 관한 연구. 스포츠과학 연구 보고서, 3:171, 1966.
- 李昌煥: 운동과 지질 대사에 관한 연구. 한국영양학회지, 2:135, 1969.
- 任昇宰·南基鏞: 남자의 최대 산소 섭취량과 신체 구성 성분 사이의 관계. 스포츠과학 연구 보고서, 2:89, 1965.
- 曹圭常: 국군 장병의 기초 및 작업 때사에 관한 연구 항공의학, 4:109, 1965.
- 曹允植·南基鏞: 사람의 피부두점 및 총지방량에 관한 연구. 제 1 편 총지방량의 계진적 변동. 대한생리학회지, 3:29, 1969.
- 崔圭炫·南基鏞: 최대하 운동의 생리적 분석. 제 1 편 가정 체조. 스포츠과학 연구 보고서, 4:61, 1967.
- 崔德瓊·金子香: 밀도법 및 피부두점 법에 의한 여자 중·고등 학생의 총지방량 측정. 우석의대잡지, 5:1, 1968.
- 韓圭護·南基鏞: 심장 박동수를 통하여 관찰한 몇몇 스포츠의 분석. 서울의대잡지, 9:163, 1968.
- Andrew, G.M., G.A.Gzman, and M.R.Becklake: *Effect of athletic training on exercise cardiac output*. *J.Appl. Physiol.* 21:603, 1966.
- Astrand, P.-O., T.E.Cuddy, B.Saltin, and J.Stenbert: *Cardiac output during submaximal and maximal work*. *J.Appl. Physiol.* 19:268, 1864.
- Barroft, H.: *Circulation in skeletal muscle*. In: *Handbook of Physiology. Am. Physiol. Soc., Washington, D.C. Circulation vol. II. Chapt. 40* 1964.
- Booyends, H., and W.R.Keatings: *The expenditure of energy by men and women walking*. *J.Physiol. London* 138:165, 1957.
- Chapman, C.B.: editor. *Physiology of Muscular Exercise. Circulation Res.* 20:Suppl. 1, 1967.
- Cohen, H., and C.Goldberg.: *Effect of physical exercise on alimentary lipaemia*. *Brit. Med. J.No* 5197:509, 1960.
- Datta,S.R., and N.L.Ramanathan: *Energy expenditure in work predicted from heart rate and pulmonary ventilation*. *J.Appl. Physiol.* 26:297, 1969.
- Dill,D.B.: *The economy of exercise*. *Physiol. Rev.* 16:263, 1936.
- Donald,K.W., J.M.Bishop, C.Cumming, and O.L.Wade: *The effect of exercise on the cardiac output and circulatory dynamics of normal subjects*. *Clin. Sci.* 14:37, 1955.
- Eklblom, N., P.-O. Astrand, B.Saltin, J.Stenberg, and B.Wallström: *Effect of training on circulatory response to exercise* *J.Appl. Physiol.* 24:518, 1968.

- Ekblom, B., and L. Hermansen: *Cardiac output in athletes. J. Appl. physiol.* 25:619, 1968.
- Ekblom, E. *Effect of physical training in adolescent boys. J. Appl. Physiol.* 27:350, 1969.
- Espenschade, A.S.: *Role of exercise in the well-being of women 35-80 years of age. J. Gerontol.* 24: 86, 1969.
- Goldberg, A.L.: *Work-induced growth of skeletal muscle in normal and hypophysectomized rats. Am. J. Physiol.* 213:1193, 1967.
- Isschutz, B. Jr., and R. Kodahl: *Respiratory quotient during exercise. J. Appl. Physiol.* 16:606, 1961.
- Kannel, W.B., T.R. Dawber, A. Kagan, N. Revotski, and J. Stokes: *Factors of risk in the development of coronary heart disease—six year follow-up experience. The Framingham Study. Ann. Int. Med.* 55:33, 1961.
- Karvonen, M.J., J. Kihlberg, J. Määta, and J. Virkajärvi: *Longevity of champion skiers. Duodecim,* 72:8 93, 1956.
- Karvonen, M.J., Y. Rautanen, P. Rikkinen, and J. Kihlberg: *Serum cholesterol of male and female champion skiers. Ann. Med. intern. Fenn.* 47: 75, 1958.
- Leon, A.S., and C.M. Bloor: *Effects of exercise and its cessation on the heart and its blood supply. J. Appl. Physiol.* 24:485, 1968.
- Malhotra, M.S., J.S. Gupta, and R.M. Rai: *Pulse count as a measure of energy expenditure. J. Appl. Physiol.* 18:994, 1963.
- Malinow, M.R., A. Perley, and P. McLaughlin: *Muscular exercise and cholesterol degradation: mechanisms involved. J. Applied Physiol.* 27:662, 1969.
- Morris, J.N., and J.A. Heady: *Mortality in relation to physical activity of work; preliminary note on experience in middle age. Brit. J. Industr. Med.* 10:245, 1953.
- Morris, J.N., J.A. Heady, P.A.B. Raffle, G.C. Roberts, and J.W. Parke: *Coronary heart-disease and physical activity of work. Lancet* 2:1053, 1953.
- Morris, J.N., and M.D. Crawford: *Coronary heart disease and physical activity of work: evidence of a national necropsy survey. Brit. Med. J. No. 51* 11:1485, 1958.
- Pomeroy, W.C., and P.D. White: *Coronary heart disease in former football players. JAMA* 167:711, 1958.
- Retzlaff, E., J. Fontaine, and W. Furuta: *Effect of daily exercise on life-span of albino rats. Geriatrics* 21:171, 1966.
- Rook, A.: *Investigation into longevity of Cambridge Sportsmen. Brit. Med. J.* 1:773, 1954.
- Scholander, P.F.: *Analyzer for accurate estimation of respiratory gases in one-half cubic centimeter samples. J. Biol. Chem.* 167:235, 1947.
- Sinning, W.E., and M.J. Adrian: *Cardiorespiratory changes in college women to a season of competitive basketball. J. Appl. Physiol.* 25:720, 1968.
- Spain, D.M., and V.A. Bradess: *Occupational physical activity and the degree of coronary atherosclerosis in "normal" man. A postmortem study. Circulation* 22:239, 1960.
- Steinhaus, A.H.: *Chronic effects of exercise. Physiol. Rev.* 13:103, 1933.
- Tipton, C.M.: *Training and bradycardia in rats. Am. J. Physiol.* 209:1089, 1965.
- Tipton, S.M., R.J. Schild, and R.J. Tomanek: *Influence of physical activity on the strength of knee ligaments in rats. Am. J. Physiol.* 212:783, 1967.
- Tornvall, G.: *Assessment of physical capabilities. Acta physiol. Scand.* 53:Suppl. 201, 193.