짐나르기의 에너지 소요량

서울대학교 의과대학 생리학교실 및 국민체력과학 연구소

黃 大 淵 · 南 基 鏞

=Abstract=

Energy cost of loads carried on the hands, head, or feet

Dai Yun Hwang and **Kee Yong Nam**

Department of Physiology and Physical Culture Research Institute,
Seoul National University College of Medicine,
Seoul, Korea

Oxygen consumption, pulmonary ventilation, heart rate, and breathing frequency were measured on 8 men walking on a treadmill carrying load of 9 kg on hand, back, or head. Besides measurements were made on subjects carrying loads of 2.6 kg each on both feet. The speed of level walking was 4, 5, and 5.5 km/hr and a fixed speed of 4 km/hr with grades of 0, 3, 6, and 9%. Comparisons were made between free walking without load and walking with various types of loads. The following results were obtained.

1. In level or uphill walking the changes in oxygen consumption, pulmonary ventilation, breathing frequency and heart rate were smallest in back load walking, and largest in hand load walking. The method of back load was most efficient and hand load was the least efficient. The energy cost in head load walking was smaller than that of in hand load walking. It was assumed that foot load costed more energy than hand load.

2. In level walking the measured parameters increased abruptly at the speed of 5.5 km/hr. Oxygen consumption in a free walking at 4 km/hr was 11.4 ml/kg b.wt., and 13.1 ml/kg b.wt. 5.5 km/hr, and in a hand load walking at 4 km/hr was 13.9, and 18.8 ml/kg b.wt. at 5.5 km/hr.

3. In uphill walking oxygen consumption and other parameters increased abruptly at the grade of 6%. Oxygen consumption at 4 km/hr and 0% grade was 11.4 ml/kg b.wt., 13.6 at 6% grade, and 16.2 l/kg b.wt. at 9% grade in a free walking. In back load walking oxygen consumption at 4 km/hr and 0% grade was 12.3 ml/kg b.wt., 14.9 at 6% grade, and 18.7 ml/kg b.wt. In hand load walking the oxygen consumption was the greatest, namely, 13.9 at 0% grade, 17.9 at 6%, and 20.0 ml/kg b.wt. at 9% grade.

4. Both in level and uphill walking the changes in pulmonary ventilation and heart rate paralleled with oxygen consumption.

5. The changes in heart rate and breathing frequency in hand load were characteristic. Both in level and uphill walk breathing frequency increased to 30 per minute when a load was held on hand and showed a small increase as the exercise became severe. In the other method of load carrying the peak value of breathing frequency was less than 30 per minute. Heart rate showed 106 beats/minute even at a speed of 4 km/hr when a load was held on hand, whereas, heart rate was between

* 국민체력과학 연구소 논문 제 54 호

93 and 100 beats/minute in the other types of load carriage.

6. Number of strides per minute in level walking increased as the speed increased. At the speed greater than 5 km/hr number of strides per minute of load carrying walk was greater than that of free walking. In uphill walk number of strides per minute decreased as the grade increased. Number of strides in hand load walk was greatest and back load walk showed the same number of strides as the free walk.

사람이 짐을 운반하는 일은 아무에게도 예외없이 경험되는 신체 작업이다. 이 경우에 사람은 근수축에 의한 근력(筋力)을 구사하여야 하며 필요한 근력도 아주 적은것부터 수의적 최대 수축에 이르는 넓은 범위에 펼친다. 작은 근력이 쓰일 때에는 활동하는 근의 덩어리가 작으며, 근력증가에 따라 활동근 덩어리가 커지는 것이 일반원칙이다. 짐나르기 작업의 종류에 따라서 쓰이는 근덩어리가 달라지며, 가령 주로 팔, 다리, 몸뚱이가 쓰이는 것과 같다.

짐나르기 작업의 근수축 양식은 두 종류로 된다. 즉 물건을 팔로 들고 걸을 경우에 걷기에 필요한 다리의 근수축은 주로 등력성(等力性), 율동성 수축이며 짐의 무게를 지탱하는 팔의 근수축은 주로 등장성(等長性) 지속적 수축이다. 이 두 방식의 근수축이 짐을 나르는 양식에 따라 참여하는 크기가 달라진다.

신체운동의 경중을 측정하는 방법으로는 에너지 소요량, 산소 섭취량, 심장 박동수, 심장 박출량 측정등이 사용되며, 정확성에 다소 차이가 있고 측정방법의 곤란도에는 상당한 차이가 있다.

짐나르기 운동의 두가지 근수축인 등력성 수축과 등장성 수축에 대한 생체의 반응 특히 순환계 반응에는 큰 차이가 있다. 즉 율동적 등력성운동에 있어서는 심장 박동수가 크게 증가하며 수축기 혈압이 상승하나 확장기 혈압이 감소되는 것이 보통이고 말초 혈관저항이 크게 감소되는데 반하여 지속적 등장성 운동에 있어서는 심장 박동수는 조금 증가하며 수축기 및 확장기 혈압이 다같이 크게 증가하며 말초 혈관저항에는 거의 변화가 없다 (Åstrand et al., 1964; Donald et al. 1955; Lind and McNicol, 1967).

짐을 나르는 방법에 여러가지가 있으며 우리나라 고유의 지게 등은 오랫동안의 경험에 의하여 얻어진 산물이며, 이밖에 손에 들거나, 머리에 이거나 하는 양식은 일상생활에서 보편적인 것이다. 이 논문은 여러 종류의 짐나르기 양식별로 산소 섭취량과 심장 박동수를 측정하여 운반양식의 경중을 비교한 것이다. 또한 특수한 경우로서 다리에 짐을 매고 운반하는 양식을 검색하였다.

실 험 방 법

남자 소년 8명을 대상자로 하였으며 그들의 나이는 15.5 내지 19.1세이었고 신체 계측치는 제1표와 같다. 이들의 지방량 계산은 피부두겹법(남기용, 1962)에 따랐으며 팔, 등, 허리 및 배의 네군데를 Lange (1961)의 집게(Cambridge Sci. Co. 제조)로 측정한 평균 값인 평균 피부두겹 두께 (mean skinfold thickness, 朴景華, 1963)로 부터 다음 공식(金鎭久, 南基鏞, 1968)에 의하여 셈하였다.

13~16세 : % Fat=1.933×Mean skinfold thickness (mm)+4.26

16~19세 : % Fat=1.326×Mean skinfold thickness (mm)−0.64

일정한 속도와 경사도로 회전하는 걸음틀(treadmill) 위에서 대상자가 지정된 무게를 지정된 양식으로 몸에 지니고 걸게하였으며, 걷기를 시작하여 4~4.5분 사이의 30초동안 산소섭취량, 폐환기량 등을 개방회로법에 의하여 더글래스 주머니(Douglas bag)에 채집한 호출 공기의 산소 및 탄산가스의 함량을 측정하여 결정하였다. 심장 박동수는 심장전기도를 유도하여 속도계(tachometer)로 연속적 기록을 하였다. 매분 걸음걸이 수효는 시계를 보면서 직접 셌다. 호흡수는 가슴에 부

Table 1. Physical characteristics of 8 subjects, aged between 15 and 19 years

	Height, cm	Weight, kg	Mean skinfold thickness, mm	% Fat	LBM kg
Mean±S.D.	160.9±4.43	52.1±4.24	7.5±2.48	15.7±2.16	44.2±4.07
Range	154.1~168.2	46.2~60.3	4.2~11.8	11.9~19.1	37.4~51.3

Table 2. Oxygen uptake in load carrying walk on hand, back, head or foot*

Kinds of load and speed of walk, km/hr	$\dot{V}_{O_2}$, STPD per kg b. wt. ml±S. D.		per kg LBM ml±S. D.		per kg b. wt. +load ml±S. D.		Ratio to resting
Resting	4.3	0.45	5.3	0.62			
No load 4	11.4	1.1	13.4	1.3	11.4	1.1	2.5
5	11.4	1.2	13.6	1.4	11.4	1.2	2.5
5.5	13.1	1.6	14.9	2.1	13.1	1.6	2.9
Hand load							
4	13.9	1.3	16.4	1.5	12.5	1.1	3.1
5	16.1	1.9	18.3	1.9	14.1	1.6	3.5
5.5	18.8	2.6	22.2	3.1	16.6	2.0	4.2
Back load							
4	12.3	2.5	14.4	2.7	10.4	2.2	2.7
5	12.4	1.8	14.6	2.1	11.3	1.3	2.8
5.5	15.8	2.3	18.7	3.0	13.6	4.2	3.4
Head load							
4	12.4	1.9	14.6	1.5	10.5	1.2	2.8
5	14.7	2.6	17.3	2.9	12.9	2.3	3.3
5.5	16.5	3.8	19.6	4.3	14.4	3.0	3.7
Foot load							
4	12.6	1.6	14.9	2.4	11.5	1.4	2.8
5	13.5	2.4	17.3	2.9	12.2	2.4	3.0
5.5	15.9	2.6	19.6	4.6	14.6	2.4	3.5

* Weight of load was 9 kg except foot load (5.2 kg)

착시킨 용적기록기(plethysmograph)에 의하여 연속적 기록을 하였다. 걷기를 시작하여 3분이 경과하면 여러 측정 항목은 항정상태(恒定狀態)에 다달았으며 산소 섭취량을 측정한 4~4.5분 사이 30초 동안의 여러 측정항목 값을 배분 값으로 환산하여 표시하였다.

걸음틀은 경사 0%로 4, 5, 및 5.5 km/hr의 속도와 4 km/hr의 속도로 경사도 3%, 6% 및 9%의 6가지 양식의 회전이었다. 몸에 지니는 무게는 팔로 드는 짐, 등짐 및 머리에 이는 짐은 9 kg로 하였으며, 다리에 지니는 짐은 좌우에 각각 2.6 kg로 합계 5.2 kg의 무게이었다. 짐을 9 kg로 한것은 Lind와 McNicol(1967)에 의하면 10 kg이하 무게의 짐나르기에 있어서는 피로가 나타나지 않는다 하므로, 우리의 대상자가 피로하지 않도록 하기 위한 것이었다.

호출공기의 가스분석은 Scholander(1947)에 따랐으며 산소섭취량 산출에는 Consolazio 등(1963)의 계산도표를 사용하였다.

실 험 성 적

평지 걷기 : 무게 9 kg인 짐을 한팔로 들고, 등에 메

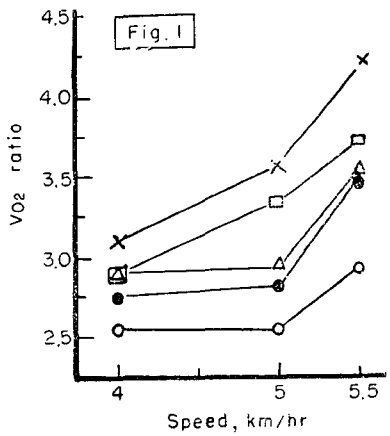

Fig. 1. Relation between speed of walking and ratio of exercise oxygen consumption to resting consumption.

○ : No load walking, × : Hand load walking,
● : Back load walking. □ : Head load walking,
△ : Foot load walking

Table 3. Pulmonary ventilation, breathing frequency and tidal volume in load carrying walk on hand, back, hand or foot*

Kinds of load and speed of walk, km/hr	$\dot{V}_B$, l, BTPS Mean	±S. D.	Breathing frequency per minute Mean	±S. D.	Tidal volume ml	±S. D.
Resting No load	8.2	0.99				
4	19.7	3.8	23	4.9	889	248
5	20.8	4.8	25	5.3	860	244
5.5	22.5	5.3	26	6.4	890	291
Hand load						
4	25.0	5.6	30	3.0	810	168
5	26.1	5.5	32	5.6	810	156
5.5	31.0	5.8	32	7.7	1,000	302
Back load						
4	21.5	5.7	25	5.4	870	229
5	21.8	6.4	27	6.2	810	203
5.5	27.1	4.4	29	6.9	960	177
Head load						
4	21.9	5.5	25	5.5	890	236
5	25.1	7.5	27	6.3	930	253
5.5	27.1	7.5	29	7.7	870	267
Foot load						
4	21.7	4.8	24	5.6	904	257
5	22.8	5.8	26	6.1	920	253
5.5	26.5	6.7	29	8.5	860	267

* Weight of load was 9 kg except foot load (5.2 kg)

고, 머리에 이고 및 한 다리에 2.6 kg 씩 합계 5.2 kg의 짐을 다리에 지니고 시속 4, 5 및 5.5 km로 걸을 경우의 여러 측정 항목을 짐없이 빈몸으로 걸을 경우와 비교한 성적을 제 2, 3, 4 및 5표와 제 1, 2, 3, 4, 5. 6, 7, 8도에 제시한다.

짐을 지니고 평지(0% 경사)를 걸을 경우에 산소 섭취량은 안정시 섭취량에 비하여 2.7배 내지 4.2배에 이르렀는데 짐없이 빈몸으로 걸을 경우의 산소 섭취량이 안정시에 비하여 2.5배 내지 2.9배에 이르는 것보다 훨씬 큰것이었다(제 1도). 산소 섭취량 표시를 체중 매 kg 당으로(제 2도)하거나 무지방 체중 매 kg 당으로(제 3도)하거나 어느 경우에도 짐없이, 등짐, 머리짐, 다리짐 및 손짐의 순서로 증가하였으며 걷는 속도가 4, 5, 5.5 kg/hr의 어느것에서도 마찬가지이었다. 즉 이 순서로 짐나르기에 쓰이는 에너지가 많으며 그만큼 일이 곤란하다고 할 수 있다. 다만 다리짐은 5.2 kg인데도 머리짐과 거의 같은 산소를 섭취하였던 것은 이 종류의 짐나르기 방식이 아주 커다란 에너지를

Table 4. Heart rate in level and uphill walk carrying a load on hand, back, head or foot*

Kinds of load, speed(km/hr) and grade (%)	Beats/min Mean	±S. D.
Resting No load	64	7.2
4, level	91	13.8
5, level	95	9.6
5.5, level	96	9.0
4, 3%	94	9.6
4, 6%	96	9.8
4, 9%	102	12.6
Hand load		
4, level	106	17.5
5, level	106	14.9
5.5, level	111	17.1
4, 3%	106	11.3
4, 6%	108	13.1
4, 9%	115	13.7
Back load		
4, level	93	13.2
5, level	99	11.2
5.5, level	104	13.2
4, 3%	97	12.1
4, 6%	101	12.9
4, 9%	110	15.8
Head load		
4, level	100	14.2
5, level	104	12.9
5.5, level	107	7.8
Foot load		
4, level	94	13.3
5, level	99	9.2
5.5, level	106	13.0

* Weight of load was 9kg except foot load (5.2kg)

사용함을 말한다.

짐나르기의 걷기 속도가 증가하면 산소 섭취량이 증가하는데 힘들지않는 짐나르기 방식인 등짐의 경우에는 시속 4 km이거나 5 km이거나 별반 증가를 보이지 않는 모양이 짐없이 걷는 경우와 같았다. 그러나 머리짐, 발짐, 손짐의 경우에는 상당히 증가하였으며 산소 섭취량 증가의 경사도가 컸고 특히 손짐의 경우에 가장 컸다. 걷기 속도가 시속 5.5 km에 이르러서는 산소 섭취량 증가가 더욱 심하였고 증가의 경사도가 대단히 컸다. 즉 시속 5 km까지는 짐없는 걷기와 병행하나 5 km이후에는 갑자기 증가하고 다른 형식의 짐

Table 5. Strides per minute in level and uphill walk carrying a load on hand, back, head or foot*

Kinds of load, speed(km/hr) and grade (%)	Strides/min Mean±S. D.	
No load		
4, level	113	6.4
5, level	116	3.4
5.5, level	120	3.1
4, 3%	104	4.9
4, 6%	102	5.1
4, 9%	102	5.5
Hand load		
4, level	114	6.5
5, level	120	3.7
5.5, level	124	6.4
4, 3%	109	7.7
4, 6%	108	6.7
4, 9%	108	5.9
Back load		
4, level	110	5.9
5, level	119	4.7
5.5, level	121	4.1
4, 3%	104	4.1
4, 6%	102	4.8
4, 9%	103	5.1
Head load		
4, level	110	5.3
5, level	119	3.3
5.5, level	123	3.8
Foot load		
4, level	111	4.5
5, level	117	2.1
5.5, level	121	3.9

* Weight of load was 9kg except foot load (5.2 kg)

나르기와 같은 증가의 경사도를 나타냈다.

폐환기량의 변화태도(제 4 도)도 산소 섭취량과 대체로 같았다. 즉 걷기 속도가 시속 4~5 km 사이에 있어서는 폐환기량의 증가가 심하지 않았고 5.5 km에 이르러서 많이 증가하였다. 폐환기량의 크기는 짐없이 걷기에 있어 가장 작았고 다음 등짐, 발짐, 머리짐 및 손짐의 순서로 많아졌던 모양 또한 산소 섭취량의 경우와 같았으며 등짐의 경우가 짐없는 걷기에 제일 가까왔고 손짐의 경우에 제일 멀리 떨어져 있어, 폐환기량의 관점에서 보아도 손짐 나르기가 제일 많이 몸에 부담을 준다고 하겠다.

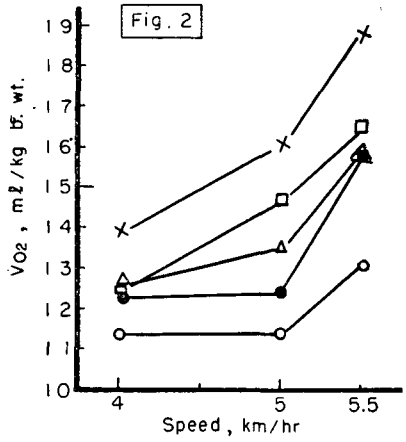

Fig. 2. Relation between speed of walking and exercise oxygen consumption in ml/kg body weight. Legends are as in Fig. 1.

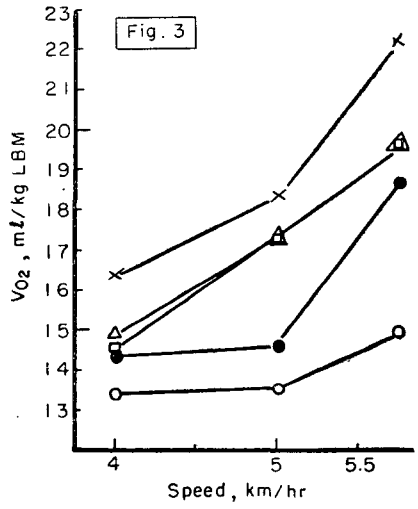

Fig. 3. Relation between speed of walking and exercise oxygen consumption in ml/kg lean body mass. Legends are as in Fig. 1.

매분 호흡수의 변동은 손짐에 있어 가장 뚜렷하였다. 시속 4 km로 짐없이 걸을 때에 매분 호흡수가 23이었는데 비하여 다리짐 걷기에서 24, 등짐과 머리짐 걷기가 25이어서 짐없는 걷기와 차이가 없으나 손짐걷기에 있어서는 매분 30으로 특이하게 많았고, 시속 5,

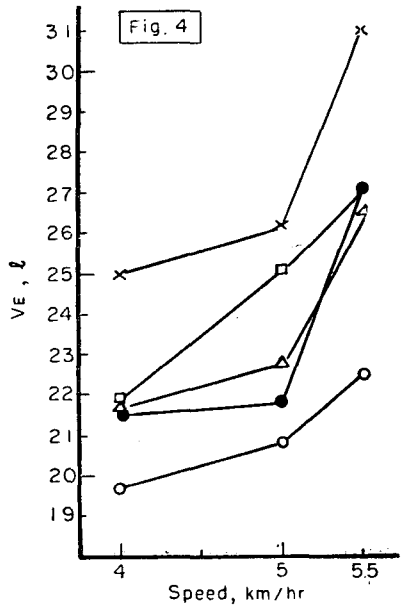

Fig. 4. Relation between speed of walking and pulmonary ventilation. Legends are as in Fig. 1.

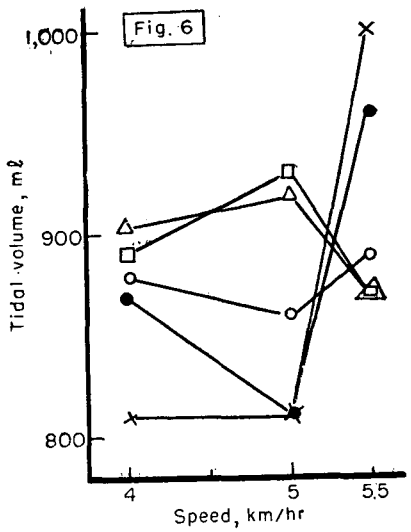

Fig. 6. Relation between speed of walking and tidal volume. Legends are as in Fig. 1

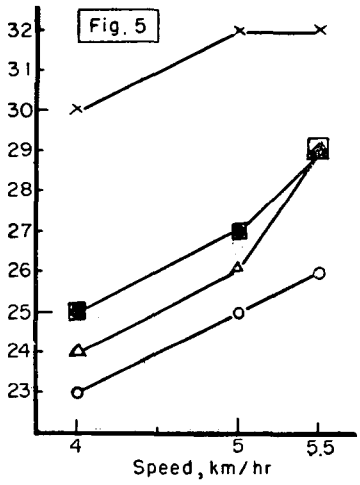

Fig. 5. Relation between speed of walking and breating frequency per minute. Legends are as in Fig. 1.

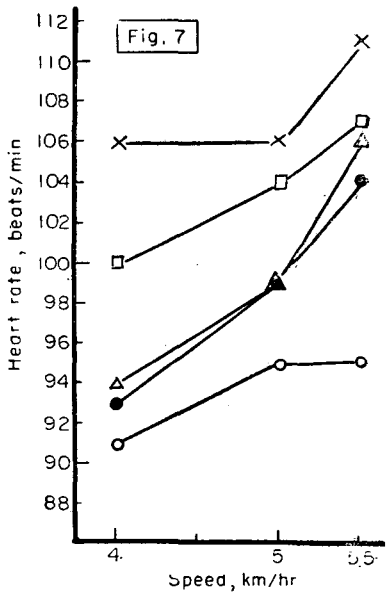

Fig. 7. Relation between speed of walking and heart rate. Legends are as in Fig. 1.

5.5 km 걸기에서도 손짐 걸기에서는 매분 호흡수가 각각 32 및 32으로서 짐없이 걸기의 25 및 26 보다 훨씬 많았다.

폐환기량과 호흡수로부터 계산되는 일호흡용적의 변동모양(제 6 도)은 걷는 속도와 짐의 종류에 따라 다르

다. 즉 시속 4 km의 짐없이 걷기에서 일호흡 용적이 880 ml인데 속도가 5 및 5.5 km로 증가하여도 각각 860 및 890 ml를 나타내어 큰 변동이 없었다. 즉 걷는 속도의 증가에 따라 호흡수의 증가는 있으나 호흡의 깊이에는 별반 변화가 없었다. 짐을 지니고 걸을 경우에도 속도가 4 및 5 km/hr까지는 짐없는 걷기와 같았으나 5.5 km/hr에 있어서는 짐의 종류에 따라 크게 변화하였다. 즉 등짐 걷기에서는 일호흡 용적이 960 ml로 크게 증가하였고, 손짐에서도 1,000 ml로 가장 깊은 호흡을 나타냈다. 머리짐과 다리짐에서는 시속 5.5 km에서 일호흡용적이 도리어 감소되었다.

심장 박동수의 변동 (제 7 도)도 짐의 종류에 따라 뚜렷한 차이를 보였다. 짐없이 걷는 경우에 시속 4 km로 심장 박동수가 매분 91 박동이었으며 시속 5 km에서 95, 5.5 km에서는 96 박동이었는데, 짐없는 걷기에 제일 가까운 것은 등짐 걷기로 시속 4 km에서 매분 93 박동, 5 km에서 99, 5.5 km에서 매분 104 박동을 나타냈고, 손짐의 경우에는 시속 4 km에 있어서도 심장 박동수는 매분 106 박동이나 되었으며 시속 5.5 km에 있어서는 매분 111 박동을 나타내어 짐없는 걷기에서 제일 멀리 떨어진 차이를 보였다. 머리짐 걷기에 있어서도 심장 박동수는 상당히 증가를 보였으며 시속 4 km에서 매분 100 박동, 시속 5.5 km에서 매분 107 박동을 나타냈다.

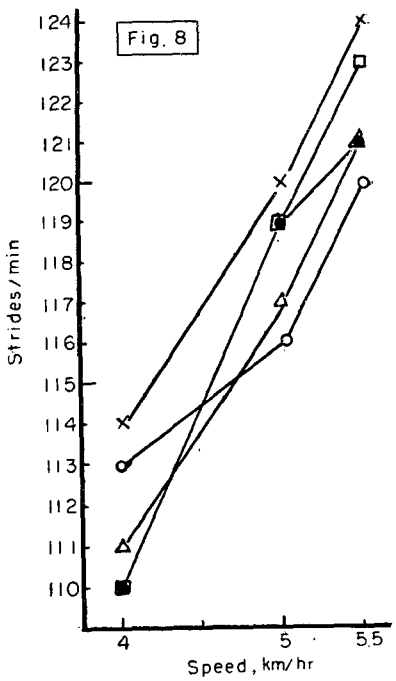

Fig. 8. Relation between speed of walking and number of strides per minute. Legends are as in Fig. 1.

Table 6. Oxygen uptake in uphill walk at 4 km/hr speed carrying a load on hand or back*

Kinds of load and grade (%)	$\dot{V}_{O_2}$, STPD						Ratio to resting
	per kg b. wt. ml±S. D.		per kg LBM ml±S. D.		per kg b. wt. +load ml±S. D.		
Resting	4.3	0.45	5.3	0.62			
No load							
level	11.4	1.1	13.4	1.3	11.4	1.1	2.5
3	11.9	1.5	14.1	1.8			2.6
6	13.6	1.0	16.1	1.4			2.9
9	16.2	2.1	19.2	2.4			3.6
Hand load							
level	13.9	1.3	16.4	1.5	12.5	1.1	4.1
3	15.9	1.1	18.7	1.7	13.8	0.6	3.5
6	17.9	2.6	21.9	3.0	16.1	1.8	4.1
9	20.0	1.4	22.9	1.3	17.2	1.4	4.4
Back load							
level	12.3	2.5	14.4	2.7	10.4	2.2	2.7
3	12.7	1.5	15.3	2.3	11.1	1.4	2.8
6	14.9	1.8	16.2	2.9	12.8	1.5	3.3
9	18.7	2.4	22.0	2.5	16.2	1.9	4.0

* Weight of load was 9kg except foot load (5.2 kg)

Table 7. Pulmonary ventilation, breathing frequency and tidal volume in uphill walk at 4 km/hr speed carrying a 9 kg load on hand or back

Kinds of load and grade (%)	$\dot{V}_E$, BTPS Mean±S. D.		Breathing frequency per minute Mean±S. D.		Tidal volume ml±S. D.	
Resting	8.2	0.99				
No load						
level	19.7	3.8	23	4.9	880	248
3	19.4	2.8	25	7.1	830	226
6	22.9	4.0	26	6.7	920	316
9	27.3	8.9	26	6.9	1,040	251
Hand load						
level	25.0	5.6	30	3.0	810	168
3	25.5	2.1	29	7.2	880	294
6	28.9	5.6	30	6.0	1,020	234
9	31.2	2.6	31	6.8	1,050	256
Back load						
level	21.5	5.7	25	5.4	870	229
3	22.3	5.4	26	5.9	870	216
6	25.2	5.7	27	5.4	930	257
9	30.6	7.0	28	7.1	1,040	307

일분 동안의 걸음걸이 수에 있어서 짐의 종류에 의한 차이가 뚜렷하였다. 시속 4 km에 있어 짐없이 걷기의 걸음걸이 수가 매분 113보(步)이었는데 손짐의 경우에 매분 114보를 보여서 짐없이 걷기와 같았으나 다른 종류의 짐의 경우에는 걸음걸이 수가 짐없이 걷기보다 적었다. 즉 다리짐 걷기에서 매분 111보, 머리짐과 등짐 걷기에서 110보이었다. 그러나 걷는 속도가 증가하면 짐을 지닌 경우에는 아무것이나 짐없이 걷기의 경우보다 걸음걸이 수가 많았다. 손짐의 경우가 가장 많았으며 시속 5.5 km에 있어 매분 124보에 이르렀고 머리짐의 경우에 123보, 등짐과 다리짐의 경우에 매분 121보 이었다.

치받이 걷기 : 짐을 지니고 시속 4 km로 언덕을 걸을 경우의 여러 측정 항목을 제 4, 5, 6, 7표 및 제 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 및 16도에 제시한다.

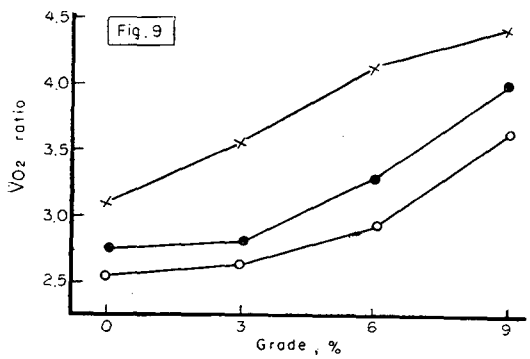

Fig. 9. Relation between % grade and ratio of exercise oxygen consumption to resting consumption at a fixed speed of 4km/hr. Legends are as in Fig. 1.

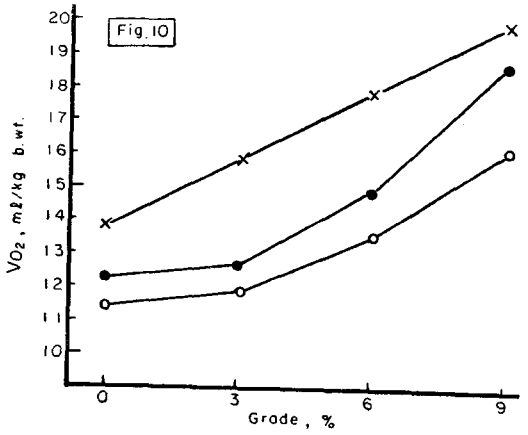

Fig. 10. Relation between % grade and oxygen consumption in ml/kg body weight at a fixed speed of 4km/hr. Legends are as in Fig. 1.

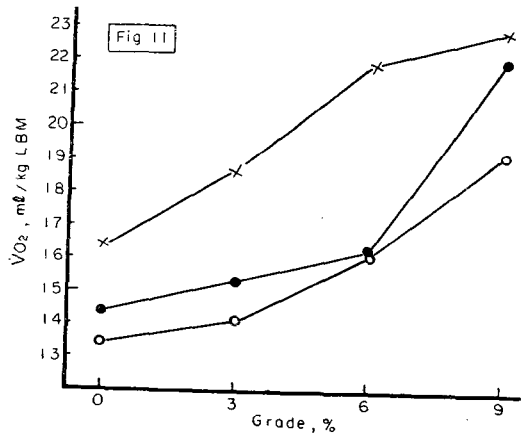

Fig. 11. Relation between % grade and oxygen consumption in ml/kg lean body mass at a fixed speed of 4 km/hr. Legends are as in Fig. 1.

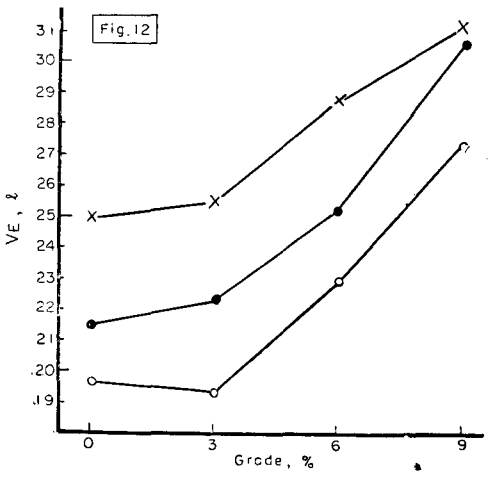

Fig. 12. Relation between % grade and pulmonary ventilation at a fixed speed of 4 km/hr. Legends are as in Fig. 1.

짐을 손에 들거나 등에 메고 시속 4 km로 경사도 3, 6 및 9%를 치받이 걷기를 할 경우에 산소 섭취량(제 9 도)은 안정시 섭취량에 비하여 2.8배 (등짐 3%)내지 4.4배 (손짐, 9%)에 이르렀는데, 산소섭취량 표시를 체중 매 kg당으로 (제 10 도)하거나 무지방 체중 매 kg당으로 (제 11 도)하거나 어느 경우에도 짐없이, 등짐 및 손짐의 순서로 산소 섭취량은 증가되었다. 즉 9 kg의 무게를 등짐으로 나르는 경우에는 산소 섭취량으로 보아 짐없는 치받이 걷기와 큰 차이는 나타내지 않았으나, 손짐으로 치받이 걷기는 훨씬 많은 산소를 섭취하였다. 가령 경사도 6%에서 보면 등짐의 경우 14.9 ml/kg b. wt.의 산소 섭취량이 필요하여 짐없는 경우의 13.6 ml/kg b. wt.에 비하여 적은 차이만을 보이나, 손짐의 경우에는 17.9 ml/kg b. wt.의 섭취량을 나타내어 크게 증가된 것을 보인다. 경사도가 작을 경우에는 짐없이 걷기와 등짐 걷기가 별반 큰 차이를 보이지 않으나 (6%경사도 까지), 경사도가 9%에 이르러서는 등짐곡선은 짐없는 곡선으로부터 멀리 떨어지며 손짐 곡선쪽으로 접근하였다.

경사도 3%에서는 등짐걷기는 짐없이 걷기와 마찬가지로 평지에 비하여 산소 섭취량의 증가가 없으나 6및 9%에서는 평지에 비하여 크게 증가되었으며, 손짐으로 치달을 경우에는 경사도 3%에서 벌써 산소 섭취량이 평지보다 크게 증가되었다.

폐환기량의 변화태도 (제 12 도)도 대체로 산소 섭취량과 같았다. 경사도 3%에서는 폐환기량은 평지에서와 거의 같았으나 경사도가 6 및 9%로 증가됨에 따라 급격히 증가하였다. 이것은 짐없이 걷기나 등짐, 손짐 걷기나 마찬가지 이었는데 6%경사도에 있어 평지 걷기의 경우 폐환기량이 22.9 l/min이었으며 등짐의 경우 25.2 l/min, 손짐의 경우 28.8 l/min로서 각각 평지값에 비하여 훨씬 큰값이었다. 경사도 9%에 있어서는 폐환기량이 평지 걷기의 경우 27.3 l/min로 크게 증가

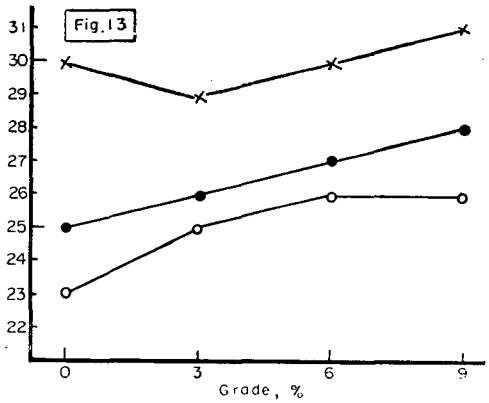

Fig. 13. Relation between % grade and breathing frequency per minute at a fixed speed of 4 km/hr. Legends are as in Fig. 1.

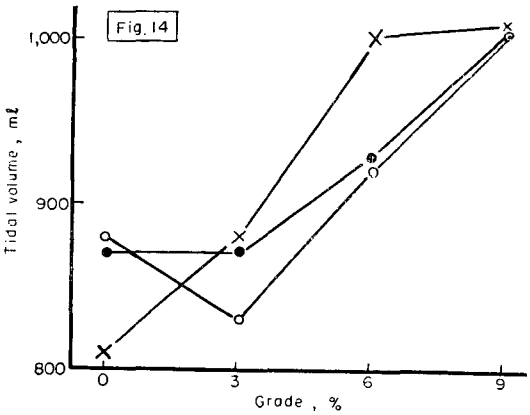

Fig. 14. Relation between % grade and tidal volume at a fixed speed of 4 km/hr. Legends are as in Fig. 1.

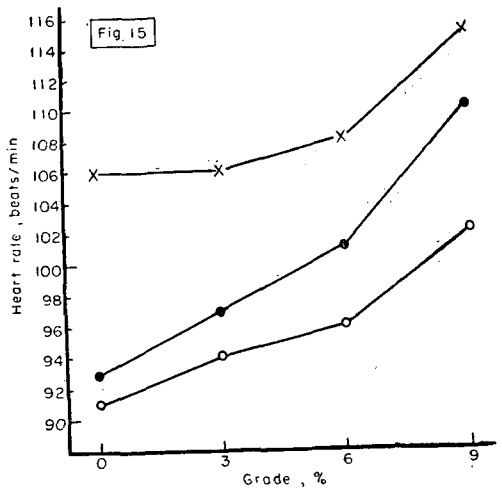

Fig. 15. Relation between % grade and heart rate at a fixed speed of 4 km/hr. Legends are as in Fig. 1.

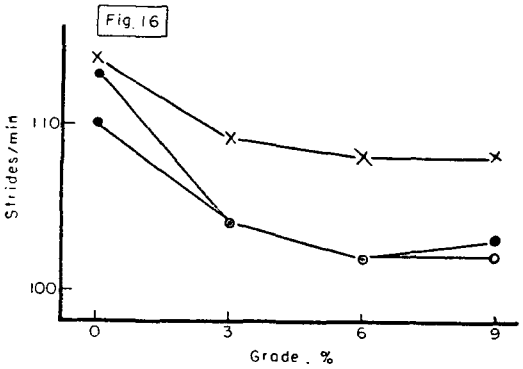

Fig. 16. Relation between % grade and number of strides per minute at a fixed speed of 4 km/hr, Legends are as in Fig. 1.

하였으며 등짐 걷기에 있어서는 이보다 훨씬 증가된 30.6 l/min이었으며 손짐 걷기에 있어서는 가장 증가되어 31.2 l/min에 이르렀다. 폐환기량을 통하여 보아도 손짐 걷기가 평지 걷기보다 훨씬 많이 증가되어 있으며 등짐 걷기는 호흡운동에 비교적 적은 부담을 주었다.

매분 호흡수의 변동은 손짐 걷기에 있어 특이하였다 즉 평지에서 매분 호흡수가 짐없이 걷기 23회, 등짐 걷기에서 25회로서 약간의 차이를 보일 뿐이나 손짐 걷기에 있어서는 평지에서 벌써 매분 30회에 이르렀으며 경사도가 증가하여도 매분 호흡수의 증가는 없었으며 9%에 있어서도 매분 31회를 보였다. 한편 짐없이 걷기와 등짐 걷기에 있어서는 경사도의 증가에 따라 매분 호흡수도 각각 26회와 28회에 이르렀다.

폐환기량과 매분 호흡수를 종합하여 일호흡용적을 보면 손짐 걷기에서는 매분 호흡수가 평지에서도 많으므로 평지걷기의 일호흡용적이 810 ml로서 가장 작았으나 경사도를 증가하면 폐환기량이 급격히 증가되었으므로 3%이후 9%경사도에 이르기까지 일호흡용적이 가장 컸다. 짐없이 걷기, 등짐 걷기에서는 경사도 증가에 따라 일호흡용적도 점진적으로 증가하였으며 9% 경사도에 있어서는 짐없이 걷기, 등짐 걷기, 손짐걷기의 일호흡용적은 모두 같았으며 1040 ml에 이르렀다.

심장 박동수는 손짐 걷기에 있어 평지에서 벌써 매분 108박동에 이르렀으며 9%경사도에서는 매분 115박동이나 되어 가장 많았으며, 짐없이 걷기에 있어서는 평지에서 매분 91박동이며 경사도 증가와 함께 점진적으로 증가하여 9%에서는 매분 102박동이 되었다 등짐 걷기에 있어서는 짐없이 걷기와 손짐 걷기의 중간에 있었으며 평지에서 매분 93 박동, 9%경사도에서 매분 110박동에 이르렀다.

치받이 걷기에 있어 일분 동안의 걸음걸이 수는 짐의 유무에 불구하고 경사도가 증가함에 따라 감소되었으며 (제 16도), 손짐 걷기의 경우에 제일 많았고, 등짐 걷기는 짐없이 걷기와 거의 같은 수를 나타냈다. 즉 평지 걷기에서 걸음걸이 수는 손짐 걷기가 매분 114보, 짐없이 걷기 매분 113보, 등짐 걷기 매분 110보이었으며, 경사도 9%에 있어 손짐 걷기 매분 108보 등짐 걷기 매분 103보, 짐없이 걷기에 있어 매분 102보이었다.

고 찰

사람이 짐을 몇가지 양식으로 나를때 걷기의 속도와 경사도를 증가시켰을 경우에 짐없이 걷기가 제일 수월한 일은 상식적이며 또한 이 실험에서 본 것같이 산소섭취량 기타 생리적 반응에 나타났다. 한편 빈손으로 걷기에 비하여 여러 생리적 반응이 멀리 떨어져 크게 변화한 것이 손짐 나르기 양식이다. 이것은 측정 항목인 산소 섭취량, 폐환기량, 매분 호흡수, 심장 박동수 및 일분 동안의 걸음걸이 수 등이 모두 빈손 걷기에 비하여 가장 크게 차이를 보이는 것으로 나타났다. 빈손 걷기와 손짐 나르기의 두 극단 사이에 있는 것이 등짐 나르기, 머리짐 나르기 양식이며 등짐 나르기에

있어서는 여러 생리적 변수의 변화가 빈손으로 걷기와 거의 같거나 아주 가까웠으며 몇가지 짐나르기 양식가운데 가장 수월한 방법이라 할 것이다. 다리짐 나르기는 이 실험에서 짐의 무게를 5.2 kg로 하여 다른 양식의 짐 무게 9 kg보다 작았으므로 직접적인 비교는 안되나 생리적 반응의 크기가 상당히 커서 산소 섭취량, 폐환기량 및 심장 박동수 등의 변화의 크기가 손짐 및 머리짐 다음에 위치한 일은 다리짐 나르기 양식이 상당히 고된 것을 가리킨다. 더구나 여러 생리적 변수의 변화가 머리짐 걷기의 경우와 아주 가깝게 있었던 일로 미루어 생각하면 짐의 무게가 같을 경우에는 머리짐 나르기 양식보다 생리적으로 고된 작업을 하여야 한다고 할 수 있겠다.

평지를 걷거나 언덕을 오를 경우에나 속도와 경사도 증가에 따르는 생리적 변수의 변화는 대개 같으나 몇가지 차이점이 있다. 첫째로 산소섭취량은 평지에서 시속 5.5 km일 경우 갑자기 증가하나 경사도 9%까지는 이런 급격한 증가가 없다. 둘째로 폐환기량은 평지 걷기에서 시속 5.5 km에서 갑자기 증가하나 치받이 걷기에서는 경사도 6%에서 급격한 증가가 있다. 셋째로 매분 걸음걸이 수가 평지 걷기에서는 속도가 증가함에 따라 같이 증가하나 치받이 걷기에서는 경사도 증가와는 반대로 걸음걸이 수가 감소되었다. 즉 치받이 걷기에서는 걸음의 길이가 길어졌다.

손짐 나르기에 있어 심장 박동수가 유달리 많은 일은 주목할만 하다. 즉 9 kg의 짐을 팔에 들고 시속 4 km로 평지를 걸을 경우에 심장 박동수가 벌써 매분 106박동이며, 시속 4 km 경사도 9%의 치받이 걷기에 있어서는 매분 115박동에 이르렀는 바, 다른 양식의 짐나르기에 비하여 훨씬 많은 것이다. 손으로 짐을 움켜잡고 짐을 나르는 경우의 근수축은 등장성 수축(isometric contration)으로 걷기 자체에 필요한 근의 등력성 (isotonic)수축과는 다른것이며 이들 두 수축양식에 대한 순환계의 반응은 상이하다고 한다 (Lind and McNicol, 1968). 등력성 수축에 있어서 심장 박동수가 크게 증가하는데 반해 등장성 계속적 근 수축에 있어서는 심장박동수는 조금 증가될 뿐이며, 그 변화의 크기는 활동하는 근 덩어리의 크기에는 관계없고 발생하는 장력 (張力)의 크기가 클수록 변화는 크다고 한다. 그렇다면 무게 9 kg의 손짐을 나르는 경우에 한팔의 근육은 등장성이며 계속적인 수축을 하므로 이 근수축이 자극이 되어 심장 박동수를 크게 증가시킬 일은 없는데 불구하고 우리 실험에서 손짐 나르기에 있어 심장 박동수가 크게 증가한 것은 짐을 나르는 방식이 제일 고되게 신체에 영향하였다는 것을 가리킨다. 즉 한편으로는 산소 섭취량에 있어서도 손짐 나르기가 제일 고된 양식으로 나타났던바, 모든 생리적 변수의 변화 크기로 보아 손짐 나르기 양식은 가장 많이 에너지를 소모하며 가장 비능률적인 방법이라 할 것이다.

머리에 9 kg 무게를 얹고 걷는 일은 등짐으로 나르는 것보다 산소 섭취량 기타의 변수가 조금밖에 증가하지 않았는데, 이 증가분은 머리에 짐을 고정시키기 위하여 목과 어깨의 근육이 활동하고 짐을 잡은 한팔의 운동이 가담되었기 때문일 것이다. 등짐은 벨빵으로 어깨에 둘러메는고로 짐의 고정을 위하여 어떤 특별한 근활동이 필요없으므로 단지 짐의 무게에 해당한 만큼의 에너지 소비가 더 첨가될 뿐이므로 짐없이 빈손으로 걷기와 제일 가까운 변화를 일으키나 다른 형태의 짐 나르기는 특수한 근활동이 첨가되므로 에너지 소비가 더욱 커진다. 이런 여분의 근활동이 머리짐 나르기에 있어서는 그리 크지 않으며 손걷으로 나르기에 있어 훨씬 커진 일이 여지없이 나타났다. 이와같은 여분의 에너지 소비로 기인되는 산소 섭취량 증가는 평지에서나 치받이 걷기에서 다같이 보는 일이다. 비슷한 일은 평지 걷기에서 보고된 것이 있다 (Soule and Goldman, 1969).

등짐으로 무게를 나르는 일이 제일 자연에 가까우며 빈손으로 걷는 것과 큰 차이가 없는 일은 이상 고찰과 같거니와 어떤 보고에 의하면 몸무게와 짐무게를 합계한 총무게에 대한 산소 섭취량은 치받이 걷기의 경사도 증가에 맞추어 직선적으로 증가한다고 하나 (Goldman and Iampietro, 1962), 우리의 실험에 있어서는 총무게를 기준으로 표시되는 산소 섭취량이 총무게 증가에 따라 비례하여 증가하는 일은 없었다. 다만 정비례 관계에 가깝다고는 하겠으나 그렇다고 잘라 말할 수는 없다.

결　론

남자 8명을 대상으로 하여 무게 9 kg의 손짐, 등짐 머리짐 및 5.2 kg의 무게를 다리에 달고 운반할 경우의 생리적 변수의 변화를 짐없이 빈손으로 걸을 때의 변화와 비교하여 짐나르기 방법의 난이 (難易)를 검토하였다. 짐나르기는 걸음틀 (treadmill)위에서 하였으며 평지에서 시속 4, 5 및 5.5 km의 걷기와 시속 4 km로 경사도 3, 6 및 9%의 치받이 걷기로 하였다. 측정한 생리적 변수는 산소 섭취량, 폐환기량, 매분 호흡수, 매분 심장 박동수 및 걸음걸이 수이었으며 다음과 같은 성적을 얻었다.

1. 평지나 치받이에서나 등짐 방법이 산소 섭취량, 폐환기량, 호흡수 및 심장 박동수 등이 빈손 걷기와 가장 가까이 변화하여 가장 능률적인 것을 가리켰고, 손짐의 방법은 가장 에너지가 많이 소요되었다. 짐을 머리에 얹는 방법도 손짐에 비하여는 산소 섭취량 기타 생리적 변수의 변화가 훨씬 적었다. 다리에 짐을 달고 운반하는 방법은 가장 힘든 것으로 추측되었다.

2. 평지에서 짐나르기를 할 때 걷기 속도가 증가하여 시속 5.5 km에 이르러 측정한 변수가 갑자기 증가하였다. 산소 섭취량은 빈손으로 걸을 때 시속 4 km에서 11.4 ml/kg b. wt., 시속 5.5 km에서 13.1 ml/kg b. wt. 이었는데 대하여 손짐을 들고 걸을때 시속 4 km에서 13.9, 5.5 km에서 18.8 ml/kg b. wt. 로 크게 증가하였다.

3. 치받이 걷기로 짐을 나를 경우에는 경사도가 6%에 이르러 산소 섭취량 기타의 측정 변수가 갑자기 증가하였다. 즉 산소섭취량은 시속 4 km로 평지 걷기에서 11.4 ml/kg b. wt. 이나 경사도 6%에서는 13.6, 9%에서는 16.2 ml/kg b. wt. 로 증가하였으며, 등짐으로 평지에서 산소 섭취량이 12.3 ml/kg b. wt. 이던 것이 경사도 6%에서 14.9, 9%에서 18.7 ml/kg b. wt. 로 증가되었다. 손짐으로 치받이 걷기는 산소 섭취량 증가가 가장 컸으며 평지에서 13.9, 경사도 6%에서 17.9, 9%에서 20.0 ml/kg b. wt. 로 증가되었다.

4. 폐환기량, 심장 박동수 등의 변화 태도는 산소섭취량과 같았으며, 평지에서나 치받이 언덕에서나 같았다.

5. 손짐 나르기는 심장 박동수와 매분 호흡수의 변동에 있어 특이하였다. 평지 걷기나 치받이 걷기나 어느 경우에도 매분 호흡수가 손짐일 때는 처음부터 30회 이상이 되었는데 다른 양식의 짐나르기에서는 최고로 증가된 것이 27, 28회에 불과하였다. 심장 박동수도 손짐의 경우에는 평지에서 4 km 시속으로 걸을 때 벌써 매분 106박동으로 증가되었으나 다른 양식의 짐나르기에서는 매분 93~100박동에 불과하였다.

6. 걸음걸이 수는 평지 걷기에서는 속도가 증가함에 따라 증가하였으며 시속 5 km 이상에서는 짐이 있을때는 빈손 걷기보다 많았다. 치받이 걷기에서는 등짐은 빈손 걷기와 같았고 손짐 걷기에서는 많았는데 어느 경우에나 경사도가 증가하면 걸음걸이 수는 감소되었다.

REFERENCES

金鎭久·南基鏞：남자 중·고등학생에 있어서 피부두겹 법에 의한 총지방량 측정. 대한생리학지 *2:31, 1968.*

南基鏞：인체의 총지방량. 대한군진의학 *2:27, 1962.*

南基鏞·張信堯·申東薰·成樂應·嚴隆義：걷기의 생리학적 분석. 대한생리학회지 *4:1, 1970.*

朴景華：피부 두겹집기법에 의한 한국 공군장병의 총지방량. 항공의학 *11:89, 1963.*

Astrand, P.-O., T. E. Cuddy, B. Saltin, and J. Stenberg: *Cardiac output during submaximal and maximal work. J. Appl. Physiol. 19: 268, 1964.*

Consolazio, C. F., R. E. Johnson, and L. J. Pecora: *Physiological Measurements of Metabolic Functions in Man. New York, 1963.*

Donald, K. W., J. M. Bishop, G. Cumming, and O. L. Wade: *The effect of exercise on the cardiac output and circulatory dynamics of normal subjects. Clin. Sci. 14:37, 1955.*

Goldman, R. F., and P. F. Iampietro: *Energy cost of load carriage. J. Appl. Physiol. 17:675, 1962.*

Lange, K. C., and J. Brozek: *A new model of skinfold caliper. Am. J. Phys. Anthropol. 19: 98, 1961.*

Lind, A. R., and G. W. McNicol: *Muscular factors which determine the cardiovascular responses to sustained and rhythmic exercise. Can. Med. Assoc. J. 96:706, 1967.*

Lind, A. R., and G. W. McNicol: *Cardiovascular responses to holding and carrying weihtgs by hand and by shoulder harness. J. Appl. Physiol. 25:261, 1968.*

Scholander, P. F.: *Analyzer for accurate estimation of respiratory gases in one-half cubic centimeter samples. J. Biol. Chem. 167:235, 1947.*

Soule, R. G., and R. F. Goldman: *Energy cost of loads carried on the head, hands, or feet. J. Appl. Physiol. 27:687, 1969.*