

# 등산운동의 생리학적 분석

서울대학교 의과대학 생리학교실 및 국민체력과학연구소

金 完 泰 · 南 基 鏞

=Abstract=

## Physiological analysis of mountain climbing exercise

Wan Tai Kim and Kee Yong Nam

*Department of Physiology and Physical Culture Research Institute,  
Seoul National University College of Medicine,  
Seoul 110, Korea*

Physiological analysis of the physical exercise was made on 9 subjects performing mountain climbing. The course between two points (256 and 516 meters altitude) was 1,300 meters in distance and difference of vertical height was 260 meters making the mean grade of 20%. In the field, the heart rates during uphill or downhill walk were recorded by EKG radio-telemetry. In the laboratory, oxygen consumption was obtained by the recorded heart rates, using individual heart rate vs oxygen consumption diagram obtained by treadmill test. the following results were obtained.

1. Uphill walk time was 36.5 minutes, and during this period the mean heart rate was 149.0 beats/min and peak heart rate was 169.2 beats/min. The total heart beats during the uphill walk was 5,433 beats.

2. The ratio of individual mean heart rate during the uphill walk to the maximal heart rate distributed between 66.6% and 98.3%, and the mean of the total group was 83.1%. The ratio of peak heart rate of uphill walk to the maximal heart rate was 94.5% in the group. Thus uphill walk of a 20% grade mountain course was an exhaustive exercise.

3. Oxygen consumption during uphill walk was 2.22 l/min (ranged between 1.79 and 2.70 l/min) and the ratio of this to the resting oxygen consumption was 8.31. The peak value of oxygen consumption during uphill walk was 2.73 l/min and the ratio of this to the resting oxygen consumption was 10.39.

4. Energy expenditure during uphill walk showed a mean of 11.1 kcal/min and the peak expenditure rate was 13.6 kcal/min. The total energy expenditure during 36.5 minutes of uphill walk was 396 kcal.

5. In downhill walk, the time was 31.7 minutes, mean heart rate was 118.4 (ranged between 100.1 and 142.7) beats/min, and the peak heart rate was only 129.4 beats/min. The ratio of mean heart rate to the maximal heart rate was 66.3%. Total heart beats during downhill walk was 3,710 beats.

The ratio of downhill oxygen consumption to the resting consumption was 5.70.

The rate of energy expenditure was 7.5 kcal/min, and the total energy expenditure during the 31.7 minutes of downhill walk was 228 kcal.

6. The effect of training was manifest in the uphill walk and not in the downhill walk. After training in mountain course walk, i) the uphill time was shortened, ii) mean heart rate increased, iii) time vs heart rate curve became smooth and showed less frequent zig-zag, i.e., the depth of trough on the curve decreased and the magnitude was less than 10 beats. In non-trained subject the depth of trough on the curve was greater than 50 beats and appeared more frequently.

7. Mountain climbing is a good health promotion exercise. For the promotion of health the reasonable amount of uphill mountain walk exercise in a 20% grade course is a walk for 40 or 50 minutes duration once a week.

## 머 리 말

신체 운동을 적당량 되풀이하면 사람의 건강을 증진하고 수명도 연장될 수 있는 일은 문헌상의 여러 간접적인 실험 자료로부터 주장되는 일이다. 저자는 앞서 시속 6 km의 걸기를 하루에 한 시간 하는 일이 건강 증진에 도움이 되는 적당량의 운동임을 주장한 바 있다(南基鏞 등 1970). 걸기 운동은 다리와 팔, 기타 근육이 율동성으로 수축을 반복하는 것으로 모든 신체운동의 기초가 되는 것이다. 평지를 짐 없이 걷는 운동이 가장 기본적인 운동이며, 이것으로부터 변형되는 것이 달리기인데 이 경우에는 짧은 시간에도 다량의 산소를 섭취하여 에너지 소요량이 매우 크다. 따라서 달리의 건강증진 효과는 매우 크다고 할 것이다. 평지걸기의 다른 변형이 치받이 걸기와 내리받이 걸기이다.

등산 운동은 치받이 걸기와 내리받이 걸기 운동이며 좀 가파른 산을 오를 때에 숨이 가쁘고 가슴이 뛰는 일은 모두 경험하는 일이다. 즉 등산 운동이 심장-폐장 계통에 상당한 자극을 주는 일이 확실하며 건강 증진에 도움이 되리라고 곧 추측된다.

이 논문은 등산 운동에 있어 라디오 원격계측(radio-telemetry)에 의하여 사람의 심장 박동수를 측정하고 이것으로 부터 산소 섭취량을 간접적으로 산출하여 운동의 경중을 분석하여 건강증진을 위한 처방을 제시하는 것이다.

## 실 험 방 법

남자 9명의 대상자는 모두 서울대학교 의과대학 생리학교실 직원이었으며 5번과 6번 대상자는 등산운동에 단련된 사람이고 나머지는 모두 비단련자였다. 그들의 체격 수치를 제 1표에 제시한다. 대상자가 빈 몸에 가쁜한 복장으로 등산을 할 때에 라디오 원격계측(radio-telemetry)에 의하여 매분 심장 박동수를 측정하고, 한편 후일 실험실내에서 걸음틀(treadmill) 검사법에 의하여 심장 박동수와 여기에 대응하는 산소섭취량

을 측정하여 앞서의 등산운동의 산소 섭취량을 간접적으로 산출하였다.

라디오 원격계측 송신기는 무게 18그램의 FM 송신기이며 전극은 Grass 회사제의 EEG용 접시형이며(Geddes et al., 1968), 이것을 흉골 위 제 3 늑간강 및 제 5 늑간강 부위에 달았다. 이러한 전극 위치는 걸기 운동으로 나타나는 근전기도(electromyogram)의 영향을 받지 않고 깨끗한 심장전기도를 송신하였다. 한편 FM수신기를 휴대한 동반자는 대상자를 뒤따라 산을 오르내리면서 수신되는 심장전기도를 소리로 바꾸어 들으면서 매분 심장박동수를 측정하였다. 더운날씨에 땀이 많이 나는 경우에는 도중에 전극의 부착이 떨어져서 다시 부착시키기도 하였으나 웬만하면 더위가 아니면 이런 일은 흔하지 않았다.

실험실내에서는 30분 침상에 누워서 안정을 유지한 안정상태와 걸음틀 검사로 6 km/hr-0%, 6 km/hr-15% 및 8 km/hr-15%의 세 조건에서 했으며, 걸기 또는 달리를 2분 30초동안 시키면서 마지막 30초동안에 호흡공기를 더글래스 주머니에 채집하여 산소 및 탄산가스 함유량을 측정하였다. 최대 산소 섭취량 측정은 하지 않았다. 그밖의 실험실내 검사법은 다음과 같았다. 심장 박동수는 Grass Polygraph 7에 기록된 심장전기도를 셋고, 호흡공기의 가스분석은 Scholander 장치(Scholander, 1947)에 의하였으며, 산소섭취량 계산에는 Consolazio 등(1963)의 계산도표를 사용하였고, 피부 두께 두께는 Lange(1961)의 집게로 측정하였다.

등산 경로는 서울 북쪽 도봉산(道峯山)이었는데 장수원(長水院)에서 1.2 km 떨어진 쌍룡사(雙龍寺) 옆의 개천가를 출발점으로 하여 1.3 km 거리인 망월사(望月寺) 법당 앞까지의 길을 치받이 오르고와 내리받이 내려오기를 하였다. 1/50,000 지도에 의하면 쌍룡사의 해발이 256 meter 이고 망월사의 해발이 516 meter 여서 그 사이 거리가 대략 1.3 km, 높이의 차이가 260 meter 라면 이 등산경로의 기울기는 평균하여 20%가 되는 가파른 길이다. 길은 많은 등산객이 개척하고 다듬은 것

**Table 1. Physiques of subjects**

No.	Name	Age yr	Ht cm	Wt kg	Skinfold thickness, mm					% Fat	LBM kg
					Back	Arm	Waist	Abdomen	Mean		
1	NKY	54.0	179.0	77.1	25.6	13.7	14.7	20.0	18.5	20.7	61.1
2	EYE	27.1	173.2	55.3	10.1	4.7	4.1	6.8	6.4	14.6	47.2
3	KYJ	17.5	161.9	52.9	13.2	11.0	7.6	8.3	10.0	13.2	42.5
4	RSD	41.6	174.6	64.3	10.7	8.3	13.7	8.7	10.4	16.6	53.6
5	NMH	22.6	169.5	65.8	27.6	12.4	18.0	11.3	17.4	23.1	50.6
6	LCH	35.1	168.9	56.7	15.4	9.5	11.7	12.3	12.2	20.9	44.8
7	ASU	34.3	172.0	62.5	13.3	10.3	11.9	14.3	12.5	19.2	50.5
8	SDH	49.5	161.9	60.7	25.6	12.3	14.3	17.5	17.4	25.2	45.4
9	KWG	41.6	161.9	64.3	15.2	9.6	12.6	13.3	12.7	19.0	52.1

으로 돌멩이와 울퉁불퉁이 있으나 산길로서는 탄탄대로(坦坦大路)라 할 수 있는 것이다.

이 실험은 1971년 2월 28일부터 1971년 6월 20일 사이에 하였다.

**실 험 성 적**

**치반이 오르기** 산을 치반이 오를 경우 매분 측정할 심장 박동수 변동율 제 2표 및 제 1도에 제시한다. 각 대상자는 빈몸으로 자유로이 자기 힘에 맞추어 산을 올랐는데 같은 등산 경로에 있어 쓰인 시간은 30분내지 45분 사이에 퍼져 있었고 평균하여 36.5분이 쓰였다(S.D.±4.29). 즉 표준 편차가 매우 크며 각 개인 체력의 능력이 각각 다른 일이 나타났다고 하겠다. 여기에 유의할 것은 등산에 많은 시간을 쓴 사람에서는 등산 기간의 매분 심장 박동수 평균이 적은 일이다. 가령 대상자 1번에 있어 2월 28일에 43분이 소요되었고 심장 박동수 평균이 매분 129.6박동에 지나지 않으며, 대상자 2번에 있어서는 3월 3일에 45분이 소요되었고 심장 박동수 평균은 매분 140.0박동에 지나지 않았다. 한편 대상자 4번에 있어서는 오르는 시간이 35분이었으며 심장 박동수 평균이 매분 147.6박동에 이르렀으며, 대상자 8번에 있어서는 오르는 시간이 33분 밖에 되지 않았는데 심장 박동수 평균이 매분 180.9박동에 이르렀으며 대상자 6번은 산오르기에 잘 단련된 사람인데 오르는 시간이 31분 밖에 안 되며 심장박동수 평균은 매분 150.5박동에 이르렀다. 다시 말하면 체력을 단련하여 예비력(reserve)을 많이 가지는 사람은 등산이라는 고된 신체 운동을 하는 경우에 심장박동수를 많이 유지하면서 주어진 작업을 할 수 있으나 단련되지 않고, 체력에 예비력이 빈약한 사람은 심장에 부담시킬 수 있는 자극이 매우 작다는 것이 단적으로 표

**Table 2. Radiotelemetered heart rate counts in uphill mountain climbing at a Mt. Dobong(道峰) course, 516 meter high, 20% grade**

No.	Name	Uphill time min	Mean HR	Total heart beats	Peak HR b/m	Resting HR b/m	Date year of 1971
			beats min				
1	NKY	43	129.9	5,588	148	79	28 Feb
		39	162.7	6,348	180	—	20 Jun
2	EYE	45	140.0	6,303	162	64	7 Mar
		30	170.4	5,114	184	—	16 May
3	KYJ	36	127.6	4,596	144	58	14 Mar
4	RSD	35	147.6	5,168	164	59	21 Mar
5	NMH	34	154.1	5,240	168	62	11 Apr
6	LCH	31	150.5	4,668	168	57	25 May
7	ASU	37	163.5	6,052	184	67	30 May
8	SDH	36	152.8	5,504	180	73	13 Jun
9	KWG	36	140.0	5,040	180	66	13 Jun
Mean		36.5	149.0	5,343	169.2		
S.D.		4.29	13.0	664	14.2		

현되었다고 하겠다.

모든 대상자의 산오르기 심장 박동수의 평균은 매분 149.0±13.0박동이었으며, 심장 박동수 최고점의 평균은 매분 169.2±14.2박동이였다.

산을 치반이로 오르는 동안의 심장박동수 변동율 개인의 최대 심장박동수와 비교한 것이 제 3표이다. 여기에 최대 심장박동수는 각 대상자에서 직접 측정된 것이 아니라 南基鏞 등(1968)이 제시한 공식 즉, Max Heart Rate(beats/min)=.633 Age(yr)+202.5에 의하여 계산한 것이다. 최대 심장박동수를 동반하는 신체운동은 거껏해야 5분 내지 10분을 계속못하는 운동이며 산오르기의 심장 박동수 최고점이 짧은 시간이나마 최대 심장 박

Table 3. The ratio of mean or peak heart rate during mountain climbing to the predicted maximal heart rate ( $y = -.633 \text{ Age (yr)} + 202.5$ )

No.	Uphill				Predicted Max HR b/m	Downhill			
	Mean HR		Peak HR			Mean HR		Peak HR	
	b/m	% Ratio	b/m	% Ratio		b/m	% Ratio	b/m	% Ratio
1	129.9	77.1	148	87.9	168.3	106.1	63.0	112	66.5
	162.7	96.6	180	106.9		130.4	77.4	140	83.1
2	140.0	75.5	162	87.3	185.4	122.4	66.0	132	71.1
	170.4	91.9	184	99.2		126.1	68.0	140	75.5
3	127.6	66.6	144	75.2	191.4	100.1	52.2	108	56.4
4	147.6	83.7	164	93.0	176.2	111.3	63.1	120	68.1
5	154.1	81.8	168	89.2	188.2	123.6	65.6	132	70.1
6	150.5	83.4	168	93.1	180.3	114.0	63.2	120	66.5
7	163.5	90.4	184	101.7	180.8	142.7	78.9	156	86.2
8	152.8	88.7	180	104.5	172.2	118.8	68.9	136	78.9
9	140.0	79.4	180	102.1	176.2	112.6	63.9	128	72.6
Mean	149.0	83.1	169.2	94.5		118.4	66.3	129.4	72.2
S.D.	13.0	8.12	14.2	8.97		11.1	6.92	13.2	8.02

Table 4. Heart rate and corresponding oxygen consumption in treadmill test

No.	Resting		6 km/hr, 0%		6 km/hr, 15%		8 km/hr, 15%	
	HR beats/min	$\dot{V}O_2$ , l	HR beats/min	$\dot{V}O_2$ , l	HR b/m	$\dot{V}O_2$ , l	HR b/m	$\dot{V}O_2$ , l
1	79	.339	122	1.66	150	2.34	162	2.61
2	64	.228	94	1.03	122	1.60	160	2.22
3	58	.252	89	.93	120	1.74	164	2.77
4	59	.246	94	1.09	122	1.81	170	2.23
5	62	.327	93	1.09	130	2.23	166	2.94
6	57	.258	86	.90	120	1.87	148	2.13
7	67	.214	96	1.05	152	1.82	182	2.59
8	73	.282	140	1.97	168	2.55	174	2.60
9	66	.286	102	1.23	128	1.89	150	2.57

동수를 증가하는 일이 있는 것을 본다. 즉 20% 경사의 산오르기가 대단히 고된 신체운동을 나타낸다. 대상자 9명에서 11번 실험한 값을 보건대 치반이 운동의 평균 심장 박동수의 각 개인 최대 심장 박동수에 대한 비율이 66.6% 내지 98.3% 사이에 널려있으며 평균하여 최대심장 박동수의 83.1±8.1%에 해당하는 심장 박동수를 치반이 오르는 동안 유지하였다. 산오르기 심장 박동수의 최고점은 개인에 따라 크게 상이하하여 75.2% 내지 106.9% 사이에 널려 있었으며 평균하여 최대 심장 박동수의 94.5±8.9%에 해당하는 심장 박동수를 나타냈다. 이리하여 20% 경사의 산을 치반이로 오를 때에 심장 박동수는 최대 심장 박동수에 대하여 평균

하여 83.1%라는 격심한 자극을 심장에 주며 단시간이 나마 한두번은 최대 심장 박동수와 거의 같은 94.5%라는 박동수를 보이며 최대의 자극이 심장에 작용함을 말한다. 어떤 개인에 있어서는 최대 심장 박동수 산출의 일반 공식으로 계산되는 박동수보다도 더 큰 104% 또는 106%의 박동수를 보이는 일도 있으며 20% 경사의 산오르기가 대단히 격렬한 신체 운동인 것을 잘 나타낸다.

치반이 산오르기 기간중의 총 심장 박동수 합계는 4,596 박동 내지 6,348 박동 사이에 널려있었으며 평균하여 산오르기 36.5분 동안에 모두 5,343±664 박동을 나타냈다.

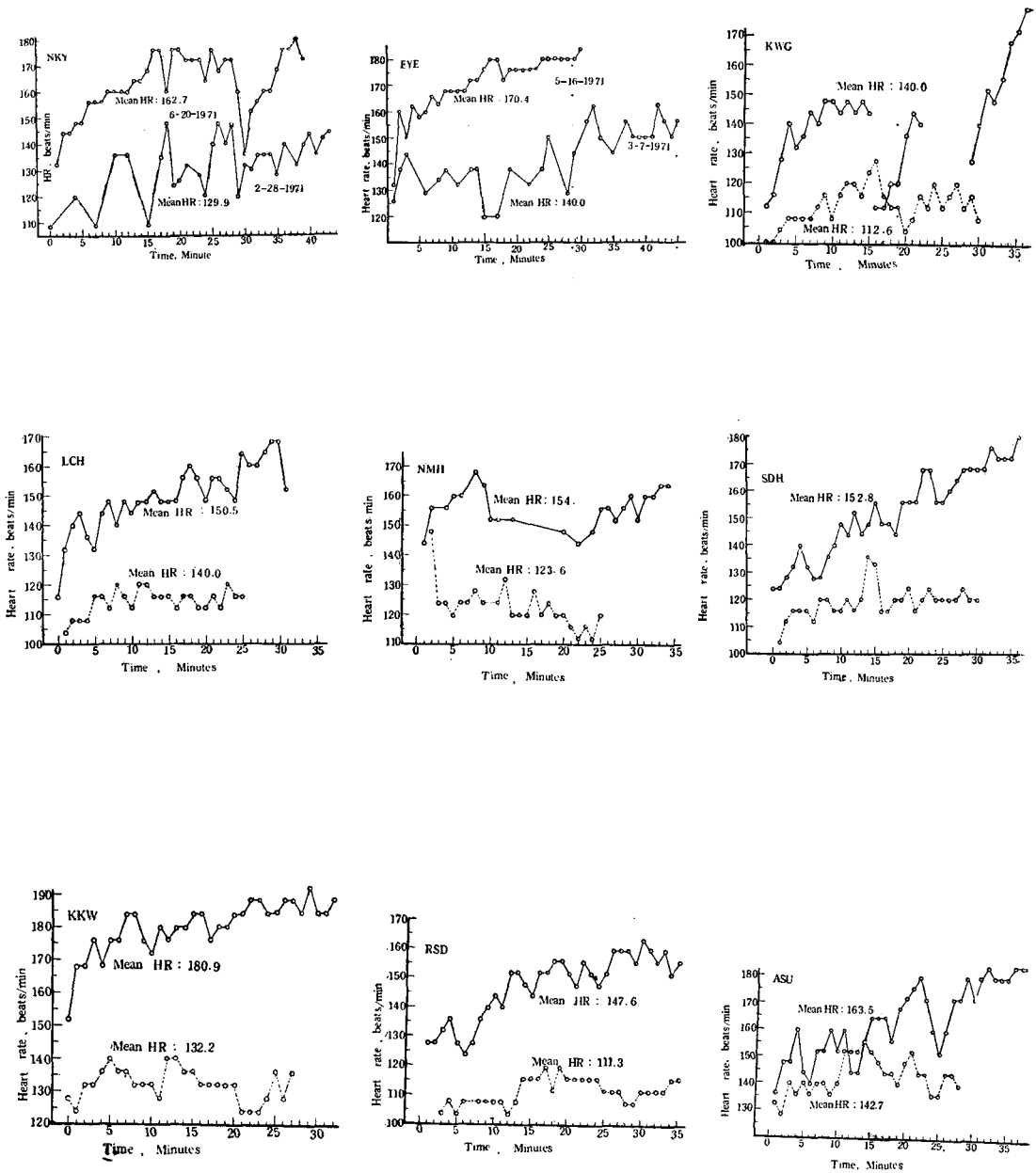


Fig. 1. Time vs heart rate curves in uphill and downhill exercise during a mountain climbing. Curves of 9 subjects showing individual characteristics are presented. Continuous line shows the uphill, and broken line the downhill exercise.

Table 5. Oxygen consumption and energy expenditure ( $\dot{V}O_2 \times 5$ ) in uphill mountain climbing

No.	Resting $\dot{V}O_2$ , l	Time, min	$O_2$ consumption				Energy expenditure		
			Mean		Peak		Mean		Peak,
			$\dot{V}O_2$ , l	Ratio to resting	$\dot{V}O_2$ , l	Ratio to resting	$\frac{kcal}{min}$	Total kcal	$\frac{kcal}{min}$
1	.339	43	1.79	5.28	2.29	6.75	8.9	382.7	11.4
		39†	2.70	7.96	3.17	9.35	13.5	526.5	15.8
2	.228	45	1.93	8.46	2.38	10.43	9.6	432.0	11.9
		30†	2.60	11.40	2.94	12.89	13.0	390.0	14.7
3	.252	36	1.90	7.53	2.28	10.94	9.5	342.0	11.4
4	.246	35	2.14	8.69	2.75	11.17	10.7	374.5	13.7
5	.327	34	2.64	8.07	3.00	9.17	13.2	448.8	15.0
6	.258	31	2.21	8.56	2.57	9.96	11.0	341.0	12.8
7	.214	37	2.12	9.90	2.58	12.05	10.6	392.2	12.9
8	.282	36	2.18	7.73	2.83	10.03	10.9	392.4	14.1
9	.286	36	2.24	7.83	3.32	11.60	11.2	336.0	16.6
Mean		36.5	2.22	8.31	2.73	10.39	11.1	396	13.6
S.D.		4.29	0.291	1.44	0.31	1.58	1.48	53.3	1.67

†: Training effect

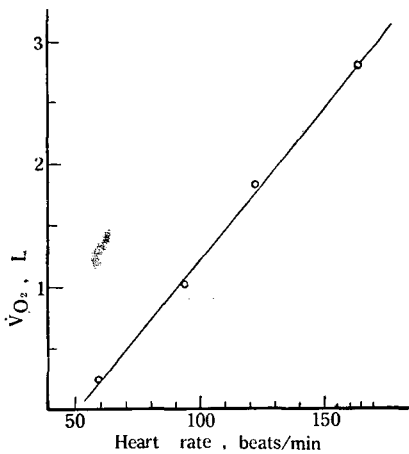


Fig. 2. Relationship between heart rate and oxygen consumption in a subject.

걸음을 검사로 얻은 산소 섭취량 성적을 제 4표와 제 2도에 보인다. 심장 박동수와 산소 섭취량 사이에는 제 2도와 같이 비례관계가 있었다. 그러므로 각 대상자의 치반이 산오르기의 산소 섭취량은 쉽게 읽을 수 있었다. 이리하여 계산된 것이 제 5표에 보는 산소 섭취량 및 에너지 소요량 표이다. 산을 오르는 동안 산소 섭취량은 개인에 따라 1.79 내지 2.70 l/min 사이에

널리 있었으며 평균하여 2.22±0.291 l/min이었으며 안정시 산소 섭취량에 대한 비율은 8.31±1.44에 이르렀다. 오르는 동안의 산소 섭취량 최고값은 2.28 내지 3.32 l/min 사이에 분포되었고 평균치는 2.73 l/min이었는데 이것의 안정시 산소 섭취량에 대한 비율은 10.39±1.58배가 되었다.

에너지 소요량(제 5표)은 평균하여 매분 11.1±1.48 kcal/min가 되었으며 36.5분의 오르는 시간에 모두 396±53.3 kcal를 소비하였다. 에너지 소비의 최고는 평균하여 13.6±1.67 kcal/min에 이르는 다량이었다.

**내리받이 내려오기** 경사도 20%인 산의 내리받이를 내려올 경우 측정된 심장박동수 변동을 제 6표 및 제 1도에 제시한다. 내리받이 걸기의 소요 시간은 치반이 걸기보다 짧았으며 평균하여 오르기에 36.5분이 쓰이었던데 대하여 내려오기에서는 31.7±4.2분이 소요되었다.

심장 박동수의 변동도 오르기에 비하여 훨씬 적은 것이었으며 개인의 평균 심장 박동수가 매분 100.1 박동 내지 142.7 박동 사이에 널리 있었으며, 모든 대상자의 평균치는 매분 118.4±11.1 박동에 불과하였다. 심장 박동수의 최고점은 매분 108 박동 내지 156 박동 사이에 널리 있었으며, 모든 대상자의 평균치는 매분 129.4±13.2 박동이었다.

내리받이 걸기에 있어서는 단련된 사람과 그렇지 않은 사람 사이에 큰 차이를 볼 수 없었다. 즉 단련된

**Table 6. Radiotelemetered heart rate counts in downhill mountain walk at a Mt. Dobong course, 516 meter high, 20% grade**

No.	Name	Down-hill walk time, min	Mean HR, beats/min	Total heart beats	Peak HR b/m
1	NKY	39	106.1	4,140	112
		21*	130.4	2,740*	140
2	EYE	37	122.4	4,530	132
		27	121.3	3,276	140
3	KYJ	32.5	100.1	3,256	108
4	RSD	35	111.3	3,896	120
5	NMH	25	133.6	3,092	132
6	LCH	33	114.0	3,764	120
7	ASU	28	142.7	3,996	156
8	SDH	31	118.8	3,684	136
9	KWG	30	112.5	3,376	128
	Mean	31.7	118.4	3,710	129.4
	S.D.	4.2	11.1	125	13.2

\* Partial only, excluded from the Mean calculation

대상자 6명이 심장 박동수 평균 매분 114.0 박동을 유지하면서 33분에 산을 내려왔는데, 단련되지 않은 대상자 1번이(2월 28일 실험) 심장 박동수 평균 매분 106.1 박동을 유지하면서 39분에 산을 내리은 것과 같다.

내리받이 걸기의 심장 박동수를 개인의 최대 심장박동수와 비교한 성적이 제 3표이다. 즉 내리받이 걸기의 심장 박동수는 각 개인의 최대 심장 박동수에 대하여 52.2% 내지 78.9%에 해당하여 치받이 걸기에서 100%를 넘는 일이 있었던 것과 크게 다르며 모든 대상자의 평균치가 최대 심장박동수의 66.3±6.92%에 불과하여 치받이의 83.1%에 비하여 훨씬 작다. 이와 같은 일은 심장 박동수의 최고점에 있어서 더욱 뚜렷하여 최대 심장 박동수의 72.2±8.02%에 불과하였다. 즉 20% 경사의 산을 내려오는 걸기 운동은 격렬한 운동이 아니며 산소 섭취량에서 이러한 태도를 뚜렷히 본다.

내리받이 걸기 기간 중의 총 심장 박동수 합계는 3,092 박동 내지 4,530 박동 사이에 분포되었으며 평균하여 3,710±125 박동이었다.

내리받이 걸기의 산소 섭취량 성적을 제 7표에 제시한다. 내리받이를 걷는 동안 산소 섭취량은 개인에 따라 1.10 내지 1.87 l/min 사이에 널려 있었으며 평균하여 1.51±0.21 l/min 이었으며 안정시 산소 섭취량에 대한 비율은 5.70±0.76 이었다. 내리받이 걸기 동안의 산소 섭취량 최고값은 1.28 내지 2.38 l/min 이었으며 안정시 산소섭취량에 대한 비율은 6.83±1.69 배가 되었다.

에너지 소요량은 (제 7표) 평균하여 매분 7.5±1.07 kcal/min 가 되었으며 31.7분의 내리받이 걸기 기간에 모두 228±26.7 kcal 를 소비하였다. 에너지 소비의 최고값은 평균하여 9.0±1.67 kcal/min 이었다.

**Table 7. Oxygen consumption and energy expenditure ( $\dot{V}O_2 \times 5$ ) in downhill mountain walk**

No.	O <sub>2</sub> consumption				Energy expenditure			Date, year of 1971
	Mean		Peak		Mean		Peak,	
	$\dot{V}O_2$ , l	Ratio to resting	$\dot{V}O_2$ , l	Ratio to resting	kcal/min	Total kcal	kcal/min	
1	1.10	3.24	1.28	3.77	5.5	214.5	6.4	28 Feb
	1.80	5.30	2.07	6.10	9.0	189.0	10.3	20 Jun
2	1.56	6.84	1.75	7.67	7.8	288.6	8.7	3 Mar
	1.61	7.06	2.38	10.43	8.0	216.0	11.9	16 May
3	1.24	4.92	1.44	5.71	6.2	201.5	7.2	14 Mar
4	1.50	6.09	1.72	6.99	7.5	262.5	8.6	21 Mar
5	1.87	5.71	2.07	6.33	9.3	232.5	10.3	11 Apr
6	1.45	5.62	1.57	6.08	7.2	237.6	7.8	25 May
7	1.69	7.89	1.97	9.20	8.4	235.2	9.8	30 May
8	1.38	4.89	1.76	6.24	6.9	213.9	8.8	13 Jun
9	1.48	5.17	1.92	6.71	7.4	222.0	9.6	13 Jun
Mean	1.51	5.70	1.81	6.83	7.5	228.4	9.0	
S.D.	0.21	0.76	0.29	1.69	1.07	26.7	1.6	

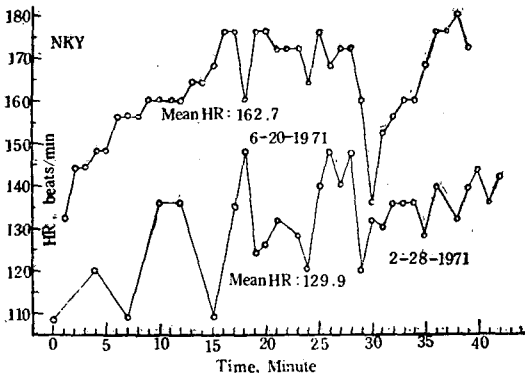


Fig. 3. Effect of training in mountain climbing. Between two dates (28 Feb. '71 and 20 June '71) the subject (No.1, aged 54 years) exercised mountain climbing on the same course 13 times at an interval of roughly 9 days.

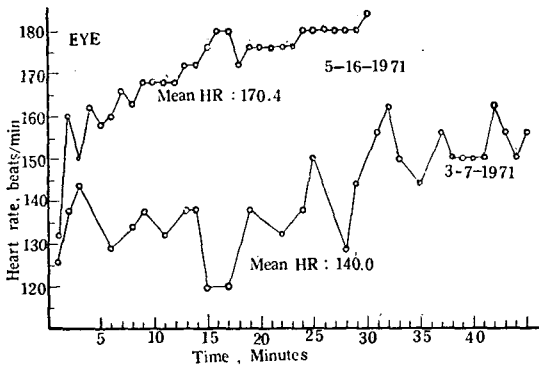


Fig. 4. Effect of training in mountain climbing. Between two dates (7 March and 16 May) the subject (No.2, aged 27 years) exercised mountain climbing on the same course 8 times at an interval of roughly 9 days.

**단련의 효과** 오랫동안 등산운동을 아니하던 사람이 처음 산에 오를 때와 몇번 등산 운동을 한 후에는 심장 박동수 반응에 차이가 나타났다. 대상자 1번은 1971년 2월 28일에 처음 망월사에 올라 심장 박동수를 측정하였고 그후 휴일에 같은 등산 경로를 되풀이 올라서 6월 20일에 13번째로 치반이 걷기를 하면서 심장 박동수를 측정한 성적이 제 3도이다 (각 해당표에는 날자로 표시하였다). 이 기간에 1번 대상자는 대략 9일 간격으로 같은 경로에서 등산운동을 하였다. 제 4도는 대상자 2번이 3월 7일에 오른 실험 성적과 그 후 되풀이 같은 경로를 등산하여 8번째날인 5월 16일의 성적을 보이

는 것이다. 이 사람의 경우에도 등산 운동의 간격은 대략 9일이었다.

단련의 효과로 첫째로 눈에 띄는 일은 시간이 짧아진 일이다. 둘째로는 평균 심장 박동수가 증가하였으며 1번 대상자에 있어서는 단련전에 매분 129.9 (최대 박동수에 대하여 77.1%) 박동이던 것이 단련 후에 매분 162.7 (최대 박동수에 대하여 96.6%) 박동으로 증가되었고, 2번 대상자에 있어서는 단련전에 매분 140.0 (최대 박동수에 대하여 75.5%) 박동이던 것이 단련 후에 매분 170.4 (최대의 91.9%) 박동으로 증가하였다. 세째 후에는의 단련 효과는 시간 대 심장박동수 곡선에 있어 단련 기복(起伏)이 작아진 일이다. 많은 심장 박동수를 유지하다가, 박동수가 갑자기 감소하여 골짜기를 나타낸 것은 대상자가 지쳐서 걸음을 잠깐 멈추거나 걸음걸이 속도를 줄인 때문에 나타난 것인데, 다시 말하면 치반이 산 오르기 운동을 지탱하는 심장-폐장계통 활동의 한계에 이르러서 부득이 신체 운동을 약화시킨 것이다. 시간 대 심장 박동수 곡선 기복의 폭은 단련 전에 대상자 1번에서 40 박동이던 2번에서 40 박동이었는데 단련 후에는 1번에서 20 박동, 2번에서 15박동에 불과하였다. 이렇게 시간 대 심장 박동수 곡선의 기복이 단련의 결과로 없어지는 일은 주관적인 숨가쁜 감각과도 일치하는 일이다. 대상자 1번이나 2번에서 초기의 실험에서는 주관적인 숨가쁜 감각이 격심하였으나 단련을 거듭한 다음에 실험할 때에는 주관적으로 띄 수월하였던 것이다. 대상자 1번에 있어서는 (제 3도) 후기의 실험에서 아직도 커다란 골짜기 하나가 나타났는데 나이가 젊은 대상자 2번에서는 단련 후의 둘째번 실험에서는 큰 골짜기가 하나도 나타나지 않았다. 네째의 단련 효과는 심장 박동수 최고점이 광장히 상승하여 개인의 최대 심장 박동수를 넘거나 거의 같은 일이다. 대상자 1번의 최대 심장 박동수는 매분 168.3 박동인데 대하여 단련 후의 박동수 최고점은 이것보다 오히려 더 많은 매분 180 (최대 박동수에 대하여 106.9%) 박동에 이르렀고, 대상자 2번에 있어서는 최대 박동수 매분 185.4 박동에 대하여 산오르기의 박동수 최고점이 이것과 맞먹는 매분 184 박동에 이르렀다. 단련의 효과를 산소 섭취량을 통하여 관찰하면 등산 운동 산소 섭취량의 안정시 섭취량에 대한 비율이 크게 증가함을 안다. 즉 대상자 1번에 있어 이 비율이 단련 전에 5.28 이었으나 단련 후에 7.96으로 증가되었고 2번에 있어서는 단련 전에 8.46이던 것이 단련 후에는 11.40으로 증가되었다. 산소 섭취의 최고점에 있어서는 안정시 섭취량의 9.35배(대상자 1번) 및 12.89배(대



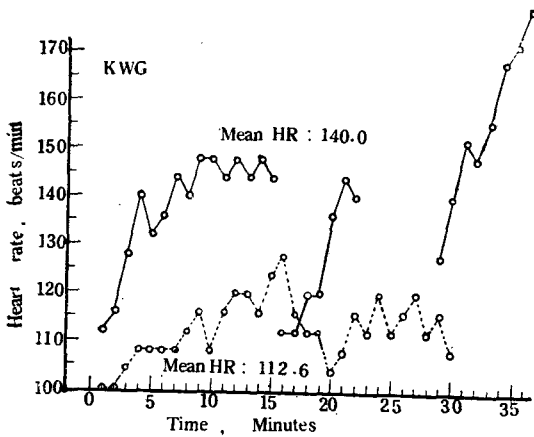


Fig. 5. Time vs heart rate curve of a non-trained subject (No. 10) in uphill mountain climbing. Continuous line shows the uphill, and broken line shows the downhill walking.

상자 2 번)에 이르러 극한적인 최대 작업을 했다고 하겠다. 다만 이런 극한적인 최대 작업이 오래 계속되는 것은 아니며 몇분 동안이라는 짧은 것이므로 사람이 완전히 지쳐서 쓰러지는 일이 나타나지 않았다.

대상자 10 번은 단련되지 않은 사람이며 지쳐서 쓰러졌던 모습을 제 5 도에 본다. 오르기 시작하여 15분에 심장 박동수가 매분 144 박동에 (최대 박동수에 대하여 81.7%) 이르러 지쳐서 7분동안 휴식하여 박동수가 매분 112 박동으로 떨어진 후 다시 오르기 시작하여 7분 후에 박동수 140에서 또 지쳐서 9분 휴식한 후에 올라간 경우인데 마지막에는 박동수는 그의 최대 심장 박동수 176.2 박동을 능가하는 180에 이르렀다. 즉 심장 박동수 변동의 폭이 50 박동이나 되는 큰 골짜기를 나타냈다.

대상자 6 번(LCH)은 단련된 사람인데 그의 시간대 심장 박동수 곡선에는 기록이 적으며 폭은 15 박동에 지나지 않는다.

### 고 찰

이 실험의 대상자는 자기 자기 능력에 맞게 산에 올랐으며 만부득이한 경우를 빼고는 도중에 쉬지 않고 걷기를 계속하여 높이의 차가 260 미터인 도봉산 망월사(해발 516 미터)에 오르는데 있어 전체 경로를 평균하여 20%의 경사도를 가지는 산길을 올랐다 함은 평지(平地)걸기의 한가지 변형으로서 경사가 가미된 것이다. 이 경우에 여러가지 생리학적 변수의 변화가 내리막이 내려오기에 있어서는 평지 걸기보다 조금 더 컸으

므로 치반이 오르기를 중심으로 고찰하기로 한다. 9 명의 11 번 실험에서 평균하여 36.5분을 쓰면서 오르는데 있어 심장 박동수의 평균이 매분 149.0 박동이며, 이것의 최고점은 매분 169.2 박동까지에도 이르렀고, 합계 5,343 박동의 심장 수축이 필요하였다.

심장 박동수가 이렇게 많은 일은 곧 등산 운동이 격심한 신체운동을 말하며 더 정확하게는 최대 심장 박동수와의 비교가 이것을 가리킨다. 최대 심장 박동수(Astrand, 1960; 南基鏞 등, 1968)를 동반하는 신체운동은 사람의 작업능력의 윗한계를 표시하는 것이며(Taylor et al., 1955; 任昇宰·南基鏞, 1965) 기껏해야 5~10분 밖에는 지속하지 못하며, 그 이상의 작업 계속를 강요당하면 사람은 죽음에 이를 수도 있는 것이다. 그런데 20% 경사의 망월사 길을 36분 오르는 사이의 평균 심장 박동수가 매분 149.0 박동이어서 최대 심장 박동수의 83.1%에 이르렀다 함은 사람의 작업 능력 한계의 4/5 이상에 해당하는 고된 신체운동이란 일을 단적으로 나타낸다. 이것은 후에 기술하는 산소 섭취량에 있어 더욱 뚜렷하다. 작업 능력 한계의 4/5 이상에 해당하는 신체 운동을 36분 계속하는 일은 심폐 계통에 충분한 자극을 주어 건강 증진(健康増進)이란 목적에 잘 적합하다고 생각된다. 다만 고된 신체운동의 계속시간이 지나쳐서 피로가 심하여 건강증진에 반대되는 일이 있어서는 안될 것이다. 등산 운동의 적당한 운동량으로는 20% 경사의 산길을 자기 힘대로 걸어서 40 내지 50분 동안 계속(쉬지 않고 계속할 필요는 없으며, 신체 작업의 합계로 생각)함이라 주장한다. 이 일은 후에 논하는 에너지 소요량에서 추리되는 일이다.

최대 작업 나아가 최대 심장 박동수를 논함에 있어, 이 실험에서는 각 대상자의 실측치를 사용하지 못하고 전에 저자들이 얻은 일반 공식에 의하여 산출한 값을 사용하였으므로 제 3 표에 제시한 백분율 비율에 각 개인별로는 오차가 컸으리라 생각되나 전체의 평균치에 있어서는 오차가 그리 크지 않으리라 믿어진다.

산을 치반이로 오를 때의 심장 박동수 최고치는 등산 운동의 고됨을 더욱 잘 가리킨다. 즉 최대 심장 박동수에 대한 비율이 평균하여 94.5%에 이르렀으며 개인에 따라서는 최대 박동수보다도 더 큰 박동수를 보이는 순간이 1분 또는 2분 있었다. 이렇게 관찰하면 산을 오르는 신체운동은 개인의 작업능력 한계를 시험하고 이것을 발동시키는 운동이라고 말할 수 있겠다.

치반이 등산 운동은 비항정 상태(非恒定狀態) 운동이며 실험실내 걸음틀 검사의 신체운동이 항정 상태(steady state) 신체운동인 것과는 다르다. 또한 우리의 일

상 생활은 모두 비항정 상태 운동이라 할 수 있으며 실험실내의 항정 상태 신체운동 자료를 응용하여 설명을 하나 사실과 부합되지 않는 일이 많다. 다만 항정 상태 실험이 쉬우므로 이것을 쓸뿐이다. 항정 상태 신체 운동에 있어 운동 개시후 132초까지에도 산소 섭취량은 항정 상태에 도달하지 못하며 심장 박동수도 대개 같은 태도를 취한다고 한다 (Gilbert and Buchinloss, Jr., 1971). 즉 과도적인 비항정 상태라 할 수 있는 운동 개시후 초기에 있어서는 심장 활동이 항정 상태 활동에 접근은 하나 도달하지는 못하고 동일량의 산소 섭취량을 나타낼지라도 비항정 상태 운동은 더 많은 심장 박동수를 보인다고 한다. 산길은 기복(起伏)이 흔히 있으므로 치받이 오르는 도중에도 여러번 내리받이나 평지가 나타나고 하며 또한 치받이의 경사도(傾斜度)가 곳에 따라 다르므로 비항정 상태 신체 운동의 본보기가 등산 운동이라 할 수 있다. 이렇다면 매분 심장 박동수를 측정한 우리의 실험은 비항정 상태를 항정상태라 간주한 일로 인한 오차가 포함된다. 그러나 비항정 상태 신체운동의 제약을 해결할 길이 없으므로 위에 말한 오차는 그냥 인정 않을 도리가 없다. 다만 평지의 신체운동에 있어서는 실험실내 걸음을 검사나 야외에서나 심장 박동수 변동의 태도는 동일하다 하므로 (Maksud et al., 1971), 우리가 채택한 실험 방법에 큰 오차는 없었으리라 생각된다.

심장 박동수는 신체운동 없이 정서적(情緒的) 교감 신경 흥분만으로도 증가함은 다 아는 사실인데 우리의 실험에서는 이것은 제외되었다고 보아야 할 것이다. 최대 작업의 80% 이상의 작업량을 유지하면서 산길을 오르는 도중에는 열심히 걸기를 계속할 뿐 소위 잠념을 일으켜서 정서적 교감신경 흥분을 일으킬 여유가 없기 때문이다.

심장의 총 박동수를 보자. 경사도 20%, 거리가 1.3 km인 산길을 36분에 오르는데 총 5,343 박동이 필요했으며, 내려오는 31분에 총 3,710 박동으로 둘을 합하여 68분에 8,053 박동이 필요하였다. 보통 사람의 일상 생활 하루 동안의 총 심장 박동수는 93,615 내지 113,988 박동이라 하는 것 (Glagov et al., 1970)과 비교하면 우리의 한 시간 남짓한 등산 운동에서 하루 총합계의 1/9 내지 1/8에 해당하는 수효의 심장 박동을 실현시켰던 것이다. 이것 또한 등산 운동의 고됨을 말하는 것이다.

심장 박동수 대 산소 섭취량 사이의 관계가 서로 정비례 관계를 보여 산에서 측정된 박동수를 쉬어 산소 섭취량으로 산출할 수가 있었다. 이것은 최대 섭취량

측정은 피하고 아최대(亞最大) 작업만을 측정한 때문이라 믿어진다. 앞서 최대 작업을 포함하여 측정된 바로는(韓圭濩·南基鏞, 1968), 산술 좌표를 써서는 둘 사이의 관계가 비례 관계가 아니었고 반대수(半對數) 좌표에서 비로스 심장 박동수와 산소 섭취량이 비례 관계를 보였다.

산소 섭취량이 36분 치받이 걸기를 하는 기간에 평균 매분 2.221를 보여 체중 기준으로 35.7 ml/min/kg에 이르렀으며 안정시 산소 섭취량에 대하여 8.31 배나 되었다 함은 건강 증진을 위하여 등산 운동이 자칫하면 과로에 빠뜨릴 위험마저 있다고 하겠다. 더구나 산소 섭취량 최고치가 매분 2.731이며 체중 기준으로 43.9 ml/min/kg 만 값을 보여 안정시 섭취량의 10.39 배에 도달하였으므로 과로의 위험이 있다고 할 수 있다. 사람의 최대 산소 섭취량은 잘 훈련된 사람에서는 67 ml/min/kg에 (Astraed, 1956) 이르기조차 하나 일반 사람에서는 이보다 훨씬 적어 48.0 ml/min/kg (Taylor et al., 1955), 44.5 ml/min/kg (任昇宰·南基鏞, 1965) 등의 보고가 있는바, 산을 치받이로 오를 때에 안정시 섭취량의 10 배에 이르며 체중 기준 값 또한 최대 섭취량과 비슷한 값을 나타내는 일이 있음은 곧 등산 운동의 격렬함을 잘 나타낸다.

건강 증진을 위한 운동으로서 앞서 저자들은 매일 시속 6 km의 속도로 걸기를 1시간 동안 하는 운동량이 필요하다고 주장하였는데 (南基鏞 등, 1970), 그 기준은 이만한 속도의 걷기이어야만 안정시 산소 섭취량의 4 배 이상의 산소 섭취량이 동반되는 일이다. 이 운동으로 한 시간에 총 350 kcal가 쓰였으며 심장 박동수는 매분 100 박동을 보이었다. 적당한 건강 증진 운동을 하면 건강이 증진되고 생명이 연장되는 일은 간접적이기는 하나 여러 실험이 뒷받침함은 앞서 제시한 바가 있어(南基鏞 등, 1970) 여기서는 되풀이 안한다.

등산에 있어 에너지 소요량은 매분 11.1 kcal/min의 크기이며 최고치는 13.6 kcal/min에 이르기조차 하여 치받이 오르기에만도 36분동안에 총 394 kcal를 사용하였는데, 이것만 가지고도 시속 6 km로 1시간 걷기의 에너지 소요량 350 kcal보다 많다. 더구나 등산의 내리받이에 쓰인 에너지 소요량 즉 31분 동안에 228 kcal를 쓴 것을 합하면 산을 오르고 내리는 68분 동안에 624 kcal를 사용하여 시간당 550 kcal/hr의 비율로 쓴 셈이 된다. 한국인 남자의 하루 동안의 에너지 소요량으로 권장된 값이 남자 25세, 체중 60 kg인 사람이 경한 노동을 할 경우에 2,700 kcal, 중등정도의 노동을 할 경우에 3,000 kcal, 중한 노동에서 3,600 kcal, 격심한

노동을 할 경우에 4, 100 kcal를 제시한 (FAO 한국협회, 1967) 것과 비교하자. 건강 증진 운동이 특별하게 필요한 대상은 실내 활동을 주로하는 경한 노동을 직업으로 하는 사람인데 이들의 에너지 권장량인 하루에 2, 700 kcal에 대하여 68분 동안에 도봉산 쌍룡사와 망월사 사이의 길을 오르내리는데 624 kcal를 사용한 것은 24시간 동안에 필요한 2, 700 kcal의 0. 231 즉 1/4. 3을 단 68분 동안에 사용한 것이다. 즉 짧은 시간에 굉장히 많은 에너지를 큰 속도로 사용하는 것이 등산 운동이라 말할 수 있다.

격심한 작업을 시킬 경우에 실험 대상자가 일종의 반사에 의하여 걸음을 위에서 걷는 속도를 조절하여 에너지 소요량이 425 kcal/hr ± 10%의 범위 안에 조절된다는 보고 (Hughes and Goldman, 1970)가 있는데, 우리의 도봉산 등산 성적은 이것에 비하여 훨씬 다량의 에너지를 사용하였다. 실험실내 걸음을 위에서 얻은 자료가 자연 그대로의 등산 경로에서 얻은 자료와 맞지 않는 것이라 말할 수 있다.

밖에 대하여 하는 작업 종류로 볼 경우 등산의 치반이 걷기는 지구 인력 방향에 반하여 신체라는 일정한 질량을 위로 올리는 양성 작업(positive work)이며, 내리받이 걷기는 몸이라는 질량이 지구 인력에 의하여 작업을 받는 음성 작업(negative work)이다. 양성 또는 음성 작업에 있어 산소 섭취량은 상하 수직 방향 운동 속도에 비례하며 (Kamon, 1970), 산소 부채량은 둘이 같으나 양성 작업에 있어서 심장 박동수, 폐환기량 등은 작업량보다 유기적(aerobic) 에너지 방출에 비례하며 음성 작업에 있어서는 근세포가 에너지를 흡수하여 이것이 근수축 과정에 직접 쓰이거나 에너지 발생 물질의 재합성에 이용되며, 동일한 산소 섭취량을 보일 경우에 심장 박동수가 많은 경향을 나타내며 (Knuttggen and Klausen, 1971), 평지 걷기에서는 체내에서 발생한 모든 에너지가 체내에서 모두 열로 변환되고, 치반이 걷기에 있어서는 체중 곱하기 올라간 높이에 해당하는 칼로리당량만큼은 열로 변환되지 않아 땀이 그만큼

큼 적게 분비되며 (Snellen, 1960), 내리받이 걷기의 음성 작업에 있어서는 사람에게 가해진 작업만큼이 체내에서 열(熱)로 변환되어 그만큼 땀이 더 많이 분비된다. 그러므로 등산에 있어 치반이와 내리받이 걷기의 대사량이 동일한 경우에는 내리받이 걷기의 경우에 땀을 더 많이 분비한다 (Smiles and Robinson, 1971). 이렇다면 우리의 실험에서 내리받이 걷기의 심장 박동수를 가지고 치반이 걷기에서 얻은 심장 박동수 대 산소 섭취량 곡선에 의거하여 산소 섭취량을 산출한 결과로 내리받이 산소 섭취량을 너무 적게 읽은 것이 된다. 그러나 치반이나 내리받이 걷기의 심장 박동수 차이는 산소 섭취량이 1 l/min일 때 매년 2박동에 불과하므로 (Knuttggen and Klausen, 1971) 이 오차는 무시하여도 무방하다. 우리의 실험에서는 치반이와 내리받이 걷기의 대사량이 엄청나게 상이하였으므로 땀의 분비량은 어느 대상자에서나 치반이의 경우에 엄청나게 더 많았다.

등산 운동에 있어 단련의 효과가 뚜렷하다. 특히 치반이 걷기에서 그러하며 내리받이 걷기에는 별로 차이가 없다. 단련에 의한 치반이 걷기의 변화는 오르는 때 필요한 시간이 단축되면서 그 동안에 더 많은 평균 심장 박동수를 유지할 수 있었던 일은 체력 특히 심장폐장 계통 기능의 향상을 가리킨다고 하겠다. 이렇게 심장-폐장 기능의 향상은 곧 치반이 오르기 시간 대 심장 박동수 곡선에 반영되어 곡선상에 기복(起伏)이 적어지며 미끈한 형태에 접근한다. 또한 곡선의 골짜기 수효가 감소하고 다시 말하면 대상자가 주관적으로 느끼는 고통감이 적어져서 걸음걸이를 늦추는 일이 적어지면서 골짜기의 깊이가 작아진다. 그러므로 어떤 사람의 시간 대 심장 박동수 곡선을 관찰하여 골짜기가 얕고 수효가 적은 것은 곧 단련된 사람의 것이라 해도 무방하다.

등산 운동에 있어 내리받이 걷기에는 에너지 소요량이 적은 것이다. 그러나 산소 섭취량이 1. 51 l/min이며 안정시 섭취량의 5. 70 배나 되고 최고치는 6. 83 배에 도달한 것으로 보아 평지를 지속 6 km로 걷는 것보다는 고된 운동이다. 에너지 소요량도 7. 5 kcal/min에 이르러 중작업(重作業, heavy work)에 속하는 것이다.

저자는 여기에 작업의 경중(輕重)을 작업의 산소 섭취량을 안정시 섭취량에 대한 비율로 구별하여 제 8 표와 같이 제시하면서 등산의 치반이 걷기는 격심(激甚)한 작업이며 내리받이 걷기는 중(重) 작업이라 명명한다. 등산 운동에서는 과로(過勞)되지 않게 조심하여야 할 것이다. 또한 단련에 의하여 치반이 걷기곡선의 개선을 도모할 것이다.

**Table 8. Classification of physical work according to the ratio of work oxygen consumption to the resting state consumption**

Class of work	$\dot{V}O_2$ ratio to resting $\dot{V}O_2$
輕 作 業 light work	2~3
中等 程度 作業 middle work	4~5
重 作 業 heavy work	6~7
激 甚 한 作 業 exhaustive work	>8

## 결 론

남자 9 명을 대상으로 건강 증진 운동으로서의 등산(登山) 운동을 분석하였다. 등산 운동을 하는 동안에 심장전기도를 라디오원격기록(radiotelemetry)에 의하여 심장 박동수를 계속하고, 한편 실험실내에서 걸음틀 검사에 의하여 작성된 심장 박동수 대 산소 섭취량 관계로부터 산소 섭취량을 산출하였다. 등산 경로는 도봉산(道峰山)의 쌍룡사(雙龍寺, 해발 256 미터)와 망월사(望月寺, 해발 516 미터) 사이의 1.3 km 거리, 높이의 차 260 m 즉 기울기 20%인 산길이었으며, 치반이 및 내리반이 걸기에서 각각 심장 박동수를 계속하였다. 계속 성적은 개인별 차이가 컸으며, 대상자 성적을 평균치로 표시하여 다음과 같은 성적을 얻었다.

1. 치반이 걸기에 36.5 분이 소요되었고, 이 동안의 평균 심장 박동수가 매분 149.0 박동이며 최고치는 매분 169.2 박동에 이르렀다. 이 기간의 심장 박동수 합계는 5,343 박동이었다.

2. 치반이 걸기의 심장 박동수는 개인의 최대 심장 박동수의 66.6% 내지 98.3% 사이에 있어 평균 83.1%에 해당하였고, 치반이 걸기 중의 최고치는 최대 박동수의 94.5%에 이르렀다. 치반이 등산 운동은 격심한 신체 운동이었다.

3. 치반이 등산의 산소 섭취량은 2.22 l/min(1.79 내지 2.70 l/min)이었으며 안정시 산소 섭취량에 대한 비율이 8.31 배이었다. 치반이 운동중의 산소 섭취량 최고치는 2.73 l/min이며 안정시 섭취량의 10.39 배라는 크기에 이르렀다.

4. 에너지 소요량은 11.1 kcal/min이었으며 최고 13.6 kcal/min에 도달하였고, 36.5 분의 치반이 걸기에 모두 394 kcal가 쓰였다.

5. 내리반이 걸기에는 31.7 분이 걸렸으며 심장 박동수가 매분 118.4 박동(100.1 내지 142.7 박동)이며, 최고치도 매분 129.4 박동에 지나지 않았다.

최대 박동수에 대한 비율은 66.3%이었다. 총 박동수 합계는 3,710 박동이었다.

산소 섭취량은 안정시 값에 비하여 5.70배이었으며, 에너지 소요량은 7.5 kcal/min로서 31.7 분 동안에 모두 228 kcal를 소비하였다. 내리반이 걸기는 중(重)한 작업이었다.

6. 등산 운동에 단련되면 치반이 걸기에 많은 변화가 있었고 내리반이 걸기에는 별로 변화가 없었다. 즉 치반이 걸기 시간이 단축되었으며, 이 동안의 평균 심장 박동수가 증가하였고, 시간 대 심장 박동수 곡선의

기복이 적어지며 골짜기의 깊이가 10 박동이하로 되었다. 비단편자에 있어서는 골짜기가 50 박동보다 크며 자주 나타났다.

7. 등산 운동은 건강 증진 운동으로 좋은 것이다. 기울기가 20%인 산을 치반이 오르는 적당한 운동량은 40 분 내지 50 분 동안 하는 일이며 한주일에 한번이면 적당하다고 추측한다.

## REFERENCES

- 국제연합 식량농업기구(FAO)한국협회: 한국인 영양권장량. 제 1 개정판, 1967.
- 南基鏞·金基煥·安炯琛·鄭觀玉·金祐謙·李相敦: 나이를 먹으면 최대 심장박동수가 준다. 스포츠과학연구보고서 5:37, 1968.
- 南基鏞·張信堯·申東薰·成樂應·嚴隆義: 걸기의 생리학적분석. 대한생리학회지 4:1, 1970.
- 任昇宰·南基鏞: 남자의 최대 산소섭취량과 신체 구성 성분 사이의관계. 스포츠과학 연구보고서 2:89, 1965.
- 韓圭漢·南基鏞: 심장박동수를 통하여 관찰한 몇몇 신체운동의분석. 스포츠과학 연구보고서 5:5, 1968.
- 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.
- Consolazio, C.F., R.E. Johnson, and L.J. Pecora: *Physiological Measurements of Metabolic Function in Man. New York, 1963.*
- Geddes, L.A., M. Partridge, and H.E. Hoff: *An EKG lead for exercising subjects. J. Appl. Physiol.* 15:311, 1960.
- Gilbert, R., and J.H. Auchincloss, Jr.: *Comparison of cardiovascular responses to steady and unsteady-state exercise. J. Appl. Physiol.* 30: 388, 1971.
- Glagov, S., D.A. Rowley, D.B. Cramer and R.G. Page: *Heart rates during 24 hours of usual activity. J. Appl. Physiol.* 29:799, 1970.
- Hughes, A.L., and R.F. Goldman.: *Energy cost of hard work. J. Appl. Physiol.* 29:570, 1970.
- Kaksud, M.G., K.D. Coutts, and L.H. Hamilton: *Time course of heart rate, ventilation, and*

- oxygen consumption during laboratory and field exercise. J. Appl. Physiol. 30:536, 1971.*
- Kamon, E.: *Negative and positive work in climbing a laddermill. J. Appl. Physiol. 29:1, 1970.*
- Knuttgen, H.G., and K. Klausen: *Oxygen debt in short-term exercise with concentric and eccentric muscle contractions. J. Appl. Physiol. 30:632, 1971.*
- Lange, K.O., and J. Brozek: *A new model of skin-fold caliper. Am. J. Phys. Anthropol. 19:98, 1961.*
- Scholander, P.F.: *Analyzer for accurate estimation of respiratory gases in one-half cubic centimeter samples. J. Biol. Chem. 167:235, 2947.*
- Smiles, K.A., and S. Robinson: *Regulation of sweat secretion during positive and negative work. J. Appl. Physiol. 30:409, 1971.*
- Snellen, J.W.: *External work in level and grade walking on a motor-driven treadmill. J. Appl. Physiol. 15:759, 1960.*
- 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.*
- Scholander, P.F.: *Analyzer for accurate estimation*