

여자에 있어 등산 운동의 생리학적 분석

Physiological analysis of mountain climbing exercise in women.

서울대학교 의과대학 생리학고실 및 국민체력과학 연구소

孫 昌 壽 · 南 基 鏞

걷기 운동은 다리와 팔, 기타 근육이 광범위하게 큰 덩어리가 가담하여 율동성 수축을 반복하는 것이며 모든 신체운동의 기초가 되는 것이며, 시속 6km의 걷기를 하루에 한 시간 하는 일이 건강 증진에 도움이 되는 일은 필자등에 의하여 주장된 바 있다(南基鏞 등, 1970). 평지에서 접없이 걷는 운동이 가장 기본적이며, 달리기는 이것으로부터 변형된 것이다. 달리기에 있어서는 운동의 크기가 크므로 짧은 시간에도 다량의 산소를 섭취하며 에너지 소비량이 매우 크다. 평지 걷기의 다른 변형이 치반이 걷기인데, 이 경우에도 산소 섭취량이 크며 앞서의 달리기와 함께 건강 증진 효과가 매우 큰 것이다.

등산 운동은 치반이 걷기, 평지 걷기, 및 내리반이 걷기 등이 모두 쓰이는 운동이며 남자에 있어 상세히 분석보여진 바 있다(金完泰 · 南基鏞, 1971). 이 보고에 의하면 등산 운동의 치반이 걷기는 격심한 운동이며 산소 섭취량이 안정 상태의 8.3배나 되고 치반이 오르는 도중에 최고로 10.3배에도 이른다고 한다.

여자를 실험 대상으로 하는 일은 곤란한 점이 있어 등산 운동뿐 아니라 다른 운동에 있어서도 그 자료가 매우 드물어 현상인바, 이 논문은 여자를 대상으로 하여 등산 운동의 여러 생리적 변수의 변화를 분석하여 이러한 틈을 메우고자 하는 것이다. 등산 운동의 치반이 및 내리반이 걷기 도중에 라디오 원격계측법(radio-telemetry)에 의하여 심장 전기도와 호흡수 변동을 수신 기록하고, 이것을 이용하여 산소 섭취량을 간접적으로 측정하여 운동의 경중을 관찰한 것이다.

실험 방법

여자 8명이 실험 대상자이었으며 이들의 체격 수치를

제1표에 제시한다. 이들 가운데 대상자 3명과 8명은 등산운동에 단련된 사람이며 나머지는 모두 비단련자였다.

대상자가 접없이 빈몸에 가쁜한 복장으로 등산을 할 때에 라디오 원격계측법(radio-telemetry)에 의하여 FM 송신기로 송신되는 심장 전기도와 호흡수를 수신하여 cassette recorder로 테잎에 기록하였다가 후에 실험실내 검사와 대조하여 심장 박동수로부터 산소 섭취량을 환산하면서 야외의 등산 운동에 필요한 산소 섭취량을 간접적으로 산출하였다.

라디오 원격계측 송신기는 무게 18그램의 FM 송신기(Narco Biosystems Co. 제조)이며 전극은 Grass 회사의 EEG용 접시형이며(Geddes et al., 1960), 이것을 흉골 위 제3 늑간강 및 제5 늑간강 부위에 달았다. 이러한 전극 위치는 걷기 운동의 팔 운동으로 나타나는 근 전기도(electromyogram)의 영향을 받지않고 깨끗한 심장전기도를 송신하였다. 한편 FM 라디오 수신기와 cassette tape recorder를 휴대한 동반자는 대상자를 뒤따라 산을 오르내리면서 심장전기도와 호흡수 변동을 cassette 테잎에 기록하였다. 후일 기록된 테잎을 다시 돌려서 심장 박동수와 호흡수를 시간적으로 분석하였다.

실험실 내에서는 30분 이상 침상에 누워서 안정을 유지한 안정상태와 걸음틀(treadmill) 검사로 6 km/hr-0%, 6 km/hr-15%, 및 8 km/hr-15%의 조건에서 각각 심장 박동수와 여기에 해당되는 산소 섭취량을 측정하였다. 걸음틀 위에서 걷기 또는 달리기를 2분 30초 동안 시키면서 마지막 30초 동안 호흡 공기를 더글라스 주머니에 채집하여 산소 및 탄산가스 함유량을 검정하였다. 그밖의 실험실내 검사법은 다음과 같았다. 심장 박동수는 Grass Polygraph 7에 기록된 심장전기도로부터 산출하였고, 호흡 공기의 가스분석에는 Scholander 장치(Scholander, 1947)를 사용하였고 산소섭취량 계산에는 Consolazio 등(1963)의 계산도표를 사용하였으

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	K S H	19.6	150.4	45.8	16.0	14.0	15.5	19.5	16.2	27.2	33.3
2	K H J	22.2	153.0	47.4	13.5	16.5	12.5	12.0	13.6	23.9	36.1
3	H H S	22.4	158.1	53.5	12.0	20.2	18.5	15.5	16.5	23.5	40.9
4	Y S J	29.4	153.6	41.9	14.2	10.2	12.3	7.8	11.1	24.5	31.7
5	K S Y	16.5	156.8	51.0	12.0	16.0	16.2	14.7	14.7	24.0	38.8
6	J I S	22.0	163.2	61.5	25.0	20.5	17.5	18.5	20.4	23.1	47.2
7	H Y S	18.0	163.8	61.7	19.5	20.0	18.0	17.5	18.8	26.2	45.5
8	K Y J	32.5	160.6	51.4	12.2	10.8	13.8	12.2	12.3	20.9	40.6

Table 2. Radio-telemetered 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, beats/min	Total heat beats	Peak HR, b/m	Resting HR, b/m	Date, year of 1972
1	K S H	36.8	172.7	6,355	188	72	11 Mar
2	K H J	38.2	174.2	6,654	192	80	18 Mar
3	H H S	32.2	161.4	5,197	180	76	24 Mar
4	Y S J	36.9	159.7	5,893	178	80	6 May
5	K S Y	33.4	194.8	6,506	204	72	10 May
6	J I S	36.6	169.9	6,218	184	68	13 May
7	H Y S	37.4	159.9	5,980	180	60	17 May
8	K Y J	32.5	157.9	5,132	184	56	20 May
Mean		35.5	168.8	5,992	189.0	70.5	
S. D.		2.23	11.4	532.3	8.21	8.22	

며, 피부두껍 두께는 Lange (1961)의 집계로 추정하였다.

등산 경로는 서울 북쪽 도봉산(道峰山)이었는데 장수원(長水院)에서 1.2 km 떨어진 쌍룡사(雙龍寺) 옆의 개천가를 출발점으로 하여 1.3 km 거리에 있는 망월사(望月寺) 법당 앞까지의 길을 치반이 오르기와 내리받이 내려오기를 하였다. 1/50,000 지도에 의하면 쌍룡사는 해발 256 meter이고 망월사가 해발 516 meter 이어서 이 두점 사이의 표고차가 260 meter이며, 그 사이 거리가 1.3 km 인고로 기울기는 평균하여 20%가 되는 가파른 길이다.

이 실험은 1972년 3월에서 5월에 이르는 사이에 했다.

실험 성적 및 고찰

치반이 오르기 여자가 산을 치반이로 오를 경우에 측정된 심장박동수 변동의 모양을 제 2표에 제시하며,

대상자 가운데 한 사람의 시간 대 심장 박동수 곡선을 제 1도에 보인다. 각 대상자가 자기 힘에 맞게 산을 올랐는데 쓰인 시간은 32분 내지 38분에 이르렀고, 평균하여 35.5분 (S. D. ± 2.23)이 소비되었다.

치반이 오르는 동안의 평균 심장박동수는 대부분 159박동 내지 대부분 194 박동이었으며 8명 대상자의 평균은 대부분 168.8박동 (S. D. 11.49)이었다. 산을 오르는 도중에 각대상자가 보인 심장박동수의 최고치는 대부분 178 박동 내지 대부분 204 박동이었으며 8명의 평균이 대부분 186.0 박동 (S. D. 8.21)이었다. 이렇게 각 대상자의 평균 심장 박동수나 박동수 최고치가 넓은 범위에 분포되는 일은 각 사람의 체력에 차이가 있음을 단적으로 나타내는 일이다.

산을 오르는 일이 고된 운동임을 이해하는데에 각 개인의 최대 심장박동수에 대한 산 오르기 도중의 심장박동수의 비율을 사용함이 편리하다. 최대 심장박동수는

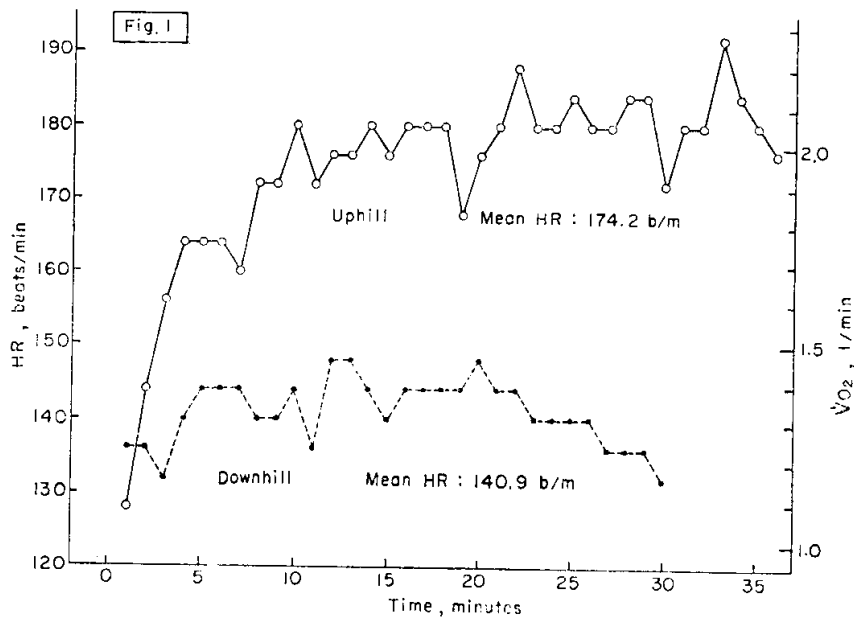


Fig. 1. Time vs heart rate curve of a subject in uphill and downhill mountain climbing exercise. Oxygen consumption is also shown.

Table 3. The ratio of mean or peak heart rate during mountain climbing to the predicted maximal heart rate ($y = -0.633 \text{ Age (yr)} + 202.5$)

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	172.7	90.8	188	98.9	190.1	125.2	65.9	132	69.4
2	174.2	92.5	192	101.9	188.4	140.9	74.8	148	78.5
3	161.4	85.7	180	95.6	188.3	139.0	73.8	152	80.7
4	159.7	86.8	178	96.8	183.9	146.7	79.8	156	84.8
5	194.8	101.4	204	106.2	192.1	—	—	—	—
6	169.9	90.1	184	97.6	188.6	138.2	73.3	144	76.3
7	159.9	83.7	180	94.2	191.1	117.5	61.5	128	66.9
8	157.9	87.4	184	101.2	181.9	—	—	—	—
Mean	168.8	89.8	186.0	99.1		134.6	71.5	143.3	76.1
S. D.	11.49	5.14	8.21	3.64		9.99	6.05	10.17	6.22

南基鏞 등 (1968)이 제시한 공식 즉 Max Heart Rate (beats/min) = $-0.633 \text{ Age (yr)} + 202.5$ 로 계산되며 이것에 대한 비율로 표시한 것이 제3표이다. 치반이 오르는 동안의 평균 심장박동수의 개개인 최대 심장박동수에 대한 비율은 83% 내지 101.4%에 분포되었으며 8명에 있어 평균하여 89.8%에 이르렀다. 다시말하면 최대 작업 능력의 89.8%에 해당한 격심한 운동을 35.5분 동안 계속하여 산을 올랐던 것이다. 더구나 오르기 도중

의 심장박동수 최고치는 최대 심장 박동수에 대하여 94.2% 내지 106.2% 사이에 분포되었으며 8명의 평균이 99.1%가 되었다. 산을 오르는 도중 몇분 동안은 각 개인의 최대작업 능력의 한도를 사용하면서 신체운동을 하였음을 가리킨다.

최대 심장 박동수 (南基鏞 등, 1968)를 동반하는 신체 운동은 사람의 작업능력을 표시하는 것이며 (Taylor et al., 1955; 任昇率·南基鏞, 1965), 기껏해야 5~10분

Table 4. Heart rates and corresponding oxygen consumptions obtained by treadmill tests

No.	Rest				5.5 km/hr, 0%			5.5 km/hr, 15%			8 km/hr, 15%		
	HR, beats/min	$\dot{V}O_2$		HR, b/m	$\dot{V}O_2$		HR, b/m	$\dot{V}O_2$		HR, b/m	$\dot{V}O_2$		
		l	ml/kg		l	ml/kg		l	ml/kg		l	ml/kg	
1	72	0.170	3.71	94	0.583	12.72	130	1.12	24.45	184	1.95	42.57	
2	80	0.196	4.13	109	0.742	15.65	148	1.48	31.22	176	1.96	41.35	
3	76	0.205	3.83	115	0.994	18.58	146	1.56	29.16	177	2.13	39.81	
4	80	0.182	4.34	118	0.844	20.12	144	1.33	31.70	174	1.96	46.72	
5	72	0.204	4.00	110	0.857	16.80	148	1.38	27.05	186	2.90	56.86	
6	68	0.222	3.60	100	0.779	12.66	154	1.58	25.83	176	1.91	31.30	
7	60	0.193	3.12	104	1.064	17.24	154	1.88	30.47	176	2.28	37.08	
8	56	0.180	3.50	104	0.853	16.59	148	1.41	27.43	182	2.10	40.85	

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

No.	Resting $\dot{V}O_2$, ml	Uphill time, min	O ₂ Consumption						Energy expenditure		
			Mean			Peak			Mean		Peak
			$\dot{V}O_2$		Ratio to rest	$\dot{V}O_2$		Ratio to rest	kcal/min	Total kcal	kcal/min
			l	ml/kg		l	ml/kg				
1	170	36.8	1.81	39.5	10.6	2.06	44.9	12.1	9.0	331.2	10.3
2	196	38.2	1.96	41.3	10.0	2.30	48.5	11.7	9.8	374.4	11.5
3	205	32.2	1.82	34.0	8.8	2.18	40.7	10.6	9.1	293.0	10.9
4	182	36.9	1.64	39.0	9.0	1.97	46.9	10.8	8.2	302.6	9.8
5	204	33.4	2.33	45.6	11.4	2.50	49.0	12.2	11.6	387.4	12.5
6	222	36.6	1.82	29.5	8.1	2.04	33.1	9.1	9.1	333.0	10.2
7	193	37.4	2.00	32.4	10.3	2.37	38.4	12.2	10.0	374.0	11.8
8	180	32.5	1.65	32.1	9.1	2.02	39.2	11.2	8.2	266.5	10.1
Mean		35.5	1.88	36.7	9.76	2.18	42.6	11.2	9.4	332.7	10.9
S. D.		2.23	0.207	5.19	1.01	0.19	5.33	0.99	1.03	40.77	0.89

밖에는 계속할 수 없는 과격한 것이다. 그런데 20% 경사의 산길을 35 분에 걸쳐 오르는 동안에 심장 박동수 평균이 매분 168.8 박동이며 최대 박동수의 89.8%에 이르러 격심한 신체운동임이 잘 나타났다. 치반이 걷기 도중에 최대 박동수의 89.8%에 해당하는 심장 박동수를 유지하며 그러한 동안에 1~2분에 지나지않으나 최대에 대하여 99% 즉 최대 심장 박동수와 같은 박동수를 보인 것은 산오르기 운동이 격심한 것인 것을 잘 가리킨다.

치반이 산오르기 기간중의 총 심장박동수 합계는 5,132 박동 내지 6,654 박동 사이에 분포되었으며 8명의 평균은 산오르기 35.5분 동안에 모두 $5,992 \pm 532$ 박동을 나타냈다.

걸음틀 검사로 얻은 산소 섭취량과 심장박동수 사이

의 관계를 제4표 및 제2도에 보인다. 제2도에 보는 바와 같이 신체 운동량이 변화함에 따라 심장박동수와 산소섭취량이 함께 변화하였으며 이들 둘 사이에는 정비례 관계가 있었다. 그러므로 심장박동수만을 측정하면 산소섭취량을 정확히 환산할 수 있으며, 산을 오르내릴 때에 측정된 대상자의 심장박동수를 사용하여 곧 산소섭취량을 환산할 수가 있었다.

위에 보는 바와 같이 각 대상자의 심장박동수 대 산소섭취량 관계를 이용하여 야의 등산의 산소섭취량을 환산하고 에너지 소요량을 계산한 것이 제5표이다. 20% 경사의 산길을 치반이 오르는 동안의 산소섭취량은 개인에 따라 29.5 내지 45.6 ml/kg/min 사이에 분포되었으며 8명을 평균하여 36.7 ml/kg/min이었다. 안정 시 산소섭취량에 대한 비율은 8.1배 내지 11.4배이었으

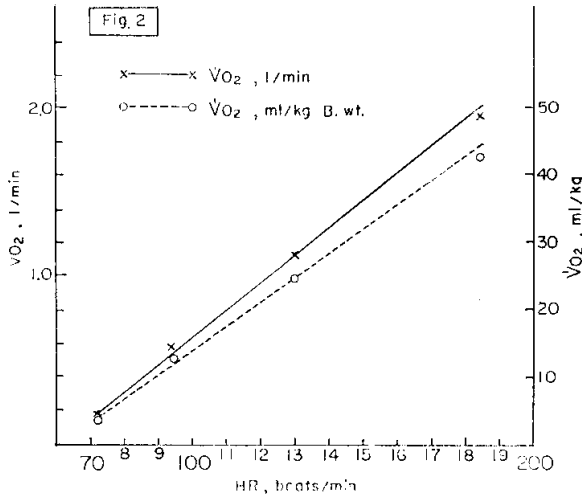


Fig. 2. Relation between heart rate and oxygen consumption obtained by a treadmill test in one subject.

며 평균하여 9.7배이었다. 치반이 오르는 동안의 산소 섭취량 최고값은 33.1 내지 49.0 ml/kg/min 이었으며 8명 평균이 42.6 ml/kg/min이었으며 안정시 섭취량에 대한 비율은 실로 11.2배에 이르는 것이었다.

치반이 오르거나 내리반이 걷거나 제1도의 시간 대 심장 박동수 곡선에 보는 바와 같이 비항정 상태(非恒定狀態) 운동이며, 걸음틀 검사의 경우에 심장 박동수와 산소 섭취량 등이 항정상태에 도달하는 것과는 다른 운동이다. 그러나 실험 방법의 제약 때문에 실험실내 검사의 항정상태 성적을 그냥 야외 운동에 적용하여 산소 섭취량을 계산한 오차가 포함된다. 다만 항정상태 신체운동을 개시하면 132초 후에 즉 2분 이상이 경과하여 산소 섭취량이 항정상태에 이를 수 있으므로 (Gilbert and Auchincloss, Jr., 1971), 어느정도 오차를 감소시킨다. 그것은 제1도의 심장 박동수 변동에서 보는 바 변동의 크기가 그렇게 크지 않은 어떤 수준을 중심으로 변동하여 항정상태에 가까운 신체 운동을 하고 있기 때문이다.

사람의 최대 산소 섭취량은 잘 훈련된 세계 일류 스키 선수의 경우 85.1 ml/min/kg, 여자 선수의 경우 66.3 ml/min/kg에 이르기기도 하며 (Saltin and Astrand, 1967), 평균적으로 보면 남자 우수 선수가 71, 여자 우수 선수가 55 ml/min/kg이고 보통 남자 학생이 44, 여자 학생이 38 ml/min/kg를 나타내며 (Hermansen and Andersen, 1965), 우리나라 여자 선수에서 54.3 ml/min/kg에 이르기기도 하나 여자 운동선수 평균이 47.3이며 18세의 보통 여자에 있어 42.5 ml/min/kg이며 (崔德瓊, 李德淑, 1968), 39.7 ml/min/kg (鄭日東, 南基鏞 1968)

Table 6. Radio-telemetered breathing frequency counts during uphill mountain climbing

No.	Uphill time, min	Uphill breathing frequency			Rest
		Mean	Total	Peak	
2	38.2	41.6	1,590	46	18
3	32.2	33.7	1,086	40	13
4	36.9	33.5	1,237	38	15
6	36.6	38.0	1,390	44	18
7	37.4	33.8	1,266	40	14
Mean	35.5	36.1	1,414.2	41.6	15.6
S. D.	2.23	3.22	168.5	2.93	2.05

등의 보고가 있는 바 산을 치반이 오를 때의 산소 섭취량이 평균하여 36.7 ml/min/kg라 함은 이 운동이 최대 작업량에 거의 육박해 있는 보통 여자로서는 격심한(激甚) 운동인 것을 나타낸다.

이와 마찬가지로 태도는 치반이 오르는 동안의 심장 박동수가 각 개인의 최대 심장 박동수의 89.8%에 해당되는 격심한 것과 일치한다.

에너지 소요량(제5표)은 개인에 따라 8.2 내지 11.6 kcal/min 이었으며 평균하여 9.4 kcal/min 이었고 8명이 평균 35.5분 오르는 동안에 평균하여 332.7 kcal를 소비하였다. 오르는 도중의 최고치는 9.8내지 12.5 kcal/min 이었으며 평균하여 10.9 kcal/min를 소비하였다.

치반이 오르기의 호흡수는 제6표 및 제3도에 제시한다. 시간 대 호흡수 곡선은 심장박동수 곡선과 시간적 경과가 일치되는 모양을 가졌다. 즉 호흡곡선만 보아도 신체 운동의 경중을 판단할 수가 있다. 오르는 동안 호흡수는 개인에 따라 매분 33회 내지 41회였으며 평균하여 매분 36.1회이었다. 오르는 동안의 최고치는 매분 38회 내지 46회였으며 평균 41.6회이었다. 이리하여 여자 8명이 평균 35.5분을 소비하면서 오르는 동안에 모두 1314회의 호흡수를 보였다.

내리반이 내려오기 경사도 20%인 내리반이 산길을 내려올 경우 측정된 심장 박동수 변동을 제7표에 제시한다. 제1도에는 그중 1레가 시간 대 심장박동수 곡선으로 표시되었다. 내리반이 걷기의 소요시간은 치반이 걷기보다 짧았으며 7명의 평균이 28.2±1.34분이었다. 치반이 오르기의 35.5분 보다 훨씬 짧은 것이었다. 내리반이 걷기의 심장박동수는 평균하여 매분 134.6±9.9박동(범위는 117.5 내지 146.7박동)이었다. 내려오는 도중의 심장박동수 최고값은 평균하여 143.3±10.17(범위는 128 내지 156박동) 박동이었다.

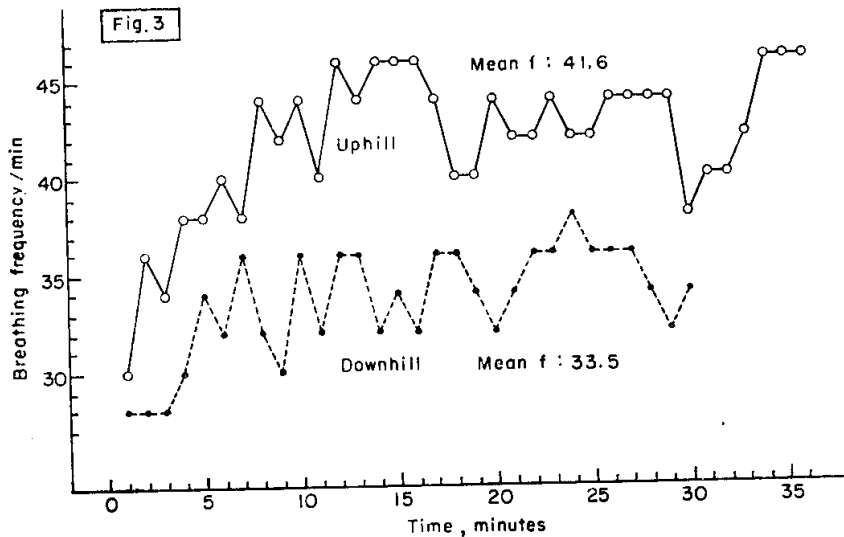


Fig. 3. Time vs breathing frequency curve of a subject in uphill and downhill mountain climbing exercise.

내리반이 걷기의 심장 박동수 평균을 각 개인의 최대 심장 박동수와 비교하여 백분율로 표시한 것을 제3표에 제시한다. 즉 각 개인의 최대 심장 박동수에 대하여 61.5% 내지 79.8%에 해당하여 사람에 따라 걷기의 강도가 상이하였으며, 치반이 걷기에 있어서는 100%를 넘는 일이 있었던 것과는 달리 수월한 운동이었다. 모든 대상자의 평균값은 최대 심장 박동수의 76.1±6.22%에 불과하였다. 이와 같은 일은 심장 박동수의 최고점의 경우에 더욱 뚜렷하여 최대 심장 박동수의 76.1±6.22%에 불과하였다. 즉 20% 경사의 산길을 내려오는 걷기는 과격한 운동이 아니며 산소 섭취량에 있어 이런 태

도가 뚜렷이 보인다.

내리반이 걷기 기간중의 총 심장박동수 합계는 3,290 박동 내지 4,357 박동 사이에 분포되었으며 평균하여 3,839±377.4 박동이었다.

이리하여 산길을 치반이 오르는 35.5분 동안에 모두 3,992 박동과 28.2분을 소비하여 산길을 내려오는 동안에 3,839 박동 즉 오르기와 내려오기를 합하여 총 심장 박동수 합계는 63.7분 사이에 9,831 박동이 된다. 보통 사람의 일상 생활 하루 동안의 총 심장 박동수는 93,615 내지 113,988 박동이라 하는 바 (Glagov et al., 1970), 20% 경사의 산길을 63.7분에 오르내리면서 하루 박동수의 1/9.5 내지 1/11.5을 실현시켰던 것으로 운동이 격심한 것을 가리키는 일이다.

Table 7. Radio-telemetered heart rate in downhill mountain walk at a Mt. Dobong course, 516 meter high, 20% grade

No.	Downhill walk time, min	Mean HR, beats/min	Total heart beats	Peak HR, b/m
1	28.4	125.2	3,555	132
2	29.6	140.9	4,170	148
3	26.0	139.0	3,614	152
4	29.7	146.7	4,357	156
5	26.7	—	—	—
6	29.3	138.2	4,049	144
7	28.0	117.5	3,290	128
Mean	28.2	134.6	3,839	143.3
S. D.	1.34	9.99	377.41	10.17

내리반이 걷기의 산소 섭취량 성적을 제8표에 제시한다. 내리반이 걷는 동안 평균 산소 섭취량은 개인에 따라 21.4 내지 32.6 ml/min/kg 이었고 평균하여 26.2±3.97 ml/min/kg 이었으며 안정시 섭취량에 대한 비율은 6.6±0.56배이었다. 내리반이 걷기 동안의 산소 섭취량 최고값은 23.0 내지 37.1 ml/min/kg 이었으며 평균하여 29.4±4.97 ml/min/kg 이었으며, 이것은 안정시 섭취량의 7.4±0.83 배에 해당하는 크기이었다. 에너지 소모량은 (제8표) 평균하여 매분 6.5±0.64 kcal/min 가 되었으며 28.2분 동안의 내리반이 걷기 기간에 모두 184.8±19.7 kcal 를 소비하였다. 에너지 소비의 최고값은 평균하여 7.2±0.85 kcal/min 이었다.

Table 8. Oxygen consumption and energy expenditure ($\dot{V}O_2 \times 5$) in downhill mountain walk

No.	O ₂ Consumption						Energy expenditure			Date, year of 1972
	Mean			Peak			Mean		Peak, kcal/min	
	$\dot{V}O_2$		Ratio to rest	$\dot{V}O_2$		Ratio to rest	kcal/min	total kcal		
	l	ml/kg		l	ml/kg					
1	1.05	22.9	6.1	1.15	25.1	6.7	5.2	147.7	5.7	11 Mar
2	1.34	28.2	6.8	1.48	31.2	7.5	6.7	198.3	7.4	18 Mar
3	1.40	26.1	6.8	1.65	30.8	8.0	7.0	182.0	8.2	24 Mar
4	1.37	32.6	7.5	1.56	37.1	8.6	6.8	202.5	7.8	6 May
5	1.32	21.4	5.9	1.42	23.0	6.3	6.6	193.4	7.1	13 May
Mean	1.29	26.2	6.6	1.45	29.4	7.4	6.5	184.8	7.2	
S. D.	0.124	3.97	0.56	0.17	4.97	0.832	0.642	19.76	0.85	

Table 9. Comparison of data of mountain climbing between men and women

uphill									
	Age, yr	uphill time, min	Mean HR, b/m	Total heart beats	$\dot{V}O_2$		Energy expenditure		Breathing frequency per min
					ml/kg	Ratio to rest	Mean kcal/min	Total kcal	
Men	35.9	36.5	149.0	5,343	35.7	8.3	11.1	396	—
Women	22.8	35.5	168.8	5,992	36.7	9.7	9.4	332	36.1
Downhill									
Men		31.7	118.4	3,710	24.2	6.8	7.5	228	
Women		28.2	134.6	3,839	26.2	6.6	6.5	184	

처발이 오르는 35.5 분 동안에 모두 332.7 kcal 와 28.2 분 내려 오는 동안에 모두 184.8 kcal 즉 합계하여 63.7 분 동안에 517.5 kcal를 소비한 셈이 된다. 한국인 성인 여자 (52kg)의 하루 동안 에너지 소비량으로 권장된 값이 경한 노동에 2,100 kcal, 중등정도의 노동을 할 경우에 2,200 kcal, 중한 노동에 2,800 kcal, 격심한 노동을 할 경우에 3,600 kcal를 제시한 (FAO 한국협회, 1967) 값과 비교하면, 하루종일 중등정도 노동의 1/4.2, 격심한 노동의 1/7 에 해당하는 에너지를 단지 1 시간이라는 산길을 상하하는 운동에 소비한다. 다시말하면 산길을 오를 때는 산소 섭취량의 크기가 안정시의 9.7배나 되고 내려올 경우에도 6.6배나 되는 격심한 운동이란 것이 칼로리 소비에 반영된 것이다.

저자 등은 앞서 남자에 있어 같은 산길의 등산운동을 분석한 바 있거니와 (金完泰, 南基鏞, 1971), 남자와 여자의 등산운동 성적을 비교한 것을 제9표에 제시한다. 이 표를 보면 남자와 여자 사이에는 신체 운동에 따른

심장 박동수 변동이라는 반응에 차이가 없는 일을 쉬이 알 수 있다. 즉 남자 실험군의 나이 평균이 35.9세로서 여자의 22.8세 보다 10세 이상 많으나 산을 오르는 시간은 두 실험군이 거의 같으며 남자가 모두 5,343 박동의 심장 박동을 쓰면서 산길을 오르는데 대하여 여자는 이보다 조금 많은 5,992 박동을 소비하였다. 산소 섭취량도 남자가 35.7인때 대하여 여자도 이것과 같은 크기인 36.7 ml/min/kg을 나타냈다. 산을 오르는 동안의 심장 박동수는 남자가 매분 149.0 박동이고 여자가 매분 168.8 박동으로 상당한 차이를 나타내어 남자와 여자의 신체운동에 대한 생리적 반응이 많이 다른것 같은 느낌은 주었으나 체중을 단위로 산소 섭취량을 보니 두 실험군이 같은 크기를 보였음은 흥미롭다. 즉 나이의 차이나 체중의 차이에 불구하고 사람이 왕성한 의욕 (motivation)으로 자기 힘에 맞게 등산 운동을 할 경우에 체중 단위로 남녀 다같이 35 ml/min/kg 안팎의 산소 섭취량을 나타내는 일은 주목할만 하다. 내리받이 걷기

에서도 산소 섭취량이 여자 26.2에 대하여 남자 24.2 ml/min/kg로 이것 또한 같은 크기이다. 건강 유지 운동량을 처방함에 있어 매주 30점에 해당하는 운동량을 주장하는 Cooper (1970)의 점수제의 기초가 산소 섭취량이 35 ml/min/kg이 되는 운동을 8분 동안 계속할 때 5점에 해당하는 운동량이라 한 것과 우리의 등산 운동 처방이 오르기의 운동량이 35 ml/min/kg의 산소 섭취량을 동반하는 것이 우연히 일치한다.

결 론

여자 8명을 대상으로 도봉산(道峰山) 쌍룡사(雙龍寺, 해발 256미터)와 망월사(望月寺, 해발 516미터) 사이의 1.3 km 거리, 높이의 차 260미터 즉 경사도가 20%인 산길의 등산 운동을 분석하였다. 산길을 오르내리는 동안에 심장전기도를 라디오원격기록(radio-telemetry)에 의하여 cassette tape에 기록하고 이것으로부터 심장 박동수를 시간적으로 측정하였다. 한편 실험내에서 걸음틀 검사에 의하여 작성된 각 대상자의 심장 박동수 대 산소 섭취량 관계로부터 야외에서 산길을 오르내릴 때의 산소 섭취량을 산출하였다. 측정 성적은 개인차가 컸으며 대상자의 성적을 평균치로 표시하여 다음과 같은 성적을 얻었다.

1. 처방이 걸기에 35.5분이 소요되었고, 이 동안의 평균 심장 박동수가 매분 163.8 박동이며 최고치는 매분 186.0 박동에 이르렀다. 이 기간의 심장 박동수 합계는 5,992 박동이었다.

2. 처방이 걸기의 심장 박동수는 개인의 최대 심장 박동수의 83.7% 내지 101.4% 사이에 있어 평균 89.8%에 해당하였고, 처방이 걸기 도중의 최고치는 최대 박동수의 99.1%에 이르렀다. 처방이 등산 운동은 격심한 운동이었다.

3. 처방이 등산의 산소 섭취량은 29.5 내지 45.6 ml/min/kg으로 평균하여 36.7 ml/min/kg이었으며 안정시 섭취량에 대한 비율은 9.7배이었다. 처방이 산길을 오르는 도중의 산소 섭취량 최고치는 평균 42.6 ml/min/kg이며 안정시 섭취량의 11.2배나 되는 큰 값이었다.

4. 처방이 오르기의 호흡수는 매분 36.1회이며 최고치는 41.6회이었다.

5. 처방이 걸기의 에너지 소요량은 9.4 kcal/min이었으며 최고 10.9 kcal/min에 도달하였고 35.5분의 처방이 걸기에 모두 332.7 kcal가 쓰였다.

6. 내리받이 걸기에는 28.2분이 걸렸으며 심장 박동수 평균이 매분 134.6 박동 (117.5 내지 146.7 박동)이며, 최고치는 매분 143.3 박동이었다. 내리받이 걸기에

는 모두 3,839 박동의 심장 박동이 필요했다.

산소 섭취량은 26.2 ml/min/kg로 안정시 값의 6.6배이었으며 처방이 운동에 비하여 훨씬 수월한 것이었다.

에너지 소요량은 6.5 kcal/min로서 내리받이 걸기의 28.2분 동안에 모두 184.8 kcal를 썼다. 처방이와 내리받이를 합계하면 63.7분 동안에 517.5 kcal를 소비하였다.

ABSTRACT

Physiological analysis of mountain climbing exercise in women

Chang Soo Sohn 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 of mountain climbing in 8 women was made. The course between two places (256 and 516 meters altitude) was 1,300 meters in distance and the difference of vertical height was 260 meters making a mean grade of 20%. In the field, the heart rates during uphill or downhill walk were recorded on magnetic tapes by means of EKG FM 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 tests. The following results were obtained.

1. Uphill walk time was 35.5 minutes, and during this period the mean heart rate was 163.8 beats/min and the peak heart rate was 186.0 beats/min. The total heart beats during the uphill walk was 5,992 beats.

2. The ratio of individual mean heart rate during the uphill walk to the maximal heart rate distributed between 83.7% and 101.4%, and the mean of the total group was 89.8%. The ratio of peak heart rate of uphill walk to the maximal heart rate was 99.1%. Thus a uphill walk of a 20% grade mountain course was an exhaustive exercise.

3. Oxygen consumption during uphill walk was 36.7 (ranged between 29.5 and 45.6) ml/min/kg, and the ratio of this to the resting oxygen consumption was 9.7. The peak value of oxygen consumption during uphill walk was 42.6 ml/min/kg and the ratio of this to the resting oxygen consumption was 11.2.

4. Breathing frequency during uphill walk was

36.1/min and the peak frequency was 41.6/min.

5. Energy expenditure during uphill walk showed a mean of 9.4 kcal/min and the peak expenditure rate was 10.9 kcal/min. The total energy expenditure during 35.5 minutes of uphill walk was 332.7 kcal.

6. In downhill walk, the time was 28.2 minutes, mean heart rate was 134.6 (ranged between 117.5 and 146.7 beats/min, and the peak heart rate was 143.3 beats/min. The ratio of mean heart rate to the maximal heart rate was 71.5%. Total heart beats during the downhill walk was 3,839 beats. Oxygen consumption during the downhill walk was 26.2 ml/min/kg and the ratio of this to the resting oxygen consumption was 6.6. The rate of energy expenditure was 6.5 kcal/min, and the total energy expenditure during the 28.2 minutes of downhill walk was 184.8 kcal.

Thus the grand total energy expenditure during the 63.7 minutes of up- and downhill walk was 517.5 kcal.

REFERENCES

- 국제연합 식량농업 기구(FAO) 한국 협회 : 한국인 영양 권장량, 제1 개정판, 1967.
- 金完泰, 南基鏞 : 등산운동의 생리학적 분석. 대한생리학회지 5:111, 1971.
- 南基鏞, 金基煥, 安炯塚, 鄭觀玉, 金祐謙, 李相敦 : 나이를 먹으면 최대 심장 박동수가 준다. 스포츠과학연구보고서 5:37, 1968.
- 南基鏞, 張信堯, 申東燾, 成樂應, 嚴隆義 : 걷기의 생리학적 분석. 대한생리학회지 4:1, 1970.
- 任昇宰, 南基鏞 : 남자의 최대 산소섭취량과 신체 구성 성분 사이의 관계. 스포츠과학 연구보고서 2:89,

1965.

- 鄭日東, 南基鏞 : 여자 중·고등 학생의 최대 산소섭취량. 대한생리학회지 2:115, 1968.
- 崔德瓊, 李德淑 : 여자 고등 학생의 최대 산소섭취량과 신체 구성 성분 사이의 관계. 우석의대잡지 5:15, 1968.
- Consalazio, C. F., R. E. Johnson, and L. J. Pecora: *Physiological Measurements of Metabolic Function in Man*. New York, 1963.
- Cooper, K. H.: *Aerobics*. Bantam Books, Inc., New York, 1970.
- 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.
- Hermansen, L., and K. L. Andersen: *Aerobic work capacity in young Norwegian men and women*. *J. Appl. Physiol.* 20:425, 1965.
- Lange, K. O., and J. Brozek: *A new model of skinfold caliper*. *J. Phys. Anthropol.* 19:98, 1961.
- Saltin, B., and P.-O. Astrand: *Maximal oxygen uptake in athletes*. *J. Appl. Physiol.* 23:353, 1967.
- 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.