

장기간의 신체 단련에 따른 체지방, 심폐기능 및 혈액화학상의 변화

서울대학교 의과대학 생리학교실

황 상 익

= Abstract =

Changes of Body Fat Contents, Cardiopulmonary Functions and Some Blood Constituents by Long-Term Physical Training

Sang Ik Hwang

Department of Physiology, College of Medicine, Seoul National University

In an attempt to observe the long-term training effects, the exercise of rope-skipping was regularly loaded to nine soldiers for nine weeks. And some physical characteristics, cardiopulmonary functions, some blood constituents were measured before, during and after the load of test exercise, treadmill running, and were compared with the pre-trained values.

The results obtained were as follows:

- 1) Body weight, body surface area, skinfold thickness and total body fat decreased significantly after the training.
- 2) The post-trained values of MVV and FEF_{25%} increased significantly.
- 3) By the training, heart rates decreased very significantly in the resting, exercising and recovery periods.
- 4) After the training, the systolic blood pressures of the resting and recovery periods decreased meaningfully, while diastolic blood pressures increased significantly through the recovery stages.
- 5) In spite of the training, the respiration rates never change in both the resting and the recovery periods.
- 6) After the training, total cholesterol concentration of the venous blood decreased significantly in the resting and early recovery phases while the blood levels of glucose and HDL-cholesterol decreased very slightly.
- 7) Blood lactate concentration decreased through the recovery periods and the value of the recovery 20 and 60 minutes decreased obviously, in comparison with the pre-trained values.

The above results suggest that the 9 week-training of the rope-skipping brings about the decrease of the body fat contents, the enhancement of cardiopulmonary functions and some changes in the blood constituents.

서 론

운동을 할 때에는 대사가 항진되며, 이를 뒷받침하기 위해 여러가지 생리적 조절이 일어난다(Astrand와

Rodahl, 1977). 심장박출량과 동맥혈압이 상승하며 (Ludbrook, 1983) 혈관저항에 변화가 생겨 수축을 하는 근육으로 가는 혈류량이 증가하게 된다(Scott등, 1970). 대사에 필요한 산소를 많이 섭취하고 대사의 결과로 생긴 이산화탄소를 배출하기 위해 일회 호흡용적(tidal

volume)과 호흡회수(respiration rate)가 늘어나게 된다(Shephard, 1982). 또한 운동은 스트레스 유발 요인이기 때문에 부신수질의 카테콜아민과 부신피질 호르몬의 분비가 증가하게 되어 탄수화물, 지방의 동원과 이용이 늘어나게 된다(Falls, 1968). 운동이 끝나면 항진되었던 기능들이 원래의 안정상태로 되돌아가는 회복(recovery)이 일어나는데 그 속도나 걸리는 시간은 운동의 심한 정도에 따라 결정되며 운동자의 체력 단련 정도에 의해서도 영향을 받는다(Fox, 1979).

어느 수준 이상의 운동을 규칙적으로 반복하면 생리적 기능의 변화가 일어나는데 이러한 현상을 적응(adaptation) 또는 단련 효과(training effect)라 한다. 적응은 신체 전반에 걸쳐 일어나는데 특히 순환계, 호흡계, 대사계에서 뚜렷하다(Stegmann, 1981). 적응이 일어나게 되면 안정시 기능에 변화가 생기고 같은 정도의 운동을 부하했을 때의 반응도 변화하며 수행할 수 있는 최대운동량도 항진된다(Stegmann, 1981). 이러한 신체 단련 효과는 단련을 받은 집단과 그렇지 않은 집단 사이의 비교(횡적 방법, cross-sectional study)나 어떤 집단에 장기적으로 운동을 부하한 후 일어나는 변화를 관찰하는 방법으로(종적 방법, longitudinal study) 연구한다(Åstrand와 Rodahl, 1977). 다른 집단 사이의 비교를 통한 연구는 단련 효과 이외에 체격, 소질 등 집단에 내재된 차이를 배제하기 어려우므로 신체 단련 효과 자체만을 알아 보기 위해서는 후자의 종적 방법이 더욱 타당한 것으로 생각되나 그러한 연구가 많지 못한 형편이다. 종적인 방법을 사용한 연구에서도 음식물 섭취와 생활습관에 따른 개체간 또는 개체내의 차이가 존재할 수 있으므로 연구 대상 집단의 식이와 생활 습관을 일정하게 조정할 필요가 있다(Falls, 1968).

저자는 특수한 시설이나 장비가 없어도 간단히 수행할 수 있는 줄넘기 운동의 신체 단련 효과에 관한 지견을 얻기 위해 연구를 시행하였다(Hwang, 1986). 질환이 없고 특수한 훈련을 받은 경력이 없는 국군 사병을 대상으로 하여 9주 동안 규칙적으로 줄넘기 운동을 시켰다. 그리고 피부두겹두께 및 총지방량, 폐기능검사 성적, 안정시와 트레드밀 달리기 운동시 및 운동후 회복기의 심폐기능 변화, 운동에 따른 혈액내 포도당과 콜레스테롤 및 젖산 농도의 변화 등 생리적 변수를 측정, 단련 전후의 값을 비교하여 유의한 차이를 발견하였기에 그 결과를 본 논문에 보고하는 것이다.

실 험 방 법

1. 신체단련

군 경력 6~15개월의 사병 9명에게 9주 동안 토요일 오후와 공휴일은 제외하고 매일 오전, 오후 각 1회씩 신체 단련 운동을 실시하였다. 첫 5주 동안은 매회당 5분씩, 나중 4주 동안은 8분씩 분당 150회전의 빠르기로 줄넘기 운동을 시행하였다. 단련 기간 동안 그밖의 신체적 훈련은 가능한 한 제한하였다.

2. 단련 효과 측정

1) 피부두겹두께(skinfold thickness) 및 총지방량(total fat mass) : 피부두겹두께는 Lange skinfold caliper(Cambridge Sci. Ind. Inc.제)로 측정하였다. 측정 부위는 팔, 등, 허리, 배의 네곳으로 팔은 오른쪽 상박 뒷면 가운데에서, 등은 오른쪽 견갑골의 맨아래, 허리는 오른쪽 장골절 바로 위의 중액선, 배는 오른쪽 늑골호와 유방선이 만나는 곳에서 3회씩 되풀이 재어 각 부위의 값을 얻었다. 평균 피부두겹두께는 네곳에서 측정 한 값의 산술평균을 내어 구했다.

총지방량은 다음의 공식으로(Nam 등, 1966) 계산하였다.

$$\text{총지방량(kg)} = 0.653 \times \text{평균 피부두겹두께(mm)} + 3.19$$

총지방비는 총지방량을 몸무게로 나누어 구했고 무지방몸무게는 몸무게에서 총지방량을 빼어 얻었다.

체표면적이(body surface area)는 Dubois와 Dubois의 공식에 의하여 구하였다.

$$\text{체표면적(m}^2\text{)} = 0.007184 \times \text{키(cm)}^{0.725} \times \text{몸무게(kg)}^{0.425}$$

2) 폐기능검사 : 전산화된 호흡측정기(Survey spirometer, Collins제)로 안정상태에서 폐기능검사를 행하여 11가지의 폐기능지수를 얻어 단련 전후의 성적을 비교하였다.

3) 안정시, 운동시 및 운동후 회복기의 심폐기능

① 트레드밀 달리기(treadmill running) : 트레드밀(Walking Trainer Hope-1, 秤錘제) 위에서 첫 30초간은 4KPH(km/시간) 4°(경사)로, 다음 30초간은 6KPH 4°, 세번째 30초간은 8KPH 4°, 네번째 30초간은 8KPH 6°, 마지막 2분간은 8KPH 8°의 속도와 경사로, 도합 4

분간 480m를 달리게 하고 운동시의 심장박동수, 회복기 20분까지의 심박수, 수축기 및 이완기 동맥혈압, 평균혈압, 맥압, 호흡수를 측정하여 단련 전후의 값을 비교하였다. 평균혈압은 $1/3 \times$ 수축기혈압 + $2/3 \times$ 이완기혈압으로, 맥압은 수축기혈압 - 이완기혈압으로 계산하였다.

② 심장박동수는 광전식 맥파변환기(photoelectric pulse transducer, type 323, Narco Bio-systems, Inc. 제)를 생리기록기(Physiograph[®] MK-IV-P, Narco Bio-Systems, Inc. 제)에 연결하여 측정하거나 요골동맥 측정법으로 측정하였다. 동맥혈압은 자동전자식 혈압기(digital sphygmomanometer, UA-271, Copal 제)나 수동식 수은혈압기로 측정하였고 호흡회수는 목측하였다.

모든 측측을 하기 전에 20분 내지 60분간 누운 채로 휴식을 취하고 안정상태의 값을 구한 후 운동을 실시하였다.

4) 혈중 포도당, 콜레스테롤 및 젖산 농도 : 트레드밀 달리기 운동전 안정시와 운동후 회복기 0, 5, 20, 60분에 전주정맥(antecubital vein)에서 채혈하여 혈

액중의 포도당, 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 젖산 농도를 측정하였다. 포도당, 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤은 Kainos제의 DR-2400, DR-2210, DR-2100 키트로 각각 측정하였고 젖산 농도는 Barker와 Summerson 방법으로 측정하였다.

음식물 섭취에 의한 영향을 배제하기 위하여 적어도 4시간의 공복 기간을 가진 후 정오경부터 실험을 행하였다.

모든 실험성적의 통계적 유의성은 쌍을 이루는 t-검사(paired t-test)로 검정하였다.

실 험 성 적

1. 피부두겹두께 및 총 지방량(표 1)

9주간의 줄넘기 운동으로 몸무게와 체표면적이 유의한 수준으로 감소하였다. 피부두겹두께도 네부위 모두 감소하였는데 팔과 등에서 제일 뚜렷하였고 허리와 평균 두께도 유의하게 감소하였다. 총지방비도 유의하게 감소하였고 몸무게의 감소로 총지방량은 더욱 유의하게 감소하

Table 1. Changes of physical characteristics by long-term training

	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	BSA (m ²)	skinfold thickness (mm)					fat (kg)	fat (%kg)	LBM (kg)	LBM (%wt)
					mean	arm	back	waist	abdomen				
Before training (B)	22.2	170.0	65.8	1.76	12.3	11.8	13.1	16.0	8.4	11.2	17.2	54.6	82.8
	0.6	7.1	5.6	0.15	4.7	4.5	3.7	8.3	3.4	3.1	4.2	8.1	4.2
After training (A)	22.4	170.0	64.3*	1.74*	8.6*	7.1**	9.8**	10.8*	6.7	8.8*	13.8**	55.5	86.2**
	0.6	7.1	7.1	0.12	1.9	2.1	1.8	3.1	2.2	1.3	2.5	7.2	2.4
A/B (%)			97.7	98.9	69.9	60.2	74.8	67.5	79.8	78.6	80.2	101.6	104.1

• mean ± SD (n=9)

• significantly different from the pre-trained value: *p<0.05, **p<0.01 (paired t-test)

• BSA; body surface area, LBM; lean body mass

Table 2. Changes of pulmonary function values by long-term training

	FVC (l)	MVV (l)	FEV _{0.5} (l)	FEV _{0.5} (%)	FEV _{1.0} (l)	FEV _{1.0} (%)	PEFR (l/sec)	FEF ₂₅₋₇₅ (l/sec)	FEF _{25%} (l/sec)	FEF _{50%} (l/sec)	FEF _{75%} (l/sec)
Before training (B)	4.11	155.1	2.98	72.4	3.91	95.1	9.42	5.54	8.82	6.36	3.44
	0.57	33.8	0.45	6.4	0.55	3.4	1.25	0.91	1.34	1.26	0.79
After training (A)	4.12	175.6**	3.04	74.0	3.95	96.1	9.91	5.43	9.29*	6.26	3.42
	0.58	30.5	0.36	4.0	0.54	2.8	1.54	0.92	1.37	1.15	0.48
A/B (%)	100.2	113.2	102.0	102.2	101.0	101.1	105.2	98.0	105.3	98.4	99.4

• mean ± SD (n=9)

• significantly different from the pre-trained value: *p<0.05, **p<0.01 (paired t-test)

• FVC; forced vital capacity, MVV; maximal voluntary ventilation, FEV; forced expiratory volume, PEFR; peak expiratory flow rate, FEF; forced expiratory flow

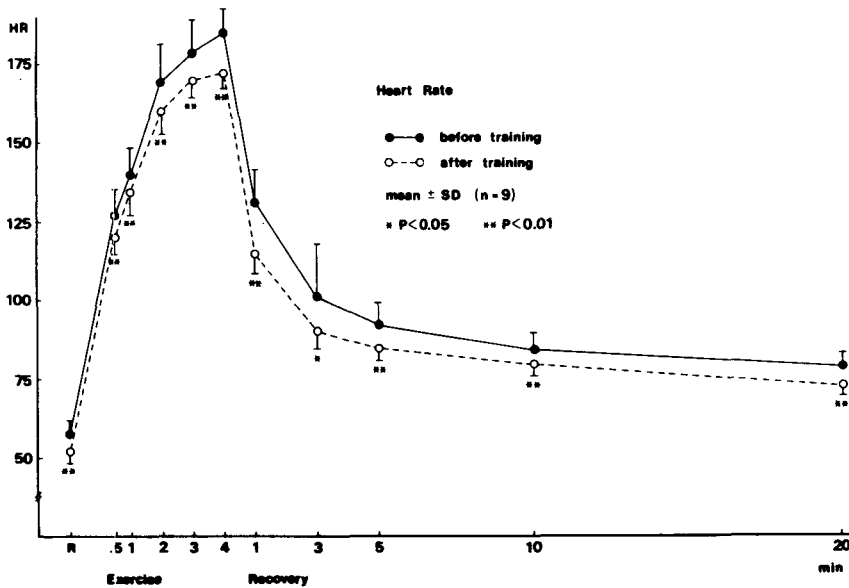


Fig. 1. Effect of long-term physical training on the heart rates in the resting, exercising and recovery periods. By the training, heart rates decreased very significantly in all the periods. Test exercise loaded was treadmill running(4 minute duration, 480 meter distance).

었다. 무지방무염기는 단련 전에 비해 증가하였으나 유의하지는 않았다.

2. 폐기능검사(표 2)

호흡측정기로 잰 11가지의 폐기능지수 가운데 단련에 의해 뚜렷이 변화한 것은 최대환기능(maximal voluntary ventilation, MVV)과 노력성 호기유속 25% (forced expiratory flow, FEF_{25%})의 두가지이었다. 단련으로 최대환기능은 평균 20.5 l 증가하였고 호기유속 25%는 0.47 l/초 늘어나 유의한 차이를 보였다.

3. 안정시, 운동시 및 운동후 회복기의 심폐 기능

1) 안정시의 심폐 기능:

① 안정시의 심장박동수(그림 1); 안정상태에서의 심박수는 단련전 57.6±4.4(회) (평균±표준편차, 이하 같음)에서 단련후 52.4±2.9(회)로 9% 감소하였는데 통계적으로 매우 유의하였다.

② 안정시의 동맥혈압(그림 2, 3); 안정시의 수축기 혈압은 단련전 122.7±8.9 (mmHg)에서 단련 후 113.9±7.5(mmHg)로 뚜렷이 감소하였다. 이완기혈압은 단련전 73.1±6.1(mmHg), 단련후 73.4±1.6(mm-

Hg)로 거의 변화가 없었다. 평균 동맥혈압은 단련전 89.6±5.9(mmHg)에서 단련후 86.9±4.6(mmHg)로 약간 감소하였으나 뚜렷한 차이는 나타내지 않은 반면 맥압은 단련전 49.6±8.1(mmHg)에서 단련후 40.4±7.4(mmHg)로 떨어져 유의한 차이를 나타내었다.

③ 안정시의 호흡회수; 안정시의 호흡수는 단련전 15.3±2.5(회), 단련후 15.1±2.7(회)로 거의 변화가 없었다.

2) 트레드밀 달리기 운동시와 회복기의 심폐 기능

① 운동시와 회복기의 심장박동수(그림 1); 심박수가 단련으로 모든 시간대에서 뚜렷이 감소한 것을 볼 수 있는데 특히 회복기 1~3분에 가장 유의하게 감소하였다. 계단운동 검사시 많이 사용하는 점수(score)를 계산하여 보면 [점수=운동시간(분)×60(초)×100/(1분 심박수+2분 심박수+3분 심박수)] 단련전 66.7±6.5에서 단련 후 79.7±7.1로 매우 유의한 수준의 향상을 보였지만 다른 운동에 비해서는(Hwang, 1986) 그 정도가 작았다.

② 회복기의 동맥혈압(그림 2, 3);

가. 수축기 혈압: 모든 시각에서 단련후의 값이 낮았고, 회복기 1분에 가장 뚜렷하였다. 그러나 안정시 혈압으로의 회복시간은 두 경우 모두 20분으로 같았다.

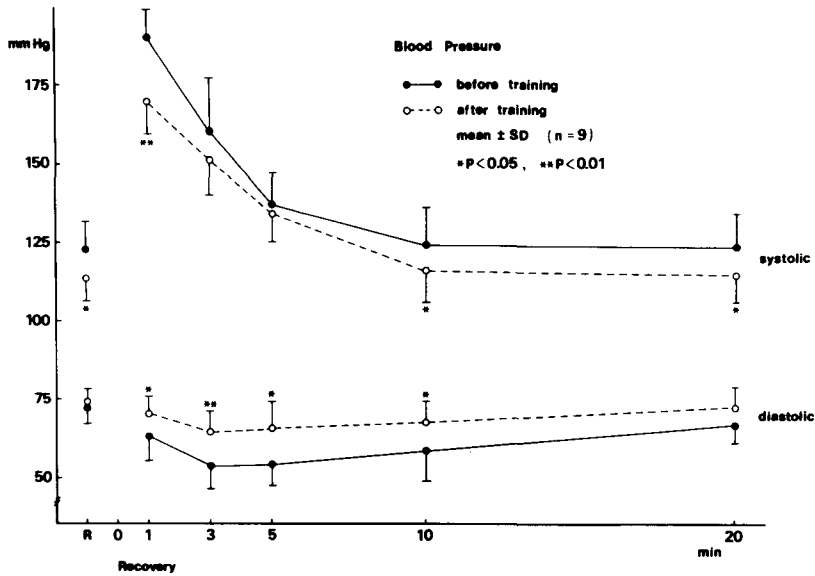


Fig. 2. Effect of physical training on the blood pressures in the resting and post-exercise recovery periods. By the training, the systolic pressures of the resting and recovery periods decreased meaningfully, while diastolic pressures increased significantly through the recovery stages.

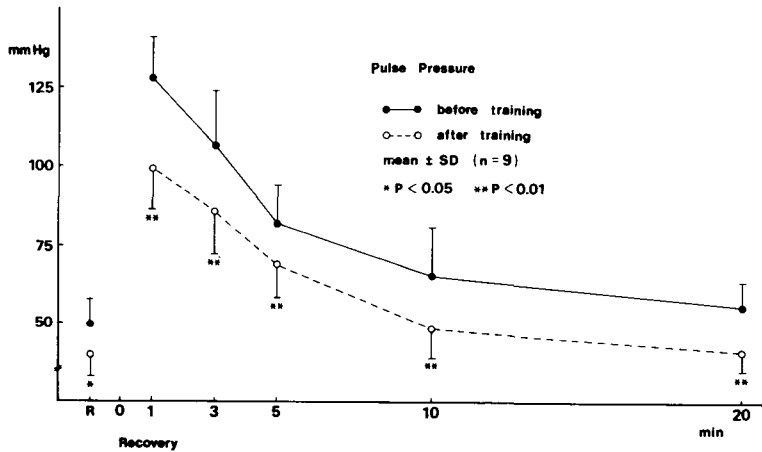


Fig. 3. Effect of physical training on the arterial pulse pressures. By the training, the pulse pressures of the resting and post-exercise recovery periods decreased very significantly.

나. 이완기 혈압 : 이완기 혈압은 운동으로 오히려 값이 떨어져 회복 3분에 최저값을 보이고는 점차 상승하는 양상을 보였다. 이 현상은 단련전후에 공통이었지만 단련으로 감소하는 정도도 작아졌고 안정시 값으로 회복되는 속도도 빨라졌다.

다. 평균 혈압 : 평균동맥압은 단련전후에 조금 다른 모습을 보였다. 단련전에는 회복 3분에 안정시 값으로 돌아왔다가 더욱 떨어지는 과정을 거쳐 다시 회복되는 양상을 보였고 단련후에는 회복 5~10분에 안정시 값을 되찾아 유지하였다.

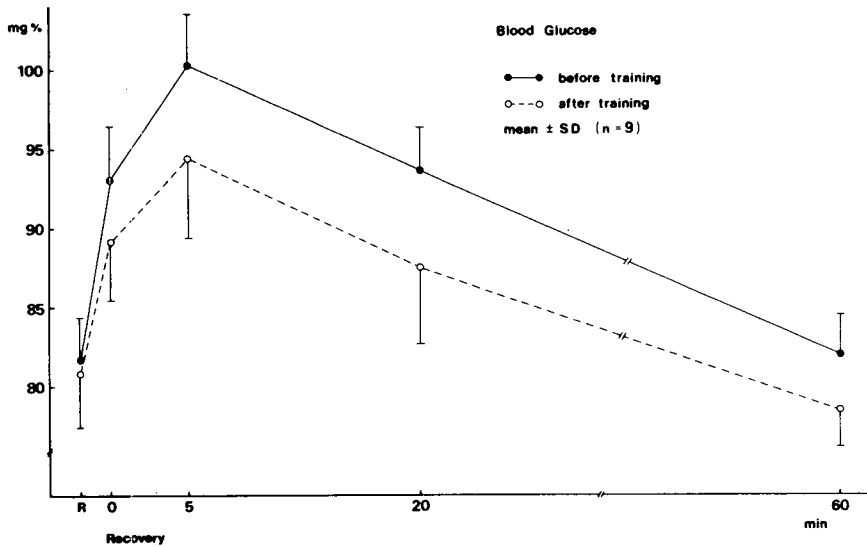


Fig. 4. Effect of physical training on the blood glucose concentration. By the training, blood glucose level decreased without statistical significance.

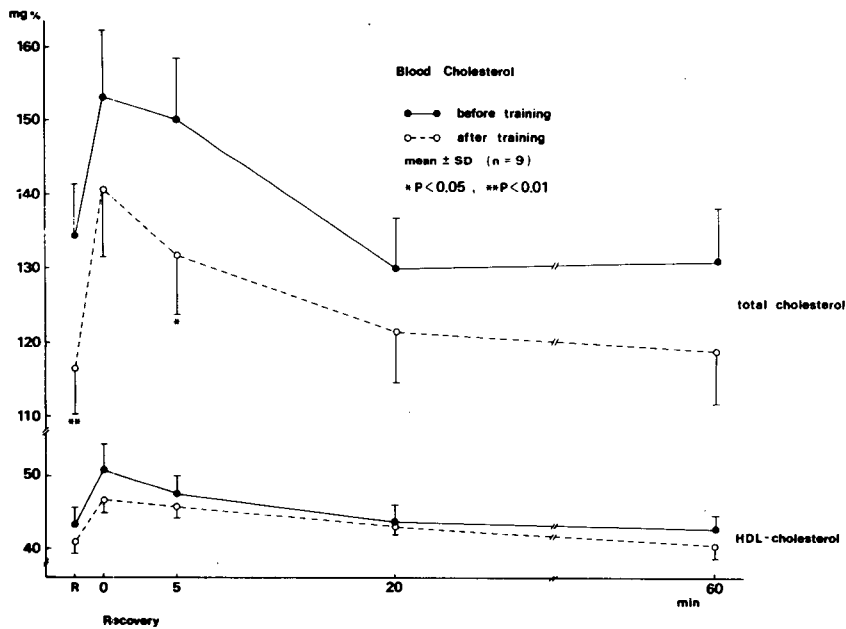


Fig. 5. Effect of physical training on the blood cholesterol concentration. By the training, total cholesterol concentration of the venous blood decreased significantly in the resting and early recovery phases while the blood level of HDL-cholesterol decreased very slightly.

라. 맥압(그림 3) : 단련전후에 모두 운동직후의 맥압이 가장 크고 시간에 따라 점차 감소하는 양상을 보였는데 단련후에 그 회복속도가 빨라졌다. 단련에 의해 모든 시간대에서 맥압이 뚜렷이 감소하였고 20분만에 안정

시 값으로 회복되었다.

③ 회복기의 호흡회수 : 운동후에 호흡수가 안정상태로 회복되는 태도는 단련전후에 차이가 없었다.

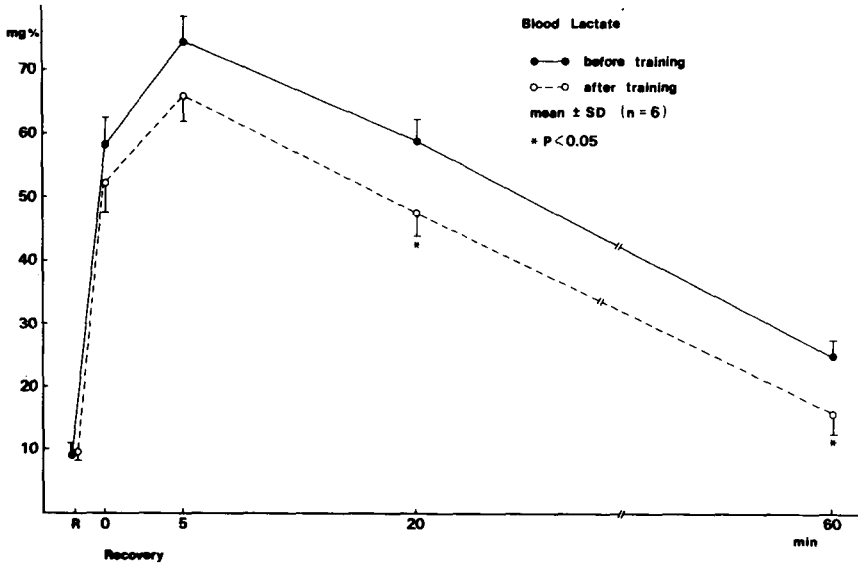


Fig. 6. Effect of physical training on the blood lactate level. Blood lactate concentration decreased through the recovery periods and the value of the recovery 20 and 60 minutes decreased obviously, in comparison with the pre-trained values.

4. 트레드밀 달리기 운동전후의 혈중 포도당, 콜레스테롤 및 젖산 농도

1) 혈중 포도당 농도(그림 4) : 4시간 이상의 공복후 안정상태에서 혈중 포도당 농도는 단련전후 81~82 mg%로 차이가 없었다. 운동으로 상승하여 회복기 5분에 최대값을 보이고 점차 감소하여 60분에는 안정시의 값을 되찾았다. 매 시각의 값을 비교하면 단련후 값이 모두 낮았으나 유의하지는 않았다.

2) 혈중 총 콜레스테롤 농도(그림 5) : 공복시 혈중 총 콜레스테롤 농도는 단련전의 134 mg%에서 단련후에는 117 mg%로 유의하게 감소하였다. 운동후 회복기의 값은 운동직후에 최고치를 보이며 시간이 지남에 따라 회복되었다. 각 시간대의 값을 비교하면 단련후의 값이 모두 낮았으나 안정시의 농도로 회복되는 시간은 단련전이 20분으로 단련후의 60분보다 빨랐다.

3) 혈중 HDL-콜레스테롤 농도(그림 5) : 공복 안정상태와 운동후 회복기의 혈중 HDL-콜레스테롤 농도를 비교하면 단련후가 단련전에 비해 조금씩 낮았으나 유의하지는 않았고 안정시 값으로 회복되는 시간도 거의 같았다. 총 콜레스테롤 양에서 HDL-콜레스테롤 양이 차

지하는 비율은 단련전후 모든 시간대에서 33% 내외로 거의 변화가 없었다.

4) 혈중 젖산 농도(그림 6) : 공복 안정시의 혈중 젖산 농도는 단련전 9.3 mg%, 단련후 10 mg%로 차이가 없었다. 단련에 관계없이 운동직후에 젖산 농도가 5배 이상 증가하여 5분에 최고값을 보이다가 점차 감소하였는데 단련에 의해 증가하는 정도가 작아졌고 특히 회복기 20분과 60분에서는 뚜렷한 차이를 나타내었다.

고 찰

피검자들은 신체 건강하고 평균 체격의 사병으로 특수 훈련을 받은 경력도 없다. 또한 전원이 내무생활을 하여 음식물 섭취와 생활 습관에 따르는 영양도 거의 받지 않을 것이므로 본 연구 수행에 이상적인 집단으로(Falls, 1968) 생각된다.

낙오자 없이 9주 동안의 단련을 마친 후 몇가지 검사를 시행해서 얻은 결과를 단련전의 값과 비교하여 실험 성적에서 보였다.

피부두점두께(표 1)는 모든 측정 부위에서 감소하였는데 선수집단과 비선수집단 사이의 값을 비교한 성적들과

(Nam등, 1966) 잘 일치한다. 측정된 네 부위 중 팔과 등에서 제일 뚜렷이 감소하였고 배에서 제일 감소가 적었는데 그 원인을 이 실험만으로는 알 수 없었지만 앞으로 규명해 볼만한 일이다. 몸무게도 유의한 차이로 줄어들었는데 이는 지방의 감소가 큰 데에 기인한 것이었고 무지방몸무게는 유의하지는 않지만 오히려 증가하였는데 단련 근육의 증가 때문인 것으로(O'Hara등, 1977) 생각된다.

단련으로 최대환기능은 뚜렷이 증가하였지만(표 2) 그 밖의 폐활량, 호기량, 호기유속은 별 변화가 없었다. 단련 기간과 강도가 증가하면 나머지 지수도 증가할 것으로(Ekblom, 1969) 기대되나 이 정도의 단련으로는 최대환기능의 증가만 나타나는 것으로(Leith와 Bradley, 1976) 생각되며 따라서 그 증가는 주로 호흡근의 강화에 기인하였다고(Casaburi등, 1978; Shephard, 1982) 해석된다.

장기간의 단련에 의해 안정시 서맥(bradycardia)이 나타나는데 그러한 효과가 이 정도의 줄넘기 운동 훈련을 통해서도 나타났다(그림 1). 단련에 의한 서맥 현상은 교감-부교감 신경계의 균형의 변조에 의한 것이라고 생각하고(Clausen, 1976; Tipton, 1969; Tipton등, 1971) 있다. 회복기의 심박수로 계산한 운동 반응 점수값도(Åstrand와 Rodahl, 1977) 뚜렷이 향상되었다.

오랜 기간의 신체 단련에 따라 혈압 반응이 변화하는가에 대해 학자들 간에 논란이 많은데(Clausen, 1976; Kilbom, 1971; Shephard, 1982) 본 실험에서는 안정시 수축기 혈압은 상당히 감소하였고 이완기 혈압은 거의 변화가 없었다(그림 2). 혈압의 정상 여부와 연령, 운동의 정도에 따라서 그 결과가 달리 나올 수 있을 것으로 생각되는데 이 문제는 앞으로 더욱 많은 연구가 진행되어야 할 것이다. 운동후 회복기에 수축기 혈압이 안정값으로 돌아오는 시간도 단련에 의해 뚜렷이 단축되는 것을 볼 수 있다. 운동시 및 회복기의 이완기 동맥혈압의 증감에 관해서도 의견이 분분한데(Shephard, 1982) 본 실험에서는 회복 초기인 3~5분에 많이 감소하였다가 점차 회복되는 모습을 보이며 단련에 의해서 그 양상은 변하지 않으나 감소의 정도가 작아지며 안정값으로의 회복도 빠른 것으로 나타났다(그림 2). 평균 동맥혈압의 회복 태도는 단련전후에 큰 차이가 없었고, 맥압은 모든 시간대에서 단련후 값이 작았는데(그림 3) 수축기 및 이완기 혈압의 변동폭이 작은 데 기인하였다.

안정시 및 운동후 회복기의 호흡회수는 단련에 의해 아무런 변화도 보이지 않았다.

운동시 근육조직이 사용하는 열량원에 대해서는 많은 연구가 진행되어 왔다(Ahlborg등, 1974; Falls, 1968). 대체적으로 많은 연구자가 인정하는 지견으로는 짧은 기간 동안 격렬한 운동을 하는 경우에는 주로 탄수화물을 사용하며(Pruett, 1970) 운동 기간이 길어지고 운동이 경할수록 지방 사용의 비중이 커진다는 것이다(Gollnick등, 1974). 본 실험에서는 수축하는 근육이 사용하는 열량원을 직접 알아 볼 수는 없었고 운동에 의해 혈액내의 포도당 및 콜레스테롤 농도가 어떻게 변화하며 그러한 모습이 단련에 의해 어떤 영향을 받는지를 관찰하였다. 4분간의 트레드밀 달리기 운동에 의해 혈당치는 오히려 증가되었다가 회복 20분경부터 감소하였는데 그 양상은 단련에 의해 변화가 없었고 단지 증가 폭만 단련으로 약간 감소하였다(그림 4). 혈당 조절에 관계하는 호르몬의 값을 직접 측정하여야 현상을 뚜렷이 설명할 수 있겠지만 운동이라는 스트레스 유발 요인에 의해 증가하는 코티솔, 카테콜아민 등의 분비와 상관이 있는 것으로(Falls, 1968) 생각된다. 혈중 콜레스테롤도 혈당과 흡사한 양상을 보이는데 안정시의 총 콜레스테롤농도가 단련후에 감소하는 것이 뚜렷하였다(그림 5). 신체 단련에 의해 콜레스테롤양이 감소한다는 설에(Mann등, 1969) 부합되는 사실인데 더욱 많은 실험자들의 지지를 받는 HDL-콜레스테롤/총 콜레스테롤비는(Lopez등, 1974) 거의 변화가 없었다.

중등도 이상의 운동 초기 단계에서는 대사상의 요구를 순환계, 호흡계가 충분히 공급해주지 못하므로 젖산이 발생하는 것으로 알려져 있다(Karlsson, 1971). 따라서 혈중의 젖산 농도는 운동 수행 능력을 판단할 수 있는 좋은 지표의 하나로 주목되고 있는데 같은 정도의 운동을 부하한 경우(그림 6) 회복기 각 시간대에서 단련후 값이 공히 작은 것을 볼 수 있고, 특히 회복 20분과 60분에서는 유의하게 차이가 나는 것으로 보아 단련 효과가 혈액 화학상에도 나타난 것으로 생각되었다.

요 약

줄넘기 운동의 신체 단련 효과를 측정하기 위하여 사병 9명에게 9주 동안 규칙적으로 줄넘기 운동을 시킨 후 체격, 심폐기능, 혈액화학적인 변화를 관찰, 단련전과 비

교하여 다음의 결과를 얻었다. 효과를 검사하기 위해 부하한 운동은 트레드밀 달리기 운동이었다.

1) 단련에 의해 몸무게, 체표면적, 피부두점두께 및 총 지방량이 유의하게 감소하였다.

2) 안정시 폐기능검사 값 중 최대환기능과 노력성 호기유속 25%가 단련후에 유의하게 증가하였다.

3) 심장박동수는 단련에 의해 안정시와 운동시, 회복기 전 시간대를 통해 매우 유의하게 감소하였다.

4) 단련으로 수축기 동맥혈압은 안정시와 회복기 전 시간대에서 거의 유의하게 감소한 반면, 이완기 동맥혈압은 회복기 전체를 통해 유의하게 증가하였다.

5) 안정시와 회복기의 호흡회수는 단련에 의해 변화가 없었다.

6) 안정시와 회복 초기의 혈중 총 콜레스테롤 농도는 단련 후에 유의하게 감소하였지만 혈당, HDL-콜레스테롤 농도는 약간의 감소에 그쳤다.

7) 단련전에 비해 단련후의 혈중 젖산 농도는 회복기에 대체로 감소하였고 20분과 60분 값의 감소는 뚜렷하였다.

이상의 결과로 보아 9주 동안의 규칙적인 줄넘기 운동으로 체내 지방이 감소하고 순환기계 기능에 뚜렷한 향상을 가져오며 약간의 혈액화학적 변화가 생긴다고 할 수 있겠다.

감 사

실험에 따른 여러가지 도움말을 주시고 실험실 시설을 이용하도록 배려해 주신 영남의대 생리학교실 이석강 교수님과 이영만 선생님, 젖산 측정에 큰 도움을 주신 경북의대 생리학교실 주영은 교수님과 교실원들에게 깊은 감사를 드립니다.

REFERENCES

Ahlborg, G., Felig, P., Hagenfeldt, L., Hendler, R. and Wahren, J.: *Substrate turnover during prolonged exercise in man. J. Clin. Invest.*, 53:1080, 1974.

Åstrand, P.O. and Rodahl, K.: *Textbook of Work Physiology. McGraw-Hill Co., New York, 1977.*

Casaburi, R., Whipp, B.J., Wasserman, K. and Koyal, S.: *Ventilatory and gas exchange responses to cycling with sinusoidally varying pedal rate. J. Appl. Physiol.*, 44:97, 1978.

Clausen, J.P.: *Circulatory adjustments to dynamic exercise*

and effect of physical training in normal subjects and in patients with coronary disease. Progr. Cardiovasc. Dis., 18:459, 1976.

Ekblom, B.: *Effect of physical training on oxygen transport system in man. Acta Physiol. Scand. suppl.*, 328:9, 1969.

Falls, H.B.: *Exercise Physiology. Academic Press, New York, 1968.*

Fox, E.L.: *Sports Physiology. W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1979.*

Gollnick, P.D., Piehl, K. and Saltin, B.: *Selective glycogen depletion pattern in human muscle fibers after exercise of varying intensity and at varying pedalling rates. J. Physiol.(Lond.)*, 241:45, 1974.

Hwang, S.I.: *Effect of rope-skipping exercise on the enhancement of cardiopulmonary function. Kor. J. Physiol.*, 20:79, 1986.

Karlsson, J.: *Lactate and phosphagen concentrations in working muscles of man with special reference to oxygen deficit at the onset of work. Acta Physiol. Scand. suppl.*, 358:43, 1971.

Kilbom, A.: *Physical training in women. Scand. J. Clin. Lab. Invest. suppl.*, 119:28, 1971.

Leith, D. E. and Bradley, M.: *Ventilatory muscle strength and endurance training. J. Appl. Physiol.*, 41: 508, 1976.

Lopez, A., Vial, R., Balart, L. and Arroyave, G.: *Effect of exercise and physical fitness on serum lipids and lipoproteins. Atherosclerosis*, 20:1, 1974.

Ludbrook, J.: *Reflex control of blood pressure during exercise. Ann. Rev. Physiol.*, 45:155, 1983.

Mann, G. V., Garrett, L. M., Farlie, A., Murray, H. and Billings, F. T.: *Exercise to prevent coronary heart disease. Am. J. Med.*, 46:12, 1969.

Nam, K.Y., Kim, K.W., Sung, N.E. and Chang, S.Y.: *Measurement of total body fat in Korean male and female athletic champions. Report on P.F.K.A.*, 13: 157, 1966.

O'Hara, W.J., Allen, C. and Shephard, R.J.: *Loss of body weight and fat during exercise in a cold chamber. Europ. J. Appl. Physiol.*, 37:205, 1977.

Pruett, E.D.R.: *Glucose and insulin during prolonged work stress in men living on different diets. J. Appl. Physiol.*, 28:199, 1970.

Scott, J.B., Rudko, M., Radawski, D. and Haddy, F.J.: *Role of osmolarity, K⁺, H⁺, Mg⁺⁺, and O₂ in local blood flow regulation. Am. J. Physiol.*, 218:338, 1970.

- Shephard, R.J.: *Physiology and Biochemistry of Exercise*. Praeger, New York, 1982.
- Stegemann, J.: *Exercise Physiology*. Thieme, New York, 1981.
- Tipton, C.M.: *The influence of atropine on the heart rate responses of non-trained, trained and detrained animals*. *Physiologists*, 12:376, 1969.
- Tipton, C.M., Eastin, W.C. and Carey, R.A.: *Evaluation of training and detraining effects in dogs*. *Physiologists*, 14:245, 1971.