

장기간의 계단운동 훈련이 심폐기능과 혈액화학상에 미치는 영향

서울대학교 의과대학 국민체력과학연구소

황 상 익* · 최 명 애** · 고 창 순***

(1987년 10월 12일 접수)

= Abstract =

Effect of Long-term Step Exercise on the Cardiopulmonary Function and Blood Constituents

Sang Ik Hwang, Myoung Ae Choe and Chang-Soon Koh

*The Physical culture Research Institute, College of Medicine
Seoul National University*

To evaluate training effect, the step exercise was loaded to three mem for nine weeks. Step score, cardiopulmonary functions and blood constituents were measured before, during and after the test exercise (50 cm-step exercise and treadmill running), and were compared with the pre-training values.

The results were as follows:

- 1) By the training, Harvard step score increased remarkably, expecially in the early stage of training.
- 2) The post-training values of maximal oxygen uptake increased very significantly and it seemed to be due to increases of stroke volume and tissue oxygen extraction.
- 3) After the training, the degree of increase in expired volume was small during the treadmill exercise.
- 4) By the training, increasing rate of respiratory quotient lessened during the exercise and it was considered to be caused by the decreases of carbohydrate consumption and anaerobic metabolism.
- 5) The blood cholesterol concentrations were hardly changed with this degree of training.
- 6) The blood lactate level decreased during the recovery periods and the values of the recovery 0 and 5 minutes decreased remarkably, in comparison with the pre-trained values.

The above results suggest that the 9 week-training of the step exercise brings about the enhancement of circulatory functions and tissue oxygen utilization, and changes of food-stuffs used during the exercise.

Key Words: Physical training, Oxygen uptake, Respiratory quotient, Lactic acid

*서울대학교 의과대학 생리학교실

**서울대학교 의과대학 간호학과

***서울대학교 의과대학 내과학교실

이 논문은 1986년도 문교부 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.

서 론

신체 운동시에는 대사가 항진되고, 이를 뒷받침하

실 험 방 법

기 위해 여러가지 생리적 변화와 조절이 일어난다(Astrand & Rodahl, 1977). 심박출량과 동맥압이 상승하며(Ludbrook, 1983), 혈관저항에 변화가 생겨 운동을 하는 근육으로 혈류량이 증가하게 된다(Scott et al., 1970). 또 대사에 필요한 산소를 많이 섭취하고 대사의 결과로 생긴 이산화탄소를 배출하기 위해 호흡운동도 왕성해 진다(Shephard, 1982). 또한 운동에 의해 부신 수질과 피질의 호르몬 분비가 증가하므로 탄수화물, 지방의 동원과 이용이 늘어나게 된다(McArdle et al., 1981). 운동이 끝나면 항진되었던 기능들이 원래의 안정상태로 되돌아가는 회복(recovery)이 일어나는데 그 속도는 부하하는 운동의 정도에 따라 결정되며 운동자의 체력 단련 정도에 의해서도 영향을 받는다(Lamb, 1978).

어느 수준 이상의 운동을 규칙적으로 반복하면 생리적 기능의 변화가 생기는데 이러한 현상을 단련효과(training effect)라 한다. 단련효과는 신체 전반에 걸쳐 일어나는바 특히 순환계, 호흡계, 대사계에서 뚜렷한데 안정시 기능에 변화가 생기고 같은 정도의 운동을 부하했을 때의 반응도 변화하며 수행할 수 있는 최대운동량도 항진된다(Lamb, 1978). 이러한 신체 단련효과는 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(Åstrand & Rodahl, 1977). 다른 집단 사이의 비교를 통한 연구는 단련효과 이외에 체격, 소질등 집단에 내재된 차이를 배제하기 어려우므로 신체 단련효과 자체를 알아 보기 위해서는 후자의 종적 방법이 더욱 타당한 것으로 생각되나 그러한 연구(Hwang, 1986 b)가 많지 못한 형편이다.

저자는 특수한 시설이나 장비가 없어도 간단히 수행할 수 있는 계단운동의 신체 단련효과에 관한 지견을 얻기 위해 연구를 시행하였다. 건강하고 특수한 훈련을 받은 경력이 없는 청년 남자를 대상으로 하여 9주동안 규칙적으로 계단운동을 시켰다. 그리고 계단운동 회복기의 심박수, 트레드밀 달리기 운동시의 심폐기능, 운동에 따른 혈액내 콜레스테롤 및 젖산 농도의 변화 등 생리적 변수를 측정, 단련 전후의 값을 비교하여 유의한 차이를 발견하였기에 그 결과를 본 논문에 보고하는 것이다.

1. 신체 단련

건강한 남자 3명(표 1)에게 9주 동안 토요일 오후와 공휴일은 제외하고 매일 오전 오후 각 1회씩 신체 단련 운동을 실시하였다. 매회당 5분씩, 50 cm 높이의 계단을 분당 30회씩 오르내리는 운동을 시행하였다. 단련 기간동안 그밖의 신체적 훈련은 가능한 한 제한하였다.

2. 단련 효과 측정

1) 계단운동 점수(Harvard step score) : 50 cm 높이의 계단을 분당 30회씩 오르내리는 운동을 5분간 한 후 회복기 5분까지의 심박수를 요골동맥 측정법으로 측정하여 다음의 식으로 점수를 계산하였다.

점수 = 운동시간(분) × 60(초) × 100 / (1분 심박수 + 2분 심박수 + 3분 심박수)

2) 트레드밀 달리기 운동시의 심폐기능 : 점증적

Table 1. Physical characteristics of subjects

Subject No.	Age (yr)	Height (cm)	Body weight (kg)	
			B	A
1	19.3	163.4	61	58
2	17.8	171.2	57	55
3	35.2	166.4	65	63

B : Before training

A : After training

Table 2. Bruce protocol for treadmill exercise test

Stage	Speed (mph)	Grade (%)	Duration (min)	Total time elapsed (min)
1	1.7	10	3	3
2	2.5	12	3	6
3	3.4	14	3	9
4	4.2	16	3	12
5	5.0	18	3	15

인 동적 운동을 부하하기 위해 트레드밀 (Tatebe DC 203)을 사용하였다. 최대운동 (maximal work)을 부하하기 위하여 Bruce씨 방법 (Bruce et al., 1974, 표 2)을 사용하였으며 최대하운동 (submaximal work)을 부하하기 위하여는 Bruce씨 방법 중 제3기를 3분간 시행하였다. ECG Exercise Test System (Sanei ETS-1000), Aerobics Processor (Sanei 390), Signal Conditioner (Sanei 4102)를 사용하여 운동시의 산소섭취량 (\dot{V}_{O_2}), 호흡상 (RQ), 호기량 (\dot{V}_E), 심박수, 체중당 산소섭취량 (oxygen uptake per weight, OPW), 맥박당 산소섭취량 (oxygen uptake per heart beat, OPH) 등을 지속적으로 기록하였다.

모든 계측을 하기 전에 20분 내지 60분간 휴식을 취한 후 운동을 실시하였다.

3) **혈중 콜레스테롤 및 젖산 농도** : 트레드밀 달리기 운동전 안정시와 최대하 운동후 회복기 0.5, 20, 60분에 전주정맥에서 채혈하여 혈액 중의 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 젖산 농도를 측정하였다. 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤은 Kainos제의 DR-2210, DR-2100 키트로 각각 측정하였고 젖산 농도는 Barker와 Summerson 방법으로 측정하였다. 음식물 섭취에 의한 영향을 배제하기 위하여 적어도 4시간의 공복기간을 가진 후 실험을 행하였다.

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

실 험 성 적

1. 계단운동 점수 (표 3)

계단운동 후 회복기에 심박수가 안정시의 값으로

돌아오는 속도는 신체 단련을 쌓아가면서 점차 빨라졌으며 따라서 심박수의 역수로 표현되는 운동 점수도 점차 증가하였다.

이러한 효과는 단련을 시작한 초기에 가장 뚜렷하였으며 단련 말기에도 지속적인 증가를 나타내지만 뚜렷하지는 않았다. 9주간의 단련으로 피검자 모두에서 22.0~22.7%의 증가를 나타내었으며 평균 24.0% 증가하였다.

2. 트레드밀 달리기 운동시의 심폐기능 (표 4)

1) **산소 섭취량 (\dot{V}_{O_2} , OPW, OPH)** : 최대 산소섭취량 (\dot{V}_{O_2} max)은 피검자 1에서 단련전 3625 ml로 부터 9주 단련후 4110 ml로 13.4% 증가였고 피검자 2에서는 단련전후 3373 ml, 4031 ml로 19.5%, 피검자 3에서는 3171 ml, 3715 ml 17.2% 증가하였다. 체중당 최대 산소섭취량 (maximal OPW)을 보면 피검자 1에서 19.4%, 2에서 23.8%, 3에서 20.9% 증가하여 계단운동 점수 증가 정도와 거의 비슷한 양상을 보였다. 맥박당 최대 산소섭취량 (maximal OPH)도 피검자 1에서 10.6%, 2에서 26.7%, 3에서 12.2%의 증가를 나타내었다. 평균치를 보면 \dot{V}_{O_2} max가 16.6% 증가 ($p < 0.01$), max OPW가 21.3% 증가 ($p < 0.01$) 하였다. max OPH도 16.4% 증가하였으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 단련으로 인한 이러한 산소섭취량의 증가는 운동 부하 후반기에 더욱 뚜렷하였다.

2) **호흡상 (RQ)** : 호흡상은 운동 시작후 2분경에 최저값으로 떨어졌다가 시간이 경과하고 운동량이 많아짐에 따라 점차 증가하는 양상을 보였다. 이 현상은 단련 전후에 공통이었지만 단련에 의해 운동 전

Table 3. Harvard step score

	Day training						
	1	11	22	32	43	52	62
Score	73.6	79.2 ***	82.5**	85.4*	87.6*	89.7	91.3

Significantly different from the value of the previous test : * $P < 0.05$, ** $P < 0.025$, *** $P < 0.01$ (paired t-test)

day : the day from the beginning of the training

exercise : 50cm-step exercise at 30 times per min for 5 min

score : exercise duration (sec) \times 100 / (1st min HR + 2nd min HR + 3rd min HR)

Table 4. Effect of physical training on the cardiopulmonary function during the treadmill running exercise

Time (min)	$\dot{V}O_2$ (ml)		RQ (%)		\dot{V}_E (l)		HR (beat/min)		OPW (ml/kg)		OPH (ml/beat)	
	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A
Rest	283	276	79	83	6	6	68	67	4.6	4.7	4.2	4.1
1	900	730	73	79	13	9	97	99	15.1	12.4	9.4	7.5
2	1538	1491	66	63	17	13	99	100	25.2	26.1	15.7	14.9
3	1575	1479	71	67	17	14	100	100	26.0	25.2	16.0	15.0
4	1744	1826	75	67**	19	16	114	113	29.0	31.3	15.6	16.3
5	1986	2043	74	70	21	18	121	117	33.1	35.3	16.6	17.8
6	2040	2001	79	73	22	19	134	127	33.4	34.1	15.6	16.1
7	2335	2418	81	73	25	22	148	144	38.3	41.2	16.1	17.1
8	2653	2736	86	76	29	25	154	148	43.4	47.0	17.4	18.9*
9	2667	2784	90	78*	31	26	159	154	44.0	48.1	17.0	18.4
10	2949	3189	95	82**	37	31	169	164	48.3	54.4	17.8	19.9
11	3137	3601***	100	90	41	37	178	173	52.0	62.0**	17.7	21.0*
12	3204	3583	107	93	45	40	183	178	53.1	61.3*	17.6	20.2*
13	3499 (n=2)	3859 (n=3)	102	93	48	44	185	183	59.3	66.1	19.0	21.1
14	3623 (n=1)	4071 (n=2)	96	93	53	47	182	180	59.4	72.1	19.9	22.7
15	3425 (n=1)	4073 (n=1)	100	97	55	49	185	183	56.1	70.2	18.5	22.3
Maximal value	3390	3952***							55.8	67.7***	18.8	21.9

n=3

significantly different from the pre-trained value : * P < 0.05, ** P < 0.025, *** P < 0.01 (paired t-test)

B : Before training, A: After training

time : min from the beginning of the treadmill running

exercise : treadmill running by Bruce protocol

RQ : respiratory quotient

HR : heart rate

OPH : oxygen uptake per heart beat for 1 min

$\dot{V}O_2$: oxygen uptake for 1 min

\dot{V}_E : expired air volume for 1 min

OPW : oxygen uptake per weight for 1 min

시간대에 걸쳐 그 증가 정도가 작아졌다.

3) 호기량(\dot{V}_E)과 심박수 : 신체 단련 전후 모두 운동시간이 길어지고 운동량이 많아짐에 따라 호기량이 늘어났다. 통계적으로 유의한 차이는 아니었지만 9주간의 단련으로 운동시 전 시간에 걸쳐 호기량이 감소하였다. 호기량과 마찬가지로 운동시의 심박수 증가 정도도 단련에 의해 감소하였다.

3. 최대하운동 전후의 혈중 콜레스테롤 및 젖산 농도

최대하운동을 부하하기 위하여 트레드밀 달리기 운동을 실시하였는데 Bruce씨 방법의 제3기, 즉 3.4 mph 속도와 14% 경사의 운동을 3분동안 부하하였다. 이 운동에 의해 나타난 피검자의 산소섭취량과 심박수의 변화는 표 5와 같다. 즉 산소섭취량이

나 심박수가 단련전에는 최대값의 82% 가량이었고 단련후에는 약 68%이었다. 같은 정도의 운동을 부하하였을 때 산소섭취량의 절대값은 변하지 않았고 단지 심박수만 뚜렷이 감소한 것을 볼 수 있다.

1) **혈중 총 콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤 농도** (표 6) : 운동후 회복기의 값은 운동 5분후에 최고값

Table 5. Physiological responses during the sub-maximal treadmill running

Time (min)	$\dot{V}O_2$ (ml)		HR (beat/min)	
	B	A	B	A
1	1252	1203	120	103
2	2617	2582	146	123*
3	2756	2685	147	128*
% max	81.7	68.2*	81.8	68.9*

n=3

significantly different from the pretrained value : * P < 0.05

exercise : treadmill running, Bruce protocol stage 3 for 3 min

을 보이며 이후 시간이 지남에 따라 회복되었는데 단련 전후에 같은 양상을 보였다. 각 시간대의 값을 비교하면 단련 전후에 거의 차이가 없었다. 또 총 콜레스테롤 양에서 HDL-콜레스테롤 양이 차지하는 비율도 단련 전후 모든 시간대에서 거의 변화가 없었다.

2) **혈중 젖산 농도**(표 7) : 공복 안정시의 혈중 젖산 농도는 단련전 9.1 mg%, 단련후 8.9 mg%로 차이가 없었다. 단련에 관계없이 운동 직후에 젖산 농도가 5배 이상 증가하여 5분에 최고값을 보이다가 점차 감소하였는데 단련에 의해 증가하는 정도가 작아졌고 특히 운동직후와 회복기 5분에서는 매우 뚜렷한 차이를 나타내었다.

고 찰

매일 2회 5분씩 분당 30번의 계단 오르내리기 운동은 단련이 안된 일반인에게는 상당히 심한 운동으로 피검자들이 처음에는 요구하는 운동 속도를 따르기가 무척 힘들었으나 1주일 가량 지나면서는 요구

Table 6. Effect of physical training on the blood cholesterol concentration in the resting and recovery phases after the exercise (mg%)

	Rest		Recovery period (min)							
			0		5		20		60	
	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A
Total	131	135	137	144	143	146	135	140	133	135
HDL	50	51	54	54	56	57	52	53	48	51

n=3

exercise : treadmill running, Bruce protocol stage 3 for 3 min.

Table 7. Effect of physical training on the blood lactate level (mg%) in the resting and recovery phases after the exercise

Rest		Recovery period (min)							
		0		5		20		60	
B	A	B	A	B	A	B	A	B	A
9.1	8.9	71.0	45.4*	78.7	52.1*	45.9	30.5	20.6	13.4

n=3

significantly different from the pre-trained values : * P < 0.05

exercise : treadmill running, Bruce protocol stage 3 for 3 min

운동량을 무난히 수행할 수 있었다.

낙오자 없이 9주 동안 단련을 시행하면서 약 10일 간격으로 계단운동을 부하한 후의 심박수를 측정할 것을 실험성적에서 보였다. 회복기의 심박수로 계산한 계단운동 점수는 단련에 의해 점차 증가하였는데 그 효과는 단련 초기에 가장 뚜렷하였으며 단련말기로 갈수록 증가 정도는 작아져 9주경에는 그 효과가 거의 포화 수준(Hwang, 1986a)에 이르렀다. 따라서 더 이상의 심폐기능 향진을 위해서는 강도가 더 큰 신체운동이 필요할 것으로 생각된다.

단련에 의해 최대산소섭취량은 약 17%, 체중당 최대산소섭취량(max OPW)은 21% 가량 증가하였는데 통계적으로도 유의한 증가이었다. 그리고 이 값은 계단운동 점수의 증가값과 거의 비슷한 것으로 계단운동 점수는 체력과 단련의 정도를 평가할 수 있는(Shephard, 1982) 지표가 될 수 있겠다. 맥박당 최대산소섭취량(max OPH)도 통계적으로 유의하지는 않았지만 16% 정도 증가한 것으로 보아 산소섭취량 증가는 박동량(stroke volume)이나 조직의 산소 추출(O₂ extraction)의 증가로 해석할 수 있겠다(Clausen, 1976; Ekblom, 1969).

통계적으로 유의한 차이는 아니었지만 9주간의 단련으로 운동시 전 시간에 걸쳐 호기량이 감소하였는데 이것을 보아도 산소섭취량 증가는 호흡기능의 변화보다는 순환기능의 향상이나 조직의 산소 이용 증가에 기인한 것으로(Casaburi et al., 1978) 해석할 수 있겠다.

운동시 근육 조직이 사용하는 열량원에 대해서는 많은 연구가 진행되어 왔다(Ahlborg et al., 1974). 대체적으로 많은 연구자가 인정하는 지견으로는 경한 운동을 하는 경우에는 주로 지방을 사용하며(Gollnick et al., 1974) 운동이 격렬할수록 탄수화물 사용의 비중이 커진다는 것이다(Pruett, 1970). 본 실험에서는 수축하는 근육이 사용하는 열량원을 직접 알아볼 수는 없었고 운동에 의해 호흡상이 어떻게 변화하며 그러한 모습이 단련에 의해 어떤 영향을 받는지를 관찰하였다. 호흡상은 운동 시작후 2분경에 최저값으로 떨어졌다가 운동량이 커짐에 따라 점차 증가하는 양상을 보였는데 이러한 현상은 단련 전후에 공통이었다. 이것은 운동량이 커짐에 따라 탄수화물 사용의 정도가 많아지고 무기성 대사가 증가

함을 시사한다고 하겠다. 단련 후에도 이같은 양상은 마찬가지로였지만 호흡상의 증가 정도가 작았는데 이는 단련에 의해 탄수화물 사용이 줄어들고(Ahlborg et al., 1974), 특히 무기성 대사가 줄어드는 대신 상대적으로 유기성 대사가 늘어나는 것을(Ekblom, 1969) 나타내는 현상이라고 볼 수 있겠다. 탄수화물사용이 상대적으로 감소하는 데에는 여러가지 호르몬들이 관여하겠지만 이 실험을 통해서만 그 자세한 내용을 알 수 없겠다.

같은 정도의 최대하운동을 부하했을 때 나타나는 반응을 보면 단련에 의해 심박수가 뚜렷이 감소하였다. 단련으로 산소섭취량의 절대값은 거의 변하지 않았으나 최대섭취량에 대한 상대적 비율은 뚜렷이 감소한 것으로 보아 같은 정도의 운동을 부하했을 때 훨씬 수월하게 운동을 행할 수 있는 것을(Lamb, 1978) 관찰할 수 있다.

이러한 최대하운동 전후의 혈중 콜레스테롤 농도를 보면 단련 전후 모두 운동후 회복기 5분에 최대값을 보였으나 뚜렷한 증가는 아니었고 단련전과 후를 비교하여도 거의 차이가 없었다. 따라서 이 정도의 단련 운동으로는 총 콜레스테롤 양이 감소(Mann et al., 1969)하지 않으며 또한 HDL-콜레스테롤/총 콜레스테롤 비(Lopez et al., 1974)에도 거의 변화가 없었다.

중등도 이상의 운동에서는 대사상의 요구를 순환계, 호흡계가 충분히 공급해 주지 못하므로 젖산이 발생하는 것으로 알려져 있다(Karlsson, 1971). 따라서 혈중의 젖산농도는 운동 수행 능력을 판단할 수 있는 좋은 지표의 하나로 주목되고 있는데 같은 정도의 운동을 부하한 경우 회복기 각 시간대에서 단련후 값이 공히 작은 것을 볼 수 있고, 특히 회복 직후와 5분에서는 유의하게 차이가 나는 것으로 보아 단련효과가 혈액화학상에도 나타난 것으로 생각되었다.

결 론

계단운동의 신체 단련효과를 측정하기 위하여 남자 청년 3명에게 9주동안 규칙적으로 계단운동을 시킨 후 계단운동점수, 심폐기능, 혈액화학적 변화를 관찰, 단련전과 비교하여 다음의 결과를 얻었다.

효과를 검사하기 위해 부하한 운동은 50 cm-계단 운동과 트레드밀 달리기운동이었다.

1) 계단운동점수는 단련에 의해 증가하였는데 그 효과는 단련 초기에 가장 뚜렷하였다.

2) 단련으로 최대산소섭취량이 매우 유의하게 증가하였으며 그것은 박동량과 조직의 산소 추출이 늘어난 데 기인한 것으로 생각되었다.

3) 통계적으로 유의하지는 않았으나 단련에 의해 트레드밀 운동시 호기량 증가의 정도가 줄어들었다.

4) 운동시 생기는 호흡상의 증가 정도는 단련으로 줄어들었는데 탄수화물 사용과 무기성 대사의 감소에 기인한 것으로 생각되었다.

5) 혈중 콜레스테롤 농도는 이 정도의 단련에 의해서는 거의 변화가 없었다.

6) 단련후의 혈중 젖산 농도는 단련전에 비해 운동후 회복기에 대체로 감소하였고 회복 즉시와 5분 값의 감소는 매우 뚜렷하였다.

이상의 결과로 보아 9주동안의 규칙적인 계단운동으로 심장기능과 조직의 산소 이용능력이 향상되며 운동시 사용하는 열량원에도 변화가 생긴다고 할 수 있겠다.

Acknowledgement

실험실 시설을 이용하도록 배려해 주신 코오롱스포츠 스포츠클리닉 김철준 선생님과 젖산 측정에도 도움을 주신 한양대의 임상병리학교실 한규삼 선생님께 깊은 감사를 드립니다.

REFERENCES

- Ahlborg G, Felig P, Hagenfeldt L, Hendler R & Wahren J (1974). Substrate turnover during prolonged exercise in man. *J Clin Invest* 53, 1080-1090
- Åstrand PO & Rodahl K (1977). *Textbook of Work Physiology*, McGraw-Hill Co, New York, p 3-8
- Bruce RA, Gey GO, Cooper MN, Fisher LD & Peterson DR (1974). Initial clinical, circulatory and electrocardiographic responses to maximal exercise. *Am J Cardiol* 33, 459-469
- Casaburi R, Whipp BJ, Wasserman K & Koyal S (1978). Ventilatory and gas exchange responses to cycling with sinusoidally varying pedal rate. *J Appl Physiol* 44, 97-103
- Clausen JP (1976). Circulatory adjustments to dynamic exercise and effect of physical training in normal subjects and in patients with coronary disease. *Progr Cardiovasc Dis* 18, 459
- Eklblom B (1969). Effect of physical training on oxygen transport system in man. *Acta Physiol Scand Suppl* 328, 9-45
- Gollnick PD, Piehl K & Saltin B (1974). Selective glyco-gen depletion pattern in human muscle fibers after exercise of varying intensity and at varying pedaling rates. *J Physiol* 241, 45-57
- Hwang SI (1986a). Effect of rope-skipping exercise on the enhancement of cardiopulmonary function. *Kor J Physiol* 20, 79-88(in Korean)
- Hwang SI (1986b). Changes of body fat contents, cardiopulmonary functions and some blood constituents by long-term physical training. *Kor J Physiol* 20, 279-288(in Korean)
- Karlsson J (1971). 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, 7-72
- Lamb DR (1978). *Physiology of Exercise*. Macmillan Pub Co, New York, p 197-226
- Lopez A, Vial R, Balart L & Arroyave G (1974). Effect of exercise and physical fitness on serum lipids and lipoproteins. *Atherosclerosis* 20, 1
- Ludbrook J (1983). Reflex control of blood pressure during exercise. *Ann Rev Physiol* 45, 155-168
- Mann GV, Garrett LM, Farlie A, Murray H & Billings FT (1969). Exercise to prevent coronary heart disease. *Am J Med* 46, 12-27
- McArdle WD, Katch FI & Katch VL (1981). *Exercise Physiology*. Lead & Febiger, p 4-23
- Pruett EDR (1970). Glucose and insulin during prolonged work stress in men living on different diets. *J Appl Physiol* 28, 199-208
- Scott JB, Rudko M, Radawski D & Haddy FJ (1970). Role of osmolarity, K⁺, H⁺, Mg⁺⁺, and O₂ in local blood flow regulation. *Am J Physiol* 218, 338-345
- Shephard RJ (1982). *Physiology and Biochemistry of Exercise*. Praeger, New York, p 138-141