

운동부하 및 각종 신체조건이 혈압 및 ECG에 미치는 영향(제 1보)*

계명대학교 의과대학 생리학교실

김상표* · 남상욱* · 최경돈* · 최요한*
최현욱* · 현정애* · 박원균 · 채의업

=Abstract=

Effect of Exercise and Changes of Physical Condition on the Blood Pressure and E.C.G. (I)

Sang Pyo Kim, Sang Uk Nam
Kyeong Don Choi, Yo Han Choi
Hun Yook Choi, Chung Ye Hyeon
Won Kyun Park and E Up Chae

*Department of Physiology
Keimyung University School of Medicine*

We studied this experiment to compare the effects of blood circulatory system to exercise and changes of various physical conditions i.e., postural change, finger ergometry, Flack test, cold pressor test and bicycle ergometry. We had sixty healthy college students. Their mean \pm SD values of physical characteristics were as follows: age; 22.0 ± 1.37 , weight; male 61.7 ± 5.06 kg, female 46.2 ± 7.47 kg. We observed the changes on blood pressure (B.P.) and E.C.G. and compared each changes with references.

In change of body position from sitting to supine position, decreased diastolic B.P. and increased pulse pressure were observed.

In the finger ergometry, systolic B.P. was increased. There were no significant changes in the diastolic B.P. and heart rate.

In the Flack test, there were increased systolic B.P. and bradycardia. During the cold pressor test, heart rate was increased. After the cold pressor test, B.P. and heart rate were decreased comparing to control. Amplitude of T wave was increased.

In the bicycle ergometry, immediately after exercise the heart rate and systolic B.P. were increased, and diastolic B.P. was decreased. There were shortening of the P-R intervals and decreased Q-T intervals.

The S-T segment was depressed after the bicycle ergometry in the lead II and aVF, however the elevated S-T segment in lead II and aVF after postural change, finger ergometry, Flack test and cold pressor test was obtained.

In the bicycle ergometry, the depressed S-T segment was analyzed by so called S-T vector.

* 본 논문은 1982년도 계명대학교 동산의료원 임상연구 보조비로 이루어졌음.
* 생리학 학생 교설원

This finding was indicated left ventricular local ischemia but the reason of the elevated S-T segment in the relatively mild stress other than this were still obscure.

서 론

운동부하 및 각종 신체조건에 따라 순환계의 상태는 변하게 되고 생체는 자율적 조절작용에 의하여 이 변화에 적응하게 된다. 교감신경은 맥관계에 분포하여 혈관의 수축에 작용하며 심장에서는 심박수 및 수축력을 증가시킨다. 부교감신경은 일반적으로 혈관에 있어서는 작용이 미약하나 심박수의 조절에 있어서 매우 중요한 역할을 한다.¹⁾²⁾³⁾⁴⁾ 동맥혈압의 조절은 단기조절기전과 장기조절기전이 있으며 장기조절기전은 신장—췌액—압력 조절기전으로서 stress 하의 순간적인 혈압변화에 대한 조절작용은 미약하다. 그러나 신경계의 단기조절은 상태의 변화에 따른 적응 현상으로서 매우 빨리 강하게 나타나지만 곧 사라진다. 단기조절에는 압력수용체, 화학수용체 및 중추신경 국소면혈기전이 있는데 혈관 수축작용은 중추신경 국소면혈기전이 가장 강하다고 할 수 있다. 그러나 이 기전은 혈압이 50mm Hg 이하에서 비로소 작용이 나타나기 시작하고 15~20mmHg에서 그 작용이 가장 강하다고 한다. 또한 화학수용체는 혈액의 산소분압, 이산화탄소분압, pH에 의해 주로 작용하나 이러한 요소에 이상이 없는 한 정상 혈압의 범위내에서는 작용이 미약하며 혈압이 60mmHg⁵⁾ 혹은 80mmHg 이하¹⁾에서 작용이 나타난다고 한다. 따라서 정상인에 있어서는 압력수용체에 의한 반응이 주로 나타난다고 할 수 있다. 압력수용체는 대동맥궁(aortic arch)과 경동맥동(carotid sinus)에 주로 분포하며 각각은 연수의 혈관운동중추로 연결된다.¹⁾²⁾³⁾

국소혈액순환에는 압력차, 혈액첨성도, 말초혈관의 길이 및 직경이 중요한 요인인데 직경을 제외한 다른 것은 거의 일정하므로 직경이 가장 중요한 요소가 된다.¹⁾⁴⁾

조직에서의 순환량은 산소분압, 대사물질, 소위 혈관 평활근 자동조절반사²⁾, 그리고 자율신경계를 포함하는 중추신경계에 의해 조절된다. 대체로 수의적 근육운동에 있어서 국소 순환계와 중추 신경계는 혈류량을 증가시키는 방향으로 작용하게 된다.¹⁾⁴⁾

우리는 좌위, 체위변화(양와위), 수지 굴신운동, Flack test, cold pressor test, 자전거 주행운동을 통해 단기조절기전에 의한 생체의 적응도를 관찰하였으며 각 상태에서 심전도를 기록하여 각종 stress

에 대한 혈압 및 심장상태의 반응을 비교 관찰하여 보았다.

재료 및 방법

실험은 건강한 대학생 60명을 대상으로 하였다 (남자 39명, 여자 21명, 연령 : 22.0 ± 1.4 (S.D.)세, 신장 : 173.5 ± 4.58 cm(남), 160.2 ± 2.96 cm(여), 체중 : 61.7 ± 5.06 kg(남), 46.2 ± 7.47 kg(여)).

좌위에서 5분이상 충분한 휴식을 취하게 한 후 혈압 및 심전도를 기록하여 대조군으로 삼았다. 혈압은 청진법으로 측정하였고 심전도는 일본 Fukuda Denshi 사 FJC-7110형의 심전도계를 사용하여 분시심박수, P, R, T파의 파고, S-T segment, 평균 QRS전기축, QRS파군폭, P-Q간격, Q-T간격 등을 표준지 유도 및 증대지 유도로 계산하였다. S-T segment의 변화는 상승과 하강으로 나누고 그 정도는 의의를 둘 수 있다고 생각하는 1.0~1.9 mm를 class I, 2mm 이상을 class II로 하여 각각 전체 실험대상자에 대한 그 출현 백분율로 표시하였다. 각 실험은 앞 실험에 의한 영향을 없애기 위해 충분한 휴식을 취한 다음 실시하였고 기록은 실험을 마친 즉시와 3분, 5분 경과시에 기록하여 변화정도와 회복도를 보았다. 단 cold pressor test에서는 스트레스부하 중 1분, 2분에도 측정하였다.

체위변화는 대조치료로서 먼저 좌위를 측정한 후 양와위 상태에서 10분 이상 휴식을 취하게 한 후 1회 측정하였다.

수지 굴신운동은 우측 전박을 Ergometer에 고정시킨 후 남자는 1분간, 여자는 40초간 최대 노력으로 1kg 하중의 중지(中指) 굴신운동을 시켰다.

Flack test는 앉은 상태에서 깊이 숨을 들이쉬게 한 후 남자는 수온주를 40mmHg 여자는 30mmHg 까지 불어 올려서 30초간 유지시켰다.

Cold pressor test는 4~5°C의 빙수를 용기에 담아 우측 손을 담근 상태에서 1분, 2분에 측정하고 3분에 손을 빙수 밖으로 들어내어 즉시, 3분, 5분에 같은 방법으로 측정하였다. 이때 혈압측정은 좌측팔에서 실시하였다.

자전거 주행운동은 Slender 사 VX20형을 사용하여 제자리 주행운동을 1분간 실시하고 주행속도는 남자는 30MPH, 여자는 20MPH로 하고 Breaking

power 를 고찰하여 자전거 주행에 적당한 저항을 부가하였다. 이때의 운동량은 O_2 섭취량이 $2.1 \sim 2.3 l/min/man$ 혹은 $11 \sim 13 Kcal/min/man$ 정도가 된다.³⁰

다. 수축기 혈압은 전체군에서 운동 직후 $125.5 \pm 1.53 mmHg$ 로 증가하였다가 그 후는 유의($p < 0.01$)하게 감소함을 보였다. 확장기 혈압은 운동 후 대체로 유의한 변화가 없었으나 남자군은 5분 후에서 $73.7 \pm 1.16 mmHg$ 로 유의한 감소($p < 0.01$)를 보였

Table 1. Changes of heart rate (H.R.) and blood pressure (B.P.) in the supine position ($M \pm SE$)

		Control			Supine		
		Male	Female	Total	Male	Female	Total
H.R.	/min	76.0 ± 1.52	82.6 ± 2.97	78.3 ± 1.47	72.8 ± 1.37	79.0 ± 2.95	75.0 ± 1.42
B.P. (mmHg)	Systolic	124.8 ± 1.69	118.5 ± 2.01	122.6 ± 1.36	123.0 ± 1.81	118.3 ± 2.16	121.4 ± 1.44
	Diastolic	77.8 ± 1.01	76.2 ± 1.23	77.3 ± 0.80	73.0 ± 1.13	75.6 ± 1.78	73.9 ± 0.98

* Significance: $p < 0.01$

Male n=39

Female n=21

Total n=60

결 과

1. 체위 변화(표 1)

양자위 상대에서의 분시심박수는 좌위에서 팔찰한 대조군에 비해 감소함을 보였으나 유의한 변화는 아니었다. 수축기 혈압은 거의 변화하지 않았다. 확장기 혈압은 남자군이 $73 \pm 1.13 mmHg$, 전체군이 $73.9 \pm 0.98 mmHg$ 로 유의한 감소를 보였다($p < 0.01$) (그림 1).

2. 손지 공진운동(표 2)

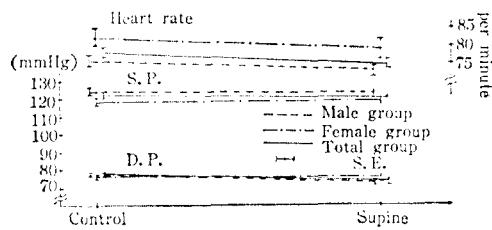


Fig. 1. Changes of heart rate, systolic blood pressure (S.P.) and diastolic blood pressure (D.P.) in the supine position.

Table 2. Changes of heart rate (H.R.) and blood pressure (B.P.) in the finger ergometry ($M \pm SE$)

Control			0 min			3 min			5 min			
	Male	Female	Total									
H.R. /min	76 ± 1.52	82.6 ± 2.97	98.3 ± 1.47	74.9 ± 1.57	78.7 ± 2.95	76.2 ± 1.87	73.4 ± 1.30	79.7 ± 2.42	75.6 ± 1.26	73.1 ± 1.35	80.2 ± 2.27	75.6 ± 1.26
B.P. Systolic	124.8 ± 1.69	118.5 ± 2.01	122.6 ± 1.36	128.5 ± 1.86	119.8 ± 2.20	125.5 ± 1.53	120.6 ± 1.54	115.7 ± 1.74	118.9 ± 1.21	117.8 ± 1.60	113.6 ± 1.63	116.3 ± 1.21
B.P. Diastolic (mmHg)	77.8 ± 1.01	76.2 ± 1.23	77.3 ± 0.8	77.8 ± 0.9	77.5 ± 1.85	77.7 ± 0.91	75.5 ± 1.12	77.8 ± 1.44	76.3 ± 0.90	73.7 ± 1.16	78.3 ± 1.34	75.6 ± 0.93

*Significance: $p < 0.05$

**Significance: $p < 0.01$

Male n=39

F. male n=21

Total n=60

분시심박수의 변화는 남자군, 전체군에서 대조군에 비해 계속 감소되어 있었고, 여자군은 운동 직후 약간 감소하였으나 점차 회복되는 경향을 보였

다(그림 2).

3. Flack test(표 3)

Flack test 직후 남자군, 전체군에서 분시심박수

Table 3. Changes of heart rate (H.R.), blood pressure (B.P.) and ECG findings in the Flack test (M \pm SE)

	Control		0 min		3 min		5 min	
	Male		Female		Male		Female	
	Total	Female	Total	Female	Total	Female	Total	Female
H. R. /min	76.0 \pm 1.52	82.6 \pm 2.97	78.3 \pm 1.47	70.6 \pm 1.56	83.1 \pm 2.88	74.7 \pm 1.56	71.9 \pm 1.53	76.0 \pm 2.41
B. P. (mmHg)	Systolic	121.8 \pm 1.69	118.5 \pm 2.01	122.6 \pm 1.36	132.4 \pm 2.20	121.7 \pm 2.43	129.0 \pm 1.78	116.2 \pm 1.13
	Diastolic	77.8 \pm 1.01	76.2 \pm 1.23	77.3 \pm 0.80	73.2 \pm 1.29	72.8 \pm 1.78	73.1 \pm 1.04	73.0 \pm 1.05
P-Q interval (sec)	0.154 \pm 0.0034	0.159 \pm 0.0067	0.156 \pm 0.0033	0.153 \pm 0.0042	0.155 \pm 0.0084	0.154 \pm 0.0040	0.154 \pm 0.0040	0.159 \pm 0.0090
Q-T interval (sec)	0.356 \pm 0.0017	0.354 \pm 0.0075	0.355 \pm 0.0040	0.358 \pm 0.0043	0.358 \pm 0.0066	0.360 \pm 0.0036	0.365 \pm 0.0015	0.366 \pm 0.0045
ECG R ₂ amplitude (mm)	12.21 \pm 0.50	11.93 \pm 0.72	12.11 \pm 0.42	12.66 \pm 0.51	11.20 \pm 0.75	12.15 \pm 0.43	12.62 \pm 0.55	11.37 \pm 0.65
T ₂ amplitude (mm)	4.11 \pm 0.20	2.91 \pm 0.23	3.60 \pm 0.17	4.18 \pm 0.20	3.01 \pm 0.27	3.77 \pm 0.18	4.38 \pm 0.18	3.37 \pm 0.26
Axis (°)	61.2 \pm 4.92	70.9 \pm 3.85	66.5 \pm 3.49	63.6 \pm 4.84	72.0 \pm 3.66	66.5 \pm 3.43	65.0 \pm 4.76	74.4 \pm 5.03

*Significance: p<0.05

**Significance: p<0.01

Male n=39

Female n=21

Total n=60

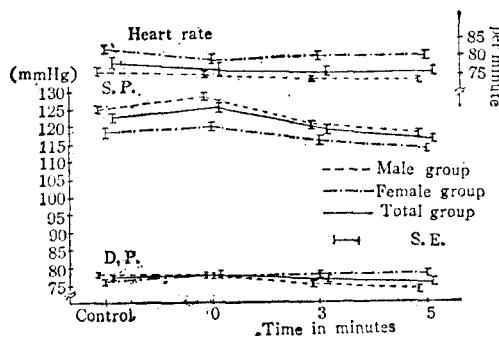


Fig. 2. Changes of heart rate, systolic blood pressure (S.P.) and diastolic blood pressure (D.P.) in the finger ergometry.

는 5분 후까지 계속 유의하게 감소($p<0.01$)되었다. 수축기혈압은 남자군, 전체군에서 직후에 132.4 ± 2.20 , 129.0 ± 1.78 mmHg로 유의하게 증가($p<0.01$)하였다. 그 3분, 5분 후에는 남, 여, 전체군에서 급격히 유의하게 감소되었다. 확장기혈압은 전체군에서 Flack test 직후 73.1 ± 1.04 mmHg로 유의하게 감소($p<0.01$)되었으며 그 후에도 감소한 상태를 유지하였다(그림 3). Q-T 간격은 3분, 5분 후에 약간

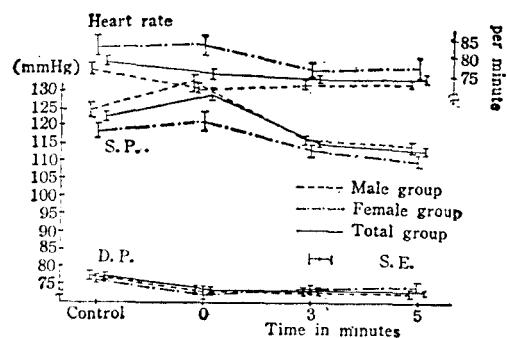


Fig. 3. Changes of heart rate, systolic blood pressure (S.P.) and diastolic blood pressure (D.P.) in the Flack test.

의 증가함을 보였고 T파고는 Flack test 후 절차로 증가되는 경향을 보였으나 유의한 변화는 아녔다(그림 4).

4. Cold pressor test(표 4)

여자군에서 분시심박수는 cold stress 하의 1분, 2분에서는 증가하였고 남자군에서는 거의 변화가 없었으나 손을 빙수 밖으로 넣 직후부터는 감소하여 남자군은 3분(69.3 ± 1.3), 5분(70.5 ± 1.2)에

Table 4. Changes of heart rate (H.R.), blood pressure (B.P.) and ECG findings in the cold pressor test

(M \pm SE)

			Control			During Exposure					
			Male	Female	Total	1 min			2 min		
H. R. /min		76.0 ± 1.52	82.6 ± 3.00	78.3 ± 1.47	Male	Female	Total	Male	Female	Total	
B. P. (mmHg)	Systolic	124.8 ± 1.70	118.5 ± 2.01	122.6 ± 1.40	—	—	—	—	—	—	
	Diastolic	77.8 ± 1.01	76.2 ± 1.23	77.3 ± 0.80	—	—	—	—	—	—	
P-Q interval (sec)		0.154 ± 0.0034	0.159 ± 0.0067	0.156 ± 0.0033	0.154 ± 0.0037	0.159 ± 0.0062	0.154 ± 0.0027	0.153 ± 0.0036	0.157 ± 0.0073	0.154 ± 0.0030	
Q-T interval (sec)		0.356 ± 0.0047	0.354 ± 0.0070	0.355 ± 0.0040	0.355 ± 0.0040	0.353 ± 0.0084	0.354 ± 0.0040	0.360 ± 0.0039	0.353 ± 0.0096	0.358 ± 0.0041	
ECG R ₂ amplitude (mm)		12.21 ± 0.50	11.93 ± 0.72	12.11 ± 0.42	13.09 ± 0.53	12.23 ± 0.82	12.78 ± 0.45	13.13 ± 0.51	11.88 ± 0.89	12.73 ± 0.45	
T ₂ amplitude (mm)		4.11 ± 0.20	2.91 ± 0.23	3.69 ± 0.17	4.88 ± 0.22	2.91 ± 0.23	4.20 ± 0.21	4.95 ± 0.18	2.94 ± 0.27	4.34 ± 0.20	
Axis (°)		64.2 ± 4.92	70.9 ± 3.85	66.5 ± 3.49	—	—	—	—	—	—	

		After Exposure								
		0 min			3 min			5 min		
		Male	Female	Total	Male	Female	Total	Male	Female	Total
H. R.	/min	72.4 ± 1.30	85.1 ± 2.90	76.9 ± 1.50	69.3 ** ± 1.30	79.4 ± 2.70	72.9 ± 1.40	70.5 ** ± 1.20	77.8 ± 2.90	73.1 ± 1.40
B. P. (mmHg)	Systolic	123.8 ± 1.40	118.9 ± 1.70	122.1 ± 1.20 ± 1.10	115.2 ** ± 1.10	113.0 ± 1.81	114.4 ** ± 0.94	114.2 ** ± 1.13	117.3 * ± 1.80	113.2 ** ± 0.98
	Diastolic	76.5 ± 1.31	75.7 ± 1.99	76.3 ± 1.10	73.4 ** ± 1.00	73.5 ± 1.89	73.6 ** ± 0.95	74.1 * ± 1.06	74.6 ± 1.60	74.2 ± 0.90
ECG	P-Q interval (sec)	0.158 ± 0.0038	0.160 ± 0.0072	0.158 ± 0.0035	0.158 ± 0.0040	0.155 ± 0.0059	0.158 ± 0.0033	0.158 ± 0.0043	0.161 ± 0.0066	0.159 ± 0.0037
	Q-T interval (sec)	0.359 ± 0.0040	0.355 ± 0.0072	0.358 ± 0.0037	0.364 ± 0.0040	0.367 ± 0.0071	0.365 ± 0.0036	0.364 ± 0.0041	0.366 ± 0.0070	0.365 ± 0.0036
	R ₂ amplitude (mm)	12.64 ± 0.50	11.35 ± 0.77	12.19 ± 0.43	12.44 ± 0.51	11.40 ± 0.76	12.08 ± 0.43	12.51 ± 0.52	11.39 ± 0.74	12.12 ± 0.43
	T ₂ amplitude (mm)	4.66 * ± 0.16	2.73 ± 0.22	3.99 ± 0.25	4.59 * ± 0.15	3.20 ± 0.27	4.10 ± 0.16	4.36 ± 0.20	3.49 ± 0.31	4.19 ± 0.16
	Axis (°)	64.1 ± 4.65	74.2 ± 4.20	67.6 ± 3.42	62.6 ± 4.67	71.6 ± 3.97	65.7 ± 3.48	63.9 ± 4.74	72.5 ± 2.95	66.9 ± 3.41

*Significance: p<0.05

**Significance: p<0.01

Male n=39

Female n=21

Total n=60

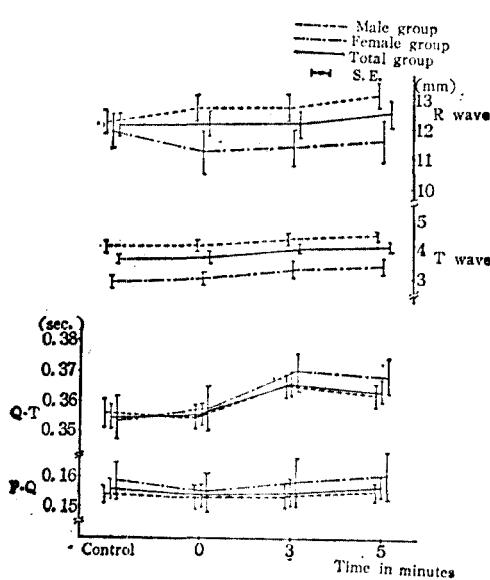


Fig. 4. Changes of R wave amplitude, T wave amplitude, P-Q interval and Q-T interval in the Flack test (Lead II).

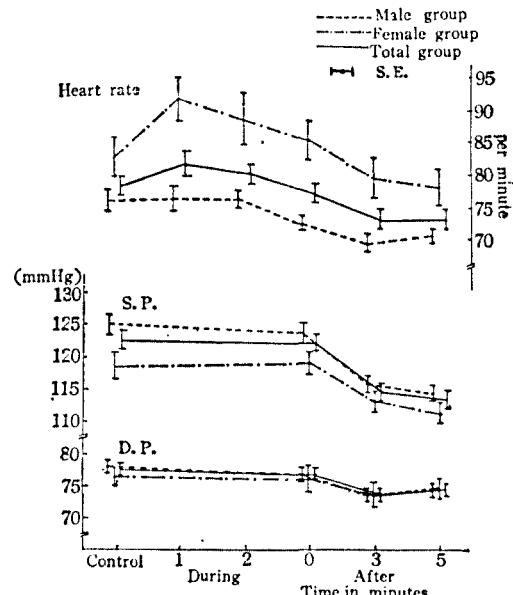


Fig. 5. Changes of heart rate, systolic blood pressure (S.P.) and diastolic blood pressure (D.P.) in the cold pressor test.

유의한 감소($p < 0.01$)를 나타내었다. 수축기 혈압은 남자군과 전체군에서 손을 빙수에서 끄면 직후에는 별 변화가 없었으나 3분(남: 115.2 ± 1.1 , 전체: 114.4 ± 0.94 mmHg)과 5분(남: 114.2 ± 1.13 , 전체: 113.2 ± 0.98 mmHg)에서는 유의한 감소($p < 0.05$)를 나타내었다(그림 5). 전체군의 Q-T 간격은 cold stress 하 1분, 2분 그리고 손을 빙수에서 끄면 직후에서는 별 변화가 없었으나 3분과 5분에서는 연장되었다. T파의 파고는 남자군에서 stress 하 1분, 2분에서는 유의하게 증가($p < 0.01$)하였으며 손을 빙수에서 끄면 후에는 회복되는 경향을 보였다(그림 6). 기타 심전도 소견은 큰 변화를 보이지 않았다.

5. 자전거 주행 운동(표 5)

주행운동 직후 분시심박수와 혈압은 급격히 상승되었다. 분시심박수는 운동 직후에(남: 138 ± 3.09 , 여: 105.6 ± 5.19 , 전체군: 126.7 ± 3.37) 매우 유의한 증가($p < 0.01$)를 보였다. 3분과 5분 후에는 남자군과 전체군에서는 계속 유의한 증가를 보였으나 여자군은 3분에서 이미 회복된 상태를 보았다. 수축기 혈압은 운동 직후에 남자군(156.6 ± 2.62 mmHg), 여자군(138.3 ± 2.26 mmHg), 전체군에서 유의한 증가($p < 0.01$)를 보였으며 그 후부터는 서서히 회복되는 경향을 보였으나 남자군에서는 5분 후에도 여전

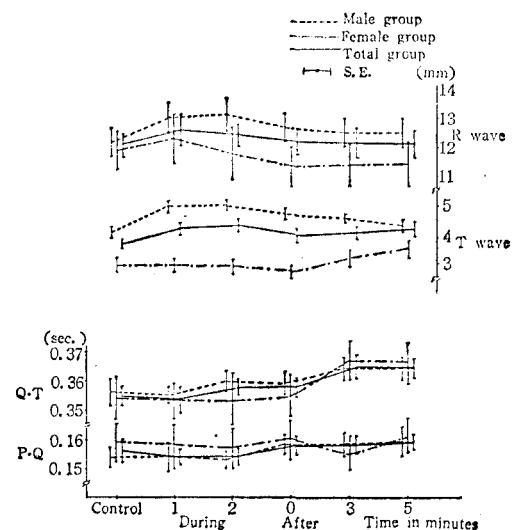


Fig. 6. Changes of R wave amplitude, T wave amplitude, P-Q interval and Q-T interval in the cold pressor test (Lead II).

로 비해 유의한 증가($p < 0.05$)를 보였다. 회강기 혈압은 남자군과 전체군에서 각각 63.0 ± 1.37 , 66.3 ± 1.26 mmHg, 3분 66.7 ± 1.28 , 69.7 ± 1.16 mmHg,

Table 5. Changes of heart rate (H.R.), blood pressure (B.P.) and ECG findings in the bicycle ergometry

(M \pm SE)

	Control			0 min		
	Male	Female	Total	Male	Female	Total
H.R. /min	76.0 ± 1.52	82.6 ± 2.97	78.3 ± 1.47	$138.0^{**} \pm 3.09$	$105.6^{**} \pm 5.19$	$126.7^{**} \pm 3.37$
B.P. (mmHg)	Systolic	124.8 ± 1.69	118.5 ± 2.01	122.6 ± 1.36	$156.6^{**} \pm 2.62$	$138.3^{**} \pm 2.26$
	Diastolic	77.8 ± 1.01	76.2 ± 1.23	77.3 ± 0.80	$62.9^{**} \pm 1.37$	72.4 ± 1.96
	P-Q interval (sec)	0.154 ± 0.0034	0.159 ± 0.0067	0.156 ± 0.0033	$0.135^{**} \pm 0.0035$	0.151 ± 0.0066
	Q-T interval (sec)	0.356 ± 0.0047	0.354 ± 0.0075	0.355 ± 0.0040	$0.277^{**} \pm 0.0057$	$0.314^{**} \pm 0.0097$
ECG	R ₂ amplitude (mm)	12.21 ± 0.50	11.93 ± 0.72	12.11 ± 0.42	$10.52^{*} \pm 0.58$	$9.27^{*} \pm 0.92$
	T ₂ amplitude (mm)	4.11 ± 0.20	2.91 ± 0.23	3.69 ± 0.17	$3.26^{**} \pm 0.20$	2.54 ± 0.19
	Axis (°)	64.2 ± 4.92	70.9 ± 3.85	66.5 ± 3.49	77.9 ± 6.32	75.7 ± 5.40
						77.1 ± 4.51

		3 min			5 min		
		Male	Female	Total	Male	Female	Total
H.R.	/min	99.0** \pm 2.69	81.9 \pm 3.31	93.0** \pm 2.35	94.2** \pm 2.40	83.5 \pm 3.42	90.5** \pm 2.07
B.P. (mmHg)	Systolic	142.2** \pm 2.35	122.0 \pm 1.61	135.1** \pm 2.05	130.7* \pm 2.21	117.0 \pm 1.84	125.9 \pm 1.78
	Diastolic	66.7** \pm 1.28	75.2 \pm 1.79	69.7** \pm 1.16	70.4** \pm 1.33	77.0 \pm 1.77	73.0** \pm 1.14
ECG	P-Q interval (sec)	0.150 \pm 0.0029	0.155 \pm 0.0074	0.152 \pm 0.0033	0.150 \pm 0.0037	0.156 \pm 0.0078	0.153 \pm 0.0036
	Q-T interval (sec)	0.341* \pm 0.0056	0.366 \pm 0.0067	0.350 \pm 0.0046	0.349 \pm 0.0056	0.362 \pm 0.0078	0.354 \pm 0.0046
	R ₂ amplitude (mm)	12.55 \pm 0.65	11.00 \pm 0.85	12.01 \pm 0.52	12.60 \pm 0.58	10.86 \pm 1.81	11.99 \pm 0.48
	T ₂ amplitude (mm)	2.93** \pm 0.18	2.37 \pm 0.20	2.74 \pm 0.14	2.59** \pm 0.17	2.36 \pm 0.20	2.51* \pm 0.13
	Axis (°)	65.5 \pm 6.40	71.2 \pm 3.85	67.5 \pm 4.38	70.6 \pm 5.41	70.2 \pm 3.97	70.5 \pm 2.88

*Significance: p<0.05

**Significance: p<0.01

Male n=39

Female n=21

Total n=60

5분 70.4 \pm 1.13, 73.0 \pm 1.14mmHg로 유의한 감소 ($p<0.01$)를 나타내었다(그림 7). P-Q 간격은 운동 직후 남자군(0.135 \pm 0.0035 sec)과 전채군(0.140 \pm 0.0034 sec)에서 매우 유의한 감소($p<0.01$)를 나타냈다. Q-T 간격은 운동 직후 남자군(0.277 \pm 0.0057 sec), 여자군(0.314 \pm 0.0097 sec), 전채군(0.290 \pm 0.0050 sec) 모두에서 유의한 감소($p<0.01$)를 나타내었으며 남자군은 3분 후에도 유의한 감소($p<0.05$)를 보였다. R파의 폭과는 운동 직후에 남자

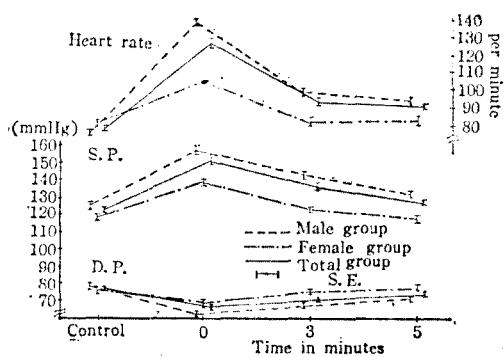


Fig. 7. Changes of heart rate, systolic blood pressure (S.P.) and diastolic blood pressure (D.P.) in the bicycle ergometry.

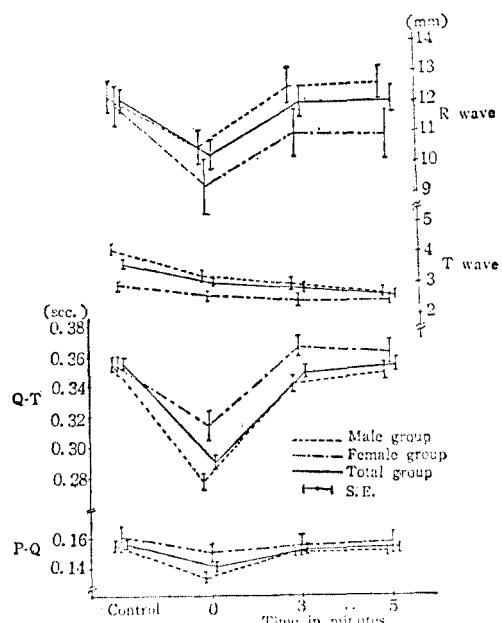


Fig. 8. Changes of R wave amplitude, T wave amplitude, P-R interval and Q-T interval in the bicycle ergometry (Lead II).

군, 여자군, 전체군에서 유의한 감소($p < 0.05$)를 보였으며 그 후에는 별 변화를 나타내지 않았다. T파의 파고는 남자군, 여자군, 전체군에서 운동

직후, 3분, 5분에서 감소를 나타내었다(그림 8).

6. 각종 stress에 의한 S-T segment 및 평균 QRS 전기축의 변화(표 6, 그림 9, 그림 10).

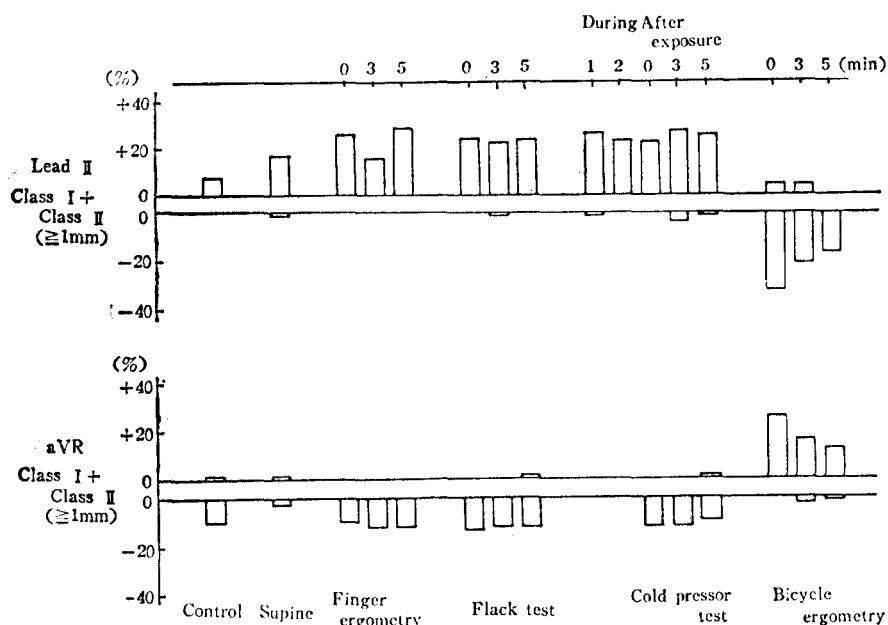


Fig. 9-A. Frequencies of the occurrence of more than 1mm elevation or depression of S-T segment per cent of the subjects. Plus signs mean elevation and minus signs mean depression of S-T segment.

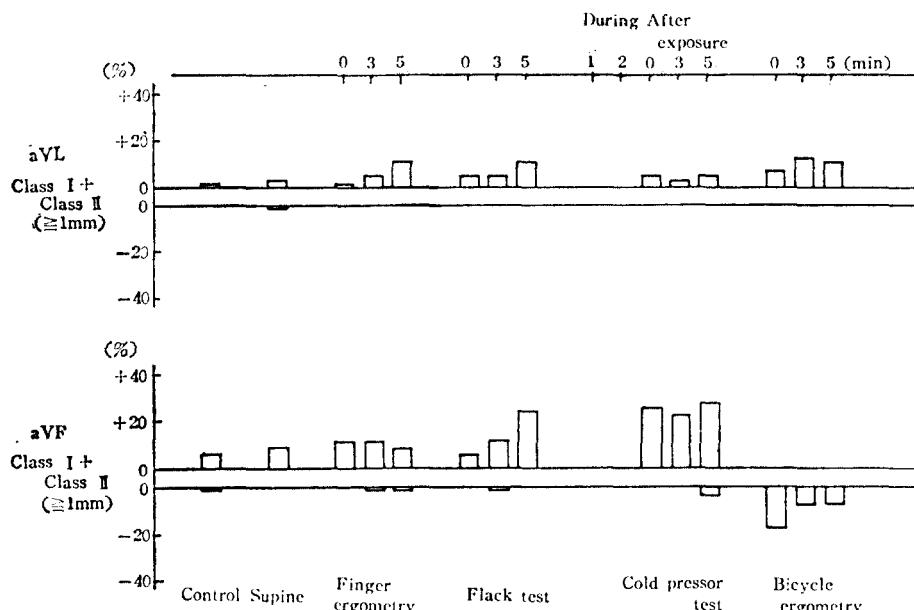


Fig. 9-B. Frequencies of the occurrence of more than 1 mm elevation or depression of S-T segment per cent of the subjects. Plus signs mean elevation and minus signs mean depression of S-T segment.

Table 6. Changes of ST segment (≥ 1 mm) in the supine position, finger ergometry, Flack test, cold pressor test and bicycle ergometry

stress S-T Deviation (class)	Control	Supine	Finger ergometry (min)			Flack test (min)			Cold pressor test (min)			Bicycle exercise (min)								
						During			After exposure											
			0	3	5	0	3	5	1	2	0	3	5	0						
Class I 1.0~1.9 (mm)	Lead I	+	8.3	16.7	25.0	13.3	26.7	21.7	20.0	21.7	25.0	19.3	20.0	26.7	25.0	5.0	5.0	-		
		-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23.3	15.0	16.7			
	aVR	+	1.7	1.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8.3	—	3.3	3.3		
		-	10.0	3.3	19.0	10.0	10.0	13.7	11.7	11.7	—	—	—	—	10.0	—	—	1.7		
	aVL	+	1.7	3.3	1.7	5.0	10.0	5.0	5.0	5.0	3.3	—	—	—	5.0	3.3	—	3.3		
		-	—	1.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Class II 2.0~ (mm)	aVF	+	8.3	11.7	11.7	10.0	8.3	13.3	10.0	—	—	—	—	—	11.9	6.7	8.3	—	—	
		-	1.7	—	1.7	1.7	—	1.7	—	—	—	—	—	—	—	1.7	10.0	3.3		
	Lead I	+	—	—	1.7	3.3	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	3.5	1.7	—	—	—	—	—	—	
		-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	aVR	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Class III ≥ 1 mm)	aVL	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10.0	6.7	—	
		-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	aVF	+	—	—	1.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Lead I	+	8.3	16.7	26.7	16.6	28.4	23.4	21.7	23.4	26.7	22.8	21.7	26.7	25.0	20.0	—	—	—	
		-	1.7	—	—	—	—	—	1.7	—	1.7	—	—	3.3	15.0	20.0	—	—	—	
Class I +	aVR	+	1.7	1.7	—	10.0	11.7	11.7	13.3	11.7	11.7	—	—	—	11.7	11.7	1.7	26.6	15.0	13.3
Class II ≥ 1 mm)	aVL	+	1.7	3.3	1.7	5.0	10.0	5.0	5.0	10.0	—	—	—	—	5.0	3.3	—	—	3.3	1.7
	aVF	+	8.3	10.0	11.7	11.7	10.0	8.3	13.3	13.3	1.7	—	—	—	—	—	—	—	—	10.0
		-	1.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Note: Values mean frequencies of the occurrence per cent of the subjects. Plus signs mean elevation and minus signs mean depression of S-T segment.

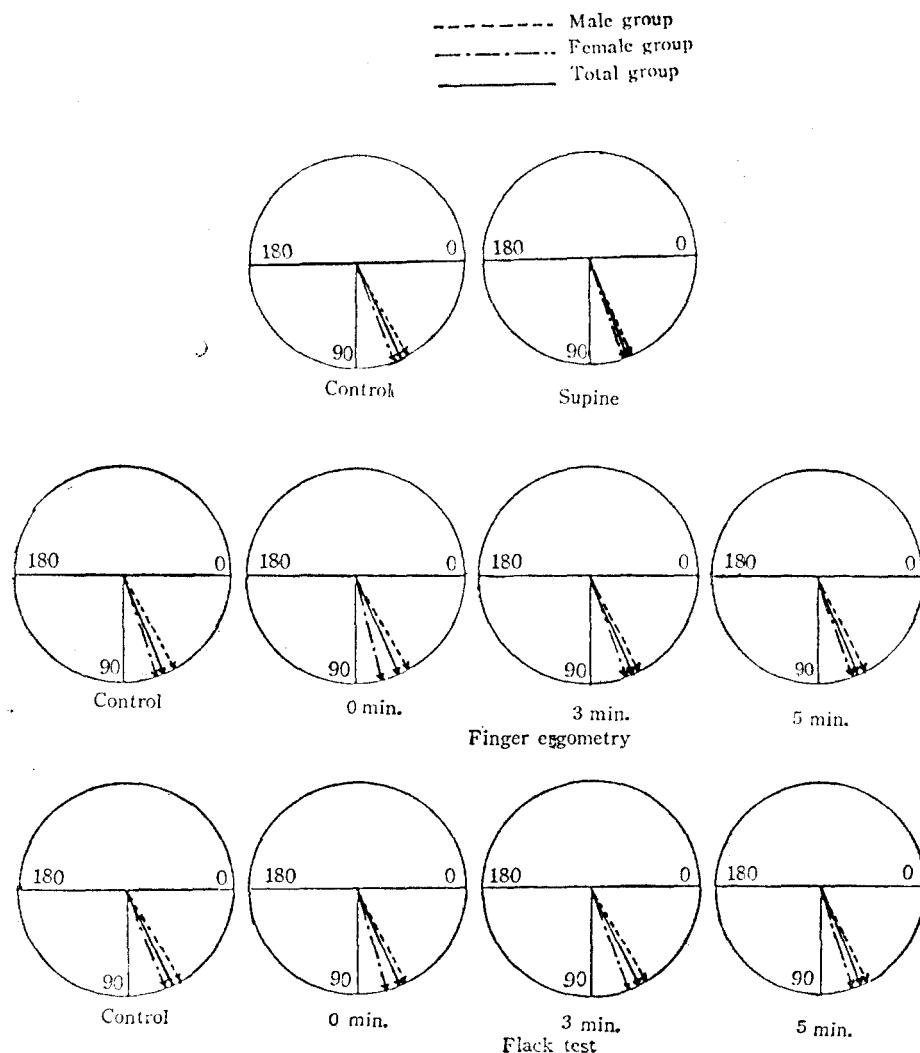


Fig.10-A. Changes of mean QRS vector in the supine position, finger ergometry and Flack test.

양화위에서는 1~1.9mm (class I)의 S-T 상승 출현율이 제2 표준자 유도에서는 16.7%로 대조군의 8.3%에 비해 많은 증가를 보였으나 종대자 유도에서는 큰 변화가 보이지 않았다. 그러나 대조군에서 볼 수 없었던 class I S-T 하강이 제2 표준자 유도와 aVL에서 작은 범도로 나타났다.

수자 군진운동과 Flack test에서는 대조군에 비해 class I S-T 상승이 제2 표준자 유도, 종대자 유도 aVR, aVL에서 많은 증가를 보인 반면 aVF에서는 큰 변화를 보이지 않았으며 2mm 이상(class II)의 S-T 상승이 소수에서 나타났다. 특히 aVL, aVF에서는 Flack test 후 5분에서 6.7%, 18.3%

로 많은 수에서 나타남을 보았다.

Cold pressor test에서는 손을 병수에 담근 상태에서 class I S-T 상승이 많은 수에서 나타나며 class II의 S-T 상승도 소수에서 나타난다. 병수에서 손을 빼 후에서는 class I의 S-T 상승이 전체 대조군에서 많은 수가 나타났으며 class II의 S-T 상승도 제2 표준자 유도에서 소수 나타났고 aVF에서 15.3%가 나타났다.

다면자 주행운동에서는 aVR을 제외한 전자 유도에서 class I의 S-T 상승은 줄어들거나 없어진 반면 S-T 하강이 많은 수에서 나타났으며 class II의 S-T 하강이 제2 표준자 유도와 aVF에 걸쳐 많

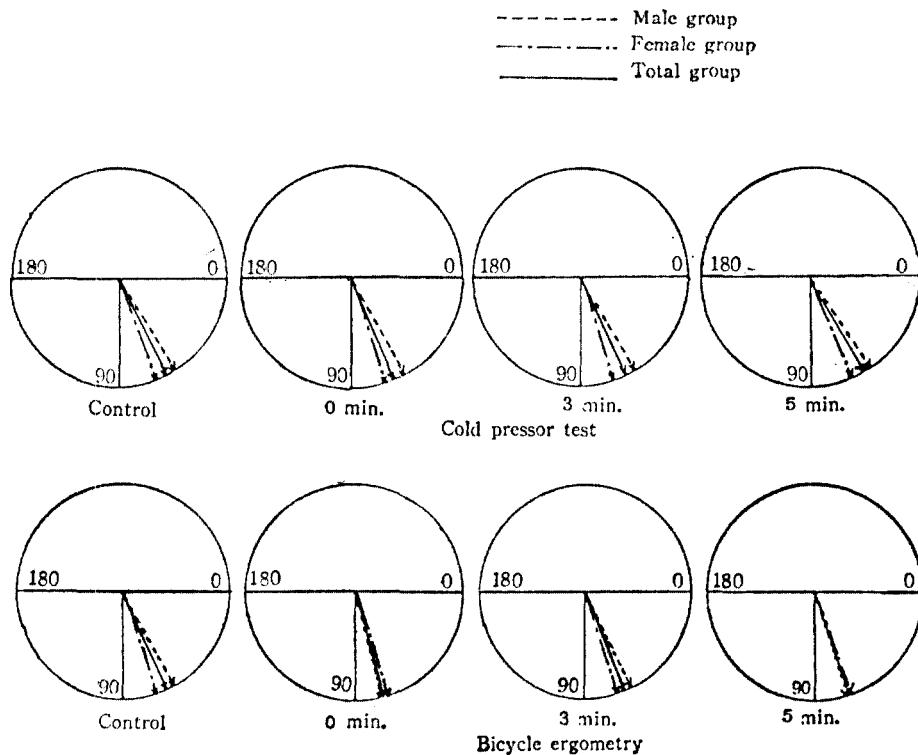


Fig. 10-B. Changes of mean QRS vector in the cold pressor test and bicycle ergometry.

은 수에서 나타났고 aVR에서는 많은 수의 S-T 상승이 나타나고 aVL에서는 S-T 상승이 조금 나타났다.

상술한 바와 같이 앙와위, 수지 굴신운동, Flack test, cold pressor test에서는 제2 표준지 유도, aVF, aVL에서 S-T 상승이 주로 나타났으며 aVR에서는 S-T 하강이 주로 나타났다. 이에 반하여 자전거 주행 운동에서만은 aVF와 제2 표준지 유도에서 S-T 하강이 많이 나타나며 aVR에서는 S-T 상승이 주로 나타나는 흥미 있는 현상을 관찰하였다.

평균 QRS전기축의 변화(그림 10)에 있어서는 앙와위에서 4°의 우측전위를 보였고 자전거 주행 운동에서 운동 직후 10.6°의 우측전위를 보였다가 회복되는 경향을 보았다. 그러나 다른 실험에서는 별 변화를 보이지 않았다.

고 찰

좌위에서 앙와위로 체위 변화시 중력에 의한 하지의 정액 저류량이 감소되어지고 정맥 환류량이 증가하여^{2,5)} 우심방의 압력이 증가되어진다. 따라서

좌심실에서의 일박출량과 심박출량이 증가되어⁶⁾ 동맥혈압이 상승하게 되고 이로 인해 암력 수용체가 작용을^{7,8)} 하여 혈관 운동증후로부터 나가는 교감신경을 억제하고 심장에로의 미주신경을 흥분시켜 혈관은 확장되고 심박수는 감소되어 동맥혈압을 떨어뜨리는 보상작용이 일어난다. 본 실험에서 확장기혈압이 수축기혈압보다 더욱 유의하게 떨어져 맥압(pulse pressure)이 증가되어 나타나는 것은 위에서 설명한 기전에 의해 동맥 혈관이 확장되고 일박출량이 증가되어진 때문이라고 사료된다.

수지 굴신운동시 전막의 활동근 조직에 P_{CO_2} 의 증가, pH의 감소가 초래되어 국소 혈관간장의 감소로 전막의 혈류량은 점진적 증가를 보이며 P_{CO_2} 증가가 혈관자항 감소의 주요 요소라고 Kontos 등¹⁰⁾은 보고한 바 있다. 그외의 다른 요소로는 P_o , 감소, 삼투성 증가, 아데노신, 결산, 히스타민, 키닌(kinin) 등 화학적 물질의 출현, 교감신경 작용이 있다고 한다.^{11,12,13,14)} 특히 Spark¹¹⁾와 Mellander¹⁴⁾는 산소의 결핍이 전모세혈관 팔약근(pracapillary sphincter)에 예민하게 작용하여 국소 혈관계의 조절에서 소위 저항성 혈관과 전모세혈관 팔약근이

중요한 역할을 한다고 한다. 그러나 Heistad^[15] 등은 전모세혈관 팔약근은 말초혈관 저항에 큰 역할은 못하며, 조직 배사선물이 중요한 작용을 하며 아드레날린 수축성 긴장과 반대되는 교감신경성 콜린성 첨유(Sympathetic cholinergic fiber), 히스타민 성 작용기전에 의해서 혈관확장이 초래된다고 한다. Mclander^[14]에 의하면 수의적 전신운동에 의하여 골격근 혈관의 최대 확장시 혈류량이 0.9L/min에서 18.0L/min로 상승한다고 보고한 바 있다. 또 국소 조직에서의 대사 비율에 따라 혈류량이 증가된다^[16]고 한다. Crawford^[16] 등에 의하면 양화위자세로 수지 굴선운동시 분시 심박수가 65 ± 10 (S.D.)에서 70 ± 10 (S.D.)로 변화하며 수축기혈압은 110 ± 11 mmHg에서 123 ± 12 mmHg로 유의하게 증가한다고 한다. 본 연구에서 수축기혈압의 수지 굴선운동 직후 변화는 위의 보고와 일치하며 이는 국소 혈류량의 증가에 의한 정맥환류 증가가 예상되며 수축기혈압 상승의 원인은 이로 인한 분시 심박출량의 증가에 기인한 것으로 사료된다. 회복기에 대조군에 비해 오히려 감소함을 보이는 것은 분시 심박수의 감소에 의한 영향으로 사료된다. 확장기 혈압의 유의한 변화가 초래되지 않는 것은 종말초 혈관 저항에 큰 영향을 주지 못한 것으로 보이며 전파의 국소 근육의 운동만으로는 큰 변화가 일어나지 않는 것으로 사료된다.

Flack test로 인한 효과는 소위 Valsalva 동작에 의한 효과와 유사하다. 일반적으로 Valsalva 시에는 흉곽내의 압력 증가에 의해서 처음에는 혈압이 상승한다.^[21] 즉 흉곽내의 압력이 대정맥을 압박하여 정맥 환류량을 감소시키거나 완전히 차단시켰을 경우에도 처음 얼마동안에는 폐순환 혈액만을 이용하여 좌심실의 박출량은 유지된다.^[17] Valsalva 동작이 계속되는 경우에는 흉곽내의 높은 압력이 대정맥을 압박하므로 정맥 환류량과 심박출량의 감소로 혈압이 하강하게 되고 이에 의한 압력 수용체 반사로 서맥이 야기된다고 한다.^[17] Valsalva 동작이 끝난 후에는 흉곽내 대정맥 압박이 제거되므로 증가된 정맥 환류량으로 인하여 백압과 혈압을 대조군 수준 이상으로 증가시킨다. 그러나 이런 효과는 곧 압력 수용기를 자극하여 혈압을 정상으로 떨어뜨리고 서맥을 야기시키는 방향으로 작용하게 된다.^[21,17] 서맥을 야기시키는 작용은 Öberg^[8]에 의해 보고된 바 있으며 회복기에 서맥이 초래된のは 반동현상(rebound phenomena) 및 혈압 진동현상(oscillation)에 의해서 나타난다고 한다.^[18] 본 실험에서는 전체군에서 수축기혈압이 Valsalva 동작이 끝난

직후에 유의한 증가($p < 0.01$)를 나타낸은 위의 보고들과 일치하나 혈압의 유의한 감소는 특이하며 이는 Valsalva 동작 직후에 갑자기 증가된 정맥환류량과 심박출량의 증가에 의한 압력수용체의 억압반사에 기인하리라 생각되며, 이는 압력 수용기의 작용에 의한 분시 심박수의 감소와 일관성을 찾을 것이다. 분시 심박수는 본 실험에서도 이와같이 감소되어 나타났다. 심전도 소견에 있어서 P-Q 간격 및 Q-T 간격은 분시 심박수와 밀접한 관계가 있음을 자명한 사실이며 본 실험에서도 Flack test 후 분시 심박수의 감소에 따른 Q-T 간격의 증가를 보여주고 있다. 그러나 분시 심박수에 관련한 P-Q 간격의 변화는 나타나지 않았다.

국소적인 한냉자극이 가해지면 피부혈관에 대한 온도의 직접적인 작용과 척수의 혈관운동 반사에 의해 그 부위의 혈관은 수축^[18]되고 한냉자극이 심하게 되면 혈관으로 오는 신경 전도가 차단되므로 혈관은 이완된다.^[1,2,5,19] 이것은 혈관이 이완됨으로서 혈류량을 증가시켜 한냉으로 인한 한냉순상 및 한냉마비를 막기 위한 방어기전이라 생각된다. 피부혈관은 주로 연수의 혈관 운동 중추에 의해 조절^[20]되는데 한냉자극에 의해 교감신경이 자극되어 혈관은 수축되고 수축기혈압, 확장기혈압 및 분시 심박수는 증가된다.^[21,22] 그러나 한냉자극에 적용하게 되면 교감신경의 반응은 감소되고 부교감신경의 반응이 증가된다고 한다.^[21] 본 실험과 동일한 방법으로 실시한 Drinkwater^[23]의 실험에서 수축기혈압은 손을 담근 2분에서, 이완기혈압은 1분에서 최고치에 이를 후에 감소하였으며 흉^[21]의 연구에서도 해녀군은 손을 담근 1분에서 비해녀군은 2분에서 혈압이 제일 높았고 LeBlanc^[21]도 한냉자극시 혈압과 심박수가 상승한다고 보고하였다. 본 실험에서는 빙수에 손을 담근 상태에서는 혈압을 측정하지 않았기 때문에 혈압 상승의 여부는 알 수 있으나 위 참고 문헌과 본 실험에서 관찰한 한냉자극 중의 심전도 표기에서 분시 심박수의 증가로 이루어 보아 혈압이 상승하였으리라 추측할 수 있다. 그리고 한냉자극 제거 후 대체로 3분 후에는 혈압이 정상으로 회복된다^[20]고 하나 본 실험에서는 한냉자극 직후 즉정한 혈압이 대조치보다 약간 낮았으며 그 후는 점점 낮아서서 5분 후에도 심박수와 확장기혈압이 낮은 상태에서 약간 회복되는 경향을 보임 뿐 수축기혈압은 여전히 유의하게 낮아 있었다. 한냉에 충분히 적응하게 되면 교감신경의 반응이 감소하는 반면 부교감신경의 반응이 증가한다^[21]고 하였는데 본 실험도 동계(1월)에 실시하였으므로 실험 대상

자들이 한탕에 어느 정도 적용되었다는 사실을 배제할 수는 없다고 본다. 그러므로 한탕자극에 의한 교감신경계의 반응은 크지 않을 것이며 이 사실은 한탕자극 중 분시심박수의 증가가 미미한 것으로 추측할 수 있다. 또한 상대적으로 부교감신경의 작용이 증가하리라고 생각할 수 있다. 따라서 동계에 실시한 본 실험에서 한탕자극에 의한 혈압의 상승은 크지 않을 것이고 자극이 제거된 후는 혈압과 심박수가 오히려 감소하게 된 것으로 사료된다. 전신적 저체온 상태(hypothermia)에서는 동성박결(sinus rhythm)이 늦어지며 모든 심전도 각파 간격이 연장된다^{[25][26]}고 한다. 본 실험에서 P-Q 간격 및 Q-T 간격의 증가는 앞에서 말한바와 같이 분시심박수의 감소와 밀접한 관계가 있었으며 P-Q 간격보다 Q-T 간격의 증가도 더 크게 나타남은 분시심박수의 변화가 Q-T 간격에 더 큰 영향을 미친다는 것을 보여준다고 하겠다. 그리고 R파고 및 T파고도 증가하였으며 특히 남자군의 T파고의 변화는 매우 유의하였다. T파고가 증가되는 이유로는 potassium의 증가^{[25][27][28]}를 들 수 있지만 국소·한탕자극시에도 potassium의 증가로 인해서 T파고가 증가되는지는 알 수 없으며 그 기전은 좀 더 연구가 필요하다고 생각된다.

본 실험에서 자전거 주행운동 직후에 분시심박수는 126.7 ± 3.37 (S.E.)이었으며 운동량으로서 준최대 운동량(submaximal exercise)에 해당하는 것으로 생각된다. 이는 산소섭취량 2.2l/min/man 정도가 되는 것으로 추측된다.^{[29][30]} 자전거 주행운동에서는 하지 근육군의 강력한 스트레스를 동반한다. 운동전에는 심리적 요인에 의한 아드레날린 등 자성 심장촉진, 혈관축소, 정맥 환류량의 증가, 혈압상승을 보이고^{[29][31]} 한편으로는 물격근의 콜린동작성 혈관확장이 있다. 운동 시작시에 미주신경의 억제에서 유리, 근방추(muscle spindle)와 원심성 혼분전도계로 부터의 혼분의 영향으로 연수 심장억제 증추가 억제되면서 급격한 심장 박동수의 증가를 나타낸다^{[31][32][33]}고 하며 교감신경의 혼분과 연수의 P_{CO_2} 증가로 인한 자극효과, Bainbridge 반사로 분시 심박수가 증가한다^[2]고 하였다. Clausen^[34]은 운동시 복부 내장 즉 간, 비장 등의 교감신경성 혈관수축은 분시심박수 증가와 밀접한 관계가 있다고 하였다. 운동을 멈춘 후 분시심박수의 급격한 감소는 교감신경 긴장의 감소, 압력 수용체에 의한 서매의 효과^[10] 때문이며 운동 후 3분 동안 급격히 분시심박수가 감소하여 그후에서 서서히 감소한다고 한다

본 실험 성적에서 분시심박수가 운동 직후 대조군 보다 48.7%의 증가폭을 나타내고 3분 후에 급격한 감소를 보이는 것은 위의 보고들^{[2][10][31][32][33]}과 일치하며 5분 후에 대조군 상태로 회복되는 양상을 나타내었지만 완전한 회복을 보이지 않았다. 운동시 처음 2분 동안은 산소 섭취량의 급격한 증가와 더불어 산소 축출률의 증가로 운동을 시행하는 하지 근조직에 동정맥 산소 함량의 차이가 일정 상태의 2~3배가 되며^{[31][35]} 근육활동력의 증가, 심한 호흡 운동에 의한 흥부 및 복부내장의 정맥 환류의 펌프 작용, noradrenaline에 의한 정맥 수축이 원인이 되어 결국 우심실의 정맥 환류가 증가하여 분시심박출량이 증가하게 된다.^[2] 일박출량 증가 기전에 대한 Starling의 법칙에 의한 심실 수축력의 증가에는 의문점이 많으며^[31] 속맥으로 인하여, 정맥 환류량이 일정하다고 보면 일박출량은 감소할 것이나 이것을 심실의 혈액 잔류량의 감소로 대상하여 결과적으로 심실로 부터 혈액 배출의 증가가 야기된다고 사료된다. 중등도의 운동시 심박출량은 증가하나 일박출량은 거의 변화하지 않는다^{[2][4]}고 한다. Smith^[33]는 동맥압의 증가는 심박동수의 증가와 교감신경성 혈관 수축의 증가 때문이라고 말한다. 또 운동시 체온의 상승, 심박출량의 증가와 더불어 활동근의 국소대사산물, 교감신경성 콜린동작성 혼유에 의한 혈관 확장으로 일초 저항의 감소를 초래한다.^{[11][12][13][14]} 본 실험에서 운동 직후 수축기 혈압의 증가와 확장기 혈압의 감소는 심박출량의 증가와 활동근의 혈관 확장으로 인한 총말초저항이 감소함으로서 초래된다고 사료된다. 이는 Holmgren^[36]의 보고와 일치하며 3분, 5분 후에 수축기 혈압의 회복기 감소와 확장기 혈압의 증가로 인해서 대조군 상태로 회복되는 경향을 나타내며 이러한 수축기 혈압의 회복기 감소는 압력 수용체 반응^[39]에 의해 연수의 혈관 운동 중추의 감압 중추(depressor area)를 자극시켜 서맥, 심박출량의 감소에 기인하며^[2] 확장기 혈압의 회복기 증가는 대사성 확장물질(metabolic dilator)의 감소로 운동 직후보다 혈관수축으로 인한 총말초저항의 증가로 생각된다. 운동시 분시심박수는 운동부하량과 산소 요구량에 비례해서 증가되며, P-Q 간격과 Q-T 간격은 자전거 주행 운동의 부하량과 부하기간에 따라 단축도를 달리하나 QRS 간격의 변화는 보이지 않는다는 보고가 있다.^[40] 본 실험 직후에 P-Q 간격, Q-T 간격이 현저히 단축되는 경향을 보였으며 특히 Q-T 간격의 급

가한 단축은 심박동수와 밀접한 관계가 있음을 보여줄은 알면서 언급한 바와 같다. 운동 직후에 R파와 T파의 높고는 감소한다²⁵⁾²⁶⁾는 보고가 있다.

T파의 높고는 감소는 종말 수축기 혈량(end-systolic volume)의 감소에 의한다²⁵⁾고 한다. 본 실험에서 R파와 T파의 높고는 감소하는 경향을 보이며 특히 T파에서 3분, 5분치가 더욱 감소함은 보이는 것은 흥미있는 일이며 앞으로 더욱 연구해 볼 계획이라고 생각한다. 또한 운동 직후에는 평균 QRS 전기축이 약 10°정도 우측 평의를 보이는데 이는 운동 후 평균 QRS 전기축이 30°이내의 우측 평의를 보인다는 Simcons¹⁰⁾ 등의 보고와 일치함을 보인다. 이는 가스 교환의 증가에 의한 폐순환의 부담이 커짐으로서 우측심실의 확장에 따른 평균 QRS 전기축의 변화로 사료된다.

운동시 S-T segment의 변화는 관상동맥의 산소공급이 운동에 의한 심근의 산소 요구량을 충족시킬지 못하기 때문에 생긴다.²³⁾²⁸⁾ 이 때문에 생기는 현상이 심근 국소빈혈(myocardial ischemia)이며 전자 침전 상태의 균율은 정상 휴식 상태의 심근에 비하여 절거적으로 음절하를 피게 된다.²⁶⁾²⁸⁾¹²⁾ 이 음절하에 의한 상해 전류(current of injury)가 그 부위의 S-T segment의 하강으로 나타나며 S-T segment의 하강은 심근 국소빈혈의 중요한 소견의 하나로 되어 있다.¹⁾²⁵⁾²⁶⁾²⁸⁾³⁰⁾ 운동시 나타나는 S-T segment 하강의 심근 국소빈혈에 대한 기준은 1mm 이상 하강일 때 그리고 0.06~0.08초²⁸⁾ 이상 혹은 0.08초³⁰⁾ 이상 지속시 의의가 있다고 하나 우리는 지속시간은 측정에 정확성을 기하기가 어려움으로 평의상 S-T segment의 하강이 1mm 이상일 때 막을 현상의 기준으로 삼았다. 서 및 등³⁷⁾의 보고에 의하면 운동시 S-T segment 하강의 위정 기준과 그 주현상을 표 11과 같다. 본 실험에서 자전거 주행운동시의 S-T segment 하강은 다른 실험 조건에서 보이는 S-T segment의 상승과는 다른 양상의 소견이었으며 이러한 S-T segment의 하강은 자전거 주행운동에 의한 운동부하의 증가에 의한 암시적 심근 국소빈혈에 기인한다고 보여진다. 제2 표준의 유프(Lead II), 중대지 유도 aVF에서 S-T segment 하강이 증가하여 나타났으며 이에 따라 반대지 유도인 aVR은 S-T segment의 상승으로 나타난다. 이것은 소위 S-T segment의 평의 vector³⁸⁾을 생각해 볼 때 수증되는 aVL에서의 S-T segment 상승은 최소로 나타났다. 이러한 S-T segment의 변화는 S-T segment의 상승 혹은 하강의 방향에 따른 S-T segment의 평의

Table 11. Frequencies of occurrence of S-T depression in lead II after exercise in healthy subjects.

	Criteria	Postexercise S-Tdepression
Master ²⁸⁾	≥0.5mm Single two step	6~25%
Lepeschkin ³⁸⁾	≥0.5mm QX/QT 50%	3.6%
Suh ³⁷⁾	"	7.7%
Author	≥1mm Submaximal exercise	23.3%

vector를 분석하여 보면 aVF와 제2 표준지 유도의 vector는 양전극(positive electrode)쪽으로 향하게 되고 따라서 국소 베이스는 그 반대 방향인 심장 기저부(basis) 부위를 가르키게 된다. 그러므로 자전거 주행운동에 의한 심근의 국소 베이스는 좌심실 기저부(basis) 부위에서 생긴다고 볼 수 있다. 자전거 주행운동을 제외한 다른 신체조련하에서의 S-T segment의 변화는 aVL, aVF, 제2 표준지 유도에서 S-T segment의 상승으로 주로 나타나며 반대로 aVR에서는 S-T segment의 하강으로 나타난다. 이러한 S-T segment의 상승은 심근 경색(myocardial infarction)에 의한 것이라고 생각하기 어려우며 이처럼 중등도 내지는 약한 스토레스 하에서의 S-T vector는 심장의 우측 위로 향하게 된다. 따라서 국소 베이스 방향은 그 반대 방향인 좌심실의 첨부(apex)가 된다. 이와같은 현상은 약한 스토레스에 대한 심장 기능 변화에 따른 좌심실 심근의 일시적인 변화라고 생각되나 앞으로 더욱 연구해 볼 문제로시 흥미있는 일이라 사료된다.

결 롬

신체에 대한 운동 및 각종 stress의 혈압 및 ECG에 미치는 영향을 비교 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 앉은 자세에서 누운 자세로 체위변화시 확장기 혈압의 감소와 맥압의 증가가 나타난다. 이는 체위변화시 정맥 환류량의 증가에 의한 암박출량의 증가와 동맥혈관 확장에 의한 것으로 생각된다.
2. 수지 굴선운동시 심박동수와 확장기 혈압에는 큰 영향을 미치지 못하였으며 수축기 혈압은 증가되어 있었다. 수축기 혈압의 증가는 정맥 환류량의 증가에 기인한 심박출량 증가로 사료된다.
3. Flack test 후에는 정맥 환류량이 증가하여

이에 따른 혈압의 증가와 압력 수용체의 작용에 의한 차이가 아기되었다.

4. 한명자극에 대해서 혈압 및 심박수가 상승하지만 한명에 적용된 상태에서는 작용하지 않은 상태보다 그 정도가 작은 것 같으며 자극이 제거된 후는 혈압 및 분비심박수가 정상 대조군보다 낮아서 5분 이상 경과해야 정상으로 회복되는 것으로 생각된다. 그리고 심전도 소견에서는 T파의 높고 가 증대되었다.

5. 자궁기 주행운동 직후에 수축기혈압의 증가, 확장기혈압의 감소, 심박수의 증가가 나타나며 심진도 소견으로는 P-Q 간격, Q-T 간격, R파의 높고, T파의 높고는 감소하였다. 수축기혈압의 증가, 확장기혈압의 증가는 과도한 심박출량의 증가와 전신 혈관 저항의 감소로 생각되며 심박동수 증가는 교감신경의 흥분된 증대, P_{CO_2} 증가로 인한 혈액의 자극효과, Bainbridge 반사로 생각된다. 심박동수의 증가로 P-Q 간격, Q-T 간격의 감소를 초래한다. T파의 높고 감소는 종말 수축기 혈량(end-systolic volume)의 감소가 주된 원인으로 생각된다.

6. S-T segment의 변화에 있어서는 체위변화, 수지 운동운동, Flack test, cold pressor test에서 제2 표준지 유도, aVF의 S-T segment는 상승하였고 aVR에서 S-T segment는 하강하였다. 이와는 대조적으로 자궁기 주행운동시 제 2 표준지 유도, aVF에서는 S-T segment가 하강을 나타내었으며 aVR은 상승됨을 관찰하였다. aVL은 모든 조건 하에서 S-T segment 상승으로 나타났으며 S-T segment의 변화출현율은 자극의 강도에 비례함을 보였다. 자궁기 주행운동에서의 S-T segment 변화는 소위 S-T vector를 고려해 볼 때 좌측 심실 기지부의 자궁기 주행운동에 대한 국소 심근 변형에 의한 것으로 사료된다.

References

- 1) Guyton, A.C.: Textbook of Medical Physiology. 6th ed., W.B. Saunders Co., Philadelphia London Toronto. 1981, pp 150-320, 353-354, 890-894.
- 2) Ganong, W.F.: Review of Medical Physiology. 10th ed., Lange Medical Publications. 1981, pp 424-451, 466-475, 489-506.
- 3) 차영선: 생리학. 고진판, 최신의학사. 1975, pp 85-144.
- 4) Selkurt, E.E.: Physiology. 3rd ed., Little Brown and CO., Boston. 1963, pp 225-375.
- 5) Brobeck, J.R.: Physiological Basis of Medical Practice. 10th ed., The Williams & Wilkins Co., Baltimore. 1978, pp 3-208.
- 6) Sarnoff, S.T. and Berglund, E.: Starling's Law of the heart studied by means simultaneous right and left ventricular function curves in the dog. Circulation, 9: 706, 1954.
- 7) Brown, M.: Receptor under Pressure: An update on Baroreceptors, Circulation Research, 46(1), January, 1980.
- 8) Öberg, B.: Overall cardiovascular regulation. Ann. Rev. Physiol., 38: 537, 1976.
- 9) 서석완, 채의업: 체위 변화에 수반되는 심박관 계 반응에 관한 연구. 대한생리학회지, 5(2): 167, 1971.
- 10) Kontos, H.A., Richardson, D.W. and Patterson, J.L.: Roles of hypercapnia and acidosis on human forearm blood vessels. Am. J. Physiol., 215: 1403-1405, 1968.
- 11) Spark, H.V. and Belloni, F.L.: The peripheral circulation: Local regulation. Physiol. Rev., 40: 67, 1973.
- 12) Donald, D.E. and Shephard, J.T.: Cardiac receptor: Normal and disturbed function. Am. J. Cardiol., 30: 741-746, 1972.
- 13) Stainsby, W.N.: Local control of regional blood flow. Ann. Rev. Physiol., 35: 151, 1973.
- 14) Mellander, S.: Systemic circulation. Ann. Rev. Physiol., 32: 313, 1970.
- 15) Heistad, D.D. and Abbound, F.M.: Factors that influence blood flow in skeletal muscle and skin. Anesthesiology, 41: 139, 1974.
- 16) Crawford, M.H., White, D.H. and Amon, K.W.: Echocardiographic evaluation of left ventricular size and performance during handgrip and supine and upright bicycle exercise. Circulation, 59(6): 1188-1195, 1979.
- 17) Comroe, J.H.: Physiology of respiration. 2nd ed., Year Book Medical Publishers, Chicago. 1974, pp 219-230.
- 18) 김원재, 남태현, 김규수, 채의업: 산부의 Flack test에 관하여. 대한생리학회지, 10(1): 49, 1976.
- 19) Edgar, F.G.: Introduction to Environmental Physiology. 3rd ed., Lea & Febiger,

- Philadelphia. 1972, pp 95—136.
- 20) Dejang, R.N.: The Neurogenic Examination. 4th ed., Harper & Row Publishers. 1979, pp 518.
- 21) LeBlanc, J.: Autonomic nervous system and adaptation to cold in man. *J. Appl. Physiol.*, 39(2), August, 1975.
- 22) Schottelius, B. A. and Schottelius, P. D.: Text book of physiology. 17th ed., The C.V. Mosby Co. 1973, pp 290.
- 23) Drinkwater, B.L.: Women at altitude: Cardiopulmonary responses to hypoxia. *Aviat. Space Environ. Med.*, 53(5): 472—477, 1982.
- 24) 백광세, 김진경, 한대식, 강복순, 홍석기: 한방자극에 대한 한국 해녀의 혈관 반응에 관한 연구. *대한생리학회지*, 3(1): 51, 1969.
- 25) Hurst, J.W.: The Heart. 4th ed., McGraw-Hill Book Co., A Blakiston Publication. 1978, pp 309, 336—348.
- 26) Chung, E.K.: Electrocardiography. 2nd ed., Harper & Row Publishers. 1980, pp 629, 385—431.
- 27) Dubin, D.: Rapid Interpretation of EKG's. 2nd ed., Cover Publishing Co. 1974, pp 229.
- 28) Goldman, M. J.: Principles of Clinical Electrocardiography. 9th ed., Lange Medical Publications. 1976, pp 291.
- 29) 남기용, 김철, 신동훈: 생리학. 개정판, 서울 대학교출판부. 1970, pp 175—185.
- 30) Jones, N. L. and Campbell, E. J. M.: Clinical Exercise Testing. 2nd ed., W. B. Saunders Co. 1982, pp 68—69, 100—110.
- 31) 남기용: 운동과 심폐기능. *대한의학협회지*, 25 (3): 206—209, 1982.
- 32) Petro, J.K., Hollander, A.P. and Bouman, L.N.: Instantaneous cardiac acceleration in man induced by a voluntary muscle contraction. *J. Appl. Physiol.*, 29: 794—798, 1970.
- 33) Smith, O. A.: Reflex and central mechanisms involved in the control of the heart and circulation. *Ann. Rev. Physiol.*, 36: 73, 1974.
- 34) Clausen, J.P.: Effect of physical training on cardiovascular adjustments to exercise in man. *Physiol. Rev.*, 57: 779, 1977.
- 35) Browse, N. L., Lorenz, R. R. and Shepherd, J. T.: Response of capacity and resistance vessels of dog's limb to sympathetic nerve stimulation. *Am. J. Physiol.*, 210: 95, 1966.
- 36) Holmgren, A.: Circulatory changes during muscular work in man. *Scand. J. Clin. Lab. Invest. suppl.*, 24, 1956.
- 37) 서준규, 송귀승: 운동부하 실천도에 대한 연구, 제 2 보: 정상인 및 각종 질환자 운동부하 실천도의 비교분석. *순환기*, 1(1): 49—56, 1971.
- 38) Lepeschkin, E. and Surawicz, B.: characteristics of true-positive and false-positive results of electrocardiographic Master two-step exercise tests. *New Engl. J. Med.*, 258: 511, 1958.
- 39) Shoukas, A. A. and Sagawa, K.: Control of total systemic vascular capacity by the carotid sinus receptor reflex. *Circul. Res.*, 33 : 22, 1973.
- 40) Li, Y.B., Ting, N., Chiang, B.N., Alexander, E.R., Bruce, R.A. and Grayston, J.T.: Electrocardiographic response to maximal exercise: Treadmill and Double Master Exercise tests in middle aged chinese men. *Am. J. Cardiol.*, 20: 541, 1967.
- 41) Simoons, M. L. and Hugenholtz, P. G.: Gradual changes of ECG waveform during and after exercise in normal subject. *Circulation*, 52: 570—577, 1975.
- 42) Fozard, H. A. and DasGupta, D. S.: S-T segment potentials and mapping. *Circulation*, 54: 533—537, 1976.