

국소 한랭 자극이 전신 및 국소혈액순환에 미치는 영향*

—제 1 보—

계명대학교 의과대학 생리학교실

박원균 · 김승한** · 권재수** · 김연수**
배언희** · 배재훈** · 이명옥** · 채의업

=Abstract=

Effects of Cold Stimulation on Systemic and Local Blood Circulation (I)

Won Gyun Park · Sung Han Kim · Jae Soo Kwon · Yun Soo Kim
Un Hee Bae · Jae Hoon Bae · Myung Ok Lee · E Up Chae

*Department of Physiology, Keimyung University
School of Medicine, Taegu, Korea*

The purpose of this experiment was to investigate the effects of cold stimulation on systemic and local blood circulatory system. Many investigators have studied about the effects of cold stimulation on blood circulatory system. However, the experiments were performed under the different conditions and therefore slightly different results have been obtained. Particularly the author attempted to evaluate the effects of cold stress by comparing both hands during cold stimulation. The experiment was performed by examining sixty-one healthy college students, whose mean age was 21.0 ± 0.22 , mean weight 60.6 ± 0.90 kg (male), 48.3 ± 0.98 kg (female). The cold stimuli were applied by immersing the left hand into the cold water of 15, 10 and 5°C for 3 minutes, and the responses were observed on left and right hands simultaneously to evaluate systemic and local effects of the cold stimulation respectively. The observations were made through determining blood pressure(B.P.), heart rate, amplitude of photoelectric capillary pulse (APCP), skin temperature, Galvanic skin resistance (GSR), subjective sensation and ECG. The obtained results were analyzed according to the degree of cold stimuli and compared with previous reports. The results are as follows:

The B.P. was elevated during the cold stimulation. The increase of B.P. was remarkable at 5°C, and probably it was due to the response of pain. At the recovery period the decreased B.P. below control level as described by Kim et al⁽⁶⁾ was not observed.

The heart rate at 5°C was increased, whereas those at 10 and 15°C were not changed. They were decreased slightly at the recovery period.

The APCP was decreased on both hands during the immersion. However it was more prominent on left hand since there was additional direct cold effect. APCP was lowest at 10°C, which indicates the maximum constriction of vascular smooth muscle. During the recovery period, APCP was more rapidly recovered at 5°C than 10°C. It was considered that the cold induced vasodilatation was added at 5°C.

* 본 논문은 1983년도 계명대학교 동산의료원 임상연구 보조비로 이루어졌음.

**생리학 학생 교실원

The GSR was increased on both hands with greater response on left hand during the cold stimulation. At the recovery period, it was decreased on left hand, whereas it was still increasing on right hand.

The skin temperature was decreased on both hands.

The subjective sensation during hand immersion was mainly pain at 10 and 5°C, the intensity of pain was gradually increased during the immersion.

The circulatory response to cold stimulation at 5°C was mainly due to pain, whereas at 10 and 15°C it seems to be due to both cold and some pain.

Changes of the ECG findings according to the cold stimulation in this study were not significant.

서 론

국소한냉자극 실험(cold pressor test)은 1932년 Hines와 Brown¹⁾에 의해 소개된 후 손을 빙수에 담그므로 일어나는 혈압의 상승이 개인에 따라 다른 사실에 기초를 두고 고혈압 진단에 많이 이용되어 왔다.

한냉에 의한 피부자극은 국소반응과 전신적 반응으로 나타나며 혈관수축, 피부의 발한정지, 전율(shivering)등을 들 수 있다. 국소반응은 한냉이 혈관에 미치는 직접적인 영향과 피부 수용기로 부터 척수를 통해 다시 같은 부위의 피부에 영향을 끼치는 국소적 추반사에 의해 일어나며 반응의 정도는 시상하부(hypothalamus)에 의해 조절된다. 즉 한냉에 의한 국소반응은 시상하부의 조절신호와 국소신호에 비례한다²⁾고 한다.

전신적 반응은 피부의 온도변화에 대한 체온조절제를 통한 반응이며 여기에도 다른 생리적 조절제와 마찬가지로 수용기(receptor), 조절기(controller), 효과기(effector)의 3가지 부분으로 되어있다.

수용기에는 피부 온도변화에 민감한 말초수용기와 시상하부의 온도변화에 민감한 신경세포군 즉 중추수용기가 있는데 말초수용기가 체온 보호기전에 더 중요한 역할을 하므로 시상하부의 온도 변화 없이 국소피부의 온도변화만으로도 충분히 피부의 혈류량과 발한에 영향을 미칠 수 있다³⁾고 한다. 이렇게 감지된 한냉자극은 후시상하부(posterior hypothalamus)의 중추조절기로 전해지고 이곳에서 이미 고정되어 있는 set point(표준온도점)와 체온수용기의 입력과의 차이에 의해 효과기에 명령을 하므로써 체온을 조절한다. 효과기에는 체성(somatic), 자율성(autonomic), 신경내분비계 등이 있으며 이들을 통해 각각 전율, 혈관수축, catecholamine의 분비 등의 반응으로 나타난다.

국소한냉자극의 반응에서 동통의 영향이 어느 정

도인지 확실히 밝혀져 있지는 않다. 그러나 Wolff⁴⁾는 한냉에 의한 혈압의 변화도를 통해 국소한냉반응은 순수한 동통에 의한 것이라고 주장하였다. 약 5~10°C 이하에서 감지되는 한냉에 의한 동통은 외측 척수시상로(lateral spinothalamic tract)를 따라 올라가서 뇌간의 혈관운동중추(vasomotor center) 등 자율신경영역에 자극을 주고 시상(thalamus)을 통해 대뇌피질에 도달하게 된다. 이때 혈관운동중추의 자극에 의해 혈관수축반응이 일어난다.

국소한냉자극시 일어나는 반응에 관한 연구는 많은 보고가 있으나 모두 피자극부위에 대한 관찰이 대부분이며 대칭되는 반대측 부위 즉 전신적 반응에 대한 비교연구는 그렇게 많지 않다. 또한 피부 전기저항(Galvanic skin resistance; GSR)에 미치는 영향에 관한 보고도 저자로서는 많이 찾을 수 없었다. 본 실험은 국소한냉자극시 자극부위뿐 아니라 반대측의 반응까지 기록하여 전신 및 국소반응을 보고자 하였고 국소한냉자극이 피부전기저항에 어떤 영향을 미치는가를 보고자 하였다.

재료 및 방법

본 실험은 21.0±0.22(SE)세의 건강한 남녀 대학생 61명(남 45명, 여 16명)을 대상으로 하였다. 이들의 평균신장은 남자가 172.8±0.81 cm, 여자는 160.1±0.71 cm 였고 평균체중은 남자가 60.6±0.90 kg, 여자가 48.3±0.98 kg 이었다.

실험은 실내온도를 25°C로 유지하고 물의 온도를 15°C, 10°C, 5°C로 변화시키면서 좌수에 대한 국소한냉자극을 실시하였다. 각 실험 사이에는 30분에서 1시간 정도의 휴식을 취하게 하여 이전 실험에서의 영향을 가능한 한 배제하였다.

측정은 미국 Narco Bio System사의 Mark-IV Physiograph와 일본 Fukuda Denshi사 FJC-7110형의 심전도계를 사용하여 혈압, 광전모세혈관맥박(photoelectric pulse)의 파고, 피부전기저항(GSR),

피부온도와 심전도를 측정하였으며 한냉자극시 피점자의 주관적인 감각을 기록하였다.

다위에서 충분히 휴식을 취하게 한 후 상기종목을 측정하여 대조군으로 삼았고, 빙수에 엄지를 제외한 좌수를 달근 상태에서 1, 2, 3분에 그리고 좌수를 빙수 밖으로 들어내어 물기를 제거한 후 회복기 1, 3, 5분에 같은 방법으로 측정하였다.

혈압은 24명은 좌우상박에서 수축기, 확장기 혈압을 측정하였고 나머지 37명은 같은 방법으로 우측상박에서만 측정하였다.

모세혈관박막 파고는 좌우수 약지에 광전박막측정계(photoelectric pulse pickup)를 부착시켜 모세혈관혈류량을 간접적으로 측정하여 대조치에 대한 백분율로 표시하였다.

피부온도는 YSI 709 thermistor를 사용하여 좌우수 엄지의 원위측 수장부위(palmar portion)에서 측정하였다.

피부전기저항은 좌우수 중지의 수장부위에 남으로 된 전극을 부착시켜 측정하였으며 좌측 중지에는 전극에 물이 닿지않게 하기 위해 고무주머니를 씌우고 와셀린과 반창고로 밀폐하였다.

심전도는 24명은 심전도계를, 나머지 37명은 Physiograph를 사용하여 측정하였고 분시심박수, P, S, R 그리고 T 파의 파고와 QRS, P, T, S-T 절기축, Q-T, P-R, S-T, QRS 간격, S-T 절 등을 흥부유도 및 증대지 유도에서 계산하였다.

한냉자극시 주관적인 감각은 6단계로 나누어 구두로 측정하였는데, 그 단계는 쾌감(comfort), 불편감(discomfort), 경한 동통(mild pain), 중등도 동통(moderate pain), 심한 동통(severe pain) 그

리고 매우 심한 동통(bitter pain)의 6가지로, 실험 전에 각 단계에 대해 피점자에게 충분히 인식시켰다.

결 과

1. 혈 압(도표 1, 그림 1)

15°C에서 수축기 혈압은 우수에서 침수 직후부터 증가하여 1분에 최고치에 이르고 그 후 감소하여 회복기 1분에는 대조치의 수준으로 감소하였으며 회복기 3, 5분에서는 대조치 이하로 감소함을 보였으나 유의한 변화는 없었다. 좌수에도 역시 1분에 최고치에 이르렀고 대조치에 대한 증가도는 우수보다 유의하게 크지는 않았다. 회복기 1분에서는 대조치의 수준으로 감소한 후 3분, 5분에는 대조치 이하로 감소하였으며 역시 유의한 변화는 아니었다. 확장기 혈압은 좌우수 모두에서 수축기 혈압과 비슷한 양상을 보였으며 유의한 변화는 볼 수 없었다. 10°C에서 수축기 혈압은 우수에서 침수 직후 증가하기 시작하여 침수 2분에 대조치 114.3±1.62 mmHg에서 119.4±1.86 mmHg로 최고치에 이르렀으며 유의함(p<0.05)을 보였다. 그 후 서서히 감소하여 회복기 5분에는 대조치와 비슷한 수준으로 감소하였으나 유의하지는 않았다. 좌수에서는 침수후 우수보다 더 급격한 증가를 보여 침수 1분에 대조치 119.9±2.23 mmHg에 비해 127.3±2.37 mmHg로 최고치에 이르렀고 유의한 변화(p<0.05)를 보였다. 그 후 감소하여 회복기 1분에서 대조치와 비슷한 수준을 보였고 3분, 5분에서는 약간 더 감소하였으나 유의성은 없었다. 확장기 혈압은 우

Table 1. Changes of blood pressure in cold hand test

		Systolic blood pressure (mmHg)						Diastolic blood pressure (mmHg)							
		During exposure			After exposure			During exposure			After exposure				
		Control	1	2	3	1	3	5	Control	1	2	3	1	3	5min.
15°C	Left M± n=24 SE	121.5 1.63	125.0 2.46	123.5 2.46	124.3 2.61	120.1 2.40	119.8 2.25	116.8 2.25	77.5 1.78	81.0 2.18	80.8 2.29	77.9 2.26	76.4 2.15	74.7 1.91	74.1 2.09
	Right M± n=61 SE	116.1 1.60	118.5 1.91	117.4 1.82	117.1 1.87	115.2 1.81	114.6 1.74	114.7 1.81	74.8 1.22	77.1 1.28	75.9 1.19	76.1 1.27	74.1 1.16	73.1 1.13	73.3 1.18
10°C	Left M± n=24 SE	119.9 2.23	127.3* 2.37	126.1 2.39	123.6 2.26	120.3 2.31	119.0 2.27	119.3 2.29	76.1 1.88	80.7 2.09	79.9 1.43	79.7 1.56	76.7 1.84	75.9 1.92	75.3 2.16
	Right M± n=61 SE	114.3 1.62	117.5 1.75	119.4* 1.86	118.3 1.81	116.1 1.73	116.0 1.64	114.9 1.52	74.1 1.07	77.7* 1.21	77.2 1.15	76.7 1.10	74.8 1.08	74.5 0.90	73.6 0.97
5°C	Left M± n=24 SE	119.6 2.56	129.4* 2.49	129.0* 3.09	128.7* 3.21	122.1 2.29	120.1 2.57	121.7 2.74	75.7 1.81	87.6** 2.18	88** 2.18	85.7** 1.96	77.5 1.81	76.6 1.58	77.5 2.09
	Right M± n=61 SE	116.1 1.83	121.8* 2.00	123.2* 2.07	121.6* 1.95	117.1 1.74	116.4 1.74	116.3 1.76	73.7 1.19	81.5** 1.57	82.3** 1.52	79.3** 1.34	74.9 1.17	74.1 1.16	74.7 1.26

* Significance: p<0.05

** Significance: p<0.01

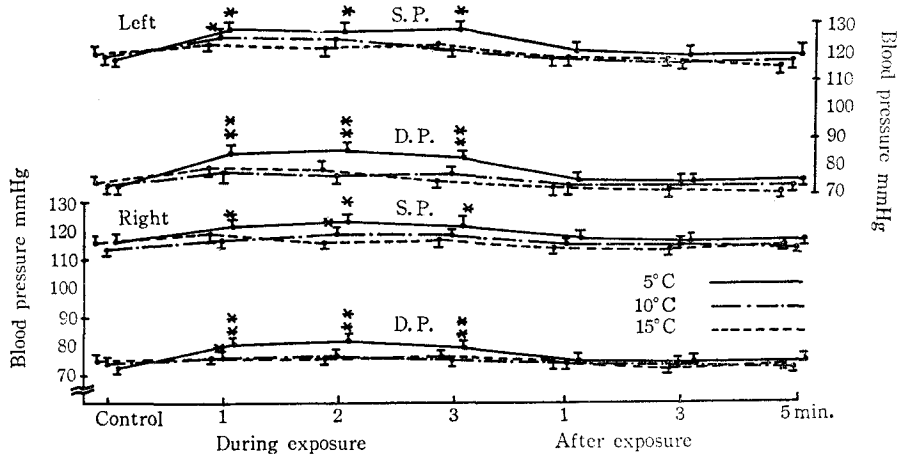


Fig. 1. Changes of blood pressure in the cold hand test: S.P. =systolic pressure, D.P. =diastolic pressure. Left indicates immersed hand. Significance: *p<0.05 **p<0.01

수에서 침수 후 증가하여 1분에 대조치 74.1 ± 1.07 mmHg에 비해 77.7 ± 1.21 mmHg로 최고치에 이르는 유의한 변화($p < 0.05$)를 보이며 그 후 감소하여 회복기 3분에서는 거의 대조치에 이르렀고, 좌수에서는 우수와 비슷한 양상을 나타냈으며 우수에 비해 증가도가 컸으나 유의성은 없었다. 5°C에서 수축기 혈압은 우수에서는 침수 2분에 대조치 116.1 ± 1.83 mmHg에 비해 123.2 ± 2.07 mmHg로 최고치에 이르렀으며 침수 1, 2, 3분에 걸쳐 유의한 증가($p < 0.05$)를 보인 후 감소하여 회복기 3, 5분에 거의 대조치까지 감소했다. 좌수는 침수후 증가하여 1분에 대조치 119.6 ± 2.56 mmHg에 비해 129.4 ± 2.49 mmHg로 최고치에 이르고 침수 1, 2, 3분에 걸쳐 유의한 변화($p < 0.05$)를 나타냈으며 그 후 감소하지만 회복기 5분에서도 완전히 회복되지는 않았다. 또한 우수에 비해 침수 1분에서 유의한($p <$

0.05) 증가도를 보였다. 확장기 혈압은 좌우수 모두 침수 2분에서 대조치 75.7 ± 1.81 mmHg, 73.7 ± 1.19 mmHg에 비해 88 ± 2.18 mmHg, 82.3 ± 1.52 mmHg로 최고치에 이르렀고 침수 1, 2, 3분에 걸쳐 유의한 변화($p < 0.01$)를 보였으며 1, 3분에서 우수에 비해 좌수의 증가도가 유의함($p < 0.05$)을 보였다. 회복기에는 서서히 감소하여 대조치에 근접하나 완전히 회복되지는 않았다.

2. 분시심박수(도표 2, 그림 2)

15°C에서 분시심박수는 침수후 3분까지 거의 변화가 없었으며 회복시에 분시심박수가 감소하였다가 3, 5분에서 조금 증가하였으나 유의한 변화는 아니었다. 10°C에서는 침수후 1분에서 분시심박수가 감소하였다가 2, 3분에서 증가하였으며 회복기에는 3분까지 서서히 감소하다가 5분에서 다시 증가하였

Table 2. Changes of heart rate in cold hand test

n=61

		Heart rate (per min.)						
		Control	During exposure			After exposure		
			1	2	3	1	3	5 min.
15°C	M±	74.0	73.9	74.2	74.0	73.1	73.3	73.7
	SE	1.23	1.48	1.36	1.40	1.30	1.30	1.29
10°C	M±	72.4	71.8	73.3	74	72.7	72.6	73.5
	SE	1.76	1.67	1.31	1.36	1.31	1.28	1.28
5°C	M±	73.3	74.5	75.3	74.9	72	71.7	72.1
	SE	1.37	1.48	1.46	1.49	1.3	1.34	1.42

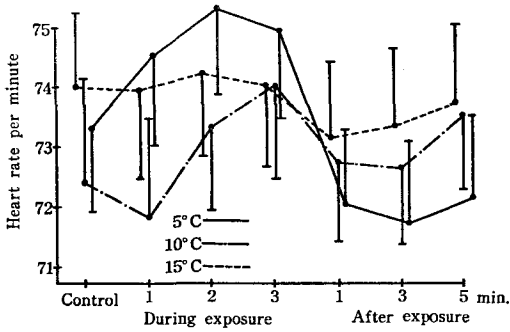


Fig. 2. Changes of heart rate in the cold hand test.

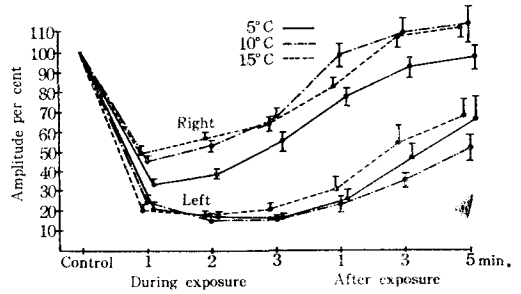


Fig. 3. Changes of capillary pulse amplitude in the cold hand test. Left indicates immersed hand.

으나 유의하지는 않았다. 5°C 일때 침수후 2분에 대조치 73.3±1.37/분에 비해 75.3±1.46/분으로 증가하였다가 3분에서 조금 감소하였고 회복기 1분에서 급격히 감소하였으며 3분, 5분에서는 서서히 감소하였다.

3. 광전모세혈관맥박 파고(도표 3, 그림 3)

15°C에서 우수에서는 침수후 모세혈관맥박의 파고는 급격히 감소하여 침수 1분에 49.8%로 최저치를 보였고 그후 서서히 증가하여 회복기 3, 5분에는 오히려 대조치보다 증가함을 보였다. 좌수에서는 모세혈관맥박의 파고는 침수후 1분동안에 급격히 감소하여 2분에서는 17.6%로 최고의 감소를 보였고 그 후 서서히 회복되는 경향을 보이나 회복기동안 완전히 회복되지는 못하였다. 10°C와 5°C에서 우수는 15°C와 같은 변화양상을 보였고, 침수후 1분

에서 10°C는 44.5%, 5°C는 32.5%로 최고의 감소를 보였다. 좌수에 있어서도 15°C와 같은 양상을 보였으나 침수 3분에서 10°C는 13.3%, 5°C는 13.6%로 최고의 감소를 나타냈다. 이처럼 전 실험을 통하여 우수에서는 침수 1분에 최고의 감소를 보이나 좌수에서는 침수 3분까지 계속적으로 감소하였으며 좌수의 변화도는 우수에 비해 유의함(p<0.01)을 보였다. 또한 좌수에서는 5°C의 회복이 10°C보다 빠른 경향을 나타냈다.

4. 피부온도(도표 4, 그림 4)

15, 10, 5°C에서 피부온도는 우수에서 침수후 감소하기 시작하여 회복기 1분에 최저치에 이르렀고 그 후 서서히 회복됨을 보였으나 유의한 변화는 없었다. 좌수에서도 우수와 같은 변화 양상을 보이 나 피부온도의 감소가 우수에 비해 유의하게 (p<

Table 3. Changes of capillary pulse amplitude in cold hand test

n=61

		Capillary pulse amplitude (%)							
		Control	During exposure			After exposure			
			1	2	3	1	3	5 min.	
15°C	Left	M±SE	100	20.7 2.77	17.6 2.40	20.2 3.02	33.8 6.00	53.7 9.02	63.3 9.67
	Right	M±SE	100	49.8 3.80	56.5 3.55	64.7 3.42	82.0 4.03	106.6 5.46	109.4 4.81
10°C	Left	M±SE	100	22.5 3.67	14.0 3.20	13.3 2.48	22.7 3.95	34.9 4.54	51.3 6.02
	Right	M±SE	100	44.5 3.42	52.4 3.52	66.5 4.11	97.0 5.97	107.6 7.20	110.8 7.49
5°C	Left	M±SE	100	20.1 2.78	14.7 2.27	13.6 2.23	24.9 4.01	47.5 6.76	65.4 10.29
	Right	M±SE	100	32.5 2.73	38.7 3.10	51.7 4.13	76.4 5.37	91.1 5.22	95.6 6.24

Table 4. Changes of skin temperature in cold hand test

n=61

		Skin temperature (°C)						
		Control	During exposure 1	exposure 2	3	After exposure 1	exposure 3	5 min.
15°C	Left	M±SE 31.5 0.67	31.1 0.70	30.6 0.48	29.7* 0.47	29.5* 0.47	30.2 0.46	30.6 0.48
	Right	M±SE 32.0 0.50	31.7 0.50	31.5 0.50	31.3 0.44	31.2 0.51	31.4 0.52	31.7 0.51
10°C	Left	M±SE 31.3 0.52	29.9 0.50	29.1** 0.50	28.5** 0.52	28.5** 0.53	29.1** 0.56	29.2** 0.59
	Right	M±SE 32.2 0.47	31.9 0.47	31.6 0.47	31.4 0.48	31.3 0.49	31.6 0.49	31.7 0.49
5°C	Left	M±SE 30.8 0.57	28.9* 0.57	27.9** 0.58	27.1** 0.59	27.2** 0.59	27.9** 0.61	28.4** 0.62
	Right	M±SE 31.8 0.51	31.5 0.50	31.2 0.51	31.0 0.50	30.8 0.52	31.0 0.53	31.3 0.51

* Significance: p<0.05
** Significance: p<0.01

Table 5. Changes of GSR in cold hand test

n=61

		GSR(kΩ)						
		Control	During exposure 1	exposure 2	3	After exposure 1	exposure 3	5 min.
15°C	Left	M±SE 103.7 11.59	132.4 15.29	145.5* 16.51	145.2* 15.70	130.3 14.16	127.7 14.25	127.0 14.29
	Right	M±SE 107.4 13.07	111.8 13.25	117.5 13.35	121.5 13.61	124.6 13.88	128.2 13.97	134.7 13.96
10°C	Left	M±SE 102.3 13.38	140.9 16.95	154.4* 18.37	164.6* 19.23	153.9* 18.64	147.8* 18.13	144.4 18.32
	Right	M±SE 107.5 12.91	107.3 13.35	110.2 13.64	114.3 13.91	118.4 14.11	118.9 14.16	121.8 14.54
5°C	Left	M±SE 98.2 12.96	146.2* 16.64	154.1* 17.96	161.7** 19.51	146.9* 17.49	138.3 16.66	131.3 16.11
	Right	M±SE 105.8 11.65	102.3 12.09	102.2 11.96	105.7 12.15	110.7 12.38	117.9 12.59	119.9 13.08

* Significance: p<0.05
** Significance: p<0.01

0.01) 나타났고, 회복기 1분에서 15°C에서는 29.5±0.47°C, 10°C는 28.5±0.53°C, 5°C는 27.2±0.59°C로 온도가 감소함에 따라 피부온도의 감소도가 증가함을 보였다. 피부온도의 대조치에 대한 유의한 감소는 10°C에서는 침수 2분에서 회복기 5분까지 5°C에서는 침수 1분에서 회복기 5분까지 나타남을 볼 수 있었다(p<0.01).

5. 피부전기저항(GSR)(도표 5, 그림 5)

15°C에서 우수에서 피부전기저항은 서서히 증가

하기 시작하여 회복기동안에도 계속 증가하는 경향을 보였으나 유의한 변화는 없었다. 그러나 좌수에서는 침수직후 급격히 증가하여 대조치 103.7±11.59kΩ에 비해 2분에서 145.5±16.51kΩ, 3분에서 145.2±15.7kΩ로 유의한 변화(p<0.05)를 나타냈고 그 후 회복기동안에는 점차 감소하는 경향을 보이거나 완전히 회복되지는 않았다. 10°C와 5°C에서 우수에서의 피부전기저항은 15°C와 비슷한 양상을 보였으나 5°C에서는 침수 1, 2분에서 오히려 대조치보다 약간 감소하는 것으로 나타났다.

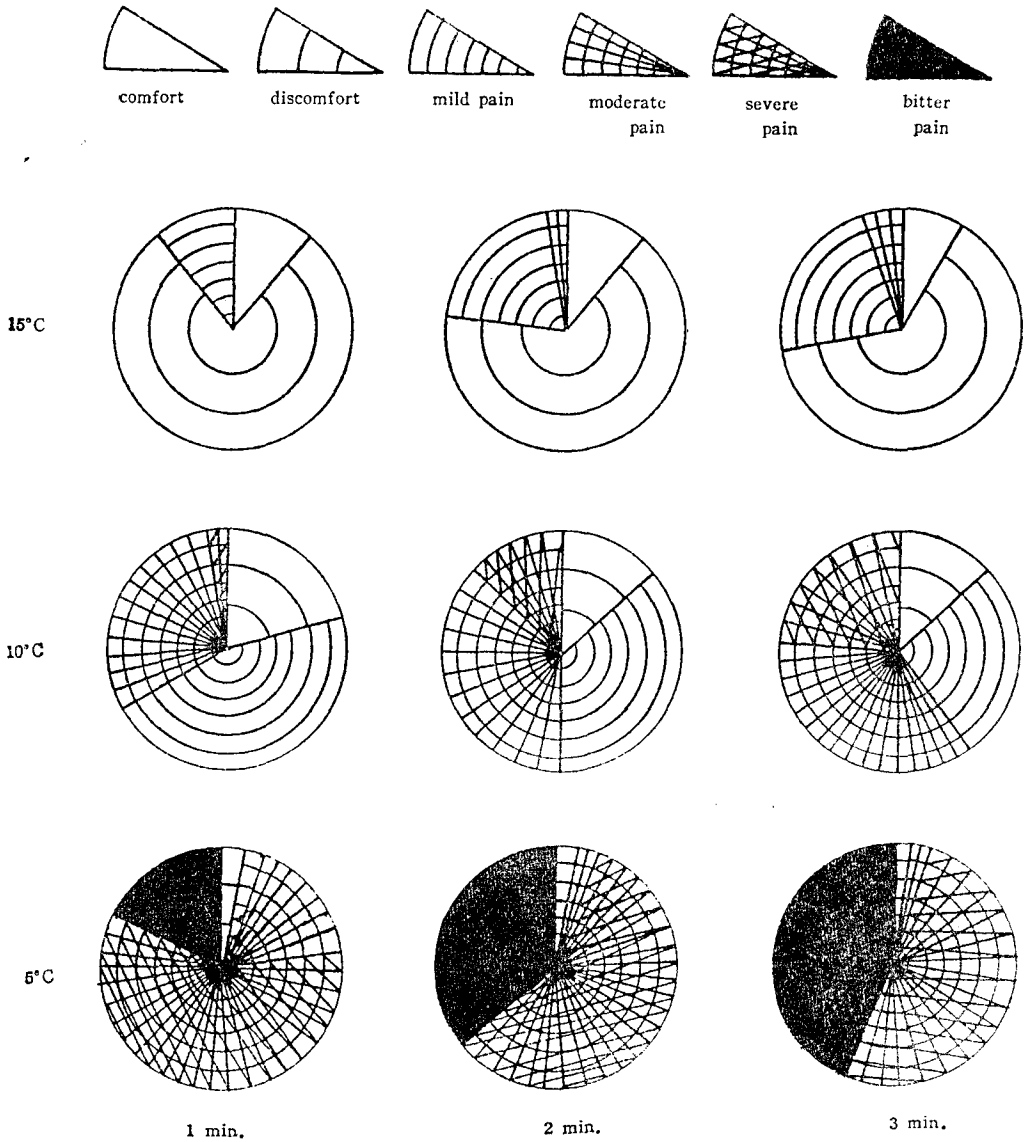


Fig. 6. Frequencies(%) of the occurrence of each degree of pain sensation per cent of subjects at the given exposure time (min.) during immersion of the left hand in cold water. 360 degrees of a circle are set as 100% (See Table 6.).

Table 7. Changes of ECG in cold hand test

n=24

		R amplitude (mm)		T amplitude		P-R interval (sec.)		Q-T interval	
		M	± SE	M	± SE	M	± SE	M	± SE
15°C	0	15.6	0.95	5.3	0.38	0.158	0.004	0.364	0.005
	1	15.7	0.98	5.6	0.36	0.159	0.004	0.361	0.005
	2	16.0	0.99	5.8	0.41	0.157	0.004	0.360	0.006
	3	14.7	1.07	5.8	0.39	0.160	0.004	0.363	0.005
	*1	16.0	0.96	5.6	0.38	0.158	0.003	0.363	0.005
	3	16.0	1.01	5.6	0.40	0.158	0.003	0.367	0.005
	5	15.6	1.03	5.4	0.39	0.159	0.004	0.362	0.006
min.									
10°C	0	15.2	0.91	5.0	0.41	0.157	0.003	0.365	0.005
	1	15.5	0.96	5.2	0.46	0.157	0.004	0.363	0.006
	2	15.4	0.96	5.5	0.38	0.163	0.003	0.366	0.006
	3	15.3	0.97	5.4	0.39	0.157	0.003	0.363	0.005
	*1	15.2	0.93	5.4	0.41	0.160	0.003	0.364	0.005
	3	15.4	0.94	5.4	0.39	0.16	0.003	0.368	0.005
	5	15.3	0.95	5.2	0.38	0.158	0.003	0.366	0.005
min.									
5°C	0	15.3	1.13	5.2	0.34	0.163	0.003	0.367	0.005
	1	15.5	1.16	5.2	0.35	0.160	0.004	0.368	0.005
	2	15.9	1.19	5.3	0.38	0.159	0.003	0.360	0.005
	3	15.7	1.14	5.4	0.36	0.160	0.003	0.360	0.005
	*1	15.7	1.10	5.0	0.36	0.160	0.003	0.365	0.005
	3	15.6	1.12	4.6	0.33	0.161	0.003	0.370	0.005
	5	15.7	1.13	4.7	0.36	0.160	0.004	0.365	0.006
min.									

* : Recovery period

고찰

혈압은 동맥의 탄력성, 교감신경계, 분시심박수, 혈류량, 내분비 등에 의해 조절되며 그 중에서 교감신경계의 작용이 가장 중요하다고 한다⁵⁾. 피부혈관은 주로 연수의 혈관운동중추에 의해 조절되는데^{6,7)}, 한냉자극시 교감신경의 자극으로 혈관은 수축되고⁸⁾ 수축기 혈압, 확장기 혈압⁹⁾ 및 분시심박수는 증가된다⁹⁻¹¹⁾고 한다. 본 실험과 동일한 방법으로 실시한 Drinkwater¹²⁾의 실험에서 수축기 혈압은 침수 2분에, 확장기 혈압은 침수 1분에 최고치에 이르며 백 등¹³⁾의 연구에서도 해너군은 침수 1분에 비해너군은 2분에서 혈압이 최고치에 달한다고 하였다. 본 실험에서도 침수시 혈압의 증가는 위의 보고들과 일치함을 보인다. Wolff⁴⁾ 등¹⁴⁾은 0°C와 10°C의 실험에서 국소한냉자극시 나타나는 혈압의 상승은 동통에 의한 것이라고 하였으며 주관적인 동통

이 커질수록 혈압의 증가도가 커진다고 하였다. 본 실험에서도 10°C나 15°C에 비해 5°C에서 혈압과 분시심박수가 크게 증가되어 나타나는 것은 5°C에서의 한냉자극의 반응이 동통에 의한 반응으로 보이며 이것은 5°C에서는 통각신경섬유(pain fiber)가 작용을 하게 되며 냉각신경섬유(cold fiber)는 작용을 하지 않는다²⁾는 사실로 미루어 알 수 있다. 한냉에 대한 순환계의 반응으로서 수축혈관은 수축하고 분시심박수는 감소한다¹⁵⁾고 한다. 본 실험에서 15°C와 10°C에서 분시심박수가 큰 변화가 없거나 약간 감소하여 나타나는 것은 동통보다는 한냉에 의한 영향이 더 크며 혈압의 상승에 의한 압력수용체의 되먹이반응(feedback mechanism)에 의해 분시심박수가 감소하는 것으로 사료된다. 회복기에 있어서 김 등¹⁶⁾은 혈압 및 분시심박수가 대조치보다 감소한다고 보고하였고 동계에 실험을 하였기 때문에 한냉에 어느 정도 적응이 되어 부교감신경의 반응이 증가되기 때문이라고 하였으며 LeBlanc 등¹⁷⁾도 회복기에 분시심박수의 감소를 보고하였다. 동

제에 실시한 본 실험에서도 분시심박수는 위의 보고들과 일치하나 혈압은 10°C와 5°C에서 대조치 이하로 하강하지 않으며 김 등¹⁶⁾의 보고와는 달리 동계에 한냉에 대한 적응이 나타나지 않는다는 것을 알 수 있다고 하겠다. 다른 측면에서 볼 때 15°C에 비하여 10°C 및 5°C에서는 국소 및 전신적 한냉효과가 회복기 5분에서도 완전히 회복되지 않음으로서 말초혈관의 수축이 확장기 혈압을 높게 유지시키고 있기 때문이라고 생각되나 자세한 것은 더 연구해야 할 과제라고 사료되는 바이다.

Grant 및 Bland¹⁸⁾는 한냉자극 동안에 모세혈관 혈류량을 관찰하여 한냉에 대한 반응에서 피하 소동맥 및 정맥의 문합(anastomosis)이 참여하는 증거를 얻을 수 있었다고 한다. 본 실험에서도 혈류량을 직접적으로 측정하지는 않았으나 광전모세혈관맥박 파고로서 혈류량의 간접적인 관찰을 하였다. 국소한냉자극시 혈류량의 감소는 전신적인 혈관수축에 기여한다는 보고들^{8, 19-21)}이 있으며 본 실험에서 좌우수에 나타난 모세혈관맥박 파고의 감소는 위의 보고들과 일치함을 보인다. 좌수에 있어서 우수보다 더 큰 모세혈관맥박 파고의 감소는 국소한냉자극의 국소효과에 의한 것이며 Buchanan 등²²⁾과 Freeman²³⁾은 교감신경이 절단된 사지에서도 한냉자극시 혈관의 수축작용이 일어난다고 보고하고 이것은 한냉에 의한 국소 직접효과로써 일어난다고 하였다. 이러한 국소반응의 기전에 대해 Buchanan 등²²⁾은 한냉자극의 혈관근에 대한 직접적인 영향과 혈관이완물질의 감소에 의한다고 하였고 Hertzman 및 Roth²⁴⁾는 한냉자극의 혈관근에 대한 직접적인 영향과 혈관수축물질 효과의 연장을, Folkow 등²⁵⁾은 혈관근에 대한 직접적인 수축작용을 보고하였다. 또한 한냉자극시 국소효과는 한냉의 혈관근에 대한 직접적인 영향과 척추반사에 의하여 나타난다²⁾고 한다. 피부가 한냉에 노출될 때 15°C에서 피부혈관은 최대의 수축을 보이고 이는 신경자극에 대한 민감도의 증가에 의한 것이며 15°C 이하의 온도에서는 혈관이 15°C보다 먼저 이완되기 시작하는데 이는 혈관 자체에 대한 한냉의 직접적 국소효과, 즉 혈관벽의 수축기전의 마비 또는 혈관으로 오는 신경전도의 차단에 의한 것으로 추측된다²⁾고 하였다. 그러나 Hsieh 등²⁶⁾은 10°C에서 혈관이 최대로 수축한다고 하였으며 Brown 및 Page²¹⁾도 10°C와 20°C보다 5°C의 혈류량이 더 크다고 하며 이는 한냉에 기인한 혈관이완(cold induced vasodilatation)에 의한 것이라고 보고하였다. 본 실험에서 5°C의 모세혈관맥박의 감소는 10°C와 차이가 없으나 회복

기에 있어서 5°C의 회복이 빠른 것으로 보아 10°C에서 가장 수축이 강하게 일어난 것으로 생각되어지며 이러한 것은 Hsieh 등²⁶⁾의 소견과 일치함을 보인다. 또한 5°C가 10°C보다 회복이 더 빠른 것은 Brown 및 Page²¹⁾가 말한 한냉에 기인한 혈관이완의 영향이 어느정도 작용했으리라 사료된다.

Wang^{27, 28)}에 의하면 피부전기저항은 피부의 저항이나 피부전위의 일시적인 변화로 특히 수장(palm)과 족저(sole)부위에서 잘 나타나며 한선(sweat gland)의 분포와 밀접한 관계가 있다고 하였고 이 반응은 다시냅스성(polysynaptic) 척추반사와 척추상부의 중추신경계의 반응으로 나타나며 교감신경계를 통하여 일어난다고 하였다. 반사는 말초부위에서 오는 자극에 척추상부의 중추신경계로 부터 내려오는 항진이나 억제 흥분파(impulse)의 영향이 가미되어 나타난다고 하였으며 말초부위의 자극으로서 통각이나 온각신경섬유를 통한 자극은 피부전기저항을 저하시키고 냉각신경섬유로 부터 오는 자극은 증가시킨다^{27, 28)}고 하였다. 주 등²⁹⁾은 피부전기저항은 피부세포 특히 한선과 표피세포의 투과성의 변화로 출현되는 전기현상으로서 여러가지 생리적 자극이나 정신적 stress에 의하여 쉽게 변화된다고 하고 안정시 피부전기저항은 $53 \pm 4.2k\Omega$ 이라고 하였다. Edelberg 및 Burch³⁰⁾는 20°C이하로 피부를 냉각시킬때 피부전기저항은 증가한다고 하였다. 본 실험에서 안정시의 피부전기저항은 주 등²⁹⁾의 보고보다 50kΩ 정도 높게 나타났다. 한냉자극시 피부전기저항의 증가는 한냉자극으로 인한 척추상부의 해당 중추신경계의 억제효과로 보여지며 한냉자극이 피부전기저항을 증가시킨다는 보고^{27, 28, 30)}와 일치함을 보인다. 그러나 5°C의 침수시 피부전기저항의 감소는 한냉자극의 효과에 동등에 의한 영향이 증침되어 나타난 것으로 5°C의 한냉자극시 앞에서 설명한 혈압과 분시심박수의 반응이 통각에 의하여 나타난다는 사실을 뒷받침해 주는 것이라고 할 수 있겠다. 또한 좌수에서의 우수보다 피부전기저항의 더 큰 증가는 역시 한냉자극의 국소효과를 나타내며 이러한 효과는 척추의 반사효과가 우수에서 나타나는 척추상부의 중추신경계의 전신적 영향 위에 가미된 것으로 이는 한냉자극의 국소효과가 척추반사에 의해서도 나타난다²⁾는 보고와 일치한다고 하겠다. 그러나 회복기에서 우수의 피부전기저항이 계속 증가하여 나타나는 사실은 설명하기 어려우나 한냉자극의 제거후에도 혈중 catecholamine이 잔류하여 혈관을 계속 수축시킴으로서 GSR을 증가시킨다고 생각되나 더 연구해 볼 문제라고 사료되

는 바이다.

한냉자극을 가하면 피부온도는 감소하게 되며 피부온도의 감소는 혈류량의 감소를 나타내는 척도가 된다고^{19,21,31,32)} 하였다. 본 실험에서의 결과도 위의 보고와 일치함을 보이며 한냉자극의 온도가 저하함에 따라 피부온도의 감소도가 커질수록 혈압이나 피부전기저항에서 관찰한 결과와 일치한다고 하였다. Wolf 및 Hardy¹⁴⁾는 18°C 이하일 때 동통을 느끼며 냉각 온도가 낮을수록 느끼는 동통은 크다고 하였다. Greenfield와 Shepherd¹⁹⁾는 손가락의 피부와 내부사이의 온도 차가 작을때 더 큰 동통을 느낀다고 하며 또 피부온도가 17°C 이하가 되면 동통을 느끼기 시작한다³³⁾고 한다.

본 실험에서 주관적인 감각은 물의 온도가 감소함에 따라 동통을 느끼는 빈도는 증가하였고 시간이 지남에 따라 동통의 정도가 증가하는 것은 위의 보고들과 일치하며 침수시 시간이 지남에 따라 피부온도가 저하하고 이에 의하여 동통을 느끼는 빈도나 정도가 증가하리라 생각된다.

심전도에 있어서 김 등¹⁶⁾은 4~5°C의 국소한냉자극시 R 파와 T 파의 파고가 증가한다고 하고 특히 T 파는 남자군에서 침수시 유의한 증가를 보인다고 하였으며 Q-T 간격은 회복기에 증가함을 보고하였다. 본 실험에서도 위의 보고와 일치하나 T 파 파고의 유의한 증가는 볼 수 없었으며 회복기때 Q-T 간격의 증가도 볼 수 없었다. Q-T 간격은 분시심박수와 밀접한 관계가 있는 것으로, 김 등¹⁶⁾의 보고에서는 회복기에서 분시심박수가 유의한 감소를 보이나 본 실험에서는 유의한 감소가 없었던 것으로 보아 자명한 사실이며 국소한냉자극으로 심전도상으로는 심장에 큰 영향을 줄 수 없다고 사료되는 바이다.

요 약

건강한 남녀 대학생 61명을 대상으로 일측 손을 15, 10, 5°C 물에 담구어 국소한냉자극을 가하였으며 조기의 혈액순환변화를 추궁하기 위하여 3분간 침수하였다. 침수전후에 전진 및 국소반응을 Physiograph와 심전도계를 사용하여 측정하였다. 국소한냉자극시 나타나는 반응은 혈압, 분시심박수, 광전모세혈관맥박 파고, 피부온도, 피부전기저항, 주관적 감각 그리고 심전도를 한냉자극의 정도에 따라 비교 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

혈압은 국소한냉자극시 증가하였다. 그러나 김

등¹⁶⁾의 보고와는 달리 회복기에 혈압이 대조치 이하로 감소하는 현상은 관찰할 수 없었다.

분시심박수는 5°C에서는 증가하였고 15°C와 10°C에서는 별 변화가 없거나 오히려 약간 감소하였으며 회복기에서는 대조치보다 약간 감소하였다.

광전모세혈관맥박 파고는 국소한냉자극시 감소하였다. 침수한 좌수에서 우수보다 더 큰 감소를 관찰하였고 이는 한냉자극의 국소효과에 의한 것으로 보이며 회복기에서는 좌수에서 5°C가 10°C 보다 회복이 빠른 것으로 나타났다.

피부전기저항은 침수시 증가하였으며 침수한 좌수에서 우수보다 더 큰 증가를 보였다. 회복기에는 좌수에서는 회복되는 경향을 보이나 우수는 계속 증가함을 보였다.

피부온도는 좌우수 모두 저하하였다.

주관적 감각은 침수시 시간이 지남에 따라 동통의 정도가 증가되었다.

5°C의 국소한냉자극시 나타나는 혈액순환 변화는 동통에 의한 반응으로 사료되며 10°C나 15°C에서는 한냉 및 동통이 동시에 작용하나 한냉의 작용이 더 크다고 사료된다.

국소한냉자극시 심전도의 소견은 유의한 변화를 관찰하지 못하였다.

참 고 문 헌

- Hines, E. A., and G. E. Brown: A standard stimulus for measuring vasomotor reactions. Its application in the study of hypertension. Proc. Staff Meeting Mayo Clinic, p. 7, 332, 1932.
- Guyton, A. C.: Textbook of Medical Physiology. 6th ed., W. E. Saunders Co., Philadelphia. p. 354, 623, 894, 1981.
- Selkurt, E. E.: Basic Physiology for the Health Sciences. Little, Brown and Co., Boston. pp. 554-557, 1975.
- Wolff, H. H.: The mechanism and significance of the cold pressor response. Quart. J. Med., 20: 261-273, 1952.
- Thacker, E. A.: A comparative study of normal and abnormal blood pressures among university student, including the cold-pressor test. Am. Heart J., 20: 89-97, 1940.
- Brobeck, J. R.: Best & Taylor's Physiolo-

- gical Basis of Medical Practice. 10th ed., The Williams and Wilkins Co., Baltimore. pp. 3-208, 1978.
7. Dejang, R.N.: The Neurogenic Examination. 4th ed., Harper and Row Publishers. p. 518, 1979.
 8. Bader, M.E., and J. Mead: Effect of local cooling on finger blood flow in individuals exposed to warm ambient temperature. *J. Appl. Physiol.*, 3 : 508-512, 1950.
 9. LeBlanc, J., S. Dulac, J. Coté, and B. Girard: Autonomic nervous system and adaptation to cold in man. *J. Appl. Physiol.*, 39 : 181-186, 1975.
 10. Whittow, G.C.: The effect of different environmental and cold-bath temperature on the cold pressor response in man. *J. Physiol.*, 129 : 72-73, 1955.
 11. Schottelius, B.A., and P.D. Schottelius: Textbook of Physiology. 17th ed. The C.V. Mosby Co. p. 290, 1973.
 12. Drinkwater, B.L.: Women at altitude. Cardiovascular responses to hypoxia. *Aviat. Space Environ. Med.*, 53 : 472-477, 1982.
 13. 백광세, 김진경, 한대석, 강복순, 홍석기 : 한냉 자극에 대한 한국 태녀의 혈관제반응에 관한 연구. 대한 생리학회지, 3 : 59-66, 1969.
 14. Wolf, S., and J.D. Hardy: Studies on pain. Observations on pain due to local cooling and on factors involved in the "Cold pressor" effect. *J. Clin. Invest.*, 20 : 521-533, 1941.
 15. 남거용, 김철, 신동훈 : 생리학. 개정판. 서울대학교 출판부. p. 63, 1970.
 16. 김상표, 남상욱, 최경돈, 최요한, 최현욱, 현경애, 박원균, 채희열 : 운동부하 및 각종 신체 조건이 혈압 및 ECG 에 미치는 영향. 계명의 대논문집, 1 : 72-88, 1982.
 17. LeBlanc, J., J. Coté, S. Dulac, and F. Dulong-Turcot: Effect of age, sex, and physical fitness on responses to local cooling. *J. Appl. Physiol.*, 44 : 813-817, 1978.
 18. Grant, R.T., and E.F. Bland: Observations on arteriovenous anastomoses in human skin and in the bird's foot with special reference to the reaction to cold. *Heart*, 15 : 386-407, 1931.
 - 19) Greenfield, A.D.M., and J.T. Shepherd: A quantitative study of the response to cold of the circulation through the fingers of normal subjects. *Clin. Sci.*, 9 : 323-347, 1950.
 20. Rapaport, S.I., E.S. Fetcher, H.G. Shaub, and J.F. Hall: Control of blood flow to the extremities at low ambient temperatures. *J. Appl. Physiol.*, 2 : 61-71, 1949.
 21. Brown, G.M., and J. Page: The effect of chronic exposure to cold on temperature and blood flow of the hand. *J. Appl. Physiol.*, 5 : 221-227, 1952.
 22. Buchanan, J.L., J.J. Cranley, Jr., and R.R. Linton: Observations on the direct effect of cold on blood vessels in the human extremity and its relation to peripheral vascular disease. *Surgery*, 31 : 62-73, 1952.
 23. Freeman, N.E.: The effect of temperature on the rate of blood flow in the normal and in the sympathectomized hand. *Am. J. Physiol.*, 113 : 384-398, 1935.
 24. Hertzman, A.B., and L.W. Roth: The vasomotor components in the vascular reactions in the finger [to cold]. *Am. J. Physiol.*, 136 : 669-679, 1942.
 25. Folkow, B., R.H. Fox, J. Krog, H. Odellram, and O. Thoren: Studies on the reactions of the cutaneous vessels to cold exposure. *Acta Physiol. Scand.*, 58 : 342-354, 1963.
 26. Hsieh, A.C., T. Nagasaka, and L.D. Carlson: Effects of immersion of the hand in cold water on digital blood flow. *J. Appl. Physiol.*, 20 : 61-64, 1965.
 27. Wang, G.H.: The galvanic skin reflex. A review of old and recent works from a physiologic point of view. *Am. J. Physiol. Med. Part I*, 36 : 295-320, 1957.
 28. Wang, G.H.: The galvanic skin reflex. A review of old and recent works from a physiologic point of view. *Am. J. Physiol. Med. Part II*, 37 : 35-55, 1958.
 29. 주영명, 손광현, 심동원, 채희열 : 수술로 인한 GSR 변화. 향공의학, 15 : 23-30, 1967.

30. Edelberg, R., and N.R. Burch: Skin resistance and Galvanic Skin Response. *Arch. Gen. Psychiatry*, 7: 163—169, 1962.
31. Hertzman, A.B.: Vasomotor regulation of cutaneous circulation. *Physiol. Rev.*, 39: 280—301, 1959.
32. Brown, G.M., J.D. Hatcher, and Page J.: Temperature and blood flow in the forearm of the Eskimo. *J. Appl. Physiol.*, 5: 410—420, 1952.
33. Schmidt, R.F.: *Fundamentals of Sensory Physiology*. Springer-Verlag, Heidelberg. p.103, 1978.