

# 원적외선 온열효과가 인체에 미치는 생리학적 영향

이명호 교수

연세대학교 의료기기기술연구소 소장, 공학박사

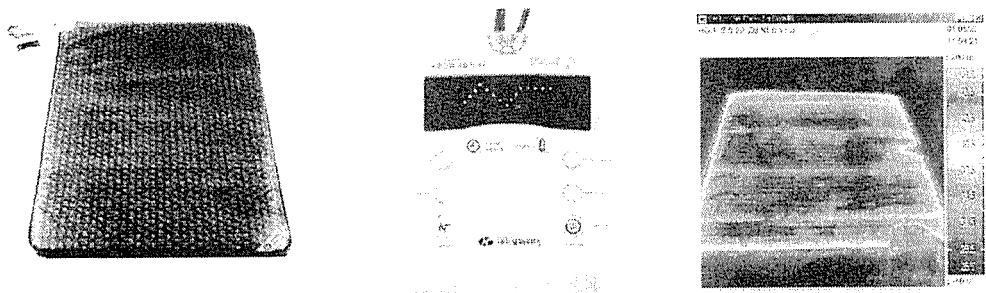
## <요약>

원적외선 온열 발생장치를 이용, 원적외선이 인체에 미치는 생리학적 영향을 실험·고찰한 결과, 발생장치의 온도가 상승(30~65℃)함에 따라 피검자의 혈압은 모세혈관의 확장 및 땀의 발한작용에 의한 염분배출로 인해 감소·안정화되었다. 심박동수 및 심박출량의 경우 원적외선 온열 발생장치의 온도가 40℃이하의 저온에서는 피실험자의 심박동수 및 심박출량이 감소·안정화되었으며, 44℃이상의 고온에서는 심장에 미치는 자극의 증가로 인하여 심박동수 및 심박출량이 근소한 증가를 나타내었다. 그러나 고온에서의 심박동수 및 심박출량의 증가도 급격한 증가가 아니므로 심장에 미치는 부담은 그렇게 크지 않다는 것을 알 수 있었다. 또한 체온은 원적외선의 공명흡수 작용의 영향으로 체표에 거의 열부담을 주지 않고 피실험자의 체내온도가 상승되었다.

## I. 서론

원적외선이 인체에 작용하여, 체내 심층부의 온도를 상승시키고, 모세혈관을 확장시켜 혈액순환을 촉진하며, 신진대사를 전체적으로 활성화시키고, 조직의 재생력 등을 향상시켜서 피로회복, 건강증진, 불면증 및 스트레스 등 만성질환의 치료에 효과가 있어 동서양에서는 오래 전부터 널리 자연요법으로 이용되고 있으며, 이에 관한 연구 내용들이 보고되고 있다[1]~[3],[11]. 이에 따라 본 연구에서는 인체내의 생명활동을 나타내는 혈압 등 생체 파라미터를 측정하여 원적외선 온열효과가 인체에 미치는 생리학적 영향에 대하여 고찰하였다.

본 연구에서 원적외선 온열효과가 인체에 미치는 영향을 고찰하기 위하여 원적외선 온열치료기(이하 MEDIKHAN)를 개발하였으며, 이 MEDIKHAN을 이용하여, 60명의 자원자를 대상으로 혈압, 심박동수, 심박출량, 심전도, 체온 등의 생체 파라미터를 측정·분석하였다. <그림1>은 본 연구에서 개발한 MEDIKHAN의 (a)외형과 (b)조절기, (c)적외선 열화상(thermograph)을 나타낸다. 그림1(c)는 MEDIKHAN의 적외선열화상의 고른 분포를 나타내고 있다. <그림2>는 실험에 이용된 MEDIKHAN을 FT-IR spectrometer를 이용하여 원적외선 방사율 및 방사에너지를 측정한 결과로, 이상적인 흑체와 유사한 분광학적 특성을 나타내고 있다.



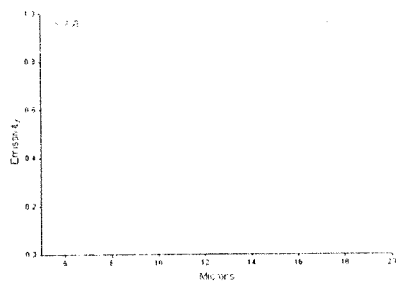
실내온도28℃, 실내습도48%, 조절기온도65℃

(a)

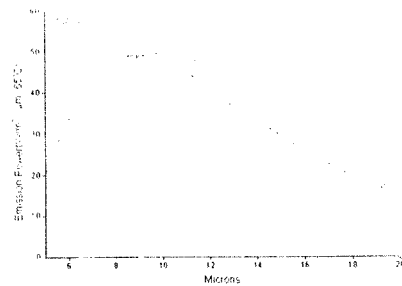
(b)

(c)

<그림1> 원적외선 온열 발생장치(a)와 조절기(b) 및 적외선 열화상(c)



(a)



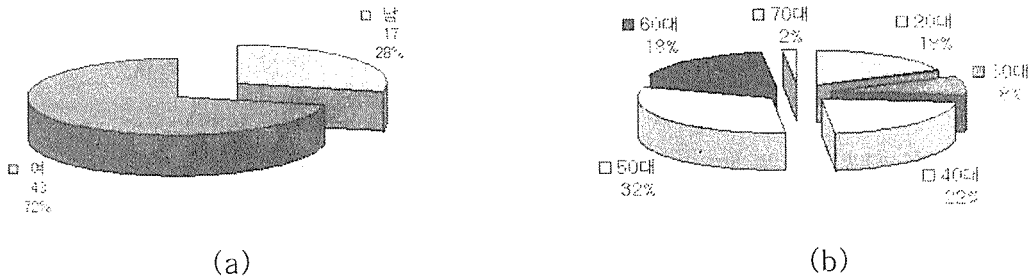
(b)

측정온도65℃, 한국원적외선협회(KIFA)제공

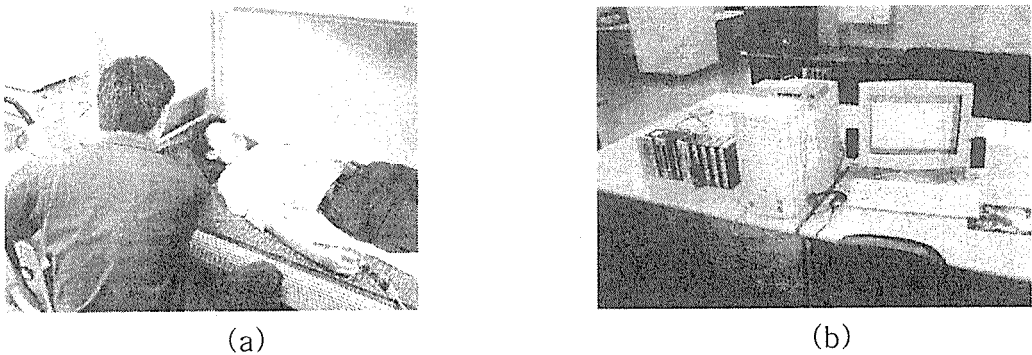
<그림2> 원적외선 방사율(a) 및 방사에너지(b)

## II. 실험방법

피실험자를 일반침대에 눕혀 5~10분 동안 생체 리듬을 안정시킨 후, 원적외선 온열효과를 주지 않은 상태에서 30분 동안 5분 간격으로, 앞에서 언급한 생체 파라미터를 측정하였다. 그 다음에, 피실험자를 MEDIKHAN에 옮겨 눕게 한 후, 30~65℃까지 원적외선 온열효과를 주며 각각 30분 동안 동일한 파라미터 값을 동일한 방법으로 측정하였다. 본 실험의 측정에는 MP150, NIBP100A, Hellodocs, Thermoscan 등이 이용되었다.



<그림3> 피검자의 성별분포(a) 및 연령분포(b)



<그림4> 생체 파라미터의 측정(a) 및 측정시스템(b)

### III. 실험 결과 및 고찰

#### 1. 혈압의 변화

본 연구에서 피실험자를 대상으로 원적외선 온열효과가 인체의 혈압에 미치는 영향을 실험한 결과, <그림5>, <그림6>에서와 같이 원적외선 온열효과를 인가하지 않은 경우(control)에 비해 원적외선 온열효과를 준 경우(30~65℃)에서 혈압의 저하현상이 나타났고, 그 유의성(有意性)은 고온인 40℃ 이후에서 뚜렷하게 나타났다. 이것은 원적외선의 온열효과에 의한 체내 모세혈관의 확장과 땀의 발한작용에 의한 체내 염분의 배출이 혈압의 저하 및 안정화에 영향을 미친 것으로 보인다[14]. 즉, 원적외선에 의한 온열효과가 체온을 상승시켜 땀의 발한작용을 일으키고, 발한작용에 의해 분비되는 땀과 함께 혈액 내에 포함되어 있던 Na 이온이 체외로 빠져나간다. 이 때 혈액 내 Na 이온이 결합하게 되는 물(H<sub>2</sub>O)의 양도 함께 감소하므로 혈액의 부피가 감소하여 혈관에 미치는 압력이 줄어들어 혈압이 감소하게 된다.

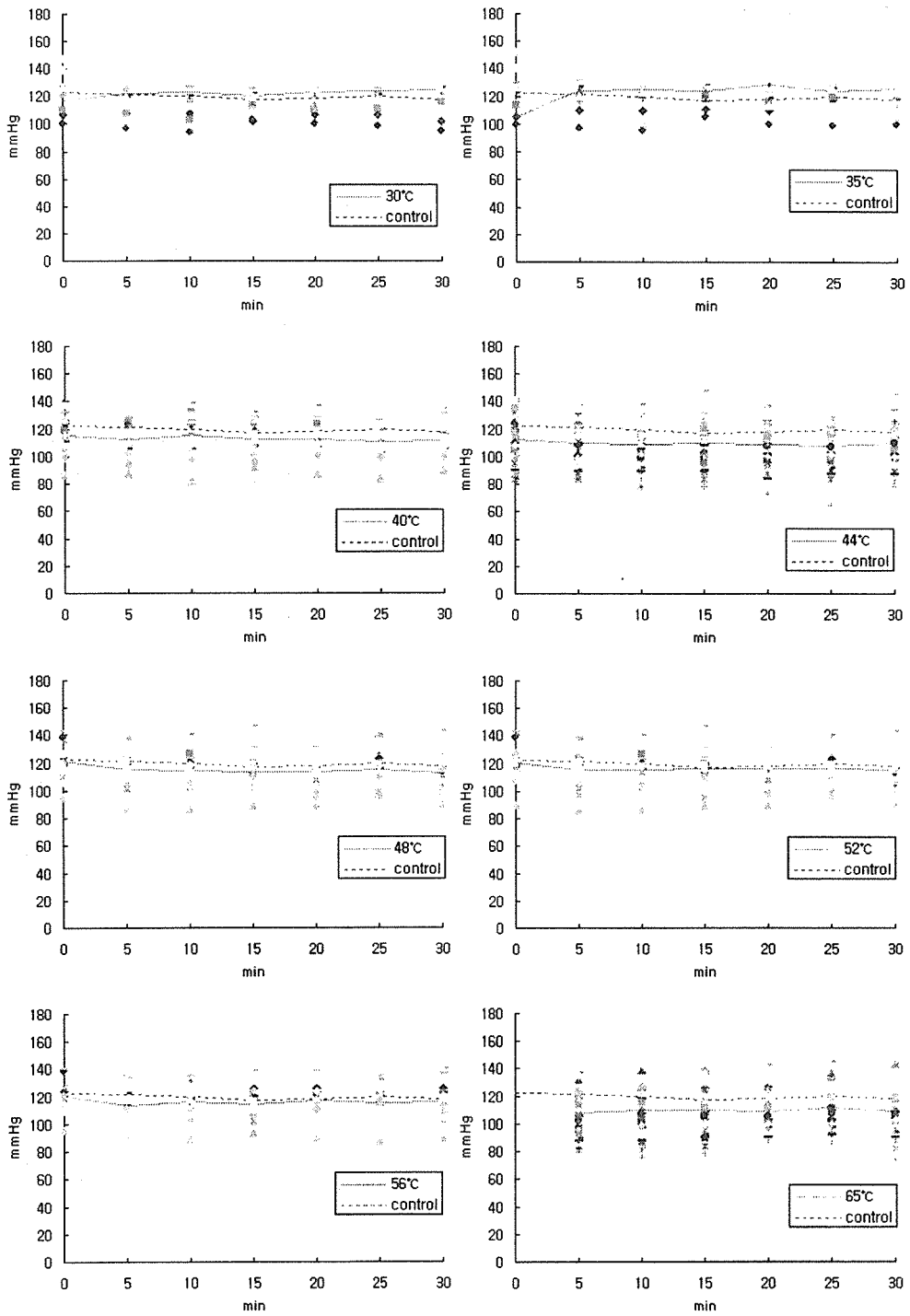
#### 1) 수축기 혈압

수축기 혈압(systolic blood pressure)의 평균변동은 최대 14.3%(65℃) 감소하였으며, 44~65℃에서 평균 3.4~8.5% 감소하였다.

<표1> 수축기 혈압의 데이터 테이블

	0	5	10	15	20	25	30
control	122.8±17.5	121.1±16.8	120±17.1	117.3±15.1	118.3±17.5	119.9±16.0	118±15.7
30℃	116.5±13.4	122.3±15.6	122.6±17.9	120.4±18.9	123±14.7	124±17.3	124.8±21.5
35℃	105±12.2	124.3±16.5	125.1±18.6	124.3±18.5	128.3±18.5	124.5±18.3	125.8±15.4
40℃	115.6±13.4	112.4±11.3	115.2±13.3	112.8±11.3	112.8±11.3	*110.8±11.9	111.6±11.1
44℃	*112.2±15.8	*109.8±14.0	*108.6±13.5	109.4±14.2	*108.6±13.7	*108.4±14.2	*109.8±14.1
48℃	121.1±8.9	115.3±12.2	114.1±10.5	113.5±12.0	113.0±10.5	115±11.2	112.5±10.8
52℃	120.5±11.7	115.3±14.8	115±9.5	116.0±10.8	116.0±11.6	115.7±13.1	115.2±12
56℃	120.7±8.6	113.6±9.8	116±10.6	114.4±10.5	117.1±11.4	115.0±10.5	115.8±11.3
65℃	0.0	*108.4±15.1	*109.7±15.8	109.8±15.7	*109.2±14.0	*111.4±13.8	*109.4±15.0

*mean±SEM* , \**p*<0.05



<그림5> 원적외선 온열효과에 의한 수축기 혈압의 평균변동(30~65°C)

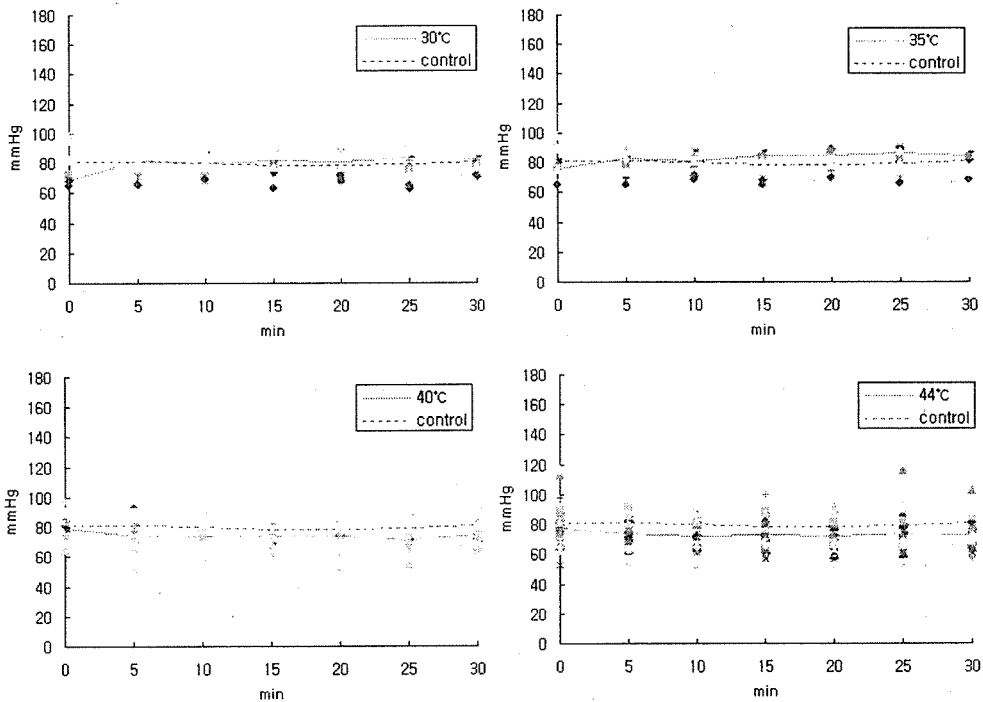
## 2) 확장기 혈압

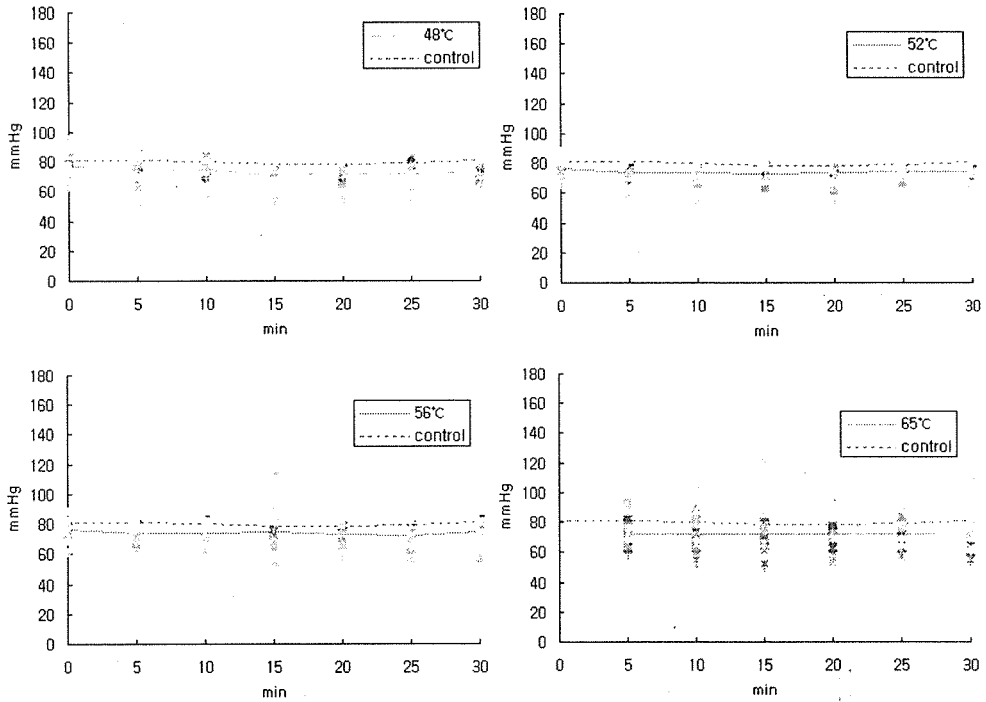
확장기 혈압(diastolic blood pressure)은 최대 12.5%(65°C) 감소하였으며, 44~65°C에서 평균 4.5~9.6% 감소하였다.

<표2> 확장기 혈압의 데이터 테이블

	0	5	10	15	20	25	30
<b>control</b>	80.6±11.8	80.7±10.1	80.3±10.6	78.7±12.2	78.2±10.4	79.3±11.2	81.1±11.5
<b>30°C</b>	*68.5±0.7	82±12.5	80.3±10.8	82.2±10.5	80.8±13.1	83.9±14.3	82.4±12.8
<b>35°C</b>	76±12.2	82.4±13.7	80.8±12.5	84.4±14.4	84.9±12.7	86.1±12.7	84.2±11.8
<b>40°C</b>	79±9.3	*74.1±10.3	*73.7±8.9	73.9±9.8	74.1±9.2	*71.0±8.2	74.8±11.1
<b>44°C</b>	77.2±12.4	*73.9±8.8	*72.1±8.1	73.3±9.7	*71.8±9.1	74.0±11.3	*73.1±9.3
<b>48°C</b>	76.9±5.5	*74.6±8.9	*74.5±8.2	*70.8±7.5	*72.0±8.2	*72.1±8.8	*73.2±7.8
<b>52°C</b>	76.7±6.4	*74.2±7.8	*74.0±8.2	73.1±7.5	73.7±9.2	74.8±7.2	*75±7.5
<b>56°C</b>	76.9±6.4	*74.2±6.8	*74.1±6.4	74.5±11.7	73.2±7.2	*71.8±8.4	*74.4±9.0
<b>65°C</b>	0.0	*72.4±9.3	*71.9±10.7	72.3±13.8	*72.3±9.5	*72.4±10.1	*70.9±9.8

*mean±SEM* , \**p*<0.05

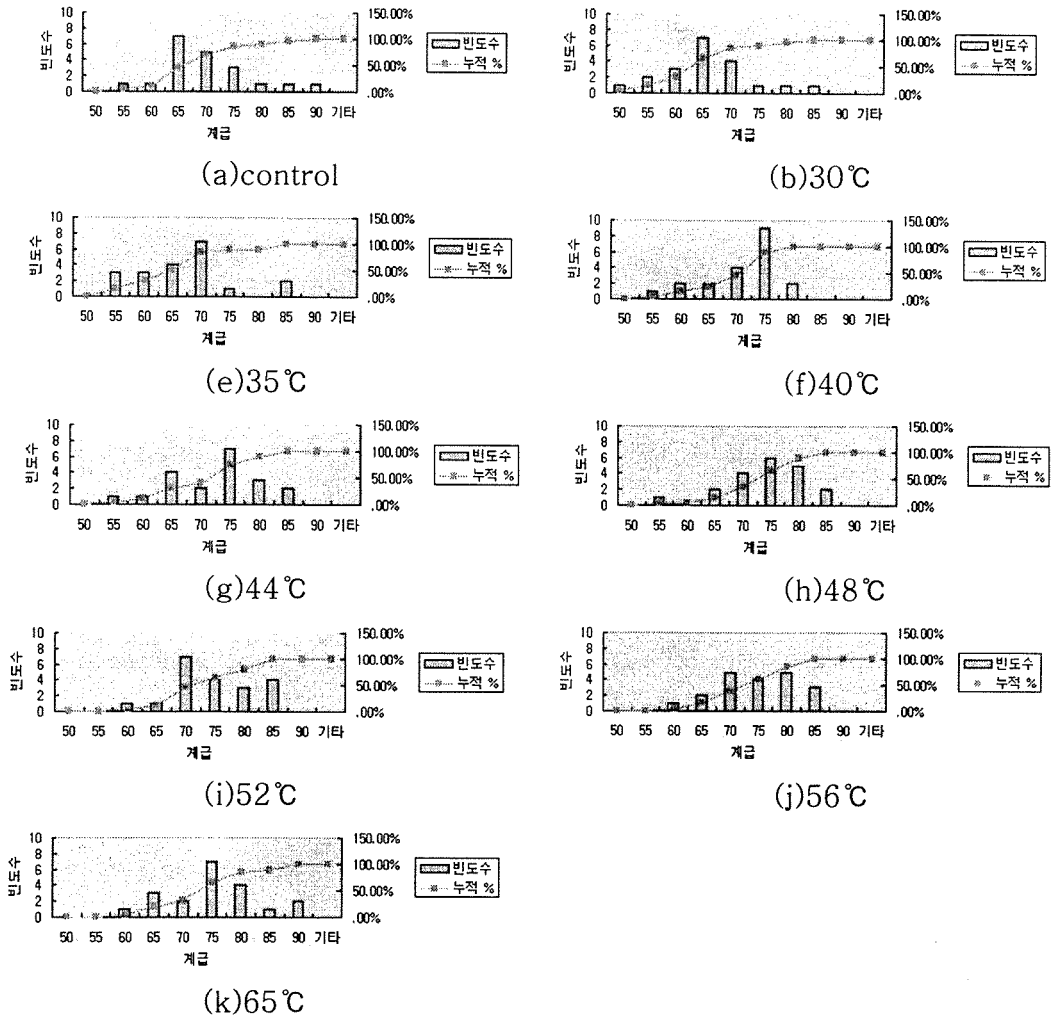




<그림6> 원적외선 온열효과에 의한 확장기 혈압의 평균변동(30~65°C)

### 1. 심박동수의 변화

60명의 피실험자 중 20명의 데이터를 무작위로 선정하여 심박동수 (heart rate)의 변화를 조사한 결과, <그림7>에서와 같이 MEDIKHAN의 온도가 저온(30, 35, 40°C)으로 인가될 때, 피실험자들의 심박동수가 감소하였으며, 온도가 상승(44, 48, 52, 56, 65°C)할수록 피실험자들의 심박동수가 근소하게 증가하였다. 이것은 원적외선의 온열효과에 의해 전체적으로 인체의 생리작용이 안정화됨을 나타내고, 고온에서의 심박동수의 증가는 급격한 증가가 아니므로 심장에 대한 부담이 그리 크지 않다는 것을 알 수 있다.



<그림 7> 원적외선 온열효과에 의한 심박동수(heart rate)의 변화(30~65°C)

### 3. 심박출량의 변화

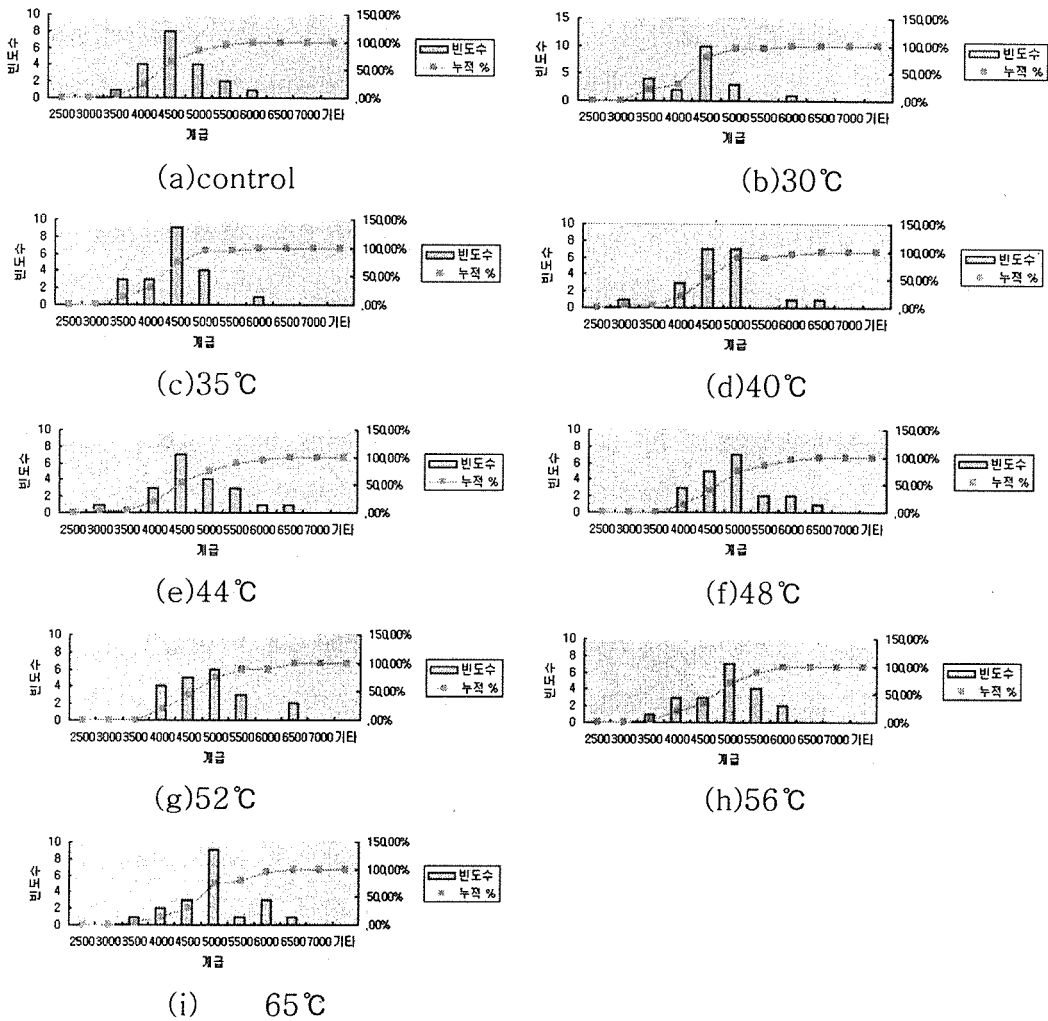
심장은 일정한 주기로 수축과 팽창을 되풀이하며 혈액을 동맥으로 박출한다. 이 펌프 기능을 1분 동안에 박출하는 혈액의 양으로 표시하고 이를 심박출량(cardiac output: CO)이라고 한다.

$$\text{Cardiac output(CO)} = \text{Heart rate(HR)} \times \text{Stroke volume(SV)}$$

이 때, Stroke volume(SV)은 심장이 1회 수축할 때 박출하는 심박출량으로,



일반적으로 건강한 성인의 경우 심장이 1회 박출시 체중1kg당 1ml가 박출된다. 이에 따라 본 연구에서는 피실험자들의 심박동수와 체중을 이용하여 심박출량을 계산하였으며, 그 결과는 <그림8>에서와 같이 MEDIKHAN의 온도가 저온에서는 원적외선 온열효과에 의해 피실험자들의 심박출량이 감소하는 것이 확인되었으며, 반면에 고온에서는 증가하는 추세를 나타내어, 앞선 심박동수의 실험결과와 대체로 유사한 추이를 나타내었다. 그러나 전술(前述)한 실험결과와 구체적인 온도변위에서 완전히 일치하지 않았는데, 이것은 심박출량에 영향을 미치는 Stroke volume(SV)이 변인(변인)으로 작용한 것으로 판단된다.



<그림8> 원적외선 온열효과에 의한 심박출량의 변화(30~65°C)

#### 4. 체온의 변화

피부는 인체와 주변 환경 사이에 열적 경계역할을 한다. 따라서 피부의 온도는 인체의 내부와 외부의 요인에 의해 영향을 받게 된다. 인체는 내부의 온도를 일정하게 유지하려는 항상성(homeostasis)을 가지고 있으며, 외부와의 경계인 피부의 온도 역시 일정하게 유지하고자 한다. 따라서 외부의 요인에 의해 피부의 어느 한 부분의 온도가 국소적으로 변하였을 경우 그 주위의 혈액의 흐름을 변화시켜 온도를 유지하게 된다. 피부의 온도는 혈액 공급과 피하 조직의 열전도성에 의존한다[14]. 또한 뇌(腦)의 시상하부는 인체의 체온을 결정하며 귀(耳)의 고막과 혈액을 공유함으로 고막온도(tympanic temperature)의 측정을 통해 인체의 중심온도(core temperature)를 간접 측정하였고, 체표온도(surface temperature)는 중지(中指)의 손가락온도(finger temperature)를 측정하여 대신하였다[17].

본 연구에서 원적외선 온열효과가 인체의 체온에 미치는 영향을 실험한 결과, <그림9>, <그림10>에서와 같이 중심온도와 체표온도 모두 체표에 열부담(熱負擔) 없이 원적외선 온열효과를 인가하지 않은 경우에 비해 뚜렷한 증가를 보여 원적외선에 의한 온열효과를 확인할 수 있었다. 또한 체온의 변화는 중심온도 보다 체표온도에서 더 큰 변화를 나타내었는데 이것은 5~15cm로 알려진 원적외선의 침투력과 피하조직의 열전도성 등이 복합적으로 작용한 것으로 보이고, 52℃ 이후에서 변화의 폭이 감소하는 것은 땀의 발한작용에 의한 인체의 체온조절과 항상성 유지노력의 일환으로 판단된다[7][10][14].

중심온도는 최대 1.7%(48℃) 상승하였으며, 44~65℃에서 평균 0.8~1.5% 상승하였다. 체표온도는 최대 7%(56℃) 상승하였으며, 44~65℃에서 평균 4.6~6.3% 상승하였다.

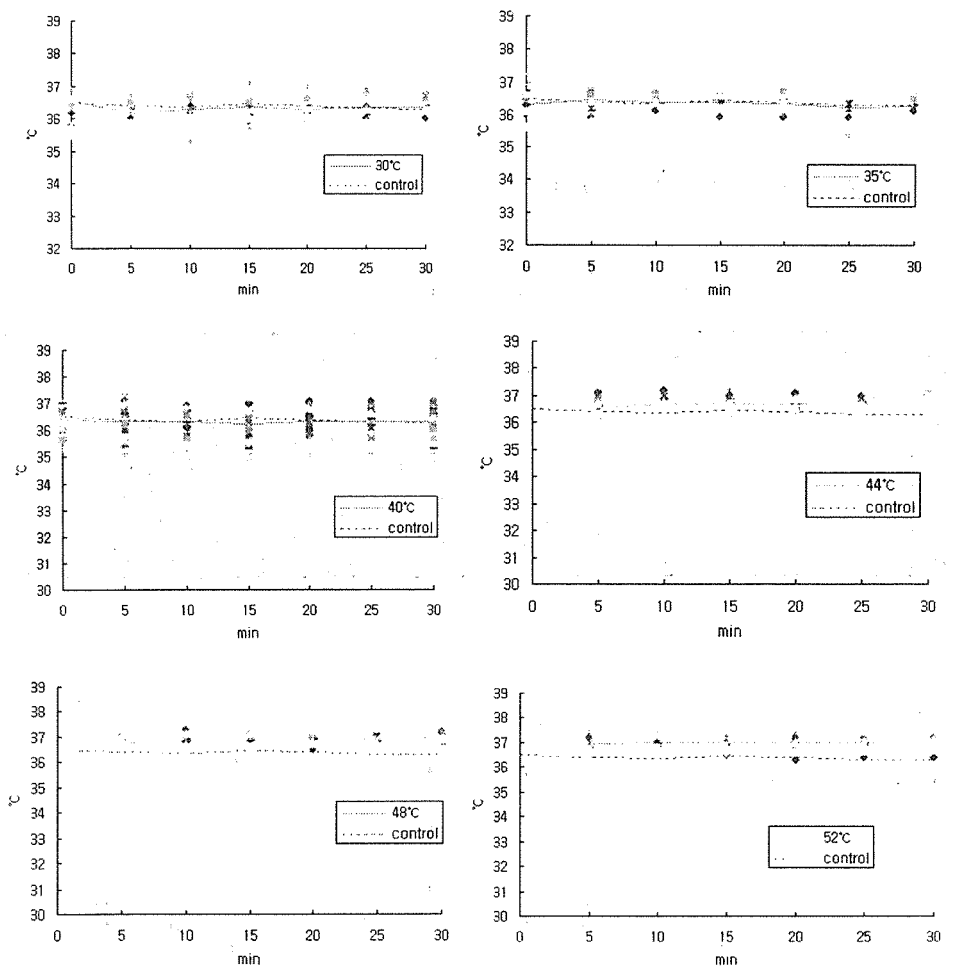
<그림11>은 적외선 열화상 측정기를 이용하여 실내온도 25℃, 실내습도 40%인 실험환경에서 29세의 건강한 성인남성을 대상으로 MEDIKHAN 사용 전후의 적외선 체열화상을 촬영한 결과로서, 원적외선에 의한 온열효과가 시각적으로 더욱 넓은 범위에서 일어나 인체의 혈액순환 개선에 효과가 있음을 알 수 있었다.

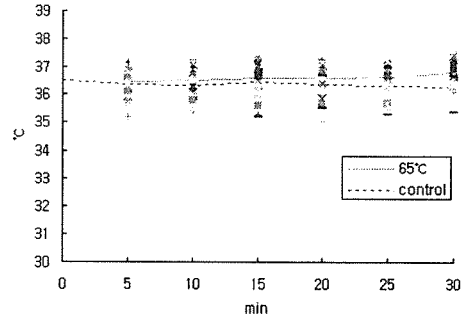
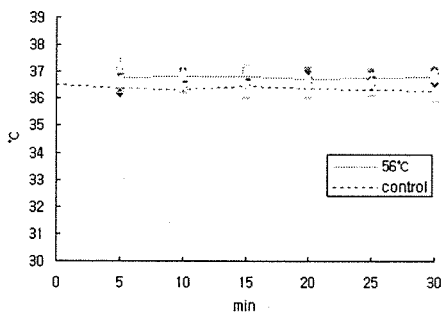
1) 중심온도(core temperature)

<표3> 중심온도의 데이터 테이블

	0	5	10	15	20	25	30
control	36.5±0.36	36.4±0.33	36.4±0.38	36.5±0.31	36.4±0.36	36.3±0.25	36.3±0.42
30℃	36.6±0.49	36.2±0.42	36.3±0.33	36.4±0.48	36.3±0.44	36.4±0.32	36.4±0.38
35℃	36.3±0.33	36.5±0.44	36.4±0.37	36.4±0.35	36.3±0.41	36.2±0.38	36.3±0.55
40℃	36.4±0.48	36.3±0.54	36.3±0.51	36.3±0.56	36.3±0.50	36.3±0.46	36.3±0.53
44℃		36.6±0.39	*36.7±0.36	36.7±0.37	*36.7±0.35	*36.7±0.27	*36.8±0.34
48℃		36.8±0.31	*36.8±0.37	36.8±0.26	*37.0±0.29	*36.9±0.22	*36.9±0.28
52℃		*36.8±0.30	*36.9±0.25	*36.9±0.29	*36.8±0.31	*36.9±0.26	*36.9±0.25
56℃		*36.8±0.38	*36.8±0.40	*36.8±0.35	*36.8±0.38	*36.8±0.34	*36.8±0.37
65℃		36.5±0.48	36.5±0.50	36.6±0.51	36.6±0.56	*36.7±0.48	*36.8±0.44

mean±SEM, \*p<0.05





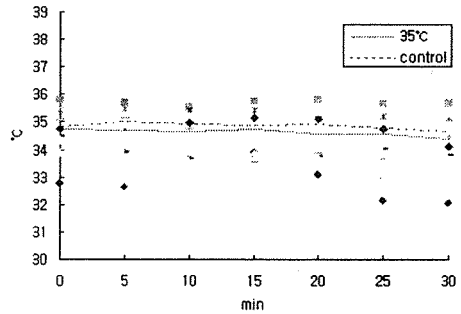
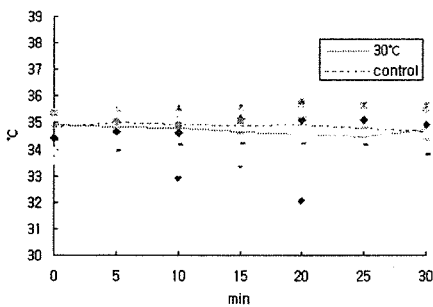
<그림9> 원적외선 온열효과에 의한 중심온도(core temperature)의 평균변동(30~65℃)

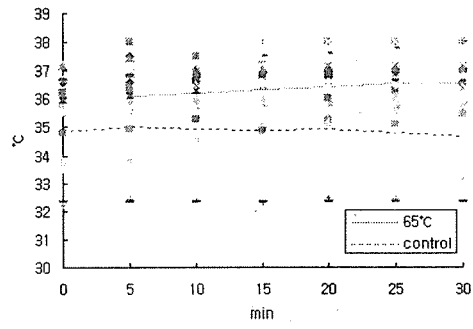
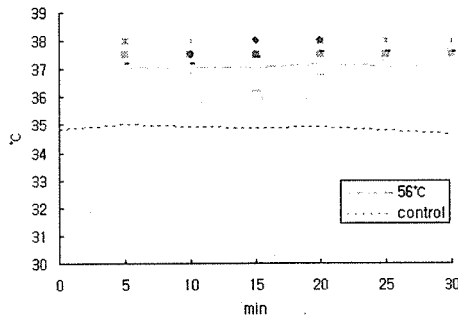
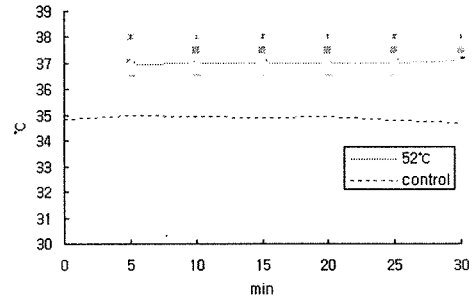
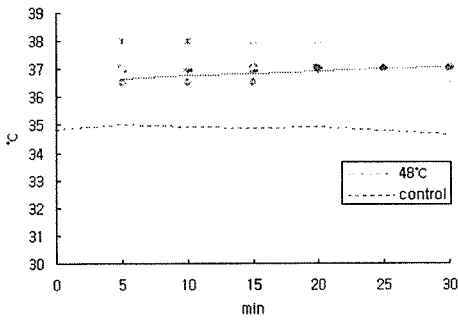
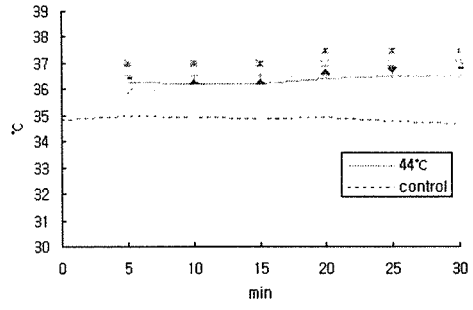
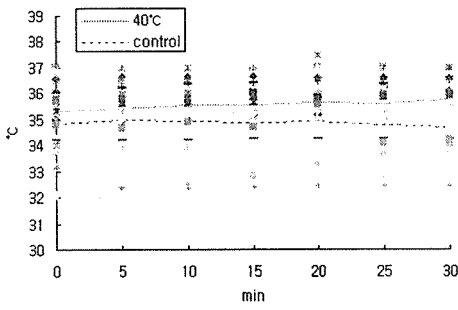
(2) 체표온도(surface temperature)

<표4> 체표온도의 데이터 테이블

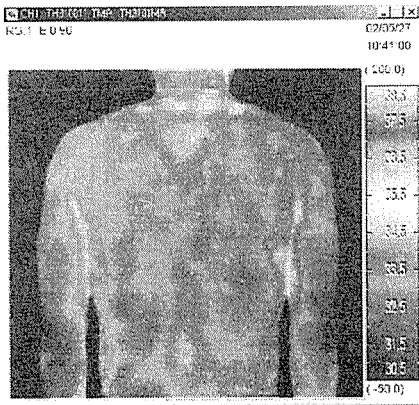
	0	5	10	15	20	25	30
<b>control</b>	34.8±0.90	35.0±0.84	34.9±0.85	34.9±0.84	34.9±0.84	34.8±0.84	34.7±0.86
<b>30 ℃</b>	34.9±0.67	34.8±0.69	34.8±0.84	34.7±1.05	34.6±0.94	34.5±1.27	34.8±0.99
<b>35 ℃</b>	34.7±0.63	34.7±0.94	34.7±0.95	34.7±0.79	34.6±0.93	34.6±1.09	34.4±1.29
<b>40 ℃</b>	35.3±1.17	35.4±1.15	*35.6±1.14	*35.6±1.19	*35.7±1.12	*35.6±1.20	*35.8±1.20
<b>44 ℃</b>		*36.2±0.65	*36.2±0.70	*36.2±0.69	*36.4±0.62	*36.5±0.53	*36.5±0.53
<b>48 ℃</b>		*36.7±0.69	*36.8±0.60	*36.8±0.67	*36.9±0.61	*37.0±0.51	*37.0±0.55
<b>52 ℃</b>		*37.0±0.30	*37±0.25	*37±0.29	*37±0.31	*37±0.26	*37.1±0.25
<b>56 ℃</b>		*37.1±0.45	*37.1±0.50	*37.1±0.55	*37.2±0.55	*37.1±0.48	*37.1±0.48
<b>65 ℃</b>		*36.1±1.29	*36.2±1.22	*36.3±1.20	*36.4±1.26	*36.5±1.17	*36.6±1.20

*mean ± SEM , \*p < 0.05*

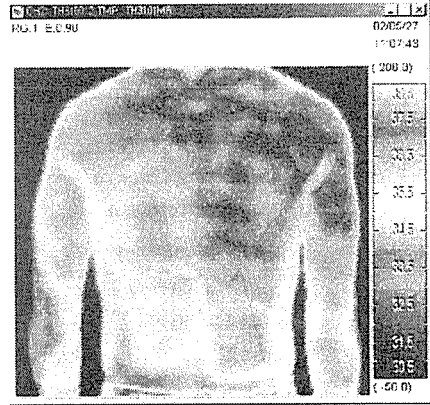




<그림10> 원적외선 온열효과에 의한 체표온도의 평균변동(30~65°C)



(a)사용전



(b)5분 사용후

29세 남성, 실내온도25℃ 실내습도 42%

<그림11> 원적외선 온열효과에 의한 적외선 체열화상(65℃)

#### IV. 결 론

본 연구에서는 원적외선 온열 치료기를 이용, 원적외선이 인체에 미치는 생리학적 영향을 실험·고찰하였으며 그 얻어진 결과는 다음과 같다.

- 1) 원적외선 온열효과에 의한 온도변화에 따른 혈압의 변화를 측정된 결과, 원적외선 온열 치료기가 고온인 경우 혈압의 저하 및 안정화가 뚜렷하게 나타나 원적외선이 일정온도 범위 내에서 공급된 에너지에 비례하여 생리작용을 안정시킨다는 사실을 확인할 수 있었다. 즉 44℃ 이전의 저온에서는 주로 체내 모세혈관의 확장에 의해 근소한 혈압의 감소가 관측되었으나, 44℃ 이후의 고온에서는 체내 모세혈관의 확장 및 염분(Na 이온) 배출에 따른 혈액부피의 감소 등이 복합적으로 작용하여 혈압의 감소율이 크게 나타났다.
- 2) 심박동수, 심박출량 등의 생리학적 변수값의 변화를 통해 원적외선 온열효과에 의한 생리작용의 안정화 및 활성화 등을 확인할 수 있었으며, 이

때 심장에 미치는 자극 또한 그다지 크지 않음을 확인할 수 있었다. 또한 심박동수 및 심박출량의 증가는 혈액의 온도 상승에 영향을 미치게 되는데, 44℃ 이후의 심박동수 및 심박출량의 증가와 체온의 상승이 유사한 결과를 나타내는 것은 같은 이유 때문으로 판단된다.

- 3) 체표와 체내의 온도변화 및 피실험자들의 열부담(熱負擔) 등을 통해 공명흡수에 의한 원적외선의 온열효과를 확인할 수 있었다. 즉, 원적외선에 의한 온열효과를 직접 접하는 체표면의 경우 온도의 상승률이 크게 나타났으나, 공명흡수에 의한 에너지 전달방식을 취하는 체내의 경우 상대적으로 온도의 상승률이 크지 않았다. 원적외선 온열효과를 주지 않은 경우의 평균 체내온도 및 체표온도는 각각 36.39℃, 34.87℃로 체내온도가 체표온도에 비해 약 1.52℃ 높았으나, 원적외선 온열효과에 의한 체표의 온도상승이 체내에 비해 두드러져 44℃에서는 체표의 온도가 체내의 온도를 추월하였다.

이와 같은 체내 온도 상승률의 상대적 저조는 인체의 대부분을 구성하는 물과 유기화합물의 진동에 의한 공명흡수라는 원적외선의 특수한 작용기전 및 피부의 열전도성에 기인하는 것으로 추정된다.

## 참고문헌

- [1] Fukazawa T, Miracles of Bioceramica (in Japanese). Tsushin-sha, Tokyo, 1986.
- [2] Fuse T, Taki M, Nonthermogenic effect of far-infrared radiation with a wavelength of 100 $\mu$ m on biological organism (in Japanese). Sekigaisen Gijutus 12: 27-34, 1987.
- [3] Honda K, Inoue S, Sleep-enhancing effects of far-infrared radiation in rats. Int J Biometeorol 32: 92-94, 1988.
- [4] Inoue S, Honda K, Growth of rats exposed to far-infrared radiation. Zool Sci 3: 731-732, 1986.
- [5] Ise N, Katsuura T, Kikuchi Y, Miwa, Effect of far-infrared radiation on forearm skin blood flow. Ann Physiol Anthropol 6: 31-32, 1987.
- [6] Jpn Res Lab Sleep Sci, Collected results of questionnaires on the use of the Bioceramic (in Japanese). Res Note Jpn Res Lab Sleep Sci 0285: 1-5, 1988.
- [7] Kotori T, Nonaka K, Hayashida N, Miyahara Y, Ohse K, Nakazawa Y, Effects of far-infrared radiation on sleep and body temperature in healthy adults. Kyushu Neuro-Psychia 34:63-67, 1988.
- [8] Matsushita K(1988) Evaluation of the state of water by NMR spectrometry(in Japanese). FIR Joho 5:6-10, 1988.
- [9] Mitsuhashi M, Live healthy by use of far-infrared rays(in Japanese). Nihon Iryo Hosho, Narashino, 1988.
- [10] Shimura Y, Measurements of warming effect of far-infrared radiation by agar(in Japanese). Res Note Jpn Res Lab Sleep Sci 0284:1-6, 1988.
- [11] Shojiro Inoue, "Biological activities caused by far-infrared radiation", Int J Biometerol 33 : 145-150, 1989.
- [12] J.S.Wang, "Measurement of the body temperature and blood flow-rate variations of pig induced by far-infrared radiation". Proceedings of BMES/EMBS Conference Oct.13-16, 1999.
- [13] Yamazaki T, Science of far-infrared therapy(in Japanese). Ningen-to-Rekishi-sha, Tokyo, 1987.



- [14] 中山昭雄編, 温熱生理學, 理工學社, 東京, 1981.
- [15] Wolken JJ, Invertebrate photoreceptors- a comparison analysis. Academic Press, New York London, 1971.
- [16] Iwao Fusimasa, "Pathophysiological Expression and Analysis of Far Infrared Thermal Image", IEEE Engineering in Medicine and biology pp. 34-42, July/August, 1998.
- [17] E.J.F.Ring, "Progress in the measurement of human body temperature", IEEE Engineering in Medicine and Biology, pp.19-24, July/August 1998.
- [18] PRB Barbosa, "The effect of the instantaneous RR interval on the dynamic properties of the heart rate and the ventricular repolarization duration variability" Computer in Cardiology, pp. 821-824, 2000.
- [19] Geddes, L.A., "The first accurate measurement of systolic and diastolic blood pressure", IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, pp.102-103, May/June, 2002.
- [20] Feldman F, Nickoloff EL: Normal thermographic standards for the cervical spine and upper extremities. Skeletal Radiol, 12: 235-249, 1984.