

체표 온도 변화에 대한 문헌 고찰

김상록, 이창훈, 조정훈, 장준복, 이경섭

경희대학교 대학원 한방부인과

Abstract

A literature study on change of superficial temperature

**Sang-rok Kim, Chang-Hoon Lee, Jung-Hoon Cho, Jun-Bock Jang,
Kyung-Sub Lee**

*Dept. of Oriental Gynecology, College of Oriental Medicine, Kyung-Hee University, Seoul,
Korea*

Object: A study on the changes of superficial temperature as the ambient temperature varies.

Method: After performing research on the physiologic mechanism of heat loss from skin, heat transfer to skin and heat productions of body, the conclusions would be drawn from experiments on temperature changes in every parts of the body as ambient temperature varies .

Result and conclusion: Superficial temperature is in equilibrium with ambient temperature after a certain period. Part of the body with big change in superficial temperature tends to have slower temperature change and longer time for adaptation than the part with small change in superficial temperature. The temperature difference between left and right side of the body needs no attention. If adequate adaptation time, a short-period living supervision prior to measurements and appropriate indoor environment management are provided, meaningful conclusion would be attained for infrared thermal diagnosis.

Key word: superficial body temperature, thermography

I. 緒論

인체는 끊임없이 열을 생산하고 방출하는데 심부 체온(deep body temperature, 이하 DBT)과 체표 온도(superficial body temperature)는 환경 변화에 따라 변하며 상대적으로 체표 온도의 변화가 심부 체온에 비해 크며¹⁾, 체표 온도는 심부 체온 하나에 의해 결정되지 않으며 다른 생리적, 환경적 요건에 의해 결정 된다²⁾.

이러한 체표 온도 변화를 관찰하는 방법의 하나인 적외선 체열진단은 인체의 미세한 체열 변

화를 컴퓨터를 이용하여 디지털화하여 가시화하고 정량적으로 평가하고 객관화 시킬 수 있는 방법으로 인정받고 있으며 유방, 말초 신경계, 골관절계, 음낭, 피부계 등 “외부” 장기의 연고에 매우 유용한 반면에³⁾, 정상과 비정상의 기준이 모호하고 검사 결과에 영향을 줄 수 있는 외부적 요인이 많고, 검사 전에 충분한 사전 준비를 하지 않으면 잘못된 결과를 얻을 수 있다는 점이 비판을 받고 있다⁴⁾.

이에 주위 온도가 상승하고 하강함에 따라 체표 온도가 어떻게 변화하고 인체의 각 부위의 온도 변화의 차이의 양상과 적절한 체열 진단의

조건의 관련된 문헌 자료를 고찰하여 약간의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II 본론

1. 체온의 변화¹⁾

중심 체온은 신체내부의 온도로, 신체활동량이 심하게 변하더라도 35.8~37.2°C를 유지하며, 54.5°C-11.7°C(55°F-130°F)의 극한 환경에 노출되어도 중심 체온은 일정하게 유지되는 반면, 체표온도는 외계 온도에 따라 큰 변화를 나타낸다.

중심 체온은 하루 중에도 약간씩 변하며 또한 연령, 성별, 신체활동의 여부에 따라 체온은 차이가 있으며, 여성은 월경주기에 따라 체온이 변하고, 소아의 체온은 성인보다 높은 경향이 있다. 운동이나 감정적인 흥분, 높은 주위 온도도 체온을 높이는 원인이 된다.

2. 중추신경계의 체온 조절¹⁾

중심 체온은 시상하부에 있는 체온조절중추가 주로 땀을 통해 체온을 발산하고 근육운동에 의한 열 생산으로 조절되며, 체온 조절에 영향을 주는 뇌의 주요한 지역은 시상하부의 시각교차 앞구역과 전시상하부의 핵(the preoptic and anterior hypothalamic nuclei of the hypothalamus)이다.

후시상하부는 중심온도감각 신호와 말초온도감각 신호를 종합하는 기능을 담당하는데 신호가 말초 수용체로부터 올라오더라도, 이 신호들은 후시상하부의 양외측을 거쳐야 체온 조절에 기여 할 수 있다.

전시상하부-시각교차앞구역으로부터 나오는 온도감각 신호들도 후시상하부로 전달되는데 여기에서, 시각교차앞구역으로부터 나온 신호들과 인체의 다른 부위에서 나온 신호들이 합쳐져 열 생산과 열보존 반응을 조절한다.

3. 열 생산에 관여하는 인자¹⁾

열생산 속도를 의미하는 인체 대사율의 결정요인으로는 모든 세포의 기초대사율, 근육활동, thyroxine, 에피네프린, 노르에피네프린, 교감신경성 자극 및 세포 자체의 화학 활성도 상승이 있다.

체내에서 생성된 열의 대부분은 간, 뇌, 심장 등의 심부장기와 운동시의 골격근에서 발생된다. 이렇게 발생된 열은 심부 장기와 조직으로부터 피부로 전달되어 대기 및 주변 환경으로 방출된다.

4. 열 방출 기전¹⁾

열 방출기전 3가지 기전은 절연체계, 인체 중심에서 피부까지 열을 전달하는 혈액의 흐름, 피부표면에서의 열 방출이다.

피부, 피하조직 특히 피하조직의 지방은 다른 조직의 열 전도율의 1/3이므로 중요한 절연체 역할을 한다.

피부로의 혈류는 중심 체온을 피부로 이동시키는 가장 효과적인 기전으로, 특히 열전도에서 가장 중요한 것은 모세혈관으로부터 혈액을 공급받고 있는 정맥총(venous plexus)이다. 피부의 정맥총으로 들어가는 혈류량은 거의 없는 경우부터 총 심박출량의 30%에 이르기까지 다양한데 정맥총으로 혈액을 공급하는 동정맥 문합과 세동맥의 수축정도에 의해 조절되며 이는 심부 온도와 대기온도의 변화에 반응하는 교감신경계에 의해 조절된다.

피부표면에서의 열 방출은 복사, 전도, 대류, 증발을 통해 일어나며 나체인 경우 총 열방출량의 60%는 복사에 의해 방출되며 복사에 의한 열방출은 전자기파의 한 형태인 열적외선(infrared heat rays)의 형태로서의 방출을 의미한다.

체표면으로부터 고형물체로의 직접전도로는 약 3%정도의 미세한 양만이 방출되지만, 공기로의 전도에 의한 열 방출은 전체 열 방출의 약 15%를 차지한다. 대류에 의한 열 방출은 공기 흐름에 의한 인체에서의 열 제거를 말하며 열은 우선 공기로 전도되고 나서 공기의 대류에 의해 제거된다.

땀을 흘리지 않아도 피부와 폐를 통해 하루 450-600ml의 물이 증발하므로 시간당 12-16cal의 지속적인 열 방출이 발생하나 이러한 증발은 피부와 호흡기계의 표면을 통한 물분자의 지속적인 확산에 의한 결과이므로 온도 조절을 목적으로는 조절될 수 없다(Fig 1).

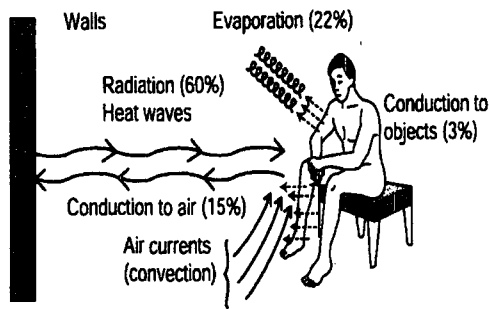


Fig 1. Mechanisms of heat loss from the body

5. 설정점(Set-point)1)

심부 체온의 기준이 되는 온도를 설정점(set-point)이라고 부르며 끊임없이 이 설정점 수준으로 온도를 맞추려고 한다.

피부온도는 중심온도 조절을 위해 설정점을 약간 변경할 수 있다. 피부온도가 감소하면 땀분비의 설정점이 증가한다. 피부온도가 높을 때는 피부온도가 낮을 때보다 더 낮은 시상하부의 온도에서 발한이 시작된다.

떨림에서도 현상에서 시상하부의 온도 자체가 정상범위의 높은 쪽에 위치해도 피부가 차가워지면 시상하부의 온도조절중추가 떨림을 일으키도록 한다. 그러므로 차가워진 피부온도는 내부 체온이 떨어지는 것을 예상하여 열생산을 증가

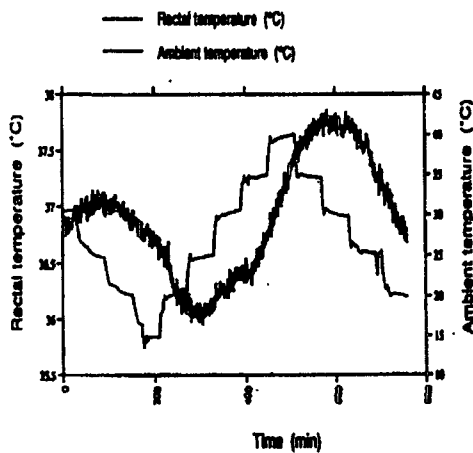


Fig 2. ambient temp. and rectal temp.

시킴으로써, 체온이 떨어지는 것을 막아준다.

피부온도가 높을 때에는 설정점이 낮아져 인체는 열생산 초과 상태가 되어 떨림은 억제되고 발한은 증가한다. 피부온도가 낮아지면 설정점이 높아져 인체는 열생산이 부족한 상황이 되어 떨림은 증가하고 발한은 억제된다. 시상하부의 온도조절중추의 설정점이 정상보다 높아질 때, 열보존과 열생산의 증가를 포함하여 체온을 올리려는 모든 기전이 작동되는 것이다.

병리적인 상황에서의 설정점 상승은 뇌 자체의 이상이나 온도조절중추에 영향을 미치는 독성 물질에 의해 일어날 수 있으며, 많은 단백질, 단백질의 분해산물 또는 다른 물질들이 시상하부의 자동온도조절 장치의 설정점을 올릴 수 있다. 이런 효과를 일으키는 물질들을 발열물질(pyrogens)이라고 부른다⁵⁾.

6. 체표 온도 변화에 관한 연구⁶⁾

50% 습도, 매시간 5°C씩 30°C에서 15°C로, 15°C에서 40°C로, 다시 40°C에서 20°C로 감소시키면서, 24-42세 사이의 3명의 건강한 남성을 대상으로 인체의 17부위(코, 이마, 뺨, 턱, 귀, 등, 가슴, 복부, 팔, 손, 종아리, 발등, 그리고 손끝)의 체표 온도와 직장온도 및 레이저 도플러 혈류 측정기를 통한 코의 피부혈류를 측정한 결과, 직장온도, 이마의 온도, 발등의 온도 그리고 코의 피부혈류 변화를 측정시, DBT는 환경의 변화에

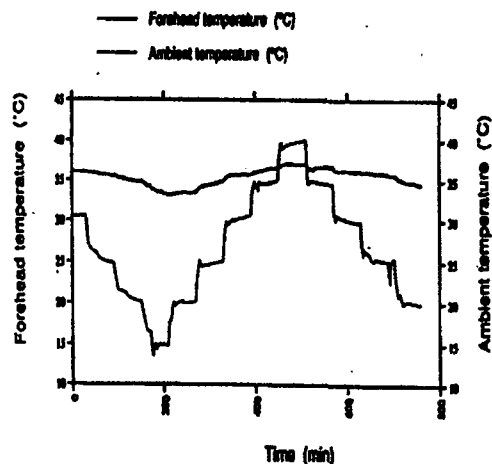


Fig 3 ambient temp. and forehead temp.

약 2시간동안 영향을 받지 않으며, 이마 온도는 즉각적으로 영향을 받으며 발등의 온도는 1시간 정도 영향을 받지 않았다(Fig 2,3,4).

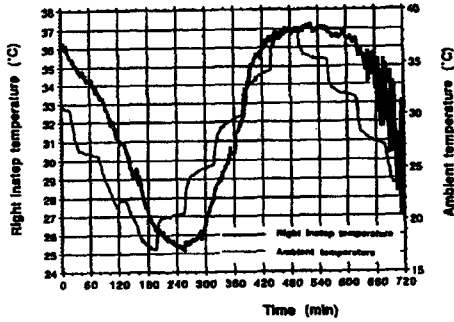
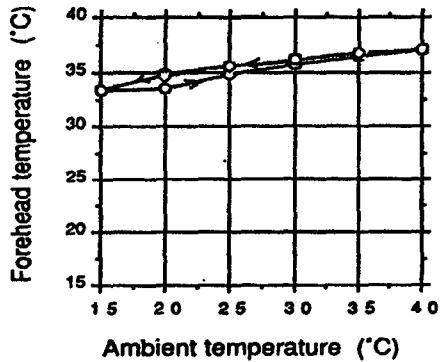


Fig 4 ambient temp. and right instep temp.

코의 혈류는 주위 온도가 낮아짐에 따라 즉시 감소하는 반면, 주위 온도가 증가 할 때 직장 온도가 낮은 동안에는 혈류증가가 일어나지 않다가 직장 온도가 상승하기 시작하면서 혈류도 증가하기 시작하였다(Fig 5).

온도 변화에 따른 이마의 체표 온도 변화는 적은 반면 손끝은 변화가 크다. 25도의 주위 온도에서 손끝의 경우 40도에서 온도가 감소할 때가 15도에서 증가할 때의 온도가 10도 가량 높은 반면에 이마의 경우 그 차이가 2도보다 낮았다(Fig 6).

피부 혈류와 체표 온도 사이의 관계는 체표온도가 주위 온도 상승에 따라 혈류는 계속 증가



하는 값을 나타낸다.

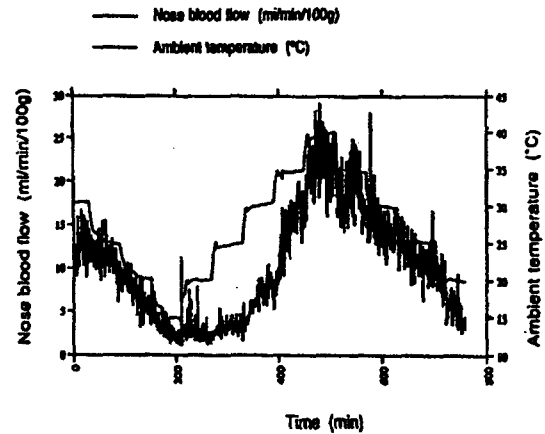


Fig 5. ambient temp. and nose blood flow

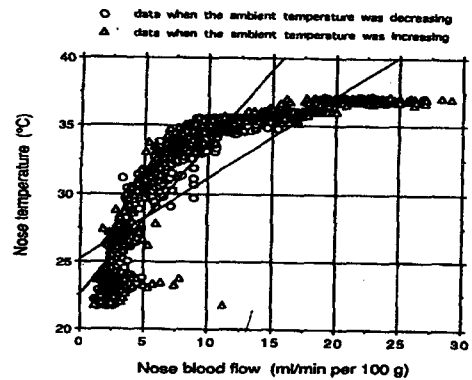


Fig. 7 nose temp. and nose blood flow

환경 온도의 변화에 따라 변화가 큰 그룹(손가락 끝, 발등, 손, 코)인 group1과 환경의 변화

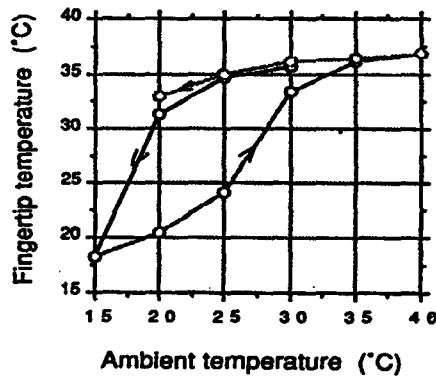


Fig 6. ambient temp. and forehead, fingertip temp

하는 반면 체표 온도는 34도에서 점근선에 접근

에 따라 변화가 적은 그룹(이마, 턱, 뺨 복부)인

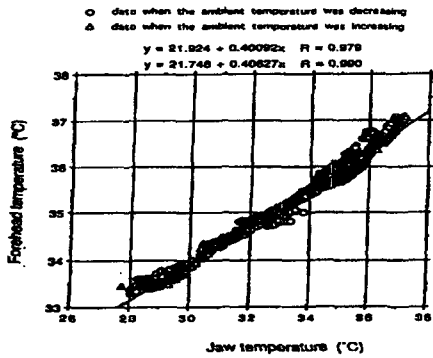


Fig 8. forehead temp and jaw temp.

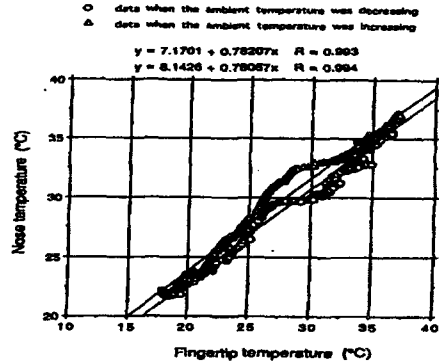


Fig 9. nose temp and fingertip temp.

group2의 체표 온도 변화를 관찰한 결과 같은 그룹 내의 변화는 상관성이 크고 변화 그래프가 직선을 나타내는 반면 다른 그룹 사이에서의 비교는 그래프에서 직선에서부터의 변이가 많다 (Fig 8,9).

직장과 손끝 온도비교에서 주위 온도가 증가할 때 혈류가 증가함에 따라 피부 온도도 증가하고 체온의 빠른 증가는 억제되지만 피부 온도가 37℃정도에 도달하면 말초 피부 온도는 증가를 멈추고 체온은 상승한다. 이 현상은 주위 온도 하강시에는 명확하지 않았다(Fig 10).

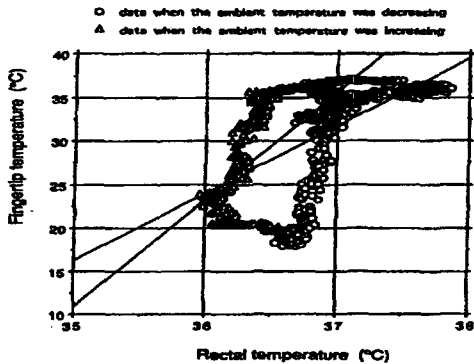


Fig 10. fingertip temp. and rectal temp.

주위 온도가 변할 때 양쪽의 발등 피부 온도 사이에 유의 있는 오차는 없다(Fig 11).

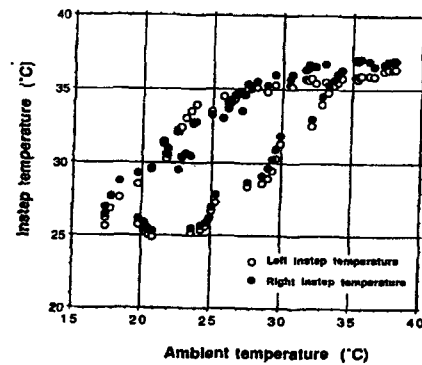


Fig. 11 ambient temp. and right, left instep temp.

좌우측의 피부 온도 변화에서 근육이 열생산에 관여하는 점 등을 고려할 때 어느 정도 약간의 오차를 예상할 수 있다. 49명의 오른손잡이와 4명의 왼손잡이의 인체 각 부위의 온도를 측정하였다. 온도는 $27 \pm 1^\circ\text{C}$ 습도는 $80\% \pm 5\%$ 의 고온 고습의 조건에서 측정하였으며 각 부위의 평균 온도는 $31.2-34^\circ\text{C}$ 며 각 부위에 차이는 손바닥과 손등은 약 1°C 며 다른 부위는 약 $0.5-0.7^\circ\text{C}$ 였다. 오른손잡이의 경우 근소하게 우측이 다소 높게 나왔으며 왼손잡이의 경우 부분적으로 좌측이 우측 보다 근소하게 높은 경우가 오른손잡이 보다 많았다(Fig 12)⁷⁾.

position	BODY SURFACE TEMP.				TEMP. DIFFERENCE(R-L)			
	LEFT SIDE		RIGHT SIDE		TOTAL		LEFT HANDED	
	MEAN	STD.	MEAN	STD.	MEAN	STD.	MEAN	STD.
1	33.6	0.92	33.7	0.89	0.06	0.15	0.13	0.11
2	33.3	0.59	33.4	0.56	0.15	0.23	-0.03	0.04
3	33.0	0.69	33.1	0.63	0.18	0.21	0.05	0.21
4	33.2	1.17	33.3	1.16	0.13	0.27	-0.03	0.25
5	33.4	0.90	33.4	0.93	0.03	0.12	0.08	0.08
6	32.8	0.65	32.9	0.65	0.07	0.20	-0.13	0.08
7	33.2	0.68	33.2	0.68	0.03	0.20	0.05	0.18
8	33.9	1.02	34.0	0.96	0.08	1.25	0.03	0.23
9	33.4	0.68	33.6	0.63	0.18	0.27	-0.2	0.17
10	-	-	-	-	-	-	-	-
11	32.6	0.61	32.7	0.65	0.1	0.17	0.03	0.08
12	32.5	0.49	32.5	0.50	0.04	0.14	0.05	0.17
13	31.3	0.60	31.4	0.62	0.04	0.20	-0.13	0.11
14	32.9	0.59	32.9	0.59	0.04	0.15	0.18	0.08
15	32.7	0.52	32.7	0.05	-0.06	0.14	-0.15	0.05
16	32.7	0.65	32.7	0.63	0.09	0.18	0.15	0.21
17	32.7	0.53	32.7	0.53	0.10	0.18	0.03	0.04
18	32.6	0.54	32.7	0.55	0.11	0.14	0.02	0.07
19	32.4	0.48	32.5	0.46	0.06	0.17	0.00	0.17
20	31.4	0.63	31.5	0.61	0.06	0.21	-0.05	0.15
21	31.2	0.61	31.2	0.63	0.04	0.18	0.05	0.15
22	33.2	1.35	33.4	1.21	0.15	0.04	-0.08	0.23

7. 적외선 체열진단의 환경적 조건8)

적절한 체열영상 진단 환경을 위해서는 검사 대상이 적정기간동안 적응이 된 후에 같은 온도에서 시행되어야 하며 60분 이상은 경과해서는 안 된다.

또한 체열진단이 이루어지는 공간은 방안의 공기 흐름의 총양은 사람의 총 열 발생량을 충분히 배출해야 하며 공급되는 공기와 순환되는 공기의 차가 1°F 이하이어야 한다.

air supply plenum이 천공된 천장을 통해 15-25f/m로 공기를 공급하고 이상적인 유입 공기는 온도 센서가 있는 자동 조절 시스템으로 조절되며 유입 공기의 온도 오차 범위는 ± 0.2°F 정도이어야 한다.

Oklahoma 대학의 연구에 따르면 72°F(약 22°C)가 대부분의 환자에 있어 떨림 반응을 피하는 최적의 온도라고 한다.

III 고찰

체온은 주위 온도와 환경이 변하더라도 시상하부의 조절에 의해 일정한 범위 내에서 항상성을 유지한다. 그리고 근육과 세포의 대사 작용에 의해 생산된 열이 절연체와 혈관을 통하여 피부에 전달되고 그리고 복사, 전도, 대류, 증발을 통한 피부로 부터의 열 방출을 통해 피부의 온도가 결정되며 이는 주위의 온도, 습도, 대류 등의

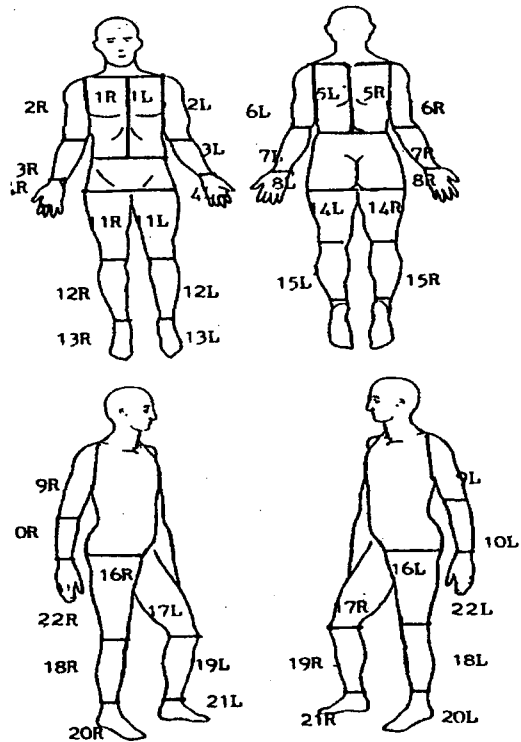


Fig. 12 The mean of superficial body temp. and difference of right and left 환경과 인체 내부의 환경 그리고 심리적인 요소에 의해 변할 수 있으며 이러한 조건도 시상하부와 신경계의 조절을 통해 조절된다.

이렇게 결정되는 피부 온도를 체열진단기를 통해 측정 시 각각의 부위의 생리적인 정상치를 파악하고 체열 진단전의 환자의 환경에 따른 오차를 파악할 수 있어야 한다.

위의 문헌에 따르면 중심온도는 온도변화에 가장 영향을 받지 않으며 이마 등의 온도 변화가 적은 부위는 주위 온도가 변함에 따라 즉시 변하나 그 차이가 크지 않았고 발등 등의 온도 변화가 큰 부위는 1시간 정도의 적응시간이 필요하나 그 편차가 큰 편이었다. 혈관의 확장과 수축에 영향을 많이 받는 말초부위의 경우 혈류량이라는 변수요인으로 인해 이마와 같은 부위에 비해 변화가 즉각적으로 일어나지 않는 반면 온도 차이는 더 크게 나는 것으로 생각된다.

그리고 한 가지 주목해야 할 data는 손등과 같이 온도변화가 큰 부위는 이마 등 온도변화가 적은 부위에 비해 현재의 주위 온도가 같더라도 전의 노출된 온도가 높은 온도일 경우와 낮은

경우일 경우 그 편차가 크다는 것이다. 즉 체열 측정 시에 그만큼 오차범위가 커질 수 있다.

손끝 온도와 혈류의 관계에서는 온도가 증가함에 따라 혈류는 계속 증가하는 양상이었으나 손끝 온도는 34도를 접근선으로 하여 증가도가 멈추었다. 이는 피부가 어느 정도 주위 환경에 적응되고 방출되는 열과 공급받는 열이 평형을 이룬 것으로 생각된다.

피부 온도변화가 큰 그룹과 온도 변화가 작은 그룹 사이에서 같은 그룹내에서는 변화는 상관성이 크고 변화 그래프가 직선을 나타내었으며 이러한 data로 측정하고자 하는 피부온도의 부위와 어떤 특정 부위사이의 관계(ex. 이마와 턱과 뺨 또는 손끝과 코)를 index로 계산하여 피부 온도의 평형을 예측 할 수도 있을 것이다.

좌우 양측의 발동 온도의 비교에서는 좌우의 유의한 온도 차이는 보이지 않았으나 오른손잡이의 경우 0.18~-0.06℃의 오차가 있었으며 대체로 우측이 미세하게 높게 나왔으며 왼손잡이의 경우 오른손잡이의 경우보다 좌측이 미세하게 높은 경우가 더 많으며 이는 좌우의 온도차가 근육의 발달과도 영향이 있으나 또 다른 변수도 고려되어야 하는 것을 나타내나 그 오차는 유의하지 않다.

피부 온도를 표준화하는 방법은 온도와 체내의 열 유출과 유입을 고려한 온도 평형이 되어야 하지만 자율신경의 활성이 대체로 정형적이지 않으므로 평형을 맞추기가 쉽지 않고 해부학적 구성요소의 열전도율이 각각 다르기 때문에 평형에 필요한 변수를 결정하기가 어렵지만 적절한 적응 시간과 측정 전 단기간 금주, 금연 등 생활 관리와 측정실내의 환경 관리, 그리고 진단자의 인체 각 부위의 생리적 변화 양상의 충분한 숙지로 유의성 있는 진단 결과를 얻을 수 있을 것이다.

IV 결론

1. 체열 진단 전에 피실험자는 열생산과 방출에 영향을 미치는 요소와 자율신경계에 영향을 미칠 수 있는 운동, 약복용, 침치료 등 각종 시

술, 음주, 흡연, stress, 감정적 변화 등 가역적인 요소를 제어 하여야 한다.

2. 혈류량과 심부체온 그리고 피부 온도의 변화 양상에서는 피부온도는 일정한 온도에서 주위 환경과 열 평형을 이루는 것으로 추정할 수 있다.

3. 체열 측정 시 측정실 온도와 환자의 노출 온도의 차이가 있을 시에는 적어도 1시간이상의 적응시간이 필요하며 온도 차이가 큰 말초의 경우 더 이상의 시간이 필요하다.

4. 좌우에 대한 피부 온도차는 큰 유의성이 없다.

V 참고 문헌

1. Guyton Hall, 의학생리학, 서울: 정담, 2002; 961~970
2. Eddie Y.K. Ng, G.J.L. Kaw, and W.M.Chang : Microvascular Research, 2004 ;104
3. ALDO DI CARLO, Thermography and the Possibilities for Its Application in Clinical and Experimental Dermatology : Clinic in Dermatology, 1995;13:329
4. 김종문, 적외선체열 촬영의 실제적 임상 활용 : 대한한의진단학회지, 2000; 4(1): 32
5. 대한 병리학회, 병리학, 서울: 고문사, 2003; 254~255
6. K. AMMER, E.F.J.RING(eds), The thermal image in medicine and biology, WIEN: Uhlen Verlag, 1995; 122-126
7. 蟹江良一 石垣武男, 最新醫用サーモグラフィ Japan: 日本サーモロジー學會 1996; 33-34
8. MARGARET ABERNATHY, SUMIO UEMATSU, Medical thermology, Washington, D.C.: American academy of thermology, 1986; 22-25