

정상 성인에서 컴퓨터 적외선 체열 촬영 검사에 의한 체표 온도 측정

연세대학교 의과대학 재활의학교실

전 세 일·박 은 속·이 창 현

=Abstract=

Digital Infrared Thermal Imaging on Normal Healthy Subjects

Sae Il Chun, M.D., Eun Sook Park, M.D. and Chang Heon Yi, M.D.

Department of Rehabilitation Medicine, Yonsei University College of Medicine

Digital Infrared Thermal Imaging(DITI) is a study measuring the surface temperature of the skin which could be controlled by the vasomotor activity of the sympathetic nervous system. DITI is useful in diagnosis of many disease entities, such as the peripheral neuropathy, the cardiovascular diseases, the musculoskeletal diseases, and so on. This study aims to identify the distribution of the absolute skin temperature in normal healthy subjects by repeating DITI four times. DITI was taken on 25 normal healthy males who do not have any neuromuscular or cardiovascular diseases. The distribution of the absolute temperature of the skin surface was between 29.5°C and 31.9°C. The Rt-to-Lt side difference of the surface temperature was $0.1 \pm 0.1^\circ\text{C}$ on the whole areas of the skin surface, except lateral sole and heel of which difference of interside temperature were $0.2 \pm 0.1^\circ\text{C}$ and $0.2 \pm 0.2^\circ\text{C}$, respectively. The maximal difference of the skin temperature in same individual was maximal at dorsal elbow($1.7 \pm 1.2^\circ\text{C}$) and minimal at dorsal hand($1.1 \pm 0.3^\circ\text{C}$) in upper extremity, and maximal at heel($1.8 \pm 0.5^\circ\text{C}$) and minimal at dorsal foot($1.4 \pm 0.9^\circ\text{C}$) in lower extremity. The Rt-to-Lt side difference in this study may become a control data to be used in the further studies using DITI.

Key Words: Digital Infrared Thermal Imaging, Absolute temperature, Rt-to-Lt temperature difference

서 론

컴퓨터 적외선 체열 촬영 검사는 교감신경계의 혈관 운동 활동도(vasomotor activity)에 의해 조절되는 체표면의 온도를 측정하는 검사로서^[1], 검사에 따르는

통증이 없고 방사능에 의한 위험이 없는 안전한 검사 방법이다^[1]. 인체는 정상적으로 3~10 μm의 광장을 가지는 적외선을 방출하며, 컴퓨터 적외선 체열 촬영 검사는 이러한 적외선의 미묘한 온도차를 감지하여 이를 색깔로 나타내는 검사방법이다^[1].

체표면의 부위별 온도차는 진피층의 혈액 순환과 직

접적인 관계가 있으며, 최근 이러한 원리를 이용하여 컴퓨터 적외선 체열 촬영은 요추 추간판 탈출증, 말초 신경 손상, 자율신경계 질환과 같은 신경계 질환의 진단에 보조적인 검사로 많이 활용되고 있다^{1,10,16)}. 그러나 이 검사는 체표면의 좌우 온도차가 중요한 진단적 지표로 사용되므로^{6,12,14,18)} 양측성으로 병변이 있는 경우에는 그 진단적 가치가 상당히 제한되는 단점이 있다.

그동안 국내에서도 컴퓨터 적외선 체열 촬영 검사를 이용한 다양한 연구가 이루어졌으나, 정상 대조군에 있어서의 체표면의 절대 온도 분포에 대한 연구가 거의 이루어져 있지 않으며, 좌우 양측의 온도차에 대한 결과도 연구 보고마다 다소 차이를 보였다^{1~3)}. 이에 본 연세대학교 의과대학 재활의학교실에서는 정상 성인에 대한 컴퓨터 적외선 체열 촬영을 반복 시행함으로써 정상인에 있어서의 체열분포와 더불어 좌우 온도차 및 개인에서의 최대 온도차에 대하여 알아보고자 본 연구를 시행하였다.

연구대상 및 방법

1) 연구 대상

연구 대상으로는 근골격계 질환이나 심혈관계 질환, 피부 질환 등의 기왕력이 없는 정상 성인 남자 25명을 대상으로 하였으며, 연령 분포는 23세부터 33세로 평균 연령은 26.7세였다.

2) 연구 방법

Dorex Digital Infrared Thermal Imaging System(1340 W, Collins Ave., Orange, CA, USA)을 이용하여 전신 컴퓨터 적외선 체열 촬영을 4회 반복하였다. 촬영은 외부로부터 빛과 열이 차단되고 습도가 낮으며 실내 기류가 일정한 창이 없는 검사실에서 실시하였으며, 실내의 온도는 19~21°C를 유지하였다. 검사전 준비를 위해 72시간 전에는 과도한 태양광선에의 노출을 피하도록 하였고, 검사 24시간 전에는 근전도 검사, TENS를 비롯한 물리치료, 침, 심부 열치료 등을 피하도록 하였으며, 검사 12시간 전에는 음주를 하지 않도록 하였다. 검사 당일에는 검사전에 샤워를 하고, 피부 크림이나 향수, 방향제, 로션 등을 바르지 않으며 헐거운 옷을 입도록 하였으며, 검사

4시간 전에는 흡연을 하지 않도록 하였다. 촬영은 전신을 탈의한 상태에서 15분간 실내 온도에 적응하도록 한 후 시행하였으며, 같은 방법으로 임의의 시간에 검사를 4회 반복하였다. 체표면의 온도는 전신을 33개의 부위로 나누어 각 부위의 온도를 측정하였으며, 측정한 체표면의 온도를 평균하여 신체 각 부위의 체표면의 절대 온도, 좌우 온도차, 그리고 개인에서의 최대 온도차를 구하였다(Fig. 1, 2).

체표면의 좌우 온도차와 개인에서의 최대 온도차에 대하여 SPSS/PC+ version 4.0 통계 프로그램의 t-test를 이용하여 비교분석하였으며, p값 0.05를 유의수준으로 하였다.

결 과

1) 체표면의 절대 온도

체표면의 절대 온도는 29.5°C부터 31.9°C까지 분포되어 있었다. 부위별 절대 온도의 분포는 상지에서는 전전갑부(anterior shoulder; 31.5±0.6°C), 측전갑부(lateral shoulder; 31.4±0.6°C), 장측 주관절부(volar elbow; 31.4±0.6°C), 전상완부(anterior arm; 31.3±0.7°C), 후견갑부(posterior shoulder; 31.2±0.7°C), 측상완부(lateral arm; 31.0±0.6°C), 장측 전완부(volar forearm; 30.9±0.6°C), 배측 전완부(dorsal forearm; 30.9±0.6°C), 후상완부(posterior arm; 30.6±0.7°C), 배측 주관절부(dorsal elbow; 30.6±0.6°C)의 순서로 높았고, 수부에서는 무지구부(thenar; 31.9±0.7°C), 소지구부(hypothenar; 31.8±0.7°C), 수장부(palm; 31.7±0.6°C), 수장측 수지부(palmar finger; 31.6±0.6°C), 배측 수지부(dorsal finger; 31.5±0.6°C), 배측수부(dorsal hand; 31.3±0.7°C)의 순서로 높았다.

체간부에서는 경추 주위부(paracervical; 31.7±0.6°C), 전흉부(anterior chest; 31.1±0.6°C), 요추 주위부(paralumbar; 31.1±0.7°C), 흉추 주위부(parathoracic; 30.9±0.7°C), 둔부(buttock; 30.4±0.7°C)의 순서로 높았으며, 하지에서는 후슬관절부(posterior knee; 31.2±0.6°C), 전각부(anterior leg; 31.0±0.6°C), 측각부(lateral leg; 30.9±0.6°C), 후대퇴부(posterior thigh; 30.8±0.7°C), 측대퇴부(lateral thigh; 30.8±0.6°C), 배측족부(dorsal

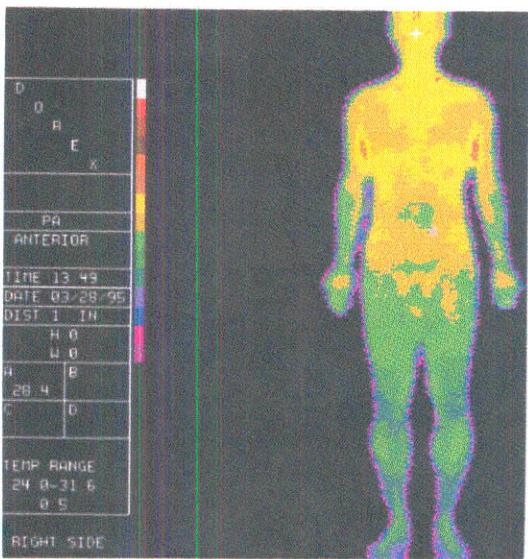


Fig. 1. Thermography image. Anterior aspect of whole body.

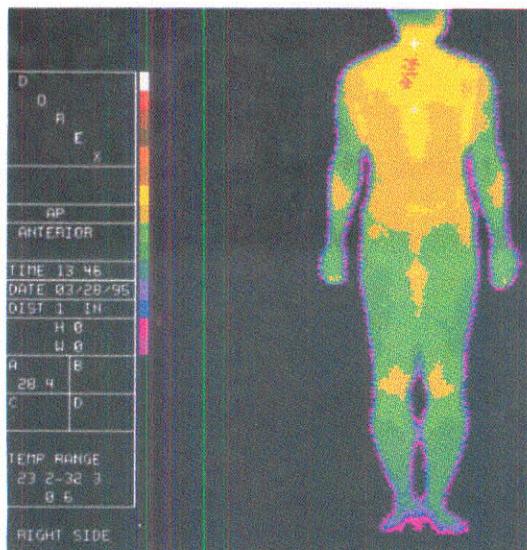


Fig. 2. Thermography image. Posterior aspect of whole body.

Table 1. Surface Temperatures of the Skin in 25 Normal Healthy Subjects

Skin region	Absolute temperature (°C)	Rt-to-Lt temperature difference (°C)	Maximum temperature difference in same individual (°C)
Anterior shoulder	31.5±0.6	0.1±0.1	1.5±1.1
Posterior shoulder	31.2±0.7	0.1±0.1	1.6±1.2
Lateral shoulder	31.4±0.6	0.1±0.1	1.4±0.9
Anterior arm	31.3±0.7	0.1±0.1	1.4±0.9
Posterior arm	30.6±0.7	0.1±0.1	1.6±1.1
Lateral arm	31.0±0.6	0.1±0.1	1.5±0.7
Volar elbow	31.4±0.6	0.1±0.1	1.4±0.9
Dorsal elbow	30.6±0.6	0.1±0.1	1.7±1.2
Volar forearm	30.9±0.6	0.1±0.1	1.3±0.7
Dorsal forearm	30.9±0.6	0.1±0.1	1.4±0.8
Palm	31.7±0.6	0.1±0.1	1.2±0.4
Palmar finger	31.6±0.6	0.1±0.1	1.2±0.4
Thenar	31.9±0.7	0.1±0.1	1.2±0.3
Hypothenar	31.8±0.7	0.1±0.1	1.2±0.3
Dorsal hand	31.3±0.7	0.1±0.1	1.1±0.3
Dorsal finger	31.5±0.6	0.1±0.1	1.2±0.3
Anterior chest	31.1±0.6	0.1±0.1	1.7±1.0
Paracervical	31.7±0.6	0.1±0.1	1.4±1.2
Parathoracic	30.9±0.7	0.1±0.1	1.6±1.2
Paralumbar	31.1±0.7	0.1±0.1	1.8±1.0
Buttock	30.4±0.7	0.1±0.1	1.7±0.9
Anterior thigh	30.7±0.7	0.1±0.1	1.6±0.9
Posterior thigh	30.8±0.7	0.1±0.1	1.6±1.0
Lateral thigh	30.8±0.6	0.1±0.1	1.5±1.0
Anterior knee	30.1±0.7	0.1±0.1	1.6±0.9
Posterior knee	31.2±0.6	0.1±0.1	1.5±1.1
Anterior leg	31.0±0.6	0.1±0.1	1.6±0.9
Calf	30.5±0.6	0.1±0.1	1.5±1.0
Lateral leg	30.9±0.6	0.1±0.1	1.5±1.0
Dorsal foot	30.8±0.6	0.1±0.1	1.4±0.9
Medial sole	30.3±0.7	0.1±0.1	1.5±0.8
Lateral sole	29.5±0.7	0.2±0.1	1.5±0.6
Heel	29.8±0.7	0.2±0.2	1.8±0.5

Values are given as mean±SD(°C)

foot; $30.8\pm0.6^\circ\text{C}$), 전대퇴부(anterior thigh; $30.7\pm0.7^\circ\text{C}$), 후각부(calf; $30.5\pm0.6^\circ\text{C}$), 내측 족저부(medial sole; $30.3\pm0.7^\circ\text{C}$), 전슬관절부(anterior

knee; $30.1\pm0.7^\circ\text{C}$), 종골부(heel; $29.8\pm0.7^\circ\text{C}$), 외측 족저부(lateral sole; $29.5\pm0.7^\circ\text{C}$)의 순서로 높았다(Table 1).

2) 체표면의 좌우 온도차

체표면의 좌우 온도차는 상지와 체간부에서는 모두 $0.1 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 였고, 하지에서는 외측 족저부의 $0.2 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 와 종골부의 $0.2 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 를 제외한 다른 모든 부위에서 $0.1 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 였으며, 이러한 좌우 온도차의 통계적 유의성은 없었다($p > 0.05$)(Table 1).

3) 개인에서의 최대 온도차

개인에서의 최대 온도차는 상지에서 배측 주관절부가 $1.7 \pm 1.2^{\circ}\text{C}$ 로 가장 커고, 배측 수부에서 $1.1 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 로 가장 작았다($p < 0.05$). 하지에서는 종골부에서 $1.8 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 로 가장 커고, 배측족부에서 $1.4 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ 로 가장 작았다($p < 0.05$)(Table 1).

고찰

기원전 400년경 Hippocrates는 자신의 환자의 몸에 진흙을 얇게 발라 어느 부위에서 가장 먼저 전조되는지를 관찰하였다. 다른 부위보다 먼저 전조되는 부위의 피부는 열발산이 다른 부위보다 많아 피부 온도가 높은 부위임을 의미하였다¹⁷⁾. 이후 체표면에서의 온도 변화는 임상의학에서 관심의 대상이 되어왔고, 19세기초에 적외선이 발견되면서 이러한 적외선을 의학에 응용하려는 연구들이 계속되었다¹⁾.

컴퓨터 적외선 체열 활영은 인체의 체표면에서 발산되는 적외선 에너지를 감지하여 일정한 온도 차이에 따라 색을 달리하여 화면에 나타냄으로써 특정 부위의 체표면 온도를 정확히 수치화 할 수 있는 검사법이다^{5,6)}. 체표면의 온도를 조절하는 주요인자는 혈류로서 신체의 피부에는 많은 혈관과 신경이 밀집되어 있어 말단 부위의 체온 조절에 중요한 역할을 한다. Ebeiken⁴⁾과 Uematsu 등¹⁸⁾은 체표면에서 수 mm 이내의 혈류의 조절은 주로 교감 신경계에 의하여 조절되지만 그외 주위의 물리적 환경상황, 피부상태, 피부 표면의 지방 및 진피층을 통한 내부열 전도와 혈류를 통한 내부열 대류등이 복합적으로 작용한다고 보고하였다. Huskisson⁹⁾은 교감 신경계는 대개 아드레날린을 분비하여 혈관 수축을 일으키나 일부 교감 신경의 콜리네직 써유는 아세틸콜린을 분비하여 혈관 확장과 발한 작용에도 관여한다고 보고하였다. 이러한 온도

조절 체계는 해부학적으로, 또 생리학적으로 대칭인 것으로 알려져 있다¹⁷⁾.

체표면의 절대 온도는 외부 온도에 따라 변화할 뿐 아니라 시간에 따라서도 변화하며 부위에 따라서도 차이가 있다고 알려져 있다. Uematsu 등은 정상 성인에 대한 연구에서 체표면의 온도는 상지에서 전경갑부, 장족 전완부, 수장부, 전상완부, 후상완부, 배측 수부의 순서로 분포되어 있었으며, 하지에서는 전각부, 배측 족부, 후대퇴부, 후각부, 종골부의 순서로 분포되어 있음을 보고하였다¹⁵⁾. 본 연구의 결과 체표면의 절대 온도는 29.5°C 부터 31.9°C 까지 분포되어 있었으며 분포 양상도 Uematsu 등과 비슷한 결과를 보였으나, 한 개인에서의 최저 온도와 최대 온도의 차가 부위에 따라 $1.1 \sim 1.8^{\circ}\text{C}$ 로 상당히 변화가 심하게 나왔으며, 따라서 각 부위의 체표면의 절대 온도는 그 진단적 효용성이 없을 것으로 사료된다.

정상 성인에 대한 체표면의 좌우 온도차에 대해서는 연구 보고마다 다소 차이를 보이고 있다.

1984년 Feldman 등은 100명의 정상인에 대한 연구에서 82명은 상지의 좌우 온도차가 0.3°C 이하로 매우 대칭적이었으며, 6명에서는 $1.0 \sim 1.6^{\circ}\text{C}$ 로 비대칭적인 온도 분포를 보였다고 보고하였다⁶⁾.

1985년 Uematsu는 정상인에 있어서의 체표면의 좌우 온도차에 대한 기준을 신체 부위에 관계없이 1.0°C 로 정의하였다¹⁷⁾. 1988년 Uematsu 등은 90명(남자 38명, 여자 52명)의 정상 성인에 대한 연구에서 체표면을 40개의 구획으로 나누고, 각 부위에서의 좌우 온도차를 보고하였다. 이 연구에서 온도차가 가장 작은 부위는 후슬관절부로 $0.12 \pm 0.10^{\circ}\text{C}$ 였고, 온도차가 가장 큰 부위는 수지부로 $0.43 \pm 0.26^{\circ}\text{C}$ 였으며, 저자들은 이러한 온도차가 신체의 대칭 부위별로 매우 안정되어 있다고 하였다¹⁸⁾.

1989년 So 등은 정상 성인 20명에 대한 컴퓨터 적외선 체열 활영결과 이러한 좌우 온도차는 신체의 근위부보다 말단부에서 크게 나타난다고 하였으며, 상지에서 온도차가 가장 작은 부위는 후경부로 $0.16 \pm 0.16^{\circ}\text{C}$ 였고, 온도차가 가장 큰 부위는 수장측 수지부로 $0.49 \pm 0.31^{\circ}\text{C}$ 라고 보고하였다. 저자들은 이 연구에서 정상인에서의 최대 좌우 온도차를 수지부 1.3°C , 수근부 1.1°C , 상완부 1.0°C , 그리고 흉추부 0.6°C 로 정의하였다¹³⁾. So 등은 27명의 정상 대조군에 대한 또

다른 연구에서 하지에서 좌우 온도차가 가장 작은 부위는 둔부로 $0.14 \pm 0.17^\circ\text{C}$ 였고, 온도차가 가장 큰 부위는 배측 족부로 $0.49 \pm 0.26^\circ\text{C}$ 라고 보고하였다¹¹⁾.

1990년 Thomas 등은 12명의 무중상군에 대한 컴퓨터 적외선 체열 촬영결과 하지에서의 좌우 온도차를 후각부 0.02°C 부터 둔부 0.10°C 까지 보고하였고¹⁵⁾, 1991년 Feldman은 상지에서 좌우 온도차가 가장 작은 부위는 전견갑부로 $0.19 \pm 0.12^\circ\text{C}$, 온도차가 가장 큰 부위는 수지부로 $0.43 \pm 0.26^\circ\text{C}$ 라고 보고하였다⁵⁾. 최근의 연구에서, 1994년 Takahashi 등은 68명의 건강한 성인 남자(19~29세)를 대상으로 컴퓨터 적외선 체열 촬영을 실시한 결과 하지에서의 좌우 온도차가 요추부 $0.01 \pm 0.15^\circ\text{C}$ 부터 배측 족부 $0.08 \pm 0.28^\circ\text{C}$ 까지 변화함을 보고하고, 유의한 좌우 온도차를 요추부와 둔부 0.3°C 이상, 대퇴부와 하퇴부 0.4°C 이상, 그리고 배측 족부 0.6°C 이상으로 정의하였다¹⁴⁾.

컴퓨터 적외선 체열 촬영의 판독시 좌우 온도 차이에 대한 기준도 저자에 따라 다양하게 보고되었는데, 김 등¹⁾은 0.5°C 이상, 박 등²⁾은 0.6°C 이상, 조 등³⁾은 0.7°C 이상, Goldmann 등⁷⁾은 0.62°C 이상, Uematsu 등¹⁸⁾은 0.3°C 이상, 그리고 Harper 등⁸⁾은 1.0°C 이상 일 때 의미있다고 하였다.

본 연구에서는 체표면의 좌우 온도차가 외측 족저부의 $0.2 \pm 0.1^\circ\text{C}$ 과 종골부의 $0.2 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 를 제외하고 모두 $0.1 \pm 0.1^\circ\text{C}$ 의 값을 보였으며, 이러한 결과는 기존의 다른 연구 결과보다도 상당히 안정되어 있는 값으로 향후 컴퓨터 적외선 체열 촬영 검사를 이용한 진단 시 유용한 진단 기준으로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

결 롬

정상 성인 25명에 대하여 컴퓨터 적외선 체열 촬영 검사를 4회 반복 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 체표면의 절대 온도는 부위에 따라 29.5°C 부터 31.9°C 까지 분포되어 있었다.
- 2) 체표면의 절대 온도의 변화는 $1.1 \sim 1.8^\circ\text{C}$ 로 상당히 변화가 심하였다.
- 3) 체표면의 좌우 온도차는 외측 족저부와 종골부의 0.2°C 를 제외하면 다른 모든 부위에서 0.1°C 로 비교적

안정되어 있어 향후 컴퓨터 적외선 체열 촬영검사시 진단적 기준이 될 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) 김영수, 조용운: 요추간반 탈출증 환자에서 수술전후 컴퓨터 적외선 전신 체열 촬영 소견. 대한신경외과학회지 1993; 22: 71-82
- 2) 박기영, 전세일, 박창일, 임신영, 김애영, 신동배: 요추 추간판 탈출증의 척추 전산화 단층 촬영과 척수강 조영, 근전도 및 컴퓨터 적외선 체열촬영과의 비교. 대한재활의학회지 1993; 17: 42-50
- 3) 조준, 문창태, 나중환, 조병일, 장상근, 이예철: 요추 추간판탈출증 환자의 컴퓨터 적외선 전신 체열촬영을 이용한 수술 후 평가. 대한신경외과학회지 1991; 20: 528-532
- 4) Ebeiken J, Shaber G: Thermography: a reevaluation. Skeletal Radiol 1986; 15: 545-548
- 5) Feldman F: Thermography of the hand and wrist: Practical applications. Hand Clinics 1991; 7: 99-112
- 6) Feldman F, Nickoloff EL: Normal thermographic standards for the cervical spine and upper extremities. Skeletal Radiol 1984; 12: 235-249
- 7) Goldmann PH, Murphy MG, Siltanen GL, Kelly MP, Rucker L: Normal temperature asymmetry of the back and extremities by computer-assisted infrared imaging. Thermology 1986; 1: 195-202
- 8) Harper CM, Low PA, Fealey RD, Chelimsky TC, Proper CJ, Gillen DA: Utility of thermography in the diagnosis of lumbosacral radiculopathy. Neurology 1991; 41: 1010-1014
- 9) Huskisson EC: Measurement of pain. Lancet 1974; 9: 1127-1130
- 10) So YT, Aminoff MJ, Olney RK: The role of thermography in the evaluation of lumbo-sacral radiculopathy. Neurology 1989; 39: 1154-1158
- 11) So YT, Olney RK, Aminoff MJ: A comparison of thermography and electromyography in the diagnosis of cervical radiculopathy. Muscle Nerve 1990; 13: 1032-1036
- 12) So YT, Olney RK, Aminoff MJ: Evaluation of thermography in the diagnosis of selected entrapment neuropathies. Neurology 1989; 39: 1-5
- 13) Takahashi Y, Takahashi K, Moriya H: Thermal deficit in lumbar radiculopathy: Correlations with pain and neurologic signs and its value for

- assessing symptomatic severity. *Spine* 19: 2443-2450
- 14) Thomas D, Cullum D, Siahamis G, Langlois S: *Infrared thermographic imaging, Magnetic resonance imaging, CT scan and myelography in low back pain*. *British Journal of Rheumatology* 1990; 29: 268-173
 - 15) Uematsu S: *Symmetry of skin temperature comparing one side of the body to the other*. *Thermology* 1985; 1: 4-7
 - 16) Uematsu S: *Thermographic imaging of cutaneous sensory segment in patients with peripheral nerve injury: skin-temperature stability between sides of the body*. *J Neurosurg* 1985; 62: 716-720
 - 17) Uematsu S, Edwin DH, Jankel WR, Kozikowski J, Trattner M: *Quantification of thermal asymmetry. Part 1: Normal values and reproducibility*. *J Neurosurg* 1988; 69: 552-555
 - 18) Uematsu S, Jankel WR, Edwin DH, Kim W, Kozikowski J: *Quantification of thermal asymmetry. Part 2: Application in low-back pain and sciatica*. *J Neurosurg* 1988; 69: 556-561
-