

수근관 증후군에서 적외선 체열 촬영의 진단적 가치

연세대학교 의과대학 신경외과학교실

김승범 · 조용재 · 구성욱 · 진동규 · 조용은 · 김영수

Diagnostic Efficacy of Digital Infrared Thermographic Imaging in Carpal Tunnel Syndrome

Sung-Bum Kim, M.D., Yong-Jae Cho, M.D., Sung-Uk Kuh, M.D.,
Dong-Kyu Chin, M.D., Yong-Eun Cho, M.D., Young-Soo Kim, M.D.

Department of Neurosurgery, Yonsei University College of medicine, Seoul, Korea

Objective : Electromyography(EMG) has been very helpful in establishing the diagnosis of carpal tunnel syndrome(CTS). But invasive procedure of EMG makes patients discomfort, who are suffering from consistent numbness. The authors investigate the diagnostic efficacy of Digital Infrared Thermographic Imaging(DITI) in CTS by comparing thermal changes between normal control group and patients group.

Methods : Among 31 patients who had operated due to CTS from march 1984 to February 2002 at the Spine Center, both EMG & DITI were used for diagnostic method in 24 patients. Authors have measured thermal differences(ΔT , °C) of symptomatic site between forearm and palm in 20 patients, and 30 normal controls. Authors have analyzed thermal differences(ΔT , °C) statistically using T-test.

Results : Average thermal difference(ΔT , °C) in symptomatic site was statistically higher than that of normal control group. Average thermal difference(ΔT , °C) is $+0.984 \pm 0.342$ °C in symptomatic site, $+0.323 \pm 0.296$ °C in normal control group, respectively. Significant thermal difference(ΔT , °C) was seen between two groups($p < 0.005$). Average thermal difference(ΔT , °C) in CTS was statistically higher than normal group, significantly. Average thermal difference(ΔT , °C) greater than 1 °C can be suspicious of CTS.

Conclusion : Diagnostic usefulness of DITI in CTS is very high especially for the screening purpose.

KEY WORDS : Carpal tunnel syndrome · DITI (Digital Infrared Thermographic Imaging) · Diagnosis · Efficacy.

서론

정 증신경이 압박되어 발생하는 수근관증후군에 대한 진단적, 수술적 연구는 1933년 처음으로 수술을 시행한 이후 지속적인 발전을 거듭해 왔다²¹⁾. 신경전도 검사나 근전도 같은 신경생리학적 검사가 높은 진단적 가치가 있으나 침습적 검사방법이어서 지속적인 통증으로 고생하는 환자에게 불편감을 가중시키는 경우가 있다. 또한 시각적인 자료 없이 신경생리학적 결과만을 가지고 수술 등의 치료를 결정하는 과정에 많은 어려움이 있으며 특히 통증은 주관적인 증상이기때문에 검사자가 통증 부위 및 통증의 정도를 객관적으로 파악하기는 어렵다^{23,27)}.

이러한 점에서 적외선 체열 촬영(Digital Infrared Thermo-

graphic Imaging, DITI)은 비침습적이어서 환자에게 불편감이 없으며, 주관적인 통증을 객관적 자료로 전환해줌으로써 환자의 통증의 정도를 파악할 수 있을 뿐만 아니라, 치료 후에도 증상의 호전을 시각적 자료로 보여줌으로써 환자와 의사간의 신뢰를 구축할 수 있어 환자의 진단 및 치료에 많은 도움을 주고 있다³⁾.

수근관증후군으로 수술 받은 환자의 수술 전 체열 촬영 소견을 정상 대조군과 비교함으로써 수근관증후군에 대한 적외선 체열 촬영의 진단적 가치를 찾아 보고자 이 연구를 실시하였다.

대상 및 방법

1984년 3월부터 2002년 2월까지 내원하여 근전도 검사상에서 수근관증후군으로 진단 후 수술받은 31명 중 근전도와 적외선 체열 촬영을 모두 진단적 방법으로 사용했던 환자 20명(35개의 수근관절)을 대상으로 하였다. 적외선 체열 촬영을 이용하여 검사한 증상이 있는 측의 위팔과 손바닥의 온도차와 정상인 대조군 30명(60개의 수근관절)의 온도차를 비교 분석 하였다.

- Received : March 8, 2003 • Accepted : May 30, 2003
- Address for reprints: Sung-Bum Kim, M.D., Department of Neurosurgery, Yonsei University College of Medicine, 146-92 Dogok-dong, Gangnam-gu, Seoul 135-270, KOREA
- Tel : 02) 3497-3397, Fax : 02) 3461-9229
- E-mail : sungbumi7@yumc.yonsei.ac.kr

적외선 체열 촬영 및 온도 측정

적외선 체열 촬영

외부로부터 빛과 열이 차단되고 실내 기류가 일정한 19~21℃의 항온을 유지하는 밀폐된 검사실에서 디지털식 적외선 촬영기(Dorex Inc. West Collins, USA)를 이용하여 촬영하였다. 검사 전 주의 사항을 주지시키고 약 15분간의 검사실 온도에 적응시킨 후에 촬영을 하였다.

온도 측정

적외선 체열 촬영에서 온도차의 측정은 환자가 통증을 느낀다고 본원의 통증 사정도구에 표시한 부위를 중심으로 위팔과 손바닥의 온도차를 측정했는데 손바닥에서는 요골부(radial side), 척골부(ulnar side)의 온도를 측정하여 위팔과의 온도차를 계산하였다(Fig. 1). 정상 대조군의 경우도 같은 방법으로 위팔과 손바닥의 온도차를 계산하였다.

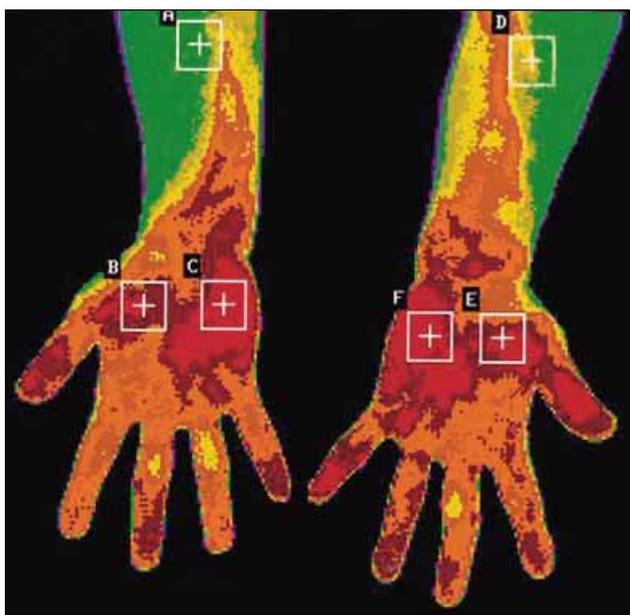
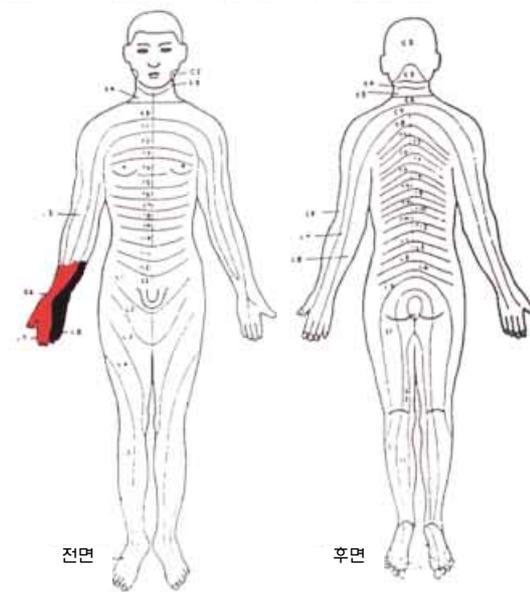


Fig. 1. DITI(Digital Infrared Thermographic Imaging) findings of bilateral carpal tunnel syndrome. Authors measure thermal differences($\Delta T, ^\circ C$) between forearm and palm of symptomatic site in patients and normal control group. ΔT (thermal difference) = (point B or point C) - point A.

환자의 주관적 통증에 따른 분류

본원의 통증 사정도구(Fig. 2)를 이용하여 환자가 느끼는 주관적인 통증의 위치와 정도를 색연필로 표시하게 하였다. 환자가 느끼는 통증의 강도를 환자가 직접 점수(무통증 : 0점, 참을 수 없는 심한 통증 : 10점)로 표시하게 하였다. 본 연구에서는 이들의 통증의 정도에 따라 3개군으로 분류하였다. 즉, 경한 통증인 경우를 제1군

약간 아프다	보통으로 아프다	매우 아프다	참을수 없을 정도로 아프다
노랑색	주황색	빨강색	검정색



2. 현재의 통증정도를 표시하십시오.

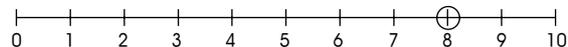


Fig. 2. Patients are asked to draw the painful areas with color pencil at the pain chart and point the numeric scale. More than seven point is included Group III (severe symptom).

(통증 점수 0~3), 중등도 통증인 경우를 제2군(통증 점수 4~6), 고도의 통증인 경우를 제3군(통증 점수 7~10)으로 분류하였다.

통계분석

모든 수치는 평균±표준편차로 표시하였고 통계분석은 SPSS 9.0을 이용, t-test를 사용하여 환자군과 정상 대조군 사이의 온도차를 비교 분석하였다. 증상의 정도에 따른 온도차의 변화는 Kruskal-Wallis 검증법을 이용하였다. 신뢰구간은 95%를 적용하여 p 값이 0.05미만인 경우를 통계적으로 유의하다고 보았다.

결 과

수 근관증후군으로 수술받은 환자 20명은 모두 여성이었으며 평균 연령은 55.0세(43~61)였으며 15명은 양측성이었다.

환자군의 온도차

환자군의 평균 온도차는 $+0.984 \pm 0.342^\circ C$ 이었고 고온 변화는 28개(80%)의 수근 관절에서 나타나 가장 많았고 평열 변화는 2개의 수근 관절로 5.7%, 저온 변화는 5개의 수근 관절로 14.3%

를 차지했다. 또한 온도차를 1.0℃간격으로 구분하여 보면 3.0℃ 이상이 2개(5.7%), 2.0~3.0℃인 경우가 7개(20.0%), 1.0~2.0℃인 경우가 19개(54.3%), 0.0~1.0℃인 경우가 2개(5.7%), 0.0℃ 미만인 경우가 5개(14.3%)이었다(Table 1). 환자의 증상 정도에 따라 3개 군으로 분류하였을 때 제1군은 -1.4℃였고, 제2군은 +1.1℃, 제3군의 경우는 +1.43℃이었다(Table 2). 증상의 정도에 따라 온도차가 커졌으며 증상정도와 온도차는 유의한 관계가 있었다(p=0.043)(Fig. 3).

Table 1. Distribution of patients group according to thermal differences between forearm and palm

ΔT (°C)	No. of patients	%
>3	2	5.7
2 ~ 3	7	20.0
1 ~ 2	19	54.3
0 ~ 1	2	5.7
<0	5	14.3

* ΔT : thermal difference

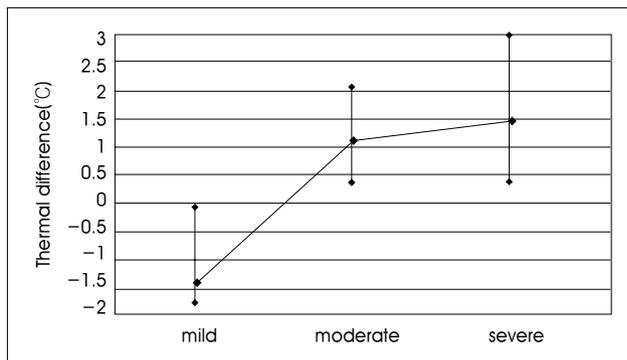


Fig. 3. The correlation between thermal differences and severity of symptom in carpal tunnel syndrome. These data show that as symptom gets more severe, the thermal differences between forearm and palm(pain area) become more prominent. Significant correlation between thermal differences and severity of symptom is noted.

정상 대조군의 온도차

정상 대조군의 평균 온도차는 $+0.323 \pm 0.296^\circ\text{C}$ 이었다. 손바닥 요골부와 위팔과의 온도차는 $+0.32 \pm 0.29^\circ\text{C}$, 척골부(ulnar side)와 위팔과의 온도차는 $+0.23 \pm 0.31^\circ\text{C}$ 이었다.

환자군과 대조군의 비교

환자군의 위팔과 손바닥의 온도차가 정상인에 비하여 통계적으로 의미있게 증가 하였다(p=0.035). 환자군에서 평균 온도차는 $+0.984 \pm 0.342^\circ\text{C}$ 였고, 반면 정상 대조군에서는 평균온도차는 $0.323 \pm 0.296^\circ\text{C}$ (2SD:0.296)도 였다. 두 군간은 통계상에서 유의한 차이를 보였다. 수근관증후군의 경우 온도차가 정상인의 온도차보다 높은 차이를 보였다.

적외선 체열 촬영의 민감도와 특이도

환자군에서 위팔과 손바닥의 온도차가 1℃ 이상인 군이 80%를 차지하여 1℃를 기준으로 환자군과 정상 대조군을 민감도와 특이도를 비교하였다. 민감도는 80.0%였고 특이도는 86.7%이었다.

고 찰

수근관증후군은 정중신경이 수근관에서 압박되어 일어나는 질병으로 진단 및 치료에 대한 많은 발전이 있었다⁶⁾.

Margit 등¹³⁾은 임상적 진단외에도 진동역치(vibration threshold), 적외선 체열 촬영, 컴퓨터 단층 촬영 등의 새로운 진단 방법을 보고하기도 했다. 일반적으로 수근관 터널 증후군의 진단은 임상적으로 가능하지만, 동통, 둔감 및 이상감각 등의 증상이 다른 질환들에서도 관찰되므로 전기 진단학적 검사법의 도움을 받게 된다. 전기진단학적 검사 방법은 1956년 Simpson²¹⁾이 처음 도입한 이래로 수근 터널증후군을 진단하는데 사용되는 가장 객관적이며, 감수성이 높은 진단법으로 인정된다²⁵⁾.

운동 신경 전도 검사의 경우 그 감수성은 60~70%로 보고하고 있으며, 감각 신경 전도 검사의 경우 그 감수성이 63~98%라고 한다⁹⁾. 그러므로 수근관증후군이 의심될 때에는 반드시 전기 진단학적 검사를 통하여 확진 및 감별진단하는 것이 필수적이다. 그러나 이런 검사는 침습적이어서 환자에게 불편감을 가중시킬 수 있으며, 생리적 검사시기에 해부학적 및 시각적 욕구를 만족시킬 수 없는 단점이 있다. 또한 검사자 사이의 오차, 검사까지 걸리는 시간 등의 문제점이 존재한다. 적외선 체열 촬영은 1956년 유방암 환자에 대한 촬영을 최초로 보고하면서¹³⁾ 현대 의학에서 사용되기 시작하였다. 컴퓨터화된 체열 촬영기가 보급되면서 그 학문적 성과가 여러 곳에서 보고되기 시작하였고^{2,3,10~12,15,24)} 환자의 주관적인 증상을 객관적으로 보여줌으로써 환자와 의사간의 신뢰를 구축하게 하여 환자의 진단 및 치료에 많은 도움을 주고 있다³⁾.

피부는 피하의 많은 혈관과 말초 신경을 가지고 있으며 이들의 변화에 의하여 심부 체온을 일정하게 유지하는데 중요한 역할을 한다²²⁾. 이렇게 일정하게 유지되어야 할 심부 체온의 이상 분포를 나타나게 되는 원인으로 교감신경의 영향으로 인하여 혈관 운동 기능의 불안정이 조장되어 일어나는 것으로 알려져 있다⁵⁾. 수근관증후군도 정중신경의 압박으로 인해 증상을 유발하는 병으로 체표 온도의 변화가 일어나는 병리생리학적 기전은 정확히 밝혀지지는 않았지만 교감신경의 이상이 큰 역할을 하는 것으로 알려져 있다¹⁶⁾. 그 증거로 교감신경은 정중신경과 척골신경에서 쉽게 발견되는데 실험적으로 국소 마취를 이용하여 말초신경을 마비 시킨 경우 마취된 부위의 혈관 확장이 일어나게 되는데 이는 교감신경의 정상 혈관

수축 긴장이 없어지기 때문인 것으로 알려져 있다.²⁶⁾

수근관증후군의 적외선 체열 촬영의 진단적 가치에 대해 다양한 보고가 있었는데 Herrick 등⁷⁾은 55명의 수근관증후군을 대상으로 검사하였는데 특이도가 97%, 민감도가 100%로 보고하였고, 조기 진단 및 예방에 가치가 높으며, 비침습적이고 불편함이 없어, 검진적 진단의 가치가 높으며 경제적이라고 하였다. 또한 증상을 촉발하게 하는 스트레스 검사가 많은 진단의 가치를 높이는데 많은 도움이 된다고 하였다¹⁸⁾. 이는 이 연구의 결과보다 훨씬 높은 진단적 가치를 보였는데 스트레스 검사를 시행한 것이 이 연구와 다르다. 또한 정상 대조군이 없는 연구라는 점에서 아쉬움이 남으며 이 연구가 정상 대조군과 비교한 연구이기에 더욱 연구적 가치가 있다고 생각된다. 또 Sheng 등²⁰⁾은 61예의 편측 수근관증후군을 대상으로 적외선 체열 촬영의 진단적 가치에 대하여 연구하였는데 특이도가 98~100%가 된다고 하였고 민감도는 93%라고 하여 역시 이 연구와 같이 진단적 가치가 있음을 나타내었다. 그러나 편측에 국한된 환자만을 대상으로 하여 반대측과 비교한 것으로 반대측이 정상이라는 가정하에 한 연구이므로 양측성일 때의 진단이 어렵다는 단점이 있다. 이 연구에서는 현재까지 정상인의 체열촬영조건을 나이 및 성별에 따라서 구분한 보고가 없어 정상 대조군 60개를 임의로 선정하여 일측성과 양측성 수근관증후군 모두를 비교하였는데 이 대조군의 수가 적은 것이 미흡한 점으로 사료된다. Dellon 등⁴⁾은 진동 역치를 이용한 검사의 경우 수근관증후군 증상을 보이는 환자의 72%에서 비정상적 감각을 보이는 것으로 보고하였는데 이는 이 연구의 결과보다 진단적 가치가 떨어지는 것으로 나타나 적외선 체열 촬영이 진단적 가치가 상대적으로 높음을 나타낸다. 그러나 적외선 체열 촬영에서는 절대값이 없어 혈관 운동 긴장(vasomotor tone)에 영향을 미치게 되어 한쪽의 온도가 떨어지면 상대방의 온도가 올라가기 때문에 상대값으로만 존재하는 한계가 있어 진단적 가치에 대한 논란이 있다²⁷⁾.

So 등²³⁾은 수근관증후군 환자 22명에서 시행한 적외선 체열 촬영 검사중 55%에서만 이상소견을 보여 진단적 가치가 떨어지는 것으로 보고하였으며 현재 시행되는 근전도에 비해 민감도가 떨어진다고 주장했다. Reilly 등¹⁹⁾도 23명의 수근관증후군 환자를 대상으로 신경 전도 검사와 적외선 체열 촬영을 이용하여 검사한 결과 신경 전도 검사는 17명의 환자에서 비정상적인 결과를 보였고 적외선 체열 촬영에서는 16명의 환자에서 비정상적인 결과를 보였다고 보고하여 두 검사에서 나타난 비정상적인 소견에 있어서는 차이가 없음을 밝혔다. 그러나 16명 환자의 비정상적인 적외선 체열 촬영 결과들 사이에 일정한 진단적 양식이 없어 진단적 가치가 적은 것으로 나타났고 반드시 신경 전도 검사를 시행해야 하는 것으로 주장하였다¹⁹⁾.

Meyers 등¹⁴⁾은 Liquid crystal thermography를 이용하여 정상인의 38개의 수근관과 수근관증후군이 있는 23개의 수근관을 검사하여 신경 전도 검사와 비교 연구한 결과 liquid crystal thermography의 민감도가 신경전도 검사의 민감도보다 떨어지는 것으로 파악되었다고 보고했으며, 이전의 발표에서 적외선 체열 촬영의 민감도가 높게 나타난 이유를 뚜렷한 대조군이 없었기 때문이라고 보고했다. 이 연구에서는 민감도가 80%로 신경 전도 검사의 문헌상의 민감도보다 낮은 점과 일치했으나 특이도에 대한 연구결과가 없어 이 연구의 특이도 86.7%와 비교할 수가 없어 아쉬움이 있었다. 또한 증상 정도와 온도차가 밀접한 관계가 있는 것을 밝힌 이 연구 결과처럼 증상정도를 알 수 있는 진단적 가치에 대한 연구가 없어 비교할 수 없었다. 단순히 민감도나 특이도를 비교하는 것이 아니라 증상 정도에 따른 적외선 체열 촬영의 변화를 연구한 문헌은 많지 않은 것으로 보여 연구가치가 있다고 하겠다.

Jarvik 등⁸⁾은 신경 전도 검사의 특이도를 다른 문헌고찰과 함께 비교하였는데 대략 90%가 넘는 것으로 보고되어 이 연구의 적외선 체열 검사보다 높은 것으로 나타났다. 이는 이 연구의 정상 대조군 설정에 있어서 대조군 모두에게 신경 전도 검사를 시행하여 정상임이 확인된 대조군을 설정한 것이 아닌 증상이 없는 사람을 대조군으로 지정한 것이 본 연구의 특이도가 상대적으로 낮게 측정된 이유로 생각된다. 신경전도 검사의 시각적인 단점을 보완하기 위해 MRI를 이용하는 경우도 있는데 Jarvik 등⁸⁾은 MRI를 이용하여 이의 민감도와 특이도를 확인하였는데 민감도는 96%로 신경 전도 검사 보다 높게 나타나 그 진단적 가치가 높으나 특이도에서는 39%로 매우 낮은 진단 결과를 보였다고 보고 하였다¹⁷⁾.

MRI는 민감도는 높으나 특이도가 이 연구의 결과에 비해 매우 낮아 검진적 가치가 떨어진다. 적외선 체열 촬영은 간편하면서도 비침습적이고 특이도가 높아 검진적 가치가 있어 외래 등에서 증상을 호소하는 환자가 있을 경우 이의 1차적 검사에 유용할 것으로 사료된다. 또한 치료 후 적외선 체열 촬영의 결과를 치료 전과 비교함으로써 증상의 호전과의 관련성을 비교하는 연구가 추가되어야 할 것으로 사료된다. 또한 신경 재생의 정도와의 연관성, 통증의 종류와의 관련성, 다른 신경병과의 감별 등에 대하여는 더욱 추가적 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

결론

수근관증후군 환자의 위팔과 손바닥에서 적외선 체열 촬영의 온도차는 정상군의 온도차보다는 유의하게 높은 것을 알 수 있었고, 적외선 체열 촬영은 이 질환을 진단하고 증상정도를 감별하는데 매우 유용하며, 특히 온도차가 1도 이상일 경우 이 질환을

의심할 수 있었다. 적외선 체열 촬영은 수근관증후군의 진단적 가치가 높으면서, 근전도 검사 보다 비침습적이기에 검진적(screening) 진단에 먼저 사용되면 유용할 것으로 생각된다.

References

1. Chamberlain DP, Chamberlain BD : Changes in the skin temperature of the trunk and their relationship to sympathetic blockade during spinal anesthesia. **Anesthesiology** **65** : 139-143, 1986
2. Cho J, Moon CT, Nah JH, Cho BI, Chang SK, Lee YC : Postoperative evaluation of lumbar disc herniation using digital infrared thermographic imaging. **J Korean Neurosurg Soc** **20** : 528-534, 1991
3. Cho YE, Kim YS, Zhang HY : Clinical efficacy of digital infrared thermographic imaging in multiple lumbar disc herniations. **J Korean Neurosurg Soc** **27** : 237-245, 1998
4. Dellon AL : Clinical use of vibratory stimuli to evaluate peripheral nerve injury and compression neuropathy. **Plastic Reconstr Surg** **15** : 466-470, 1980
5. Gateless D : The diagnosis of carpal tunnel syndrome in pregnant women using liquid crystal thermography. **Neurology** **33** : 240, 1983
6. Han DY, Jahng JS, Shin JS, Chung IH : Electromyographic findings in carpal tunnel syndrome. **J Korean Orthop Assoc** **12** : 383-385, 1977
7. Herrick RT, Herrick SK : Thermography in the detection of carpal tunnel syndrome and other compressive neuropathies. **J Hand Surg** **12** : 943-949, 1987
8. Jarvik G, Yuen E, Haynor DR, Bradley CM, Fulton-Kehoe D, Smith-Weller T, et al : MR nerve imaging in a prospective cohort of patients with suspected carpal tunnel syndrome. **Neurology** **58** : 1597-1602, 2002
9. Kang ES, Hahn SB, Shin KH, Kang HJ, Lee JW, Park JS : Carpal tunnel syndrome. **J Korean Orthop Assoc** **26** : 847-853, 1991
10. Kim YS, Cho YE : Pre- and postoperative thermographic imagings in lumbar disc herniations. **J Korean Neurosurg Soc** **22** : 71-82, 1994
11. Kim YS, Cho YE, Zhang HY : Thermatomes of the lumbosacral nerve roots. **J Korean Neurosurg Soc** **24** : 33-46, 1995
12. Lawson R : Implication of surface temperatures in the diagnosis of breast cancer. **Canad M Ass J** **75** : 309-310, 1956
13. Margit LB, Jacqueline A : New techniques for diagnosis of carpal tunnel syndrome. **Scand J Work Environ Health** **13** : 385-388, 1987
14. Meyers S, Cros D, Sherry B, Vermeire P : Liquid crystal thermography : quantitative studies of abnormalities in carpal tunnel syndrome. **Neurology** **39** : 1465-1469, 1989
15. Mills GH, Davis GK, Getty CIM : The evaluation of liquid crystal thermography in the investigation of nerve root compression due to lumbosacral lateral spinal stenosis. **Spine** **11** : 427-432, 1986
16. Morgan RF, Reisman NR, Wilgis EF : Anatomic localization of sympathetic nerves in the hand. **J Hand Surg** **8** : 283-288, 1983
17. Park YS, Lee JC, Lee SM : Carpal tunnel syndrome : Diagnostic application of MRI and sonography **J Korean Neurosurg Soc** **28** : 1738-1745, 1999
18. Pochaczeyksy R, Wexler CE, Meyers PH, Epstein JA, Marc JA : Liquid crystal thermography of spine and extremities. **J Neurosurg** **56** : 386-395, 1982
19. Reilly PA, Clarke AK, Ring EF : Thermography in carpal tunnel syndrome. **Br J Rheumatol** **28** : 553-554, 1989
20. Sheng T, Julia FC, Ronald CB, Charles EW : Thermographic observations in unilateral carpal tunnel syndrome : report of 61 cases. **J Hand Surg** **17** : 631-637, 1992
21. Simpson JA : Electrical signs in the diagnosis of carpal tunnel and related syndrome. **J Neurol Neurosurg Psychiat** **19** : 275-280, 1956
22. Snellen JW : Mean body temperature and the control of thermal sweating. **Acta Physiol Pharmacol Neer I** **14** : 99-104, 1966
23. So YT, Olney RK, Aminoff MJ : Evaluation of thermography in the diagnosis of selected entrapment neuropathies. **Neurology** **39** : 1-5, 1989
24. 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** : 2443-2449, 1994
25. Thomas JE, Lambert EH, Cseuz KA : Electrodiagnostic aspects of the carpal tunnel syndrome. **Arch Neurol** **16** : 635-641, 1967
26. Wollard HH, Phillips R. : The distribution of sympathetic fibers in the extremities. **J Anat** **67** : 18-27, 1932
27. Zhang HY, Chin DK, Cho YE, Kim YS : Correlation between pain scale and infrared thermogram in lumbar disc herniation. **J Korean Neurosurg Soc** **28** : 253-258, 1999