

복합부위통증증후군 1형 환자에서 한냉부하 적외선체열촬영의 유용성 평가

아주대학교 의과대학 마취통증의학교실 신경통증클리닉

박은정 · 한경림 · 채윤정 · 정원호 · 김 찬

= Abstract =

Effectiveness of Cold Stress Thermography in the Diagnosis of Complex Regional Pain Syndrome Type 1

Eun Jung Park, M.D., Kyung Ream Han, M.D., Yun Jeong Chae, M.D., Won Ho Jeong, M.D., and Chan Kim, M.D.

Pain Clinic, Department of Anesthesiology and Pain Medicine, College of Medicine, Ajou University, Suwon, Korea

Background: Despite the enormous amount of basic research on neuropathic pain, there is the lack of an objective diagnostic test for complex regional pain syndrome (CRPS). The aim of this study was to evaluate the usefulness of cold stress thermography in the diagnosis of CRPS.

Methods: The study involved 12 patients with CRPS type 1, according to the IASP criteria, who were compared with 15 normal healthy volunteers. All subjects underwent thermographic examination under baseline conditions at 21°C. A cold stress test (CST; 10°C water for 1 minute) was then applied to both hands below the wrists, immediate, and after 10 and 20 minutes.

Results: The temperature asymmetry between the patients with CRPS and the volunteers showed significant discrimination at the baseline and after a 20 minute recovery period from the CST. Among the study subjects having temperature asymmetry of both hands of less than 1°C (8 out of 12 CRPS patients and 14 out of 15 volunteer), 7 (87.5%) of the 8 CRPS patients and 3 (21%) of the 14 volunteers showed a temperature difference of more than 1°C after the 20 minute recovery period. The actual temperature values during the four periods did not discriminate between the patients with CRPS and the volunteers.

Conclusions: Thermography, under the CST, could be a more objective test for the diagnosis of CRPS. A temperature asymmetry greater than 1°C during the 20 minute recovery period following CST provides strong diagnostic information about CRPS, with both high sensitivity and specificity. (Korean J Pain 2006; 19: 159-163)

Key Words: cold stress test, complex regional pain syndrome, thermography.

서 론

복합부위통증증후군 제1형은 분명한 신경의 손상없이 사지의 손상(일부는 자연 발생적) 후에 발생하는 자발통, 감각 과민이나 이질통, 혈관 이상(부종, 피부 온도 및 색깔의 변화)이나 땀 분비 이상(땀 분비의 증가나 건조) 등을 보이는 신경병증성통증 질환이다. 1994년 세계통증학회(International Association for the Study of Pain, IASP)에서 이 질환의 진단기준을 정하고 현재까지 임상적으로 널리 사용되고는 하나, 이러한 진단 기준에 의하면 높은 감수성으로 복합부위통증

증후군 환자를 진단하는 것은 용이하나 진단에 대한 낮은 특이도를 보이는 것 때문에 문제점들이 제시되고 있다.^{1,2)} 복합부위통증증후군의 진단은 현재까지는 환자의 과거력, 증상 및 이학적 검사에서 보이는 증후에 따라 내려져야 하기 때문에 객관성으로 공유하기 힘든 면이 있다. 따라서 삼상 골스캔, X-ray, 자기공명촬영(magnetic resonance imaging, MRI), 기능성자기공명촬영(functional MRI, fMRI), 체열 촬영기 등이 자율신경계와 감각 및 운동 신경계 기능에 대한 진단에 도움이 되는 추가적인 정보를 얻기 위하여 시도되나 모든 환자에서 일치되는 진단 소견을 얻기 힘들다.^{3,3)}

이러한 진단의 객관성에 대한 검사 중 피부 온도의 변화

접수일 : 2006년 10월 11일, 승인일 : 2006년 11월 30일

책임저자 : 김 찬, (442-721) 경기도 수원시 영통구 원천동 산 5번지, 아주대학교병원 마취통증의학과

Tel: 031-219-5689, Fax: 031-219-5579, E-mail: painhan@hanmir.com

Received October 11, 2006, Accepted November 30, 2006

Correspondence to: Chan Kim, Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Ajou University Hospital, San 5, Woncheon-dong, Yeongtong-gu, Suwon 442-721, Korea. Tel: +82-31-219-5689, Fax: +82-31-219-5579, E-mail: painhan@hanmir.com

에 대한 측정은 혈관 기능을 쉽게 측정할 수 있는 방법이나 측정하는 환경의 온도, 환자의 통증 상태, 질환의 어느 시기에 측정하는가 등에 따라서 역동적으로 변하기 때문에 임상적으로 진료실에서 일정시간 안정된 상태에서 측정하는 것으로는 정확한 결과를 얻기 힘들다. 현재까지 보고되고 있는 복합부위통증증후군의 진단에 대한 피부 온도 차이의 측정의 연구 결과들이 진단의 감수성과 특이성 및 신뢰도의 큰 차이를 보이는 이유들은 피부 온도를 측정하는 환경과 방법이 다르다는 점과 한 환자에게서도 교감신경계의 일주기성이나 통증 상태에 따른 자율신경계의 반응의 변화 때문이다.^{4,5)}

따라서 본 연구에서는 상지 복합부위통증증후군 1형 환자를 대상으로 한냉부하 후 회복기의 양손의 온도 변화를 체열촬영기로 측정하여 대조군과 비교 연구함으로써 한냉부하 검사를 병용한 체열 촬영의 복합부위통증증후군 진단에 대한 유용성을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

2005년 12월에서 2006년 8월 사이에 본원에 내원한 세계 통증학회 진단 기준을 근거로 일측 상지 복합부위통증증후군 1형으로 진단된 환자 17명(제1군)을 대상으로 하였고 대조군으로 특이 질환의 과거력이 없으며 통증 증상이 없는 건강한 성인 18명(제2군)을 자원자로 하였다. 모든 검사 대상자에게는 검사 전에 검사에 대한 설명 후 동의서를 받았으며 검사 12시간 전까지 담배, 커피, 술 등을 피하도록 하였다.

모든 대상자들은 21°C로 온도가 유지되는 체열촬영실에서 검사를 시행하였으며, 10분간 안정 후 한냉부하 전의 기본 체열촬영을 한 뒤 한냉부하검사를 시행하였다. 한냉부하는 10°C의 물에 양 손을 손목까지 잠기도록 한 상태로 1분간 유지하였으며, 한냉부하 동안 느끼는 통증을 시각통증점수(0-100)으로 표시하였으며, 1분 동안 끝까지 찬물에 손을 담고 있지 못한 환자들은 대상에서 제외시켰다. 한냉검사 후 적외선체열촬영은 총 3번 시행하였으며, 찬물에서 손을 제거한 직후, 한냉검사 10분, 20분 후에 각각 촬영하였다.

양 군 간의 나이, 신장, 체중에 대하여는 Mann-Whitney U test를 시행하였고, 성별에 대하여는 chi-square test를 하였고, 측정된 등쪽 다섯 손가락 끝의 온도의 평균을 계산하여 각 군내와 각 군 간의 좌우 손가락의 평균 온도와 양손에서의 온도 차이의 군 간 비교는 t-test를 이용하여 하였다. 또한 실온에서 양군에서 1도 이하의 온도차이가 있었던 환자에서 한냉부하 후 측정치에서 1도 이상의 온도차이를 보이는 환자수에 대한 군 간 비교는 fisher exact test를 이용하였다. 양손의 온도 차이 1°C를 기준으로 하여 1°C 이상이 차이가 날 때 복합부위통증증후군을 진단할 수 있는 가능성에 대하여 각 온도 측정 시점에서의 수치를 odd ratio를 구하여

비교하였으며, 각각의 온도 측정 시점에서의 민감도, 특이도, 양성예측도(positive predictive value), 음성예측도(negative predictive value) 등을 구하여 비교하였다. P값이 0.05 미만인 것을 통계학적으로 유의하다고 하였다.

결 과

대상환자들 중 한냉부하검사를 1분간 유지하지 못한 환자는 제1군은 17명 중 5명, 제2군은 18명 중 3명이었고 이들의 평균 한냉부하검사 유지 시간은 제1군은 30초, 제2군은 45초였으며 당시의 평균통증점수는 1군은 VAS 95, 2군은 VAS 90이었다. 본 연구 결과는 한냉부하검사를 1분간 유지할 수 있었던 12명의 복합부위통증증후군 환자와 15명의 정상인을 대상으로 하였다.

대상환자들의 인구학적 정보로 성별, 나이, 체중, 신장은 양 군 간 차이가 없었다(Table 1). 12명의 복합부위통증증후군 1형 환자군의 평균 나이는 38.3 ± 13.7세(21-71세), 평균 수상 후 통증지속기간은 21.4 ± 16.3개월(2-46개월), 평균 통증점수(0-100)는 71.3 ± 15.1 (40-90)이었고 이환지가 우측이 5명, 좌측이 7명이었으며, 대부분의 환자들이 상지의 엄지와 같은 가벼운 손상 이후 발생하였으며, 한 명의 환자에서는 산부인과 수술 중 시행한 동맥천자 이후 발생한 경우였다(Table 2).

온도를 측정할 시점은 4번(한냉부하 전, 한냉부하 직후, 10분 후, 20분 후)이었으며, 양 측 열 개의 손가락 끝에서 측정할 온도의 평균치는 네 차례의 온도 측정 시점에서 제 1군과 제 2군에서 차이가 없었다. 그러나 양 손의 온도 차이에 대한 평균치는 제 1군과 제 2군 사이에서 한냉부하 전, 한냉부하 20분 후에 통계학적으로 의미있는 차이를 보였다(Table 3). 또한 한냉부하 전 실온에서 1도 이하의 차이를 보이는 환자들(제 1군은 12명 중 8명[67%], 제 2군은 15명 중 14명[93%])만의 양 군 간의 온도차이에 대한 평균치는 한냉부하 전과 한냉부하 20분 후에 양 군 간에 차이가 있었고, 이들 중 한냉부하 20분 후에 1°C 이상의 온도 차이를 나타낸 대상자는 제 1군에서 8명 중에 7명(86%)이었고, 제 2군에서는 14명 중 3명(21%)으로 양 군 간에 차이가

Table 1. Demographic Data

	Group 1 (n = 12)	Group 2 (n = 15)
Sex (M/F)	10/2	8/7
Age (years)	38.3 ± 13.7	33.6 ± 12.9
Height (cm)	167.0 ± 4.8	167.5 ± 9.3
Weight (kg)	63.5 ± 8.8	61.7 ± 8.4

The values are mean ± SD, except sex. Group 1: patients with complex regional pain syndrome, type 1, Group 2: healthy volunteer. n: number of patients.

Table 2. Clinical Characteristic of the CRPS 1 Patients (Group 1)

Subject No.	Age (yrs)/Sex	Time since onset of disease (months)	Location of CRPS 1/VAS (0-100)	Precipitating event
1	40/M	18	Rt/70	Wrist sprain
2	33/M	22	Lt/50	Tendon trauma
3	50/M	6	Rt/40	Wrist sprain
4	21/M	5	Rt/90	Wrist sprain
5	34/M	11	Lt/80	Wrist sprain
6	35/F	2	Rt/60	After IV catheter
7	25/F	46	Lt/80	Bone biopsy
8	23/M	7	Lt/90	Elbow sprain
9	46/M	40	Lt/80	Wrist sprain
10	71/M	36	Lt/60	Humerus fracture
11	44/M	36	Lt/70	Shoulder sprain
12	35/M	10	Rt/60	Tendon trauma

CRPS: complex regional pain syndrome, VAS: visual analogue scale, M: male, F: female, Rt: right, Lt: left, IV: intravenous.

Table 3. Average of Temperature Differences between the Both Fingertips in Group 1 and 2

	Group 1	Group 2
Baseline (°C)	1.2* ± 1.0 (0.5-3.5)	0.5 ± 0.2 (0.2-1.3)
Immediate after CST (°C)	0.9 ± 1.0 (0-3.3)	0.8 ± 1.2 (0-3.9)
10 minutes after CST (°C)	1.1 ± 0.7 (0.1-2.5)	0.7 ± 0.4 (0.1-1.9)
20 minutes after CST (°C)	1.5* ± 0.9 (1.3-3.2)	0.6 ± 0.3 (0-1.4)

The values are mean ± SD. Data in parenthesis are minimum and maximum. Group 1: patients with complex regional pain syndrome, type 1, Group 2: healthy volunteer. CST: cold stress test. *Significant difference between the two groups, P < 0.05.

Table 4. Average of Temperature Differences between the Both Fingertips in Group 1 and 2 for the Selected Patients Who Did Not Show the both Finger tip Temperature Difference under 1°C (Room Temperature 21-22°C)

	Group 1 (n = 8)	Group 2 (n = 14)
Baseline (°C)	0.7* ± 1.4 (0.5-0.9)	0.5 ± 0.2 (0.2-0.6)
Immediate after CST (°C)	0.9 ± 1.2 (0-3.4)	0.8 ± 1.2 (0-3.5)
10 minutes after CST (°C)	0.9 ± 0.6 (0.2-1.8)	0.7 ± 0.4 (0-1.9)
20 minutes after CST (°C)	1.4* ± 0.7 (0.6-2.3)†	0.6 ± 0.3 (0-1.4)

The values are mean ± SD. Data in parenthesis are minimum and maximum. Group 1: patients with complex regional pain syndrome, type 1, Group 2: healthy volunteer. CST: cold stress test. *Significant difference of mean temperature difference between the two groups, P < 0.05. †Significant difference of the number of patients who showed average temperature difference over 1°C between the both fingertips between the two groups, P < 0.05.

Table 5. Sensitivity, Specificity, Positive Predictive Value (PPV) and Negative Predictive Value (NPV) at Baseline and during Recovery Period after CST according to Temperature Asymmetry of 1°C

	Sensitivity	Specificity	PPV	NPV
Baseline	0.33	0.93	0.8	0.64
Immediate	0.33	0.73	0.5	0.59
10 minutes after CST	0.58	0.8	0.7	0.71
20 minutes after CST	0.83	0.93	0.77	0.85

CST: cold stress test. Sensitivity is defined as true positive rate/true positive + false negative rates, Specificity is defined as true negative rate/true negative + false positive rates. Positive predictive value (PPV) is defined as true positive rate/true positive + false positive rate, Negative predictive value (NPV) is defined as true negative rate/true negative + false negative rates.

Table 6. Possibility of Diagnosis of CRPS Based on the Temperature Asymmetry of 1°C at Baseline and Immediate, 10 Minutes and 20 Minutes after CST

	Odds ratio	CI (95%)	P-value
Baseline	7.0	0.66-73.93	0.11
Immediate after CST	1.38	0.26-7.22	0.71
10 minutes after CST	1.36	0.73-21.84	0.11
20 minutes after CST	10.0	1.56-64.18	0.015

CST: cold stress test, CI: confidence interval, CRPS: complex regional pain syndrome.

있었다(Table 4).

일반적으로 복합부위통증증후군의 진단 시 사용되는 양측의 피부 온도 차이가 1°C인 것으로 고려하여 전체 대상 환자 중에서 1°C 이상의 온도 차이가 있는 경우에 복합부위통증증후군으로 진단될 수 있는 민감도, 특이도, 양성예측도, 음성예측도를 표로 정리하였으며, 한냉 부하 20분일 때 가장 높은 민감도와 특이도를 보이는 것을 알 수 있다(Table

5). 양측의 피부 온도가 1°C 차이가 날 때 복합부위통증후군으로 진단될 수 있는 가능성은 한냉 부하 후 20분에서 odds ratio 10으로 통계학적 유의성을 보였다. 그러나 한냉부하 전 시점에 시행한 결과에서 피부 온도 차이가 1°C 이상 나는 경우는 odds ratio는 높으나 통계학적 유의성은 보이지 않았다(Table 6).

고 찰

최근에 복합부위통증후군의 조기 치료의 중요성이 강조되기는 하나 진단을 위한 객관적인 검사 방법이 부족한 이유로 조기 진단이 어려울 수 있으며,^{6,7)} 사고와 연관된 통증의 경우에는 보상 문제나 법적 문제와 연관되기 쉽기 때문에 복합부위통증후군의 정확한 진단(복합부위통증후군이 아닌 다른 신경병증성 통증과의 감별)이 절실히 요구된다. 현재 널리 임상적으로 사용되고 있는 세계통증학회의 복합부위통증후군의 진단 기준에 대한 제한점이 제시되면서 이러한 진단 기준에 특이도를 높이기 위하여는 혈관 운동 이상 및 땀 분비 이상과 같은 자율신경계 이상에 대한 추가적인 검사 결과가 진단 기준에 포함되어야 한다는 의견이 대두되고 있다.¹⁸⁾ 이러한 자율신경계 이상을 객관적으로 평가할 수 있는 대표적인 방법이 이환지와 반대측과의 피부 온도의 차이를 측정하는 것이지만, 일정한 온도(일반적으로 실온)로 안정된 상태의 어느 한 시점에서의 측정치로는 한 환자 혹은 서로 다른 환자 사이에서도 일정한 결과치를 얻어내기가 힘들다. 그러한 이유는 피부 온도는 교감신경성 혈관수축 신경에 의하여 조절되고, 이러한 조절은 고정적인 것이 아니고 역동적이며 환자의 체온 조절 기능상태에 따라서 지속적으로 변하기 때문이다.^{9,10)} 이 연구는 이러한 교감신경성 혈관 수축 기능의 역동성을 피부 온도 검사에 반영하기 위하여 이환지와 반대측의 피부 온도의 차이를 실온에서 실시한 결과와 한냉 부하를 하여 혈관 수축을 유발한 후 회복하는 과정에서 시행한 피부 온도 차이에 대한 진단적 가치를 평가하고자 한 것이다.

본 연구에서는 피부 온도의 측정을 적외선체열촬영기를 이용하여 대상자의 양측 열 개의 손가락 끝에서 측정하였는데, 적외선체열촬영은 임상에서 편리하게 피부 온도를 측정할 수 있어 임상적으로 유용하게 이용되어지는 방법이며,^{4,6,10-12)} Wasner 등은¹³⁾ 피부의 온도 차이로 교감신경계 장애를 예측할 수 있으며 사지의 말초부위의 체온 차이가 복합부위통증후군 1형의 진단에 유용하다고 하였다. 이전의 연구들에서는 손상 받은 사지와 손상 받지 않은 사지의 온도 차이가 0.5–1.0°C가 복합부위통증후군의 진단에 유용하다고 보고되고 있다.¹⁴⁻¹⁶⁾ Bruchl 등은¹⁷⁾ 0.6, 0.8, 1.0°C를 각각 진단에 필요한 최소한의 온도 차이로 보고 진단에 대한 민감도와 특이도를 분석하였고 이 중 진단의 민감도와 특이도를 모두 고려할 때 0.6°C를 복합부위통증후군을 진단하

는 최소한의 온도 차이로 하는 것이 가장 적합하다고 하였으며, 만약 복합부위통증후군이 아닌 환자를 정확히 구별하기 위한 특이도를 높이기 위하여는 0.8나 1.0°C를 온도 차이의 최소 기준으로 선택하는 것이 좋을 것이라고 하였다.

본 연구에서는 임상에서 가장 흔히 적용되는 진단적 수치인 양측이 1°C이상의 온도차^{18,19)} 보이는 것을 참고로 하여, 1°C이상 온도 차이를 보이지 않았던 환자수는 복합부위통증후군 환자 12명 중에서 8명(66.7%)이었고, 대조군에서는 15명 중 14명(93.3%)이었다. 따라서 임상적으로는 복합부위통증후군이라고 진단되어지나 객관적 검사에서 정상 소견을 보였던 환자(거짓 음성)가 66.7%였다는 것이다. 이러한 거짓음성 환자에서 한냉부하 후 20분에 1°C 이상의 온도 차이를 보였던 경우는 8명 중 7명(87.5%)으로 실온에서 온도차이가 나지 않는 환자들에게 한냉부하 후 20분에 피부 온도를 측정하는 것은 임상적으로 복합부위통증후군에 합당하다고 생각되는 환자에게 이러한 진단을 내릴 수 있는 진단의 감수성을 높일 수 있는 방법이 된다.

복합부위통증후군의 경우 한 환자에서도 병의 진행 시간 경과나 혹은 하루 동안이나 감각 과민이나 이질통에 대한 이학적 검사를 하는 도중에서조차도 환자들에게 나타나는 자율신경이상증상은 다양하게 변화 가능하며, 이러한 점을 고려할 때 한냉부하를 통한 환자의 역동적인 자율신경계의 기능 이상을 알아낸다는 것은 중요한 진단적 의미를 준다. Gulevich 등은⁶⁾ 증상이 없는 사지를 13°C의 물에 5분간 담근 상태에서 이환지의 온도를 지속적으로 측정하는 방법으로 냉온부하 시 양측의 온도 변화에 대하여 연구하였다. 그들의 방법으로 양측의 온도차이 1°C를 진단 기준으로 할 때 실온에서 시행한 피부 온도차이로는 복합부위통증후군에 대한 감수성과 특이성이 93%, 89%로 증가하였다고 보고하고 있다. 반면에 증상이 없는 사지를 4°C 물에 90초간 담근 후에 담근 직후와 20분 후의 양측의 피부 온도 차이를 연구한 Bruchl 등의¹⁷⁾ 연구에 의하면 한냉부하 20분에 측정된 피부 온도는 복합부위통증후군 환자에서 양측의 온도 차이가 없었다고 보고하였다. 이러한 연구 결과의 차이는 연구 방법에서 오는 것으로 생각되는데 한냉부하 시 물의 온도와 한냉에 노출되는 시간, 한냉부하 후 회복기의 어느 시점에서 측정하였는가에 따라 다른 결과를 가져오는 것으로 생각된다. 또한 Niehof 등의³⁾ 연구에 의하면 실온에서의 양손의 온도차이는 복합부위통증후군 환자와 대조군에서 각각 평균이 0.43°C, 0.37°C였으나 한냉부하 중 측정된 피부 온도의 차이는 2.5°C 및 0.95°C로 현저한 차이를 보인다고 하였다. 이들의 연구는 손발, 얼굴을 제외한 몸에 온도를 조절할 수 있는 옷을 입힌 상태에서 연속적으로 사지의 온도를 측정하면서 연구한 결과로 방법론적으로 차이가 있다.

본 연구에서는 양측 온도 차이 1°C를 기준으로 할 때 계산한 odds 비율을 볼 때 실온에서는 통계학적 유의성이 없

었으나 한냉부하 20분 후의 온도 차이는 의의가 있는 것으로 보아 복합부위통증증후군의 진단에 좀 더 객관성을 주는 검사 수치는 한냉부하 20분 후에 측정된 양측의 온도차라고 생각할 수 있다. 또한 Table 5에 보여지는 것처럼 특이성에는 차이가 없으나 한냉부하 20분에 측정된 양측 온도 차이를 이용하여 복합부위통증증후군을 진단한다면 실온에서의 온도 차이를 기준으로 진단할 때 발생하는 낮은 감수성(33%)을 87%로 증가시킬 수 있었다. 그러나 한냉부하 직후와 10분 후의 온도차이는 환자 군에서나 대조 군에서 차이를 보이지 않았는데, 이러한 시기는 환자 군과 대조 군 모두에서 한냉부하 후 정상 체온으로 돌아오는 동안의 교감신경성 운동 조절이 급격히 일어나는 변화가 많은 시간이며, 정상인에서 한냉부하 후에 피부 온도가 한냉 부하 전의 온도로 95% 이상 회복되는 시간이 20분이라는 연구결과에 상응한다고 할 수 있다.²⁰⁾ 또한 레이노이드질환과 같은 혈관 기능 이상을 진단하기 위한 냉온부하 검사를 시행한 경우에 재가온 20분에서 혈관 기능 이상을 발견할 수 있는 민감도와 특이도가 높았다는 연구 결과도²¹⁾ 본 연구 결과를 간접적으로 뒷받침할 수 있는 것이다.

결론적으로 복합부위통증증후군 환자에서의 한냉부하를 이용한 양측의 피부 온도 차이에 대한 검사는 진단에 대한 감수성과 특이성이 높은 검사 방법이며, 특히 실온에서 온도 차이를 보이지 않는 환자들에게 시행함으로써 진단의 객관성을 얻을 수 있는 검사법이 될 수 있다. 또한 한냉부하 후 재가온 20분에서의 양측의 온도 차이는 복합부위통증증후군을 진단하는데 중요한 객관적 자료를 제공할 수 있을 것이다. 그러나 한냉부하를 하는 방법에 있어 결과가 달라질 수 있으므로 더 많은 환자를 대상으로 연구가 되어야 하겠다.

참 고 문 헌

- Harden RN, Bruehl S, Galer BS, Saltz S, Bertram M, Backonja M, et al: Complex regional pain syndrome: are the IASP daignostic criteria valid and sufficiently comprehensive? *Pain* 1999; 83: 211-9.
- McMahon SB: Wall and Melzack's textbook of pain. 5th ed. London, Elsevier Churchill livingstone. 2006, pp 1018-20.
- Niehof SP, Huygen FJ, van der Weerd RW, Westra M, Zijlstra FJ: Thermography imaging during static and controlled thermoregulation in complex regional pain syndrome type 1: diagnostic value and involvement of the central sympathetic system. *Biomed Eng Online* 2006; 5: 30.
- Birklein F, Riedl B, Neundorfer B, Handwerker HO: Sympathetic vasoconstrictor reflex pattern in patients with complex regional pain syndrome. *Pain* 1998; 75: 93-100.
- Stanton-Hicks M, Janig W, Hassenbusch S, Haddox JD, Boas R, Wilson P: Reflex sympathetic dystrophy; changing concepts and taxonomy. *Pain* 1995; 63: 127-33.
- Gulevich SJ, Conwell TD, Lane J, Lockwood B, Schwettmann RS, Rosenberg N, et al: Stress infrared telethermography is useful in the diagnosis of complex regional pain syndrome, type 1 (formerly reflex sympathetic dystrophy). *Clin J Pain* 1997; 13: 50-9.
- Bennett DS, Brookoff D: Complex regional pain syndromes (reflex sympathetic dystrophy and causalgia) and spinal cord stimulation. *Pain Med* 2006; 7: S64-96.
- Bruehl S, Harden RN, Galer BS, Saltz S, Bertram M, Backonja M, et al: External validation of IASP diagnostic criteria for complex regional pain syndrome and proposed research diagnostic criteria. *International Association for the Study of Pain. Pain* 1999; 81: 147-54.
- Habler HJ, Stegmann JU, Timmermann L, Janig W: Functional evidence for the differential control of superficial and deep blood vessels by sympathetic vasoconstrictor and primary afferent vasodilator fibres in rat hairless skin. *Exp Brain Res* 1998; 118: 230-4.
- Kent P, Wilkinson D, Parkin A, Kester RC: Comparing subjective and objective assessment of the severity of vibration induced white finger. *J Biomed Eng* 1991; 13: 260-2.
- Sherman RA, Karstetter KW, Damiano M, Evans CB: Stability of temperature asymmetries in reflex sympathetic dystrophy over time and changes in pain. *Clin J Pain* 1994; 10: 71-7.
- Sherman RA, Woerman AL, Karstetter KW: Comparative effectiveness of videothermography, contact thermography, and infrared beam thermography for scanning relative skin temperature. *J Rehabil Res Dev* 1996; 33: 377-86.
- Wasner G, Schattschneider J, Baron R: Skin temperature side differences-a diagnostic tool for CRPS? *Pain* 2002; 98: 19-26.
- Uematsu S, Hendler N, Hungerford D, Long D, Ono N: Thermography and electromyography in the differential diagnosis of chronic pain syndromes and reflex sympathetic dystrophy. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1981; 21: 165-82.
- Cooke ED, Glick EN, Bowcock SA, Smith RE, Ward C, Almond NE, et al: Reflex sympathetic dystrophy (algoneurodystrophy): temperature studies in the upper limb. *Br J Rheumatol* 1989; 28: 399-403.
- Pochaczewsky R: Thermography in posttraumatic pain. *Am J Sports Med* 1987; 15: 243-50.
- Bruehl S, Lubenow TR, Nath H, Ivankovich O: Validation of thermography in the diagnosis of reflex sympathetic dystrophy. *Clin J Pain* 1996; 12: 316-25.
- Lewis R, Racz G, Fabian G: Tehrapeutic approaches to reflex sympathetic dystrophy of the upper extremity. *Clin Issues Reg Anesth* 1985; 1: 1-6.
- Low PA, Amadio PC, Wilson PR, McManis PG, Willner CL: Laboratory findings in reflex sympathetic dystrophy: a preliminary report. *Clin J Pain* 1994; 10: 235-9.
- Kim YS, Han KR, Kim JS, Lee YJ, Kim C: Cold-stress test involving finger skin temperature measurement for evaluation of raynaud's disease and nonspecific cold sensitive patients. *Korean J Anesthesiol* 2003; 45: 566-71.
- von Bierbrauer A, Schilk I, Lucke C, Schmidt JA: Infrared thermography in the diagnosis of Raynaud's phenomenon in vibration-induced white finger. *Vasa* 1998; 27: 94-9.