

만성 통증 환자에서의 근육내자극요법

*강릉아산병원 마취통증의학과, 건국대학교 의과대학 마취통증의학교실

김혜경* · 김성협 · 김민정 · 임정애 · 강포순 · 우남식 · 이예철

= Abstract =

Intramuscular Stimulation in Chronic Pain Patients

Hae Kyung Kim, M.D.*, Seong Hyop Kim, M.D., Min Jung Kim, M.D.
Jung Ae Lim, M.D., Po Soon Kang, M.D., Nam Sik Woo, M.D.
and Ye Chul Lee, M.D.

*Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Asan Kangung Hospital,
Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Konkuk University Medical School, Seoul, Korea

Background: Intramuscular stimulation (IMS) shows good results in chronic pain patients who receive no advantages with conservative treatments such as trigger point injection, nerve block or an epidural block. In this study, the utility of IMS in chronic pain patients was evaluated using VAS and infrared thermal imaging.

Methods: Twenty patients were evaluated. They were treated with IMS for 8 weeks. Both before and after treatment, the temperature differences (Δt) of the involved area and the corresponding area on the opposite side of the body were measured using thermography, and the numerical rating scale (NRS) scores were assessed. The change in the temperature of the involved area (ΔT) was measured.

Results: The mean NRS scores were 8.3 and 3.4 before and after IMS, respectively. The mean temperatures in the involved area were 26.27°C and 27.23°C before and after IMS, respectively. There were significant changes in the Δ NRS and ΔT ($P < 0.05$). The correlation coefficient between the Δ NRS and ΔT was 0.92 ($P < 0.05$).

Conclusions: IMS is an alternative effective treatment modality for chronic pain patients.

Key Words: Chronic pain, Infrared thermal imaging, Intramuscular stimulation, Pain score

서 론

만성 통증으로 통증치료실을 내원하거나 의뢰되는 환자들의 경우 물리치료, 통증유발점주사(trigger point

injection, TPI), 신경차단(nerve block) 혹은 경막외차단(epidural block) 등 여러 치료를 시행하여도 만족할만한 결과를 보여주지 못하는 경우가 있다. 이러한 환자에게 근육내자극요법(intramuscular stimulation, IMS)을 시행하여 만족할만한 통증 감소의 결과를 얻었다는 보고가 있다.¹⁾

한편, 환자의 통증 치료 효과의 판단은 환자 자신이 통증을 정해진 등급(scale)에 따라 주관적으로 표현하는 방법들 중 숫자통증등급(numerical rating scale, NRS)을 흔히 사용하는데 만성 통증의

책임저자 : 임정애, 서울시 광진구 화양동
건국대학교 민중병원 마취통증의학과
우편번호: 143-914
Tel: 02-450-9780, 9781, Fax: 02-458-1319
E-mail: JALim@kkucc.konkuk.ac.kr

경우에는 장기간 통증으로 인해서 치료에 대한 불안감을 가진 환자가 많아서 실제로 환자 자신이 느끼는 통증을 제대로 반영하지 못하는 경우가 있다. 이런 경우에 객관적인 평가 방법이 요구되는데 체 표면에서 발산되는 열을 감지하는 체열촬영(thermography)이 선택될 수 있다. 체열촬영은 통증을 호소하는 환부와 그 대칭 부위와의 온도 차이를 비교하거나 또는 환부와 그 주변 부위의 온도 차이가 치료 후 변해 가는 과정을 평가하여 만성 통증의 치료될 어느 정도 객관적으로 평가 할 수 있다.²⁾

이에 본 연구에서는 만성 통증으로 물리치료, TPI, 신경차단 혹은 경막외차단 등의 치료로 통증의 완화를 얻지 못한 환자들에게 IMS를 시행하여 치료 효과를 NRS와 환부의 체열 변화로 평가하여 보았다.

대상 및 방법

만성 통증으로 인하여 본원 통증치료실로 내원하였거나 의뢰된 환자들 중 물리치료, TPI, 신경차단 혹은 경막외차단 등의 방법으로 통증이 치료되지 않은 환자들 중에서 IMS로 치료를 시행한 환자들 중 20명을 대상으로 평가하였다. 대상 환자의 성별 비는 남자 10명, 여자 10명이었으며 평균 연령은 55.5 ± 10.0세(32-75세)였으며 환자의 질환별 구분은 만성요통(chronic back pain) 9명, 근근막통증증후군(myofascial pain syndrome) 3명, 유착성 관절낭염(adhesive capsulitis of shoulder) 6명 그리고 외상과염(lateral epicondylitis) 2명이었다(Table 1).

대상환자들에게 Automated IMS (patent 5735868, Chu-Lee, USA)를 사용하였는데 환자가 호소하는 주된 병변의 근육군을 중심으로 시술하였다. IMS 시술 시 방법은 바늘을 자입(needle insertion)할 때 바늘의 방향은 피부에 수직으로 하였으며 자침 시에는 단축된 근육에 의하여 바늘이 잡히는지(grasp)를 확인하여 근육의 단축 여부를 확인하였으며 동시에 환자들이 쥐가 나는 감각(cramp-like sensation) 또는 격렬한 통증을 느끼는지 확인하고 환자가 통증을 참아내지 못하면 구축 속으로 바늘을 서서히 밀어 넣어 통증을 감소시켰다. 최초의 자침으로 단수축(twitch)이 유발되지 않으면 바늘의 끝이 피부를 완전히 빠져 나오지 않을 정도로 부분적으로 뒤로 빼낸 다음, 각도와 깊이를 바꾸면서 단수축이 유발될 때까지 반복적으로 절렸다. 이러한 자침은 환자의 근육이 이완되거나 환자의 통증이 없어질 때까지 반복적으로 시행하였다.

IMS 시술 시 자극하는 근육들은 환자의 질환 및 부위에 따라 선택하였다. 만성요통 환자의 경우 광배근(latissimus dorsi)과 중간층 근육군인 척추세움근(erector spinae muscle)의 장골늑골근(iliocostalis), 최장근(longissimus), 가시근(spinalis)과 깊은 층 근육군인 반가시근(semispinalis), 다열근(multifidus), 회전근(rotators)을 중심으로 요방형근(quadratus lumborum)과 둔근(gluteus)까지 포함시켜 치료하였으며 하지에 방사통(radiating pain)이 없는 경우라도 압통점(tender point)이 있는 경우 하지 근육군까지 같이 치료하였다. 근근막통증증후군 환자의 경우 환자가 호소하는

Table 1. Demographic Data

Age(yr)	Chronic back pain		Myofascial pain syndrome		Adhesive capsulitis		Lateral epicondylitis	
	M	F	M	F	M	F	M	F
31-40	1							
41-50			1			4		2
51-60	2		1	1	1			
61-70	4	1				1		
71-		1						
Total	7	2	2	1	1	5		2

Values are numbers. M: male F: female

통증 부위의 근육군을 중심으로 치료하였다. 유착성 관절낭염 환자의 경우 경추 근육의 제 1층인 승모근(trapezius), 광배근(lattisimus dorsi), 견갑거근(levator scapularis)과 능형근(rhomboids), 제 2층인 두관상근(splenius capitis)과 경관상근(splenius cervicis), 제 3층인 척추세움근(erector spinae muscle)인 두최장근(longissimus capitis)과 경최장근(longissimus cervicis), 제 4층인 두반가시근(semispinalis capitis), 다열근(multifidus), 회전근(rotators)과 함께 견갑골에서 기시하여 상완골에 부착하며 견관절에 작용하는 근육인 삼각근(deltoid), 대원근(teres major), 극상근(supraspinatus), 극하근(infraspinatus), 소원근(teres minor) 그리고 견갑하근(subscapularis)과 함께 대흉근(pectoralis major) 및 소흉근(pectoralis minor)을 같이 치료하였다. 외상과

염 환자의 경우 상완요근(brachioradialis), 장요수근신근(extensor carpi radialis longus), 단요수근 신근(extensor carpi radialis brevis), 수지신근(extensor digitorum), 척수근신근(extensor carpi ulnaris), 소지신근(extensor digiti minimi) 그리고 주근(anconeus)을 치료하였다. 시술은 1주일 간격으로 환자의 증상이 개선될 때까지 최대 8회 시행하였다.

통증치료효과는 통증정도와 체열변화로 평가하였고, 통증정도는 NRS로, 체열변화는 적외선체열촬영으로 관찰하였다.

치료 전 NRS의 측정은 환자가 통증치료실을 방문하여 첫 문진 시 측정하였으며 측정 방법은 0-10까지의 숫자를 제시한 후 통증이 없는 상태를 0, 상상할 수 있는 가장 심한 통증을 10이라고 설명하고 통

Table 2. Changes in NRS Pain Score and Temperature on Involved Area before and after Intramuscular Stimulation (IMS)

	NRS Pain score		Temperature	
	Before	After	Before (°C)	After (°C)
1	9	5	26.20	26.82
2	10	6	25.73	26.13
3	9	3	26.20	27.45
4	8	4	25.54	26.34
5	9	3	25.08	26.42
6	10	6	27.94	28.82
7	7	3	27.41	28.24
8	8	6	26.76	27.24
9	5	1	24.80	25.17
10	10	4	25.10	26.38
11	6	0	27.82	29.14
12	10	3	25.21	26.65
13	9	0	26.57	28.17
14	10	3	26.70	28.23
15	8	0	26.57	28.17
16	8	3	25.98	26.99
17	8	4	25.78	26.70
18	8	5	25.69	26.16
19	8	6	27.18	27.57
20	7	3	27.16	27.51
Mean ± SD	8.3 ± 1.3	3.4 ± 1.9*	26.27 ± 0.93	27.23 ± 1.04 [†]

NRS: numerical rating scale, T: temperature on involved area. *: P < 0.05 compared with the NRS score before treatment
[†]: P < 0.05 compared with the temperature before treatment.

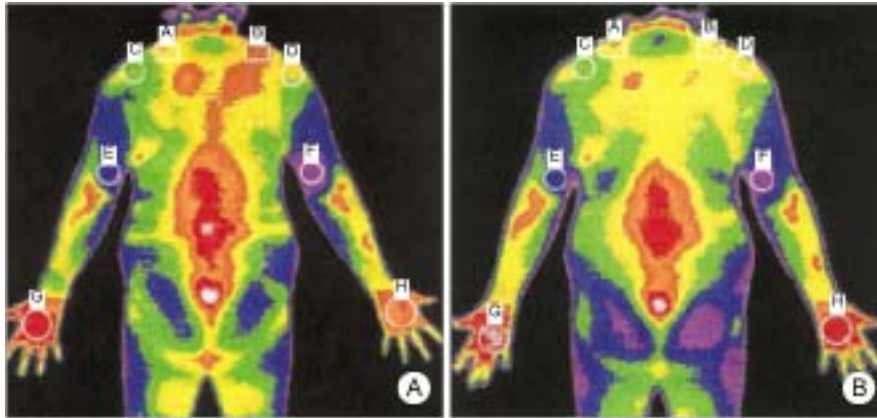


Fig. 1. These graphs show the thermograms before and after IMS in a patient with chronic back pain.

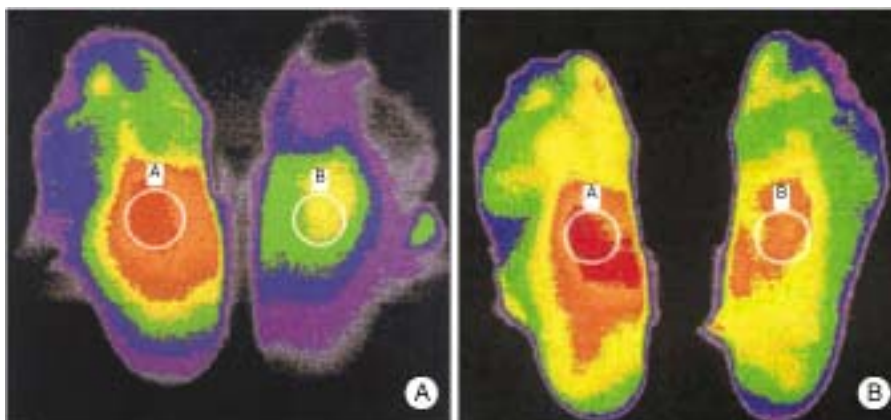


Fig. 2. These graphs show the thermograms before and after IMS in a patient with adhesive capsulitis of shoulder.

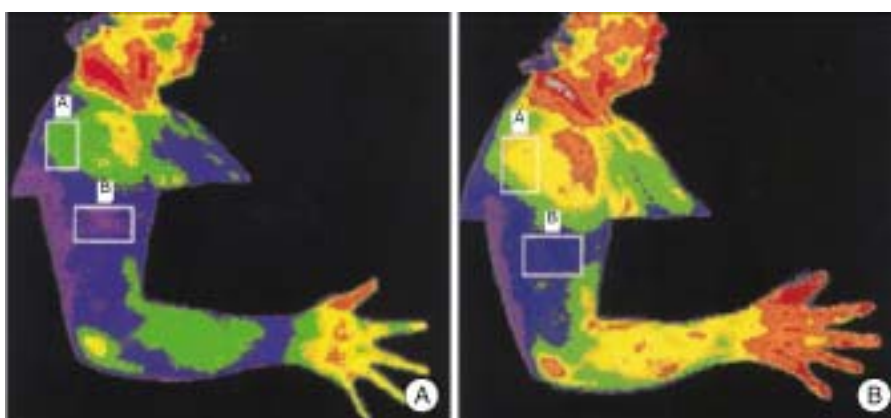


Fig. 3. Correlation between Δ NRS and Δ T. There was a significant correlation between Δ NRS and Δ T. The correlation coefficient was 0.92 between Δ NRS and Δ T ($P < 0.05$).

증의 강도를 표현하도록 하였다.

치료 후 NRS의 측정은 같은 방법으로 치료 후 체열촬영 시에 측정하였고 치료 전 수치와의 차이를 Δ NRS라고 하였다.

체열촬영은 적외선 체열촬영기(Digital Infrared Thermographic Imaging, DOREX, Inc, USA)로 시행하였다. 체열촬영 시 환자의 통증 부위와 대칭되는 반대측의 온도를 측정하여 비교하였으며, 대칭 되는 반대측에도 통증 유발점이 있는 경우는 근접한 정상 부위의 온도를 측정하여 양측의 온도차(Δt)가 0.6°C 이상인 경우를 이상이라고 하였다. 병변 부위의 치료 후 체열촬영은 IMS 치료 개시로부터 8주 이내에 증상의 호전을 보인 시점에서 치료 전과 같은 방법으로 실시하였다. 치료 전과 치료 후의 병변 부위의 온도 변화인 ΔT 를 산출하여 보았다.

얻어진 자료의 통계처리는 치료 전과 치료 후의 NRS 평균값과 병변 부위의 온도의 평균값을 paired t-test로 비교하였고 치료 전과 치료 후의 NRS의 변화인 Δ NRS와 치료 전과 치료 후의 병변 부위의 온도 변화인 ΔT 의 상관관계를 피어슨 상관분석법에 의해 분석하였다. 통계적 유의 수준은 P값이 0.05 미만인 경우로 하였다.

결 과

통증 정도의 변화는 IMS 치료 전 평균 NRS 통증 점수가 8.3 (8.3 ± 1.3)점, 치료 후는 평균 3.4 (3.4 ± 1.9)점으로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다 ($P < 0.05$, Table 2).

체열촬영 결과는 치료전 환자의 통증 부위와 대칭되는 반대측의 부위 또는 근접한 정상부위와의 온도 차이는 20예 모두에서 0.6°C 이상이였으며, 치료 후에는 18예에서 온도 차이가 정상 범위에 속하였다. 체열촬영의 예를 Fig. 1, Fig. 2 그리고 Fig. 3에 나타내었다.

또한 IMS 치료 전과 후의 질환 부위의 평균 체열 온도는 26.27 (26.27 ± 0.93) $^{\circ}\text{C}$ 와 27.23 (27.23 ± 1.04) $^{\circ}\text{C}$ 로 통계학적으로 유의한 차이가 있었으며($P < 0.05$) ΔT 의 평균치는 0.96 (0.96 ± 0.48) $^{\circ}\text{C}$ 이었다(Table 2).

치료 전과 치료 후의 병변 부위의 온도 변화인 ΔT 와 치료 전과 치료 후의 NRS 통증점수의 변화인

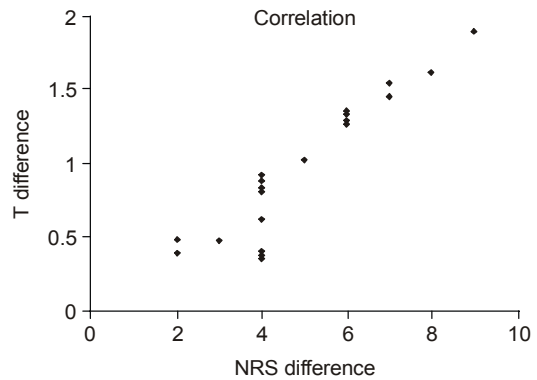


Fig. 4. This graph shows the thermograms before and after IMS in a patient with myofascial pain syndrome.

Δ NRS의 상관관계는 상관계수가 0.92 ($P < 0.05$)로 통계학적으로 유의한 상관관계를 볼 수 있었다 (Fig. 4).

고 찰

만성 통증 환자에게 있어서 IMS의 효과는 다양한 방법으로 기술되어 왔다. Lewit는³⁾ 통증 유발점(pain spots)에 국소마취제를 주사할 경우 통증의 경감은 국소마취제에 의한 것이기보다는 자침 자체에 있다고 보고하여 자침 자체에 의한 통증 완화에 관해 언급하였으며, Hesse 등은⁴⁾ 편두통 환자에게서 침술이 metoprolol을 쓰는 경우보다 부작용이 적으면서 편두통의 빈도와 기간을 줄일 수 있다고 하였다. 또한 1980년 Gunn 등은¹⁾ 요추부 통증에 있어 일반적인 통증치료실에서 행해지는 치료 방법보다 IMS가 환자의 치료 효과에 우수함을 보고하였고 1995년 Chu는⁵⁾ IMS로 동통점을 탈감작시키는 것이 통증의 경감에 중요하다고 하였다.

IMS는 명백한 외상이나 염증의 소견이 없이 나타나는 근골격계의 만성 통증 상태를 진단하고 치료하기 위한 방법이다. IMS로 치료를 시도하는 관점에서는 통증이란 조직 손상에 따른 신호로써 통증이 나타나는 것이 아니라, 비정상적인 신경에 의해 일어나는 반응이라고 생각하는 것이다. 정상적인 신경과 근육이 조절 또는 영양 효과를 나타내기 위해서는 온전한 신경 지배가 필수적이며, 만일 일정 기간 운동 신경 충동(motor impulse)의 흐름을 막아서 효과

기의 흥분성 자극을 박탈하게 되면 해당 장기 뿐 만 아니라 관련된 척수 반사까지 무용성 초과민성(disuse hypersensitivity)을 나타내게 된다. 하나의 단위가 파괴되면, 일련의 원심성 신경원들 중에서 고립된 구조물 또는 구조물들의 화학 물질에 대한 흥분성이 증가되며, 그 효과는 신경이 직접적으로 차단된 부분에 최대로 나타난다고 한다. 이런 감수성의 증가는 4가지의 유형으로 나타날 수 있다. 첫째 유형은 반응의 크기에는 변화가 없으나 반응의 시간이 연장되는 반응기간연장(super-duration of response), 둘째 반응은 자극의 역치가 정상보다 낮아지는 과흥분(hyperexcitability), 셋째는 극치를 넘을 수 없는 작은 자극으로도 정상적인 크기의 반응을 일으키는 감수성증가(increased susceptibility) 마지막으로 조직의 반응능이 증가되는 초활동성(superactivity)이 있다.

초과민성은 흔히 횡문근에서 나타나며, 초과민한 침해수용기(nociceptor)가 압박되어서 근육의 통증과 압통이 발생할 수 있고 근육 긴장도의 증가와 동시에 근육의 단축(muscle shortening)이 나타난다. 근육의 단축이 일어나면 짧아진 근육이 다양한 구조물들을 기계적으로 계속하여 잡아당겨 다양한 통증증후군들을 유발하게 된다. 즉, 근육이 단축되면서 근육의 침해수용기를 압박하게 되고 이 압박된 근육은 건, 건초, 건의 부착부, 인대, 활액낭 그리고 관절을 역학적으로 긴장(mechanically stress)시키게 되며 이런 악순환이 시작하면서 섬유화(fibrosis)와 구축(contracture)을 초래하고 통증이 유발되는 것이다.

IMS의 기본적인 목표는 진통효과를 얻는 것이 아니라 초과민해진 구조물을 탈감작시켜 관절의 운동범위를 정상화시키고 기능을 회복시키는 것이다. IMS에서 자침은 단축된 근육을 회복시키며 회복된 근육은 신경근의 압박으로 생긴 신경의 자극을 차단하게 된다. 자침 자체는 치유에 필요한 전제 조건인 국소의 염증 반응을 생기게 하며, 성장인자인 혈소판 성장인자(platelet derived growth factor)를 분비하게 하는 것이다.

한편, IMS는 환자에게 침습적인 치료로 시술 당일 저녁에 환자들은 자침부위 압통을 호소하는 경우가 있다. 심한 경우는 약물적 치료를 요구하기도 하지만 대개의 경우 다른 치료가 필요하지 않으며, 시술 후 2-3일 이내에 통증의 경감을 느낄 수 있다. 본 연구의 경우에서도 환자들의 자침부위 압통이 심하

지 않아 환자들에게 특별한 약물 치료를 하지 않고 뜨거운 찜질이나 안마 등의 간단한 고식적인 치료를 자발적으로 하길 권유하였다.

체열촬영은 질환이 있는 부위와 정상 부위는 체표면에서 서로 다른 온도를 보인다는 기본 개념 하에 발달된 진단 방법이다. 컴퓨터를 이용한 적외선 체열촬영이 개발되어 일정한 거리를 두고 신체의 열을 감지하여 컴퓨터에 전기적 신호로 변환시켜 전달하여 녹화하거나, 사진을 찍는 Tele-electronic thermography가 개발되었고, 본 연구에 사용된 컴퓨터 적외선 체열촬영기의 작동 원리는 방출된 적외선을 indium antimonide나 cadmium mercury telluride로 감지하고 검색한 후 analogue 영상으로 만들어 컴퓨터에 저장하게 된다. 이러한 영상은 10-16단계의 색으로 표시되며 이러한 색의 변화는 상대적인 것으로 미세한 체열 변화도 정량적으로 측정할 수 있게 되었다.

생체에서 체온 조절은 양측이 균등하게 영향을 받는다. 그러므로 체온의 대칭은 중요한 지표가 될 수 있다. 병태 생리적 변화가 있을 때 나타나는 양상은 양측이 대칭이면서 분절에 따라 온도 차이가 나는 형태와 동일한 분절에서 비대칭적으로 나타나거나 국소적으로 열점(hot spot)이나 냉점(cold spot)의 형태를 보이는 경우가 많다. 신경병증성 질환, 근막 및 인대의 질환에서는 비대칭성을 보인다. 열점은 histamine이나 substance P의 분비, 교감 신경의 손상이나 교감 신경성 근긴장 이상(dystonia), 교감 신경을 억제하는 하향성 자율 신경 경로의 활성화, 기계적 자극, 복사(radiation) 또는 감염 등에 의해 형성된다. 냉점은 교감 신경의 활성화, 말초 교감 신경의 직접적 자극, 말초 혈관에서의 norepinephrine의 재흡수 장애와 발한 등에 의해 형성될 수 있다. 피부는 거대한 혈관 그물망(vascular network)을 형성하여 체표의 수 mm까지 혈류를 조절하는 신경 섬유 복합체(nerve fiber complex)를 통해 체온을 조절하는데, 신경근 또는 말초 신경이 자극 받으면 교감 신경계에 의한 혈관 수축으로 피부 온도의 하강을 가져오며 반면에 심한 손상이나 완전 절단은 혈관 확장으로 피부 온도의 상승을 가져오게 된다. 체열촬영을 관독할 때 특징적 신경근 피부분절과 체온 변화의 일치 여부가 임상적으로 중요하며 특히 양측의 불균형은 임상적으로 중요한 의미를 가지며 양측의 대칭성 병변은 관독에 어려움을 지닌다.^{6,7)}

Uematsu 등은⁸⁾ 정상 성인의 좌, 우측 각 부위 온도의 표준 평균 온도차를 측정하여 안면부 $0.30^{\circ}\text{C} \pm 0.17$, 흉부 $0.20^{\circ}\text{C} \pm 0.19$, 허리 $0.22^{\circ}\text{C} \pm 0.19$, 견갑부 $0.31^{\circ}\text{C} \pm 0.23$, 수지 부위 $0.43^{\circ}\text{C} \pm 0.26$, 하지 $0.29^{\circ}\text{C} \pm 0.21$ 그리고 족지 $0.59^{\circ}\text{C} \pm 0.27$ 의 평균 값을 가진다고 하였다.

병소를 진단 내리기 위한 Δt 의 기준으로 Weinstein은⁹⁾ $\Delta t > 1.5^{\circ}\text{C}$ 를 기준으로 삼았고 조준 등은¹⁰⁾ $\Delta t > 0.7^{\circ}\text{C}$ 를, 김민정 등과²⁾ 김종문과 정순열은¹¹⁾ $\Delta t > 0.6^{\circ}\text{C}$ 일 경우를 기준으로 하여 결과를 보고하였다. 본 연구에서도 $\Delta t > 0.6^{\circ}\text{C}$ 일 경우를 유의한 수준의 기준으로 삼았다.

만성 통증 환자의 진단과 치료 경과의 추적에 있어서 체열촬영은 다른 치료에 비해 여러 가지 이점을 가진다. 체열촬영은 비침습적이면서 통증이 없고 방사선의 노출이 없다는 장점을 가지고 있으며 치료를 받은 후에도 계속 통증을 호소하는 만성 통증 환자에게서도 객관적이며 정량화된 결과를 보여 줄 수 있다. 이규창 등은¹²⁾ 안면신경 마비 환자의 치료 경과의 추적 관찰에 체열촬영을 이용하였고, 조준 등은¹⁰⁾ 요추간판 탈출증 환자의 수술 후 평가에 체열촬영을 이용하였으며, 김종문 등은¹¹⁾ 통증 유발점의 치료 평가에 체열촬영을 이용하였고, 김민정 등은²⁾ 성상신경절 차단, 경막외차단 그리고 TPI 후 치료의 평가에 이용하였다.

본 연구에서는 치료 전후 체열촬영을 실시하여 치료 효과를 비교 평가한 결과에서 90%에서 체열촬영 소견이 정상화되었다.

결론적으로 만성 통증 환자에게서 물리치료, TPI, 신경차단, 경막외차단 등 여러 치료로 통증의 감소를 얻지 못한 환자에서 IMS로 치료를 시행하고 그 효과를 NRS와 체열촬영으로 확인한 결과 IMS는 만성 통증 치료에 선택될 수 있는 유용한 방법이다.

참 고 문 헌

1. Gunn CC, Milbrandt WE, Little AS, Mason KE: Dry needling of muscle motor points for chronic low back pain: a randomized clinical trial with long-term follow-up. *Spine* 1980; 5: 279-91.
2. 김민정, 이승윤, 김성협, 임정애, 강포순, 우남식 등: Evaluation of the therapeutic effects in pain management using infrared thermal imaging. *대한통증학회지* 2001; 14: 164-70.
3. Lewit K: The needle effect in the relief of myofascial pain. *Pain* 1979; 6: 83-90.
4. Hesse J, Møgelvang B, Simonsen H: Acupuncture versus metoprolol in migraine prophylaxis: a randomized trial of trigger point inactivation. *J Intern Med* 1994; 235: 451-6.
5. Chu J: Dry needling (intramuscular stimulation) in myofascial pain related to lumbosacral radiculopathy. *Eur J Phys Med Rehab* 1995; 5: 106-21.
6. 김영수, 조용은, 오성훈: 요추간판 탈출증 환자에서 컴퓨터 적외선 전신 체열촬영의 의의. *대한신경외과학회지* 1990; 19: 1303-13.
7. 김영수, 조용은: 요추간판 탈출증 환자에서 수술전후 컴퓨터 적외선 촬영 소견. *대한신경외과학회지* 1993; 22: 71-82.
8. Uematsu S, Edwin DH, Jankel WR, Kozikowski J, Trattner M: Quantification of thermal asymmetry. Part I: normal values and reproducibility. *J Neurosurg* 1988; 69: 552-5.
9. Weinstein SA, Weinstein G: Computerized electronic thermography in the evaluation of muscle pain. *Acad Neuro-Muscular Thermog Clin Proc* 1989; 1: 38-48.
10. 조 준, 문창택, 나중환, 조병일, 장상근, 이예철: 요추간판 탈출증 환자의 컴퓨터 적외선 전신 체열촬영을 이용한 수술 후 평가. *대한신경외과학회지* 1991; 20: 528-34.
11. 김종문, 정순열: 적외선 체열촬영을 이용한 통증유발점의 치료 평가. *대한재활의학회지* 1997; 21: 500-10.
12. 이규창, 이진경, 우남식, 이예철: 안면신경마비환자의 치료 경과에 대한 computered aided thermography를 이용한 관찰. *대한통증학회지* 1991; 4: 47-50.