지연성 근육통증 회복 평가를 위한 경혈 부위에서의 자기장자극에 대한 체열변화 분석

이나라* · 이승욱* · 김영대* · 김수병** · 이경중** · 이용흙***

-On Acupoint-

Analysis of body surface temperature by Pulsed Magnetic Fields system for evaluation of therapeutic effect of Delayed Onset Muscle Soreness

Na-Ra Lee* · Seung-Wook Lee* · Young-Dae Kim* · Soo-Byeong Kim** · Kyong-Joung Lee** · Yong-Heum Lee***

이 논문은 지식경제부 차세대신기술개발사업의 연구비를 지원 받았음

요 약

본 연구에서는 국소적 부위에 균일한 자극이 가능한 Pulsed Magnetic Fields(PMFs) 시스템을 개발하였으며, 지연성 근육통증에 대한 본 시스템의 효과를 확인하고자 하였다. 지연성 근육통을 유발시키기 위해 비주동팔에서 무게 5Kg의 아령으로 80회의 등장성운동을 실시하였다. 피험자를 세 군(PMFs군, TEAS군, 무자극군)으로 분류한 뒤 상완 이두박근에 위치한 청영혈(HT2)에 자극하였다. 지연성 근육통의 회복여부를 판별하기 위하여, 상완이두박근에서의 좌/우 온도차를 DITI를 이용하여 비교·분석하였다. 그 결과, 운동 후의 좌/우 온도차는 무자극군=2.00±1.16℃, TEAS군=1.73±0.52℃, PMFs군=1.48±0.51℃로 나타났으며, 첫 번째 자극 후에는 무자극군=1.37±0.71℃, TEAS군=1.08±0.43℃, PMFs군=1.23±0.15℃로 나타났다. 24시간이 지난 후에 자기장 군이 가장 먼저 0.05±0.06℃의 좌/우 온도차이로 정상 체열 분포를 회복했으며, TEAS군은 48시간이 지난 후에 0.1±0.08℃로 정상 체열 분포를 회복하였다. 무자극군은 48시간이 지난 후까지 0.37±0.06℃의 좌/우 비대칭적 온도차를 유지하였다. 결론적으로, 각 자극원에 따른 체열변화를 비교·분석한 결과, PMFs가 지연성 근육통에 대하여 가장 유의한 치료효과를 보임을 확인하였다.

ABSTRACT

The aim of this study was to develop a Pulsed Magnetic Fields(PMFs) system which can produce effects locally and simulate muscular tissues equally. To evaluate the PMFs system we caused DOMS(Delayed Onset Muscle Soreness) to subjects in biceps of the arm. Then, we stimulated acupoint HT2 using PMFs(20 minutes) and TEAS(20 minutes) for 2 days. The other subjects did not stimulate. Then we checked body surface temperature in biceps of the arm. All subjects had an asymmetrical body surface temperature in biceps after exercise(Non-stimulation group=2.00±1.16℃, TEAS group=1.73±0.52℃, PMFs group=1.48±0.51℃). After 1st stimulation all subjects had decreased temperature differences(Non-stimulation group=1.37±0.71℃, TEAS group=1.08±0.43℃, PMFs group=1.23±0.15℃). PMFs group had a symmetry body surface temperature after 24 hours(0.05±0.06℃) and TEAS group had that after 48 hours(0.1±0.08℃). Non-stimulation group did not recovery after 48 hours(0.37±0.06℃). Therefore, PMFs on acupoint had an therapeutic effect in DOMS.

키워드

자기장자극시스템, 경피적 경혈 전기 자극, 적외선 체열 촬영, 지연성 근육통

Key words

PMFs, TEAS, DITI, DOMS

* 준회원 : 연세대학교 보건과학대학 의공학부
** 정회원 : 연세대학교 보건과학대학 의공학부
*** 정회원 : 연세대학교 (교신저자, koaim@yonsei.ac.kr)

접수일자 : 2010. 12. 15
심사완료일자 : 2011. 02. 17

I. 서 론

지연성 근육통은 익숙하지 않은 근육의 사용으로 인하여 근육의 미세손상 유발과 그에 따른 염증성 반응을 원인으로 통증을 발생시키는 병증이다[1]. 이러한 지연성 근육통은 신진대사의 산물을 생성시킬 뿐만 아니라 부적절한 혈액의 공급으로 인한 근조직 내 산소의 부족을 일으킨다[2]. 이러한 생체 내 기전에 따라 Ca^{2+} 의 분비가 정지되며 이에 따른 세포막 전위의 지속적인 탈분극(depolarization)이 유도되고 결과적으로 활동전위(Action-potential)의 생성이 불가능한 반응을 초래한다. 또한 높아진 수소 이온 농도는 단백질의 구조와 활성을 변화시키며 젖산의 증가는 근육의 산성화로 이어지므로 근력약화를 유발한다. 더욱 심한 지연성 근육통의 경우 관절가동범위 제한 및 부종까지 발생시킨다[3].

이러한 근육통으로 유도된 비정상적인 생체 반응을 정상상태로 회복시키고자 대체의학과 서양의학 모두 많은 연구가 진행되어 왔다. 이에 대체의학 중 한의학에서는 경혈부위에 수기자극을 통하여 Life energy(Qi)를 조절함으로써 통증완화를 하기 위한 치료수단으로 사용하였다[4]. 또한 서양의학으로는 대표적으로 TENS와 같은 전기 자극 방식을 이용하여 통증을 감퇴시키는 방법이 제시되어왔다. 그러나 넓은 패드를 이용한 전기 자극으로 통증이 유발되지 않은 정상부위의 경피까지 자극한다는 단점을 내포하고 있다. 이러한 문제를 극복하고자 TENS에서 파생된 방법으로 경혈만의 국소적 부위만을 전기 자극하는 방식인 TEAS(Transcutaneous Electrical Acupoint Stimulation)가 제시되었으며 근 통증완화 및 다양한 치료에 효과가 있음이 규명되고 있는 실정이다[5,6]. 그러나 이는 피부 임피던스에 의하여 비자극 부위의 경피까지 전류가 도통된다는 기존의 제시된 단점을 완전히 해결한 바가 아니며, 비침습적인 방법으로 인하여 심부에 존재하는 조직을 구성하는 세포 막 내외의 이온들과 신경계에 충분한 자극 전달이 어렵다는 한계점을 극복한 바가 아니다.

이에 본 연구에서는 매질의 특성에 관계없이 투과하여 심부까지 동일한 자극이 가능한 체외 자기장(External Magnetic Fields)이 최적의 자극원이라고 판단하였으며,

체외 자기장 중 PMFs(Pulsed Magnetic Fields)가 근·골격계 및 다양한 질환에 탁월한 효과가 있음이 규명됨에 따라 PMFs를 자극원으로 선택하였다[7,8,9].

본 연구에서는 기존 연구결과에 따라 국소적인 부위만을 자극할 수 있는 PMFs 시스템을 설계하였으며, 지연성 근육통 유발 이후 TEAS와 PMFs의 두 가지 방식을 이용하여 경혈만을 자극함으로써 통증완화의 효과를 비교·분석 해보고자 하였다. 지연성 근육통의 완화를 확인하기 위하여 적외선체열촬영(Digital Infrared Thermographic Imaging; DITI)을 사용하였다. 상완 지연성 근육통 유발 부위로 상완 이두박근을 선정하였으며, Trigger point와 경혈의 해부학적 위치가 일치하는 부위인 청영혈(HT2)을 자극점으로 선정하였다. 통증 유발 전/후와 자극 이후에 적외선체열촬영을 통한 체열 분석 결과, 두 자극원의 지연성 근육 통증 회복에 대한 효과가 유의한 결과를 도출하였기에 이를 보고하는 바이다.

II. 본 론

2.1 자극원 선정

2.1.1 Pulsed Magnetic Fields(PMFs)시스템설계

시변 펄스형의 자기장을 인체에 투과시키면 와전류(Eddy Current)가 발생하며 주변 신경을 탈분극화 시켜 신경개선에 효과가 있다. 또한 시변 펄스형의 자기장은 인체에 무해할 뿐 아니라 심부의 신경조직 및 근육조직을 자극하여 말초신경 자극이 가능하다. 체외 자기장에 의하여 유도된 생체반응에 의하여 근골격계 질환과 염증성 관절 장애에 탁월한 효과가 있음이 규명되었다[7,8,9].

본 시스템은 PMFs 방법을 이용한 자기장 자극 시스템으로 저전류를 사용하면서 큰 자속밀도를 발생시키기 위하여 코어(Core)를 중심으로 솔레노이드(Solenoid) 타입의 코일을 제작하였다. 또한 경혈과 그 주변 근조직만을 자극할 수 있도록 Ø10mm, Ø20mm, Ø30mm의 세 종류로 제작하였다(Figure 1). 주파수는 0.5Hz~6Hz까지 가변이 가능하며 각각의 코일에서 측정된 자속밀도는 Table 1과 같이 측정되었다.

그림 1. PMFs 시스템과 자기장 전극
Fig. 1 pulsed Magnetic Stimulator System and Electromagnetic electrode

자기장 자극을 위한 코일의 직경은 TEAS에서 사용된 패드의 크기와 동일한 $\varnothing 30\text{mm}$ 을 선택하였으며, 40mT 이상이 통증 완화에 효과가 있다는 대부분 일치된 기존 연구에 의하여 0.5Hz의 주파수에 96.2mT의 자기장으로 자극하였다.

표 1. 주파수에 따른 자속밀도
Table. 1 Magnetic flux density of electrodes as frequency

Frequency	$\varnothing 10\text{mm}$	$\varnothing 20\text{mm}$	$\varnothing 30\text{mm}$
0.5Hz	33.4mT	55mT	96.2mT
1Hz	33.2mT	54.9mT	94.6mT
2Hz	32.7mT	53.3mT	94.2mT
3Hz	32.4mT	52.8mT	93.4mT
4Hz	33mT	52.1mT	92.6mT
5Hz	33.5mT	51.9mT	90.9mT
6Hz	32.4mT	51.2mT	90.1mT

2.1.2 Transcutaneous Electrical Acupoint Stimulation (TEAS)

경혈에 전기자극시, 동통역치가 증가되고 근육조직 내의 신경이 활성화 된다. 1~4 Hz의 저주파의 전기 자극이 장시간 자극으로 인한 통증의 호소가 없으므로 피

험자의 안정 상태를 유지시킬 수 있음이 보고되었으며 [10], 통증 완화에 관련된 β -endorphin을 증가시키는 효과가 있음이 규명되었다[11]. 이에 큰 근육의 통증 완화에 효과적인 0.2ms의 지속시간을 가지고 있는 2Hz의 biphasic rectangular wave pulse를 사용하였다. ELECTRON-350R II(DMC Co. Ltd, Korea)를 이용하여 TEAS 자극을 가하였으며, 직경 $\varnothing 30\text{mm}$ 의 원형 패드를 사용하였다.

2.2 피험자 선정

근 골격계 및 신체에 특정한 질병이 없는 남자 대학생 15명(23세 $\pm$ 2)을 대상으로 선정하였다. 모든 실험 대상자로부터 실험 참여 동의를 받았으며, 자발적 참여자에 한하여 선정하였다. 실험에 참가한 15명은 1주일 전부터 실험을 진행하는 동안 체열변화에 영향을 줄 수 있는 운동과 음식을 섭취하지 않도록 통제하였다. 피험자들은 TEAS 치료군(n=6), 자기장 치료군(n=6), 자연치유군(n=3)으로 분류하였다.

2.3 실험방법

본 연구에서는 지연성 근육통이 비교적 쉽게 유발되는 상완 이두박근을 측정부위로 선정하였고, 상완이두박근에 위치한 경혈 중 수소음심경(HT)에 속한 청영혈(HT2)을 자극부위로 선정하였다. 지연성 근육통을 효과적으로 유발하기 위하여 비주동팔에서 무게 5Kg 아령으

그림 2. 실험 절차
Fig. 2 Procedure of Experiment

로 80회의 등장성 운동을 실시하였으며, 각각의 자극 방법을 이용하여 20분간 자극하였으며, 무자극군의 경우 20분 동안 상완이두박근에 자극 및 움직임이 없도록 통제하였다. PMFs군의 경우 주파수 0.5Hz, Duty rate 50%, 자속밀도 96.2mT의 자기장으로 자극하였으며, TEAS군은 0.2ms의 지속시간을 가지고 있는 2Hz의 biphasic rectangular wave pulse로 전기 자극하였다. DITI 측정에 사용된 장비로는 온도측정범위 -40℃ 이상 500℃ 이하, 온도분해능 0.01℃인 FLIR SC660(FLIR System, Sweden)을 사용하였다.

그림 3. 청영혈(HT2) 자기장 자극
Fig. 3 Magnetic stimulation on HT2

실내는 온도 23℃ 습도 50%로 일정하게 유지시켰으며, DITI 촬영 시 피험자가 실내의 온도에 적응할 수 있도록 20분간 탈의한 후 측정하였다. 운동 전/후, 자극 전/후에 DITI촬영을 실시하였으며, 분석을 위하여 상완이두박근을 포함하는 가로 5cm, 세로 10cm의 직사각형에 해당되는 부위의 좌/우 평균온도를 비교하였다.

DITI를 이용하여 체표면의 온도를 분석할 시, 신체의 이상 유무를 판별하는 기준온도차는 다양하게 제시되어왔다. 각기 다른 병증에 대한 기존의 많은 연구에 의하여 0.7℃[12], 0.5℃[13], 0.3℃[14,15] 등의 좌/우 온도차가 유의하다고 보고하였다.

본 연구에서는 급성 혹은 만성 질환 환자를 대상으로 한 바가 아니며 일반 대학생을 대상으로 지연성 근육통을 유발하였으므로 좌/우 비대칭적 온도 기준점이 0.3℃가 최적이라 판단하였다.

III. 결 과

Figure 4는 각 실험군의 상완이두박근을 포함하는 가로 5cm, 세로 10cm의 직사각형에 해당하는 부위의 좌/우 온도차에 대한 평균을 시간에 따라 그래프로 나타낸 것이며, Table 2는 이를 표로 나타낸 것이다. 모든 값들은 측정된 부위의 좌/우 온도차를 절대값으로 표현한 것이며 0.3℃를 기준으로 좌/우 비대칭적 온도차를 분석하였다.

표 2. 각 군의 좌/우 온도차의 평균±표준편차
Table. 2 Variations of differences of Left/Right body surface temperature

		1st Day		2nd Day	3rd Day
	Before Exercise	After Exercise	After Stimulation	After 24 hours	After 48 hours
PMFs Group	0.13±0.13℃	1.48±0.51℃	1.23±0.15℃	0.05±0.06℃	0.08±0.05℃
TEAS Group	0.18±0.22℃	1.73±0.52℃	1.08±0.43℃	0.38±0.25℃	0.1±0.08℃
Non-Stimulation Group	0.17±0.12℃	2.00±0.26℃	1.37±0.71℃	0.43±0.06℃	0.37±0.06℃

그림 4. 각 군의 좌/우 온도차

Fig. 4 Variation patterns of differences of Left/Right body surface temperature

3.1 무자극 군의 체열변화

무자극군은 지연성 근육통을 유발하기 전에 좌/우 상완이두박근의 체표온도 차이가 $0.17\pm0.12^{\circ}\text{C}$ 로 대칭을 이루고 있었으나, 등장성운동 직후에는 좌/우 온도차가 $2.00\pm0.26^{\circ}\text{C}$ 로 좌/우의 온도차가 급격히 증가하였다. 20분 동안 최소한의 움직임을 유지하였으며 그 이후 체열 촬영한 결과 $1.37\pm0.71^{\circ}\text{C}$ 로 감소하였다. 24시간이 지난 후 측정된 좌/우 온도 차이는 $0.43\pm0.06^{\circ}\text{C}$, 48시간 이 후의 좌/우 온도차는 $0.37\pm0.06^{\circ}\text{C}$ 으로 확인되었다.

그림 5. 무자극 군의 체열변화

첫째 날 : (a) 운동전 (b) 운동후 (c)자극후
둘째 날 : (a) 자극전 (b) 자극후
셋째 날 : (a) 자극전 (b) 자극후

Fig. 5 Variation of body surface temperature in Non-stimulation group

1st Day : (a) Before exercise (b) After exercise (c) After stimulation

2nd Day : (a) Before stimulation (b) After stimulation

3rd Day : (a) Before stimulation (b) After stimulation

3.2 TEAS군의 체열 변화

TEAS군은 지연성 근육통을 유발하기 전의 $10.18 \pm 0.22^\circ\text{C}$ 의 좌/우 체열차가 지연성 근육통이 유발된 직후에는 $11.73 \pm 0.52^\circ\text{C}$ 로 증가하였다. TEAS치료 후에는 $11.08 \pm 0.43^\circ\text{C}$ 으로 무자극군에 비하여 좌/우 체열 차이가 감소하였음을 확인하였다. 24시간 이후에는 좌/우 체열 차이가 무자극군 보다 낮은 $10.38 \pm 0.25^\circ\text{C}$ 로 관찰되었다. DITI촬영 후에 두 번째 TEAS자극을 실시하였으며 동일한 방법으로 치료를 반복한 결과 48시간 직후에는 $10.1 \pm 0.08^\circ\text{C}$ 으로 확인되었다.

그림 6. TEAS군의 체열 변화
첫째 날 : (a) 운동전 (b) 운동후 (c)자극후
둘째 날 : (a) 자극전 (b) 자극후
셋째 날 : (a) 자극전 (b) 자극후

Fig. 6 Variation of body surface temperature in TEAS group
1st Day : (a) Before exercise (b) After exercise (c) After stimulation
2nd Day : (a) Before stimulation (b) After stimulation
3rd Day : (a) Before stimulation (b) After stimulation

3.3 PMFs군의 체열 변화

PMFs군은 지연성 근육통을 유발하기 전에 좌/우 체열차이가 $10.13 \pm 0.13^\circ\text{C}$ 였으며, 지연성 근육통이 유발된 직후는 $11.48 \pm 0.51^\circ\text{C}$ 로 관찰되었다. 자극 직후 $11.23 \pm 0.15^\circ\text{C}$ 로 확인되었으며, 24시간 이후 $10.05 \pm 0.06^\circ\text{C}$ 로 무자극군과 TEAS군에 비하여 현저히 감소하였다. 동일한 시간 동안 두 번째 PMFs자극을 실시하였으며, 첫 번째 자극을 기준으로 48시간이 지난 뒤에는 $10.08 \pm 0.05^\circ\text{C}$ 로 24시간 후에 감소한 좌/우 체열차이가 유지된 결과를 확인하였다.

그림 7. PMFs군의 체열 변화
첫째 날 : (a) 운동전 (b) 운동후 (c)자극후
둘째 날 : (a) 자극전 (b) 자극후
셋째 날 : (a) 자극전 (b) 자극후

Fig. 7 Variation of body surface temperature in PMFs group
1st Day : (a) Before exercise (b) After exercise (c) After stimulation
2nd Day : (a) Before stimulation (b) After stimulation
3rd Day : (a) Before stimulation (b) After stimulation

IV. 고 찰

인체의 체표 온도는 기상하부의 체온 조절 중추에 의하여 유지되며, 해부·생리학적인 대칭을 이루므로 체표 온도는 인체의 양측에서 대칭성을 보인다. 또한 피부의 온도는 신체 내부의 온도와는 달리 지속적으로 변화하며, 혈관의 구조적 이상, 혈관운동조절의 이상, 염증성 매개체의 분비와 같은 다양한 원인에 의하여 국소적인 부위에서 체표 온도는 비대칭 적으로 변화한다[16]. 따라서 특정 부위의 절대적인 온도 변화를 관찰하는 것보다는 좌/우 온도차 및 분포 양상을 비교하는 것이 의미가 있다.

지연성 근육통은 1차적인 근육의 미세손상 후에 발생되는 염증성 반응에 의한 것으로, 특히 신장성 운동 후 24~48시간에 최고조에 이르는 것으로 보고된바 있다[1,2,3]. 피험자의 좌/우 온도차가 48시간이 지난 후까지 비대칭 적으로 나타난다면, 이는 지연성 근육통이 유발되었음을 의미한다. 이와 일치한 결과를 무자극군을 통하여 확인 할 수 있었는데, 신장성 운동을 통해 유발된 온도차가 시간이 지남에 따라 점차 감소하는 패턴을 보였으나 비대칭 온도차의 기준으로 선정하였던 0.3°C 이상의 온도차가 48시간이 지난 후까지 지속되는 결과를 확인하였다. 지연성 근육통 유발 후에 이어진 20분간의 자극이후, 24시간이 지난 후에 PMFs군은 등장성 운동 이후 발생된 0.3°C 이상의 좌/우 비대칭 온도를 보이지 않았으며, 48시간 이후에도 0.3°C 이하의 좌/우 비대칭 온도를 유지하였다. 이는 자기장이 지연성 근육통증을 효과적으로 회복시킨 결과로 판단된다. 자기장은 염증이나 부종에 효과가 있으며[17,18], 특히 조직의 회복과 세포의 발전 및 성장에 중요한 기능을 하는 cytokine의 생산에 영향을 준다[19]. 또한 자기장은 혈관 이완과 혈류 증가에 효과가 있으며 주변신경의 탈분극화와 근조직을 자극해 줌으로 해당 근육을 강화시키고 통증완화에 효과가 있다[20]. 즉, 자기장이 지연성 근육통에 의해 발생된 미세손상과 초기염증을 효과적으로 감소시켰으며, 이에 따라 이후에 발생하는 염증성 반응이 최소화된 결과로 사료된다. 또한 해당 근육 전체를 자극한 것이 아닌 국소적 부위에 대한 자극을 통하여 지연성 근육통의 감소에 대한 유의한 결과가 나타났으며, 이를 통하여 해당 근육에 대한 국소적인 부위로써 경혈을 자극할 시, 치

료의 효과가 있다고 판단된다. TEAS군의 경우 지연성 근육통이 유발된 지 48시간이 지난 후에 $0.1 \pm 0.08^{\circ}\text{C}$ 로 정상온도분포를 회복했다. 이 결과는 48시간이 지난 후에도 좌/우 비대칭 온도차를 나타낸 무자극군에 비하여 지연성 근육통의 회복 속도가 높지만, 24시간이 지난 후에 정상온도를 회복한 PMFs군에 비하여 회복속도가 낮다고 판단된다. 경혈에 대하여 전기 자극을 하였을 시, 동통 억치 및 β -endorphin의 증가 효과가 밝혀진 바 [10][11], TEAS 역시 근육 질환에 치료 효과가 있음이 검증되었다. 그러나 TEAS 방식은 근 조직의 상태 개선 혹은 손상된 근 조직의 치료가 아닌 반복적인 근육의 수축·이완을 통하여 경직된 근육을 이완시키고, 전기 자극에 의한 통각의 불응기를 이용하므로 근육 통증에 대한 근원적인 치료가 어렵다고 판단된다.

V. 결 론

근육 통증을 치료하는 비침습적인 방법으로 TENS와 자기장이 대표적으로 이용되었다. 그러나 이러한 방식은 통증이 유발된 부위만을 자극하는 것이 아니라 그 주변의 정상 부위까지 자극하는 문제점이 내포되어 있다. 이에 국소적인 부위를 자극하기 위하여 TENS에서 파생된 경혈만을 자극하는 방식인 TEAS가 제시되었다. 그러나 이러한 전기 자극 방식은 대부분 경피 만을 자극하며 심부에 위치한 근조직을 효과적으로 자극하지 못하므로 매질의 특성에 관계없이 심부까지 자극할 수 있는 자기장으로 국소적 부위만을 자극하도록 제작하였다.

본 연구에서는 반복적인 등장성 운동에 의하여 유발된 지연성 근육 통증에 대하여 TEAS와 PMFs를 이용하여 국소적 부위인 경혈만을 자극했을 시, 지연성 근육통증 완화에 대한 효과를 DITI를 통하여 비교·분석하고자 하였다. 이에 상완 이두박근에 반복적인 등장성 운동을 통하여 지연성 근육통증을 유발시킨 후 경혈에 PMFs와 TEAS를 적용시켜 각 자극원의 치료 효과를 3일 동안 DITI촬영을 통하여 체열의 변화를 비교·분석하였다. 그 결과, 지연성 근육통이 24~48시간 동안 염증성 반응이 일어난다는 기존의 연구 결과와 일치하게 무자극군의 경우 48시간이 지난 후까지 좌/우 비대칭 온도를 유지하였다. PMFs군은 24시간이 지난 후에 좌/우 비대칭

온도가 정상상태를 회복하였고, TEAS군의 경우 48시간이 지난 후에 정상상태를 회복하였다. 이는 TEAS에 의한 전기 자극은 대부분 경피만을 자극하므로 내부의 생리·병리학적 문제에 대하여 효과적으로 자극하기 어려우며, 이와는 대조적으로 PMFs는 매질의 특성에 관계없이 투과할 수 있으므로 심부의 근조직의 상태 개선에 유의한 효과를 나타낸 결과로 판단된다.

결론적으로, 지연성 근육통에 대하여 DITI를 이용하여 체열의 변화를 비교·분석함으로써 국소적 부위의 PMFs 자극이 지연성 근육통에 대하여 유의한 치료의 효과를 가짐을 확인하였다.

감사의 글

이 논문은 지식경제부 차세대신기술개발사업의 연구비를 지원 받았음.

참고문헌

- [1] J.Friden, P.N.Sfakianos, and A.R.Hargens, "Muscle soreness and intramuscular fluid pressure: Comparison between eccentric and concentric load," J Appl Physiol. vol. 61, no. 6, pp. 2175-2179, 1986.
- [2] F.X.Pizza, D.Cavender, A.Stockard, H.Baylies, and A.Beighle, "Anti-inflammatory doses of ibuprofen: On neutrophils and exercise induced muscle injury", Int. J. Sports Med. vol. 20, no. 2, pp. 98-102, 1999.
- [3] J.Peake, K.Nosaka, and K.Suzuki, "Characterization of inflammatory responses to eccentric exercise in humans", Exerc Immunol Rev. vol. 11, pp. 64-85, 2005.
- [4] J.S.Han, L.Terenius. "Neurochemicalbasis of acupucture analgesia", Annual review of pharmacology and toxicology. vol. 22, pp. 193-220, 1982.
- [5] J.Xing, BLarive, N.Mekhail, and E.SoVer. "Transcutaneous electrical acustimulation can reduce visceral perception in patients with the irritable bowel syndrome: a pilot study", Altern Ther Health Med. vol. 10, no. 1, pp. 38-42, 2004.
- [5] R.C.H.So, J.K.F.Ng, Y.F.Gabriel, "Effect of transcutaneous electrical acupoint stimulation on fatigue recovery of the quadriceps", European journal of applied physiology. vol. 100, no. 6, 2007.
- [6] E.A.Collacott, J.T.Zimmerman, D.W.White, and J.P.Rindone, "Bipolar permanent magnets for the treatment of chronic low back pain: a pilot study", The journal of the American Medical Association. vol. 283, no. 10, pp. 1322-1325, 2000.
- [7] D.H.Trock, "Electromagnetic fields and magnets. Investigational treatment for musculoskeletal disorders. Rheumatic diseases clinics of North America. vol. 26, no. 1, pp. 51-62, 2000.
- [8] K.Camara, T.Danao-Camara, "Awareness of, use and perception of efficacy of alternative therapies by patients with inflammatory arthropathies", Hawaii medical journal. vol. 58, no. 12, pp. 329-332, 1999.
- [9] S.Knardahl, M.Elam, B.Olausson, and B.G.Wallin. "Sympathetic nerve activity after acupuncture in humans", Pain. 75, no. 1, pp. 19 - 25, 1998.
- [10] V.Clement-Jones, L.McLoughlin, S.Tomlin, G.M. Besser, L.H.Rees, and H.L.Wen, "Increased beta-endorphin but not met-enkephalin levels in human cerebrospinal fluid after acupuncture for recurrent pain", Lancet. vol. 316, no. 8201, pp. 946-949, 1980.
- [11] J.Edeiken, G.Shaber, "Thermography : A reevaluation" Skeletal Radiol. vol. 15, no. 7, pp. 545-548, 1986.
- [12] AMA Council on Scientific Affairs "Thermography in neurological and musculoskeletal conditions", Thermology. vol. 2. pp. 600-607, 1987.
- [14] S.Uematsu, "Symmetry of skin temperature comparing one side of the body to the other" Thermology. vol. 1, pp. 4-7, 1986.
- [15] S.Uematsu, D.H.Edwin, W.R.Jankel, "Quantification of thermal asymmetry. Part 2 : Application in low back pain and sciatica" J Neurosurg. vol. 69 no. 4, pp. 556-561, 1988.
- [16] S.Uematsu, D.H.Edwin, W.R.Jankel, et al "

Quantification of thermal asymmetry. Part I: normal values and reproducibility" J Neurosurg. vol. 69 no. 4, pp. 552-555, 1988.

- [17] V.Ottani et al. "Effects of pulsed extremely low frequency magnetic fields on skin wounds in rat" Bio electro magnetism. vol. 9, no. 1, pp. 53-62, 1988.
- [18] Segal Na et al. "Two configurations of static magnetic fields for treating rheumatoid arthritis of the knee : A double-blind clinical trial", Archives of physical medicine and rehabilitation. vol. 82, no. 10, pp. 859-868, 2001.
- [19] A.Athanasious et al. "The effect of pulsed electromagnetic fields on secondary skin wound healing : An experimental study", Bio electro magnetism. vol. 28, no. 5, pp. 362-368, 2007.
- [20] T.Smith, D.Wong-Gibbons, J.Maultsby, "Micro circulatory effects of pulsed electromagnetic fields" J Orthop Res. vol. 22, no. 1, pp. 80-84, 2004.

김수병(Soo-Byeong Kim)

2011.03 : 연세대학교 의공학과
박사과정
※ 관심분야 : 한의공학, 생체계측,
임베디드시스템

이경중(Kyong-Joung Lee)

1999 ~ 현재 : 연세대학교
보건과학대학 의공학과
교수

※ 관심분야 : 심혈관계측, 생체신호처리 및 모델링

이용흠(Yong-Heum Lee)

2008 ~ 현재 : 연세대학교
의공학과 조교수
한의공학연구실

※ 관심분야 : 경락시스템 연구, 침술객관화, 맥진연구,
한방 의료기기 연구개발

이나라(Na-Ra Lee)

2011.03 : 연세대학교 의공학과

※ 관심분야 : 한의공학, 자기장
자극 시스템

이승욱(Seung-Wook Lee)

2011.03 : 연세대학교 의공학과
석사과정

※ 관심분야 : 임베디드시스템,
한방의료기기

김영대(Young-Dae Kim)

2011.03 : 연세대학교 의공학과
석사과정

※ 관심분야 : 시스템 설계, 한방
의료기기