

자화침 시스템을 이용한 경락전위 유발효과 및 근피로 회복 평가

김수병¹ · 박선우² · 안순재² · 이나라¹ · 이승욱¹ · 민세은¹ · 김영호² · 이용흠¹

¹연세대학교 보건과학대학 의공학과 동서의료시스템 연구실, ²연세대학교 보건과학대학 의공학과 생체역학 연구실

Evaluation of Muscle Fatigue Recovery Effect and Meridian Potential Change using Magnetic Acupuncture System

Soo-Byeong Kim¹, Sun-Woo Park², Soon-Jae Ahn², Na-Ra Lee¹
Seung-Wook Lee¹, Se-Eun Min¹, Young-Ho Kim², Yong-Heum Lee¹

¹Dept. of Biomedical Engineering, College of Health Science,
The Eastern & Western Bio-Medical System Lab, Yonsei University

²Dept. of Biomedical Engineering, College of Health Science,
Institute of Medical Engineering, Yonsei University

Abstract

Objectives : The purpose of this research was to develop the magnetic acupuncture system which used solenoid coil for magnetizing acupuncture needle. The system could generate the meridian electric potential (MEP) similar to the potential by manual acupuncture. Thus, we tried to confirm the therapeutic effect that is caused by the MEP generation.

Methods : To confirm the MEP, we stimulated the magnetic acupuncture with at 2Hz, 92.7±2mT, PEMFs (Pulsed Electro-Magnetic Fields) at ST37 and measured the evoked potential between ST36 and ST41.

Also, we conducted a fatigue recovery test using isokinetic exercise in order to identify the therapeutic effect on musculoskeletal disorders. We chose LR9 as a stimulation point. To observe the state of fatigue, we measured the EMG and analyzed median frequency and peak torque for 20minutes.

Results : We observed that MEP which incurred from magnetic acupuncture was higher than he reported MEP induced by manual acupuncture. Moreover, its modes were divided into two types by the direction of magnetic flux. When generating magnetic flux in the direction of acupoint, the positive peak voltage of the MEP was generated. In contrast, negative peak voltage of the MEP was generated whenever meganetic flux generated in the outward direction. As a result of fatigue recovery, the median frequency (MF) of the magnetic acupuncture group were recovered faster than that of the non-stimulation group. However, the peak torques of both groups were not restored until after 20 minutes.

Conclusions : We confirmed that the magnetic acupuncture system can lead to the MEP similar to manual acupuncture. Moreover, the MEP had a therapeutic effect on the musculoskeletal disorders.

Key words : magnetic acupuncture, pulsed electromagnetic fields (PEMFs), meridian electric potential(MEP), muscle fatigue

1. 서 론

인체는 다양한 화학반응과 전기반응으로 생명 활동이 이루어진다. 이에 한의학에서는 수기자극으로 인체 내의 화학반응과 전기 반응을 동시에 유도하여 경락의 기(氣)의 불균형 상태를 평형상태에 이르도록 하여 질병을 치료하고 있다. 다수의

· 교신저자: 이용흠, 강원도 원주시 흥업면 연세대길 1
연세대학교 의공학과
Tel. 033-760-2863, Fax. 033-760-2920
E-mail: koaim@yonsei.ac.kr
· 투고 : 2012/02/20 심사 : 2012/02/29 채택 : 2012/03/08

기존 연구에서는 수기자극으로 인한 치료효과를 신경 및 내분비 세포의 조절작용으로 설명하고 있다¹⁾. 신경내분비계에 작용에 중점을 둔 대표적인 연구로서 수기자극을 통한 신경이나 내분비의 활성화와 뇌척수액에 미치는 영향 등에 관한 연구가 있다²⁻⁴⁾. 그러나 수기자극으로 뇌에 반응을 유발한다고 하여 모든 작용이 신경만을 매개로 하여 유도되었다고 단정 지을 수 없다. 선행연구에서 인체가 외부의 자극에 대하여 소통하는 속도는 신경의 속도보다 빠르다고 규명되었으며, 이는 신경 외에도 또 다른 작용기전이 있음을 시사한다⁵⁾. 이를 뒷받침할만한 근거를 제시하기 위해 다양한 사례연구가 진행되었으며, 결과적으로 수기자극이 신경조직이나 결체조직 등의 경로를 따라 전하와 이온의 변화를 일으키며 어떤 전기적 에너지를 전달하는 것으로 보고되고 있다⁶⁻⁸⁾. 또한 수기자극의 다양한 보/사법에 따른 전하의 이동하는 양이나 주파수에 따라 인체 내 유도되는 반응이 다르게 관찰되었다^{9,10)}. 이러한 반응이 원인이 되어 경혈에서 수기자극은 미세전류의 발생이나 침과 피하조직 사이의 화학반응에 의한 전위차가 관여하는 것으로 사료된다¹¹⁾. 이에 따라 수기자극의 효과를 객관화하고 치료효과를 더 극대화하기 위하여 시술 후 경락전위를 측정하고 분석하는 연구가 진행되었다¹²⁻¹⁴⁾. 최초의 수기자극 시 최고치(peak) 전위가 나타나고 침에 시술자의 접촉자극을 가할 시만 전위가 재생성되며, 비접촉 시 안정 전위로 회복됨을 보고하였다.

이에 본 연구에서는 침술의 효과를 전기적 관점으로 단정 지을 수는 없지만, 전하와 이온의 이동을 일으키는 최고치(peak) 전위를 지속적으로 유발하여 인체 내 화학반응과 전기 반응을 동시에 연속적 유도한다면 상대적으로 높은 치료효과를 얻을 수 있을 것으로 판단하였다. 경혈에서 시술자의 접촉자극이 없이 유사한 최고치(peak) 전위를 유발하기 위하여 새로운 자극원으로 자기장 자극을 선정하였다. 자기장 자극은 골절, 통증완화, 동

맥경화, 파킨슨병 등과 같은 다양한 질환에 적용되고 있으며¹⁵⁾, 특히 근골격계 질환 중 근 통증 치료에 탁월한 치료 효과는 다수의 연구결과를 통하여 검증되었다¹⁶⁻¹⁸⁾. 자기장 자극 방식은 인체에 투과시키면 Eddy Current가 발생하여 주변 신경을 탈분극화 시켜 신경 치료효과가 있다고 보고된 Pulsed electromagnetic fields(PEMFs)와 extremely low frequency(ELF \leq 300Hz) 대역을 선정하였다.

본 연구에서는 침의 삽입이 가능한 Coil을 제작하였으며, 다수 경혈을 자극 가능한 8 Channel PEMFs Stimulator를 제작하였다. 이에 본 시스템이 수기자극과 유사한 최고치(peak) 전위를 지속적으로 유발하며, 근피로 회복에 대한 유의한 결과를 도출하였기에 이를 보고하는 바이다.

II. 재료 및 방법

1. Coil 및 8 Channel PEMFs Stimulator 제작

Fig. 1과 같이 Solenoid 형태의 Coil을 제작하였으며, 침의 삽입이 가능하고 침 끝에서의 높은 자속(magnetic flux)을 유발하기 위하여 SM45C 재질의 Core에 hole을 만들었다. Coil은 직경이 0.35mm 인 wire를 이용하여 총 370번을 감았다(Fig. 1). 코일에 전류를 인가하면 솔레노이드형 코어에 자기장(일정한 자속)이 발생하고, 삽입된 침을 자화시킬 수 있도록 하였다. 이에 3 Channel Gaussmeter인 460(LakeShore, America)을 이용하여 자속밀도를 측정하였다. 그 결과, 최대 92.7 \pm 2mT의 높은 자속밀도가 측정되었다.

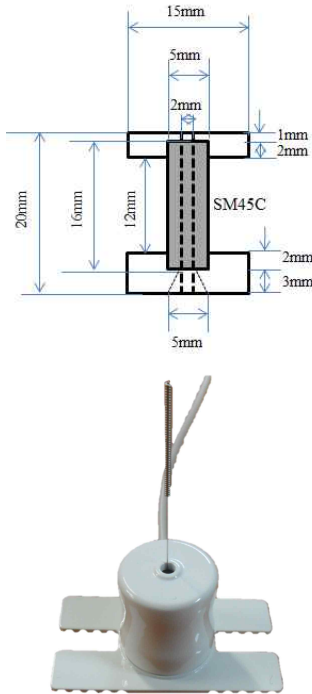


Fig. 1. Solenoid coil for magnetization of acupuncture needle.

Fig. 2는 개발된 시스템의 전반적인 블록다이어그램이다. 터치스크린을 통하여 Channel 선정과 자기장(자속)의 발생 빈도를 결정하기 위한 자극주파수 및 타이머 기능을 입력하게 되며, MCU(micro-controller)가 해당 명령을 받아 Coil에서 자속을 발생시킨다. 코일에 인가전압은 8V에서 최대 24V까지 가능하며, 자속밀도 발생은 1Hz에서 최대 30Hz까지 발생 가능하다. 또한 코일에서 고열 발생을 방지하기 위한 방법으로 커패시터에 충전된 전류를 순간적으로 코일에 인가하는 방법을 사용하였다. MCU는 2개로 구성되어 있으며 자속밀도 발생을 위한 제어와 Coil에서의 40℃ 이상의 고열 발생을 감지하는 센서와 그 외 외부표시 및 측정표시 제어로 각기 다른 역할을 분담하도록 제작되었다. 이에 Fig. 3과 같이 8 Channel 펄스형 전자기장 자극기(PEMFs Stimulator)가 제작되었다.

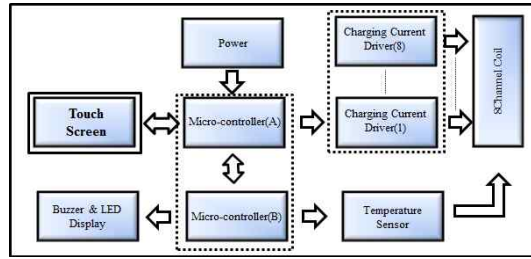


Fig. 2. Blockdiagram of 8Channel PEMFs Stimulator.



Fig. 3. System of 8 Channel PEMFs Stimulator.

2. 자화침 자극에 의한 경락전위 유발 평가 방법

1) 취혈 및 대상자 선정

본 연구에서 제작된 침을 자화시킬 수 있는 시스템을 이용하여 경혈에 자침 후 침을 자화시켜 경락전위를 유발시킬 수 있음을 확인하고자 실험을 실시하였다. 피험자는 20대 남자 대학생 총 10명이며, 평균 연령 26 ± 2.3 세, 평균 키 175.33 ± 6.02 cm, 평균 몸무게 69.5 ± 10.23 kg으로 본 실험 내용을 충분히 인지하고 참여에 동의한 자로 선정하였다. 측정 및 자극 부위로 수기자극을 가할 시, 피험자의 통증을 최소화하기 위하여 대퇴부위에 위치한 족양명위경(ST meridian)을 선정하였다. 또한 모든 피

험자는 족양명위경이 주로 대변하고 있는 위장 관련 질병이나 질환에 대한 병력이 없음을 모두 확인하였으며, 측정 전극 부착 및 자극 경혈 부위에 화상 및 피부 상태 이상 유무를 확인하였다.

2) 실험장비 구성 및 측정방법

상거허(ST37)를 자극점으로 선정하였으며 침은 3cm×0.3mm의 stainless steel 침(동방)을 사용하여 대략 2cm 깊이로 자침하였으며 그 후 Coil을 고정하였다. 경락전위를 측정하기 위하여 16bit 분해능을 가진 ADInstruments 사의 Powerlab/4SP 생체증폭기를 이용하였다. 국소적 경락 부위가 아닌 전반적인 경락에서의 전위를 관찰하고자 Powerlab/4SP의 전극 길이가 최대로 측정 가능한 경혈자리를 선정하였다. 이에 족삼리(ST36)에 (+)전극과 해계(ST41)에 (-)전극을 부착하여 차동 경락 전위를 계측하였으며 1kHz로 경락전위를 Sampling하였다. Solenoid Coil의 경우 인가 전류의 방향에 따라 자속밀도가 상이하게 발생하는데, Fig. 4는 이를 표현한 모식도이다. Coil에 A 방향(Forward direction)으로 전류가 인가될 경우 자기장이 외부에서 경혈 방향으로 발생한다. 반대로 Coil에 B 방향(Reverse direction)으로 전류가 인가될 경우 경혈에서 외부로 향하는 자기장이 형성된다. 이에 본 실험에서 전류를 A, B 두 가지 방향으로 Coil에 인가하여 경락전위를 측정하였다.

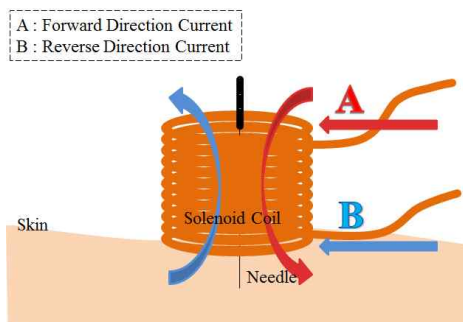


Fig. 4. Diagram of electromagnetic field generation as a current direction.

모든 피험자는 30분간의 안정 상태를 취한 후, 10초 동안 휴식, 10-20초 사이 시스템 동작과 경락 전위 측정, 20-30초 사이 재 휴식을 3회 반복하였다(Fig. 5). 이에 측정 시 경락전위는 0.5Hz의 고역필터(Highpass filter)와 200Hz의 저역필터(Lowpass filter)로 인하여 노이즈를 제거하였으며, 획득된 신호는 Matlab version 7.0을 이용하여 분석하였다.

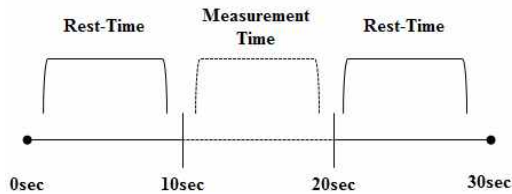


Fig. 5. Time-chart of experiment.

3. 자화침 자극에 의한 근피로 회복 효과 평가방법

1) 근피로 유발 방법 및 분석방법

근골격계 및 신체에 특정한 질병이 없는 남자 대학생 20명이 자발적으로 실험에 참여하였다. 평균 연령 26 ± 2.5 세, 평균 키 176.4 ± 6.25 cm, 평균 몸무게 75.6 ± 14.73 kg으로 각 10명씩 무자극군과 자극군으로 배정하여 진행하였다. 모든 피험자는 연구의 목적과 실험방법에 대하여 상세히 설명을 들은 후 충분한 인지를 한 인원에 한해서 선정하였다. 모든 피험자는 근전도(EMG)의 오차를 고려하여 실험 참여 2주 전부터 일상생활에 필수적인 수행 외에는 다른 운동을 금지하였다.

본 연구에서는 Maximal Voluntary Contraction (MVC) 측정 및 근피로를 유발하기 위하여 Biodex System 3(Biodex Medical Inc., Shirley, NY, USA)를 사용하였다. 대퇴직근(Rectus femoris)에서 근전도(EMG)를 측정하였으며 Ag/AgCl 표면전극(Noraxons, USA)을 이용하였다. 1kHz의 속도로 근전도를 Sampling하고 10Hz와 500Hz의 구간만 획득

하기 위하여 filter를 적용하였다. 실험 중 근전도는 Noraxon Myoresearch에서 제공하는 GUI를 통하여 실시간 확인하였다. 근피로를 평가하기 위하여 대퇴직근의 Median Frequency(MF)와 무릎관절에서 peak torque를 산출하였다.

모든 피험자는 첫 번째로 초기 MVC 측정하였으며, 근피로 유발 후 Biodex의 운동에 익숙해지기 위하여 Knee extension/flexion을 120°/sec으로 등속도 운동을 30회 하였다. 5분 휴식 후, MVC를 4회 측정하여 정상상태의 근전도를 획득하였다. 각 피험자마다 근육의 상태가 상이하므로 정상상태의 peak torque보다 peak torque가 20% 이하로 감소되는 추이가 관찰될 때까지 운동하였다. 근피로 유발 직후 2분 동안 자화침으로 자극하였으며, 20분 후까지 2분마다 MVC를 측정함으로써 시간에 따른 근전도 추이를 계속하였다.

2) 자극 경혈, 주파수, 자기장 강도 선정

한의학에서 간은 힘줄과 뼈마디의 운동기능을 주관하는 장부이며, 기혈이 쇠하면 근막이 무력해지고 근력과 운동능력이 저하되며 움직임이 불편해진다고 논설하였다. 이에 자극부위로 족궤음간경(LR-meridian)에 속한 경혈 중 근피로 유발 부위인 대퇴부에 위치하고 있는 음포혈(LR9)을 선정하였으며, 대략 3cm 깊이로 자침 후 92.7±2mT의 세기로 자화시켜 자극하였다.

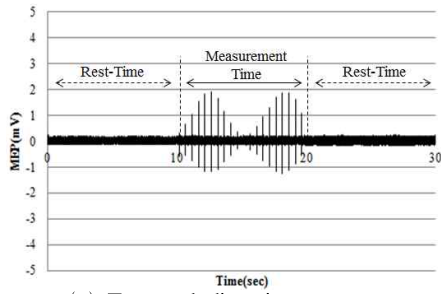
기존 연구결과에서 ELF 대역의 PEMFs가 근골격계 치료에 탁월한 효과가 있다고 보고되었다¹⁵⁻¹⁷⁾. Transcutaneous electrical acupoint stimulation (TEAS)을 이용하여 경혈만을 경피 신경 자극을 통한 근피로 회복에 관한 기존의 연구 결과에 의하면 2Hz이상의 자극 주파수에서는 피험자가 통증을 자각하는 사례가 보고되었으므로¹⁹⁻²⁰⁾, ELF 대역인 300Hz이하 중 2Hz가 적합하다고 판단하였다.

III. 결과 및 고찰

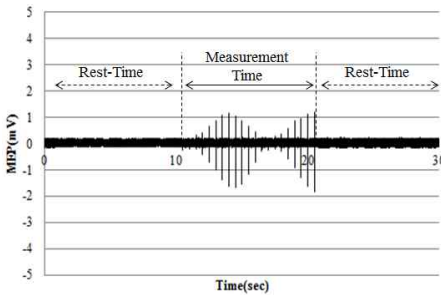
1. 경락전위 측정 결과

Fig. 6은 상거허(ST37)에 3cm×0.3mm의 stainless steel 침을 사용하여 대략 2cm 깊이로 삽입한 후, 92.7±2mT의 높은 자속밀도로 10초 동안 2Hz속도로 자극하였을 시 발생된 경락전위이다. 자기장 발생 주파수와 동일하도록 20개의 최고치(peak) 전위가 유발되었다. Fig. 6의 (a)는 Forward direction current에 의해 유발된 경락전위이고, (b)는 Reverse direction current에 의한 경락전위이다. Forward direction current는 최고 1.9mV에서 최소 -1.25mV로, Reverse direction current는 최고 1.19mV에서 최소 -1.85mV로 경락전위가 유발되었다. 기존 연구에 따르면 시술자와 피술자의 집지 환경에 따라 경락전위가 44.6±19.2uV 혹은 -51.1±9.3uV의 경락전위가 유발된다고 보고하였다¹²⁾. 이를 Forward direction current에 의해 발생된 경락전위와 Reverse direction current에 의해 발생된 경락전위와 각각 비교하여 볼 시, (+)는 약 42.6배, (-)는 약 36.2배 정도로 본 시스템에 의해 경락전위가 더 크게 유발 되었다.

Fig. 7은 Coil에 인가되는 전류의 방향에 따라 유발되는 경락전위의 추이를 분석하기 위하여 경락전위 중 최고치(Peak) 값에 Cubic Regression을 적용시킨 결과이다. Forward direction current와 Reverse direction current 모두 양 방향으로 최고치(Peak)가 발생하였다. 그러나 Forward direction current의 경우는 (+) 방향의 최고치(Peak)가 (-) 방향의 최고치(Peak) 보다 더 크게 증가하는 추이를 가짐을 확인하였으며, Reverse direction current는 (-) 방향으로 최고치(Peak)가 더 크게 증가하는 추이를 확인하였다.

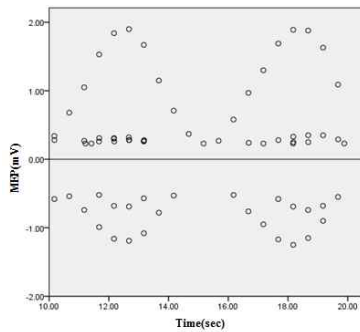


(a) Forward direction current

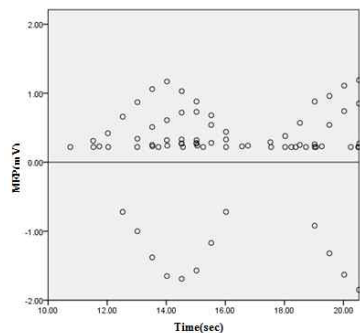


(b) Reverse direction current

Fig. 6. Graph of MEP as a current direction at 2Hz.



(a) Forward direction current



(b) Reverse direction current

Fig. 7. Cubic model of MEP as a current direction.

Fig. 8은 Forward direction current와 Reverse direction current에 의해 발생된 경락전위의 상관성을 확인하기 위하여 산점도를 적용 시킨 결과이다. MEP-(1)은 Reverse direction current를 의미하며 MEP-(2)는 Forward direction current를 의미한다. 산점도의 분포를 통하여 전류의 방향에 따라 상이하게 유발된 경락전위는 서로 상관성이 없는 결과를 확인하였다.

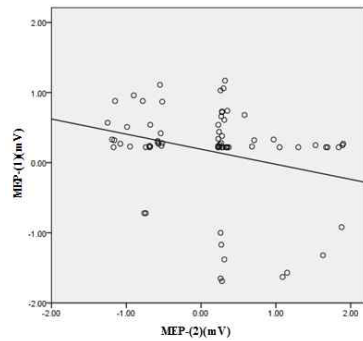


Fig. 8. Scatter plot of MEP as a current direction.

MEP-(1) : Reverse direction current.

MEP-(2) : Forward direction current.

2. 근피로 회복 평가를 위한 MF, peak torque 결과 비교 · 분석

자화침 자극이 대퇴부 근피로 회복에 미치는 영향을 분석하기 위해서 음포혈에 자극후 평가한 결과, Fig. 9와 같이 모든 피험자에게서 근피로 유발 후 감소된 MF가 시간이 경과됨에 따라 운동전의 MF로 회복되는 동일한 추이를 확인하였다. 그러나 운동 후에 감소한 MF가 운동전의 정상상태의 MF로 도달하는 시간은 각 군마다 차이가 관찰되었다. 자극군은 약 6분 정도에 근피로 유발 전의 MF로 회복되었으며, 무자극군의 경우 8분과 10분의 회복 구간사이에 회복되었다. 이에 one-way repeated measures analysis of variance를 이용하여 대비검정을 통하여 분석해본 결과, 자극군은 운동 후 6분 후에 $99.62 \pm 3.43(p=0.530)$ 으로 무자극군은 8분 후

자화침 시스템을 이용한 경락전위 유발효과 및 근피로 회복 평가

에 98.70 ± 4.52 ($p=0.595$)로 확인되었다(Table 1, 2). 밀도가 MF의 회복시간을 무자극군에 비하여 2분 즉 2분 동안의 수기자극과 침에서 발생하는 자속 단축시켰음을 확인하였다.

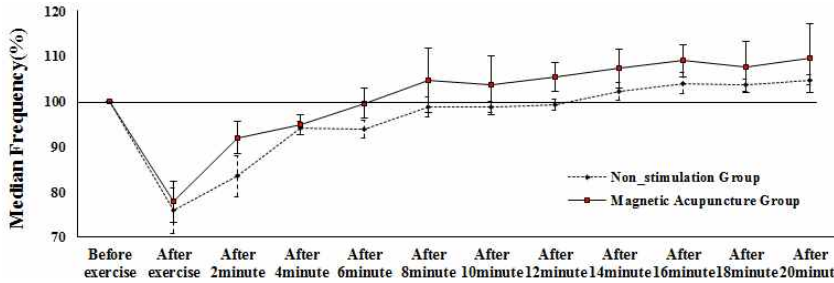


Fig. 9. MF for non-stimulation group and Magnetic Acupuncture Group as time passed(n=20).

Table 1. Significance probability analysis of MF in non-stimulation Group as time passed

n=10	Immediately Post exercise	Post 2 min	Post 4 min	Post 6 min	Post 8 min	Post 10 min	Post 12 min	Post 14 min	Post 16 min	Post 18 min	Post 20 min
p value	0.009	0.021	0.015	0.035	0.595	0.392	0.556	0.343	0.157	0.045	0.016

Table 2. Significance probability analysis of MF in Magnetic Acupuncture Group as time passed

n=10	Immediately Post exercise	Post 2 min	Post 4 min	Post 6 min	Post 8 min	Post 10 min	Post 12 min	Post 14 min	Post 16 min	Post 18 min	Post 20 min
p value	0.000	0.001	0.004	0.530	0.517	0.202	0.055	0.018	0.015	0.049	0.038

Fig. 10은 모든 피험자에게서 근피로 유발 후 감소된 peak torque의 시간의 경과 따른 추이를 나타낸 것이다. 시간의 경과함에 따라 one-way repeated measures analysis of variance를 이용하여 대비검정을 통하여 분석해본 결과, 동일하게 두 군

모두 초기의 peak torque로 회복하지 못하는 것을 확인하였다. 그러나 20분 후 무자극군은 70.17 ± 4.52 ($p=0.001$)로 자극군은 76.94 ± 14.39 ($p=0.008$)로서 자극군이 무자극군에 비하여 근피로 유발 전의 peak torque에 보다 근접하였다.

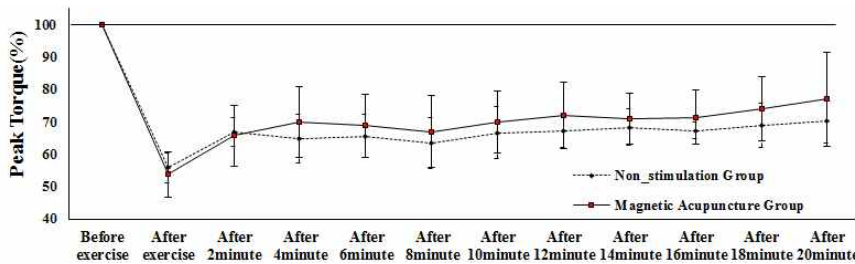


Fig. 10. Torque for non-stimulation group and Magnetic Acupuncture Group as time passed(n=20).

Table 3. Significance probability analysis of peak torque in non-stimulation Group as time passed

n=10	Immediately Post exercise	Post 2 min	Post 4 min	Post 6 min	Post 8 min	Post 10 min	Post 12 min	Post 14 min	Post 16 min	Post 18 min	Post 20 min
p value	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001

Table 4. Significance probability analysis of peak torque in Magnetic Acupuncture Group as time passed

n=10	Immediately Post exercise	Post 2 min	Post 4 min	Post 6 min	Post 8 min	Post 10 min	Post 12 min	Post 14 min	Post 16 min	Post 18 min	Post 20 min
p value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.008

경혈에 수기자극을 하게 되면 침에 의한 자극이 중추신경으로 전달되어 근육과 척수, 뇌에서 화학 물질의 유도 한다²¹⁾. 이때 분비되는 화학 물질은 통증을 느끼게 되는 정도에 변화를 주거나 호르몬과 같은 다른 화학물질을 분비하게 되며, 신체의 자가 조절 기능에 영향을 주는 것으로 연구 되었다²²⁾. 또한 수기자극은 체내의 전기신호의 전달 속도를 높이는데²³⁾, 이러한 신호는 엔돌핀과 같은 통증억제의 기능을 하는 생화학 단백질의 분비를 유도하는 것으로 밝혀졌다²⁴⁾. PEMFs와 같은 시변 자기장이 인체와 같은 전도체에 발생하게 되면, eddy current가 발생하게 되고 이는 근 조직이나 신경계에 다양한 영향을 미친다²⁵⁻²⁶⁾. 또한 자기장은 혈관 이완과 혈류 증가에 효과가 있으며 주변 신경의 탈분극화와 근조직을 자극해 줌으로 해당 근육을 강화시키고 통증완화에 효과가 있음이 밝혀졌다²⁷⁾. 따라서, 수기자극 시의 발생하는 최고치 (Peak) 전위를 PEMFs를 이용하여 지속적으로 유발하는 방법이 이와 같은 수기자극과 PEMFs의 치료효과를 효과적으로 유도함으로써 무자극군에 비하여 MF가 빨리 회복되고 peak torque가 보다 많이 회복된 결과를 가져온 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 수기자극을 통한 각종 침 치료와 유사한 치료효과를 기대하고, 수기자극 효과와는

다른 치료효과 및 시술자의 편의를 제공하고자 지속적인 경락전위를 유발시킬 수 있는 8 Channel PEMFs Stimulator를 개발하였으며, 본 시스템의 경락 전위 유발 효과와 근피로 회복 효과를 관찰한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 경혈에 침을 자침하고 PEMFs를 발생시킴으로써 Forward direction current는 최고 1.9mV에서 최소 -1.25mV, Reverse direction current는 최고 1.19mV에서 최소 -1.85mV로 경락전위가 발생함을 확인하였다.
2. 코일의 인가되는 전류의 방향에 따라 경락전위의 전위패턴이 서로 다름을 확인하였으며, 이는 침 자극의 보사법에 따른 경락전위변화와 밀접한 상관성이 있을 것으로 사료된다.
3. 자기장 자극군의 운동 직후 감소한 MF와 peak torque가 무자극군에 비하여 유의하게 증가한 결과를 확인하였는데, MF는 운동 전의 상태로 회복 되었으나, peak torque는 회복되지 않았다.

이상의 결과를 통하여 본 시스템이 수기자극의 치료효과와 자화침 치료효과를 동시에 기대할 수 있어서 다양한 한의학적 침 치료 기술로 활용 가능할 것으로 사료된다. 그러나 이는 본 시스템과 무자극간의 비교만을 통하여 시스템을 평가한 것으로 자화침의 보다 객관적인 치료 효과 검증을 위하여 향후 수기자극과의 비교 실험 및 다양한

추가 실험이 필요하다. 이에 추후 수기자극과의 비교 실험 및 double blind, placebo-controlled 실험을 진행함으로써 새로운 한의학적 자극 시스템으로써의 사용 가능성을 확인하고자 한다.

참고문헌

본 연구는 지식경제부 지역산업기술개발사업의 연구비를 지원 받았음[과제고유번호 R0000129].

참고문헌

1. Guyton AC, Hall JE. Textbook of Medical Physiology. 11th ed. Philadelphia : WB Saunders. 2006 : 3-26.
2. Ulett GA, Han J, Han S. Traditional and evidence-based acupuncture: history, mechanisms, and present status. South Med J. 1998 ; 91(12) : 1115-20.
3. Research Group of Acupuncture Anesthesia, The role of some neurotransmitters of brain in finger-acupuncture analgesia. Scientia Sinica. 1974 ; 17 : 112-30.
4. Li AH, Zhang JM, Xie YK. Human acupuncture points mapped in rats are associated with excitable muscle/skin-nerve complexes with enriched nerve endings. Brain Res. 2004 ; 1012(1-2) : 154-9.
5. Ho MW. Quantum coherence and conscious experience. Kybernetes. 1997 ; 26(3) : 265-76.
6. Jonassen N. Is Acupuncture an Electrical Phenomenon? The Web-Journal of Acupuncture. 2000.
7. Becker RO. Exploring new horizons in electromedicine. J Altern Complement Med. 2004 ; 10(1) : 17-8.
8. Tiller WA. What do electrodermal diagnostic acupuncture instruments really measure. Am J Acupunct. 1987 ; 15 : 15-23.
9. Ogata A, Sugeno J, Nishimura N, Matsumoto T. Low and high frequency acupuncture stimulation inhibits mental stress-induced sweating in humans via different mechanisms. Auton Neurosci. 2005 ; 118(1-2) : 93-101.
10. Chesterton LS, Foster NE, Wright CC, Baxter GD, Barlas P. Effects of TENS frequency, intensity and stimulation site parameter manipulation on pressure pain thresholds in healthy human subjects. Pain. 2003 ; 106(1-2) : 73-80.
11. Nordenstrom BE. An Electrophysiological View of Acupuncture: Role of Capacitive and Closed Circuit Currents and Their Clinical Effects in the Treatment of Cancer and Chronic Pain. Am J Acupuncture. 1989 ; 17 : 105-17.
12. 이용흠, 이균정, 김은근, 김한성, 신태민. 침술 효과의 객관화를 위한 접지조건에 따른 경락전위 분석. 전기학회지. 2007 ; 56(2) : 436-41.
13. 이용흠, 정상용, 정동명. 절연/비절연 자침에 의한 경락전위와 침구 작용기전 분석. 한국정신과학회지. 2004 ; 8(2) : 1-10.
14. 이용흠, 류연향, 정병조, 신태민. 레이저자극과 수기자극에 대한 경락전기반응 특성 비교. 한국해양정보통신학회지. 2007 ; 11(12) : 2335-42.
15. Rosch P, Markov M. Bioelectromagnetic Medicine. New York : Marcel Dekker. 2004.
16. Smania N, Corato E, Fiaschi A, Pietropoli P, Aglioti SM, Tinazzi M. Therapeutic effects of peripheral repetitive magnetic stimulation on myofascial pain syndrome. Clin Neurophysiol. 2003 ; 114(2) : 350-8.
17. Smania N, Corato E, Fiaschi A, Pietropoli P, Aglioti SM, Tinazzi M. Repetitive magnetic stimulation: a novel therapeutic approach for myofascial pain syndrome. J Neurol. 2005 ;

- 252(3) : 307-14.
18. Nuruki A, Tsujumura S, Furuichi H, Takenaka T, Yunokuchi K. Application of Pulsed magnetic stimulation for recovery from muscle fatigue in hypokalemic and normal wistar rats. *Trans Jpn Soc Med Biol Eng.* 2009 ; 47(1) : 57-63.
 19. Melzack, R. Prolonged relief of pain by brief, intense transcutaneous somatic stimulation. *Pain.* 1975 ; 1(4) : 357-73.
 20. Fields HL, Basbaum AI. Endogenous pain control mechanisms. Edinburgh : Churchill Livingstone. 1989.
 21. Foster JM, Sweeney BP. The mechanisms of acupuncture analgesia. *Br J Hosp Med.* 1987 ; 38(4) : 308-12.
 22. Qian, X. Z. Progress in scientific research on acupuncture, moxibustion and acupuncture anesthesia by integrating traditional Chinese and Western medicine. In XT Zhang(Ed), *Research on Acupuncture, Moxibustion, and Acupuncture anesthesia.* Beijing : Science Press. 1986 : 1-18.
 23. Dale, R. A. Demythologizing Acupuncture. Part 1. The Scientific Mechanisms and the Clinical Uses. *Altern. & Complement. Ther. J.* 1997 ; 3 : 125-31.
 24. Takeshige C. Mechanism of acupuncture analgesia based on animal experiments. In: Pomeranz B, Stux G, editores. *Scientific bases of acupuncture.* Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag. 1989 : 53-8.
 25. Hannan CJ Jr, Liang Y, Allison JD, Pantazis CG, Searle JR. Chemotherapy of human carcinoma xenografts during pulsed magnetic field exposure. *Anticancer Res.* 1994 ; 14(4A) : 1521-4.
 26. Stiller MJ, Pak GH, Shupack JL, Thaler S, Kenny C, Jondreau L. A portable pulsed electromagnetic field (PEMF) device to enhance healing of recalcitrant venous ulcers: a double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Br J Dermatol.* 1992 ; 127(2) : 147-54.
 27. Smith T, Wong-Gibbons D, Maultsby J. Microcirculatory effects of pulsed electromagnetic fields. *J Orthop Res.* 2004 ; 22(1) : 80-4.