비침습 집중형 전자기장을 이용한 통증치료기 개발

조동국* · 이균정* · 김수병* · 권선민* · 신태민* · 이경중* · 이용흠*

Development of Pains Therapy System Using Focused Variable Electromagnet

Dong-Guk Cho* · Gyoun-Jung Lee* · Soo-Byung Kim* · Sun-Min Kwon* · Tae-Min Shin*
Kyoung-Joung Lee* · Yong-Heum Lee*

이 논문은 지식경제부 차세대신기술개발사업의 연구비를 지원받았음

요 약

경락선상에서 침을 이용한 침술효과가 서양과학에 의해 현재까지 증명되지 않고 있다. 본 연구에서는 일반 수기침술에 의한 전기적 해석에 근거하여, 수기자침을 사용하지 않고 전자기장 자극을 통한 경락전위변화를 측정함으로써 통증치료에 유의한 자극 시스템을 개발하였다. 특히, 전자계를 발생시키고, 집중시키기 위해서 전극 코어의 자성체에 코일을 감아 인가전류에 따른 자속밀도(강도)를 다양하게 발생시킬수 있도록 설계하였다. 자극모드도 다양하게 선택할수 있어서 다양한 치료효과를 기대할수 있도록 하였다. 유의성 평가를 위해 족양명위경상의 상거허혈과 하거허혈에 전극을 부착하고, 족삼리에 전자기자극을 하여 두 경혈점 사이에서 임피던스 변화에 따른 경락전위를 측정하였다. 그 결과, 수기자극에서 측정된 전위패턴과 유사한 전위를 관찰하였으며, 다양한 자극에 대한 반응특성도 확인하였다. 따라서, 비침습 전자기장 자극을 통한 인체의 유도전류를 유발시킬수 있음을 확인하였다.

ABSTRACT

The effect of acupuncture that occurs at Meridians, can not be defined by western science. But we can find out the electrical effects when acupuncturing by measuring the charges meridians electric potential. So instead of using a needle to acupuncture, we used a electromagnet to give the same effect. We stimulated the meridians, with a electromagnet. Then we observed the pattern of the meridians potential, that occurred at ST-39 and ST-37. After doing clinical experiments with the acupuncture stimulation and the electromagnet stimulation. We found out the acupuncture stimulation and the electromagnet stimulations electric waves were similar. From this result, we knew it was possible to give similar effects to acupuncture stimulation by using electromagnets.

키워드

acupoint, meridian, electromagnetic, acupuncture, meridian potential

* 연세대학교 보건과학대학 의공학과

접수일자 2009. 01. 12
심사완료일자 2009. 04. 13

Ⅰ. 서 론

현대인들의 노동집약형 생활방식 및 불균형적 식습관, 운동부족 등으로 인하여 근골격계 질환 및 신경질환으로 인한 통증을 호소하는 사람들이 증가하고 있다. 이 중 원인이 불분명한 통증은 진단을 하거나 치료하는 데 어려움이 많아 이러한 문제점들을 해결하기 위한 임상적 연구 및 기기의 연구·개발이 진행되고 있다. 기기적 연구에 있어서는 주로 전기적 자극을 이용하고 있으며, 저주파·중주파·고주파·간섭파 등을 다양하게 적용하고 있다. 그러나 명확한 치료기전을 확인하고 치료에 적용하는 사례는 많지 않아서, 그 효과가 매우 확률론적인 문제점을 내포하고 있는 것이 현실이다.

이에 대하여 오래전부터 양한방 물리치료요법으로 자기요법을 사용해오고 있으며, 그 효과가 유효하고 부작용도 적어 많이 사용되고 있다. 정자기장(Static Magnetic Fields, SMFs) 자극은 주로 통증치료에 이용되며 이에 대한 연구로는 생체 시스템에 미치는 영향[1], 통증 치료 효과[2]등이 진행되고 있다. 이 중 통증 치료에 관해서는 어깨 목의 만성 통증[4], Post-polio 증후군[5], 요통[6], 말초성 신경장애[7], 만성 골반통증[8], 섬유근 통증[9], 만성두통[10], 류머티즘성 관절염[11], 월경불순[12], 피로회복[13] 등의 연구가 있다. 이러한 연구들은 통증의 종류, 자극 방법, 자극 시간, 치료기간, 자기장의 강도 등에 따라 그 결과가 다양하나 40mT 이상의 자기장 세기로 자극하거나 45분동안 자기장으로 자극하였을 경우 통증 완화 현상을 관찰할 수 있음에 일치하고 있다[2].

SMFs 자극을 통한 통증 완화 연구들은 자기장 자극이 생체 시스템에 미치는 영향에 대하여 명확히 밝혀진 바가 없어 대부분 자극 결과의 현상을 통하여 자기장 자극의 효과를 입증하고 있다. 현재 자기장 자극이 생체 시스템에 미치는 기전에 대한 여러 가설 중에 유력시 되는 가설은 "신경 자극설"이다[13]. 이는 자기장 자극이 생체 내 단백질로의 이온 이동을 가속화함으로써 막전위를 변화시켜 탈분극이 일어나며 주위 신경세포 및 말초신경에 영향을 주게 된다는 것이다.

서구의학뿐만 아니라 한의학에서도 침을 이용한 통증 치료가 널리 사용되고 있다[17]. 한의학에서 침구치료는 현재까지 과학적으로 증명되지 않았으며 침구치료를 통하여 기의 흐름을 원활히 하여 신체의 균형을 이룰 수 있다고 설명하고 있다. 신체 균형을 유지하는 기는 경락을 통하여 흐르며 기의 흐름에 이상이 있을 경우 질병과 통증이 발생하게 된다.

이때 침을 이용하여 경혈을 자극해 기의 흐름을 원활하게 함으로써 기의 이상 흐름으로 발생한 질병 및 통증을 치료하게 된다. 이러한 침구치료에 따른 효과가 입증됨에 따라 경혈, 경락, 기의 흐름을 과학적으로 증명하려는 연구들이 이루어지고 있으며 그 중 전기생리학적 연구가 진행되고 있다[18][19]. 전기 생리학적으로 기의 불균형은 세포에서의 이온 흐름과 관련하여 설명되어진다. 생체 내에서 이온의 흐름은 혈액 안에서의 영양분을 이동시키는 역할을 하며, 필요로 하는 장소에 공급하는 역할을 한다.

대표적인 이온인 소듐과 칼슘은 농도차에 의한 확산력과 Active Pump로 세포 내·외막의 농도를 일정하게 유지한다. 그러나 이러한 이온의 흐름에 이상이 발생하면 세포 기전의 변화로 인해 인체에 이상 현상이 발생하고 이때 필요이상의 전하가 응집되어 과충전 상태를 만들어 생체에너지 즉 기의 흐름을 방해하거나 정체시킴으로서 기의 불균형이 발생한다[20].

기의 불균형은 해당 경락선상의 경혈에 반응하게 되고 이상질환과 통증을 유발하게 된다. 이때 침을 이용한 경혈 자극은 경혈점에 응집된 전하를 방출시켜 세포의 이온농도에 영향을 주어 막전위가 평형상태에 이르도록 하며, 정상적인 이온의 흐름을 유도하는 역할을 한다[20]. 따라서 침구치료의 효과는 세포막에서 이온의 흐름과 밀접한 관계가 있으며 이러한 침치료 작용 기전은 자기장 자극의 기전과 상당히 일치함을 보인다.

따라서 본 연구에서는 경혈점에 비침습적으로 자기장을 집중시켜 심부에 위치한 경혈점(트리거포인트 혹은 모터포인트)을 직접 자극하고, 자기장에 의한 기타 효과를 극대화하여 통증을 완화하거나 치료할 수 있는 전극을 개발하고, 여러 자극모드 및 다채널 동시 자극이 가능한 새로운 전자기장을 이용한 통증치료기 개발을 하고자 한다.

Ⅱ. 집중형 전자기장 자극시스템 설계

2.1 전자기장 전극 설계

2.1.1 전극 설계를 위한 시뮬레이션

본 연구에서는 경혈에 전자기장 자극을 할 수 있는 전자석 제작을 위하여 시뮬레이션을 수행 하였다. 전자석은 국소부위인 경혈에 자극하기 위하여 자기장을 집중적으로 자극 할 수 있는 압정형태의 구조로 설계하였으며 인체에 부착할 수 있도록 작은 원통형 모양으로 설계하였다.

그림 1은 경혈에 전자기장 자극을 하기 위한 직경 20mm 전자석의 3D 모델이다. 시뮬레이션 소프트웨어는 유한요소 해석을 목적으로 OPERA(영국, Vector Fields Ltd)를 사용하였다.

모델은 761,729 element와 128,734 node로 구성하였으며, 코일의 인가 전류는 직류 성분인 20mA, 45mA, 70mA, 100mA, 120mA, 140mA로 설정하였다. 직경 20mm 전자석의 코일 감은 수는 1200번으로 설정하였으며 전자석의 전극 첨부로부터 2mm간격으로 자속과 평행한 Y축의 자기장을 관찰하였다.

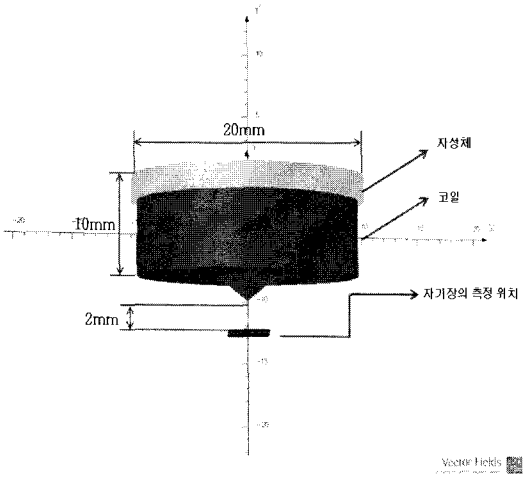


그림 1. 전자기장 자극을 위한 전자석 모델링(ϕ:20mm)
Fig. 1 Electromagnet modeling for the electromagnetic field stimulation(ϕ:20mm)

2.1.2 전극의 제작

그림 2와 같이, 실제 전자석 전극은 시뮬레이션에서의 전자석 모델과 동일하게 제작되었으며, 자극부위 및 자극강도를 다양하게 하기 위하여 코일의 감은 횟수를 달리하여 3가지 형태(직경: 25mm, 20mm, 12mm, 높이: 10mm)의 전자석을 제작하였다. 직경 20mm 전자석의 경우 코일의 감은 수는 1200번이다. 또한, 경혈점이나 치료점에 자속을 집중시키기 위해서 첨부를 뾰족하게 가공하였다.

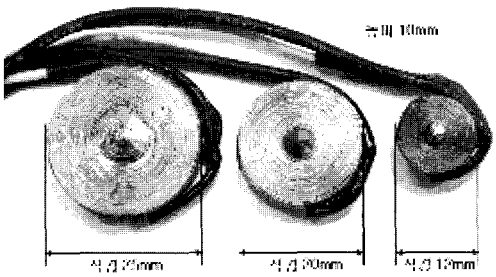


그림 2. 3가지 형태로 제작된 전극
Fig. 2 Electromagnet electrodes of 3 types

2.2 제어시스템 설계

기존의 영구자석을 이용한 자기치료에서는 부가적인 장치가 필요하지 않은 반면 N극, S극을 교번하여 자극을 할 수 없다는 단점과 자기장 세기를 조절할 수 없다는 단점이 있다. 또한 순간적으로 자기장을 시변시킴으로서 유도된 전류를 인체에 자극하는 자극기는 순간적인 고전류를 발생시키기 위한 전력공급을 위해 전원부와 영구자석의 크기가 커져 장치 또한 커지는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 유도전류 자극이 아닌 상대적으로 작은 저전류를 이용한 자기장 자극으로서 자기장 세기, 자극 주파수, 자극 방법을 조절 할 수 있으며, 장치의 크기가 작도록 설계하였다. 그림 3은 전체 시스템의 블록다이어그램이다. 시스템은 전자석 침 자극기(ElectroMagnet Acupuncture Stimulator, EMAS)로서 GUI (Graphical User Interface)를 포함하는 WinCE System과 코일에 인가되는 전류를 제어하는 Current Drive System으로 나누어 설계하였다. 또한 8채널로 설계함으로서 한번에 8곳의 경혈점 및 치료점을 자극 할 수 있도록 하였다.

전류는 코일에 20mA, 45mA, 70mA, 100mA, 120mA, 140mA가 인가 될 수 있도록 하였으며, 자극 방법은 다음의 5가지 방법으로 자극 할 수 있도록 하였다. 1. 설정된 주파수로 N극, S극 교번 자극, 2. 설정된 주파수로 N극

펄스 자극, 3. 설정된 주파수로 S극 펄스 자극, 4. 단일 N극 자극, 5. 단일 S극 자극방식이 있다. 주파수는 0.5Hz-6Hz을 선택적으로 가변할 수 있도록 하였다. Current Drive System에서는 WinCE System에서 선택된 전류, 자극 방법, 주파수에 따라 코일에 전류를 인가해주기 위한 H-BRIDGE 회로로 구성하였다.

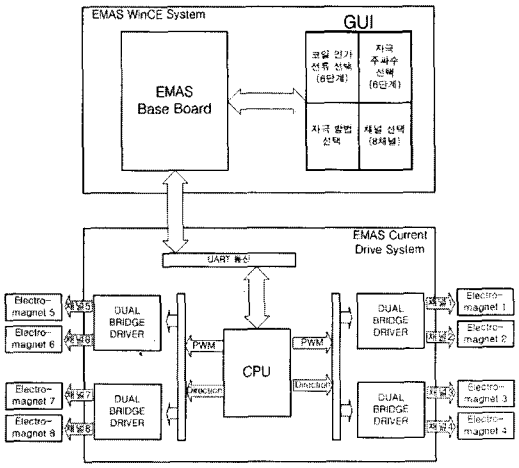


그림 3. 시스템의 블록 다이어그램
Fig. 3 Block diagram of System Control

2.2.1 EMAS WinCE System

그림 4는 EMAS WinCE System의 GUI (Graphical User Interface) 화면이다. EMAS WinCE System에서는 그래픽 중심의 사용자 환경을 제공하기 위하여 WindowsCE 5.0을 사용하였으며, 사용자에 따라 다양한 자극을 할 수 있도록 자극 방법 및 세기, 자극 주파수 등을 선택할 수 있도록 응용프로그램을 제작하였다. 각 채널별 자극방법을 설정 할 수 있도록 하여 각 경혈 부위에 원하는 자극을 줄 수 있도록 프로그램 하였으며, 전자석 인가 전류 및 자극주파수를 6단계까지 설정할 수 있도록 하여 자극세기와 자극빈도를 조절할 수 있도록 하였다. 채널선택에 있어서 N극·S극 교번, S극, N극으로 나누어 설정할 수 있도록 하였으며, 자극방법 선택에서 단일 형태의 자극과 교번자극 및 펄스 자극을 선택할 수 있도록 하였다. 채널, 자극방법, 자극주파수, 자극세기를 가변시킬 수 있는 범위는 표 1과와 같다.

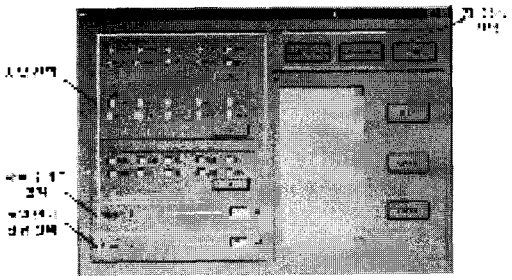


그림 4. EMAS WinCE System의 GUI
Fig. 4 GUI of EMAS WinCE System

표 1. 가변 항목 및 범위
Table 1. Variable parameters and range

선택 사항	가변 범위						
채널 수	8 채널						
자극 방법	N,S	펄스 N	펄스 S	N 극	S극		
자극 세기	20mA	45mA	70mA	100mA	120mA	140mA	
자극 주파수	0.5Hz	1 Hz	2 Hz	3 Hz	4 Hz	5 Hz	6 Hz

그림 5는 EMAS Base Board이며, WindowsCE 5.0을 구동시키기 위한 CPU 모듈과 각종 외부 장치들로 구성되어있다. GUI에서 설정된 데이터는 EMAS Base Board를 거쳐 EMAS Current Drive System으로 전송되는데 이때 사용되는 데이터 통신은 UART 통신을 사용하였으며, UART0 포트를 통하여 데이터 전송이 이루어진다.

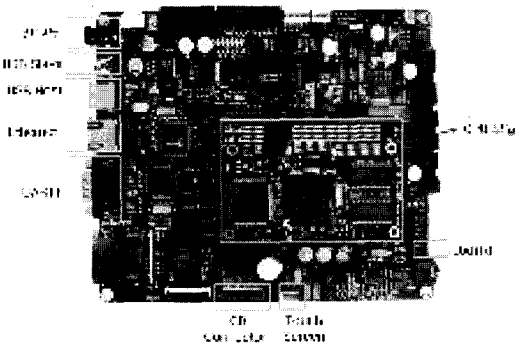


그림 5. EMAS Base Board
Fig. 5 EMAS Base Board of System

2.2.2 EMAS Current Drive System

EMAS WinCE System에서 설정된 데이터를 이용하여 전자석을 제어하기 위해서는 전자석에 인가되는 전류 세기와 전류방향을 제어해야 한다. 그림 6과 같이 EMAS Current Drive System을 개발하였다. EMAS Current Drive System은 EMAS WinCE System으로부터 받은 데이터의 처리 및 전자석에 인가되는 전류를 제어하기 위해 Atmega128을 사용하였으며, 전자석에 원하는 전류를 인가하기 위하여 4개의 Dual Bridge Driver를 사용하였다. Dual Bridge Driver에서 전자석에 인가되는 전류세기를 제어하기 위하여 PWM (Pulse Width Modulation)을 사용하였으며, 8채널에 안정적인 전류 공급을 위하여 최대 출력이 24V, 2.3A까지 출력 가능한 별도의 외부전원을 사용하였다.

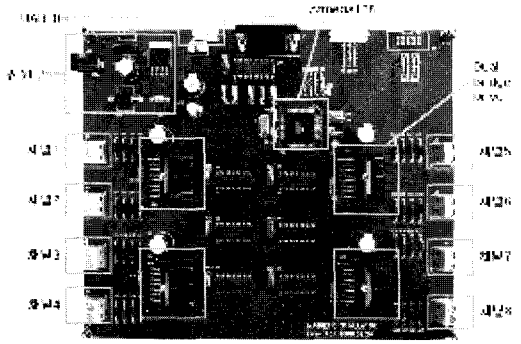


그림 6. EMAS Current Drive System
Fig. 6 EMAS Current Drive System

Ⅲ. 유효성 평가를 위한 기초 임상실험 방법

3.1 제작된 전자석의 자속밀도 측정

시뮬레이션에서 측정된 전류별 자속밀도를 바탕으로 실제 제작된 전자석에서 코일의 인가 전류와 측정 위치를 시뮬레이션과 동일하게 설정하여 각 전류별 자속밀도를 측정하였으며, 시뮬레이션에서 측정된 결과와 비교하여 시뮬레이션의 유효성을 보고자 하였다.

3.2 임상 실험 방법

경혈에 자기장을 자극 하였을 경우 경락에서의 전위차를 측정하고 전위패턴을 관찰하였다. 경혈에 자기장 자극과 경락의 전위차 측정을 위해 그림 7과 같이 실험을 구성하였다.

경락에서의 전위차는 우하지 족양명위경의 상거허(ST37) 하거허(ST39)를 선택하여 자침하였으며, 경혈은 우하지 족양명위경의 족삼리(ST36)을 선택하여 자기장 자극을 하였다. 족양명위경은 주로 위장의 상태를 대변하고 있으므로 위장관련 질병이나 질환에 대한 병력이 없는 피시술자를 선정하였다. 피시술자를 전기적으로 절연된 침대에 눕히고 약 10분간 안정을 취하게 한 후, 제작된 전극을 족삼리에 부착시키고 시술자의 접촉으로 인한 노이즈를 제거하기 위하여 패드 형태로 고정을 시켰다. 상거허와 하거허에는 각각 (+)침전극, (-)침전극을 연결하여 경혈에서의 자기장 자극 시 경락에서의 전위차를 측정하여 자극 시의 전기적 변화를 관찰하였다.

그림 7. 자기장 자극에 따른 경락전위 측정
Fig. 7 Clinical experiment setting to measure electric potential with electromagnetic

자기장 자극 시 나타나는 신호만을 관찰하기 위하여 초기 10초 동안은 아무런 자극을 가하지 않았고 이후 10초 동안 자극을 한 후 마지막 10초 동안 자극을 멈추고 전위 변화를 관찰 하였다.

침자극에 대한 경락에서의 전위 변화를 관찰한 연구결과가 보고된 바 있지만 자기장 자극에 대한 경락에서의 전위변화를 연구는 보고된 바가 없기 때문에 본 실험에서는 자기장 세기와 자극 방법은 고정하여 실험하였다. 개발한 시스템에서 코일의 인가 전류는 20-70mA, 자극 방법은 0.5-1Hz, N극 펄스형태로 자극 하였다.

경혈에 자기장 자극 시 경락에서의 전위를 측정하기 위하여 16bit 분해능을 가지는 A/D 변환기, 생체신호를

처리 분석할 수 있는 소프트웨어를 겸비한 생체 증폭기 ADInstruments 사의 PowerLab을 이용하였다.

Ⅳ. 실험 결과

4.1 가상 전극의 시뮬레이션과 제작된 전극의 자속밀도 비교 결과

전기적인 침자극 반응과 유사한 전기적 반응을 유도할 수 있는 전극을 제작하기 위하여 유한요소해석법을 이용하여 전극을 모델링한 후 시뮬레이션을 수행하였으며, 자속밀도를 측정하여 적정 코일 인가 전류와 자속밀도를 결정하고자 하였다.

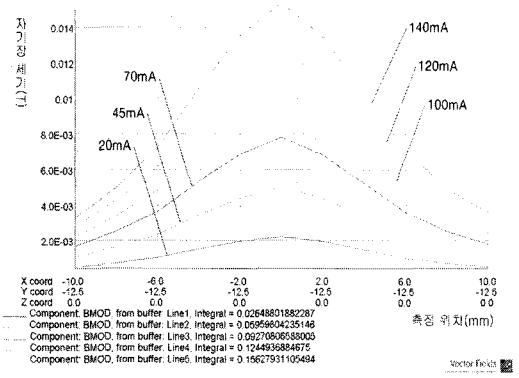


그림 8. 전극의 시뮬레이션 결과(ϕ:20mm)
Fig. 8 Result of electromagnetic simulation for virtual electrode(ϕ:20mm)

그림 8은 직경 20mm 전자석을 모델링하여 코일에 인가되는 전류에 따라 자기장의 세기를 측정한 결과이다. 전류에 비례하게 자속밀도가 측정되었으며, 전자석 중앙에서 코일의 인가전류가 약 45mA-140mA 일 때 자속밀도가 5mT-15mT임을 관찰하였다.

그림 9는 제작된 직경 20mm 전자석의 자속밀도를 시뮬레이션과 동일한 위치에서 측정한 결과이다. 코일의 인가 전류는 동일하게 설정하여 실험하였으며, 그림 1에서와 같이 Y축으로 2mm 간격마다 자속밀도를 측정하였다. 그 결과 시뮬레이션 결과와 동일하게 전류에 비례하게 자속밀도가 측정되었으며 자기장 분포 역시 유사하게 관찰되었다. 하지만 자기장 세기에는 약간의 차이를 보였다. 시뮬레이션 결과 코일의 인가 전류가 45mA-140mA일때 5mT-15mT가 측정되었으나 실제 제작된 직경 20mm 전자석에서는 코일의 인가 전류가 40mA-140mA에서 4.23mT-12.21mT로 시뮬레이션 결과보다 약 1mT-3mT 작게 측정되었다. 비록 시뮬레이션 결과와 제작된 코일의 측정치에서 약간의 차이를 보였지만 대체적으로 유사한 결과를 얻음으로써 시뮬레이션 결과가 유효함을 확인할 수 있었다. 또한 인가 전류의 세기와 자기장 세기의 비례성을 이용하여 실험 범위 외에서의 자기장의 세기를 예상할 수 있으며 코일에 인가하는 전류의 세기를 조절함으로써 더 높은 자속을 발생시킬 수 있음을 확인하였다.

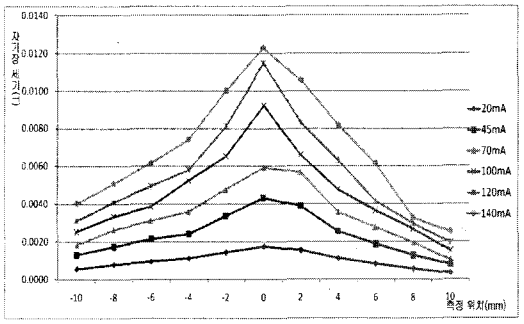


그림 9. 제작한 전자석의 자기장 세기 측정(ϕ:20mm)
Fig. 9 Measurement magnetic flux intensity at real electromagnetic (ϕ:20mm)

표 2. 제작된 전자석에서 측정된 자기장 세기
Table 2. Intensity of magnetic flux with designed magnetic electrode

전류	직경 12mm 전자석	직경 20mm 전자석	직경 25mm 전자석
20mA	1.40mT	1.92mT	3.78mT
45mA	3.21mT	4.23mT	6.84mT
70mA	5.44mT	5.99mT	10.25mT
100mA	7.87mT	9.17mT	15.24mT
120mA	9.36mT	11.68mT	18.35mT
140mA	11.24mT	12.21mT	20.1mT

4.2 임상 실험 결과

제작된 전자석을 이용하여 경혈에 부착하고 자극함에 따라 경락에서의 전위 변화를 관측하였다. 이때 코일의 인가 전류는 20-70mA로 가변하였으며, 자극 방법은

0.5-1Hz로 N극 펄스형태로 자극하였다. 이는 기존의 하나의 극만을 이용하여 자극을 하던 영구자석과 다른 자극방법이며 침자극 시의 경락에서의 전기적 반응과 유사한 반응을 유도하고자 선택하였다.

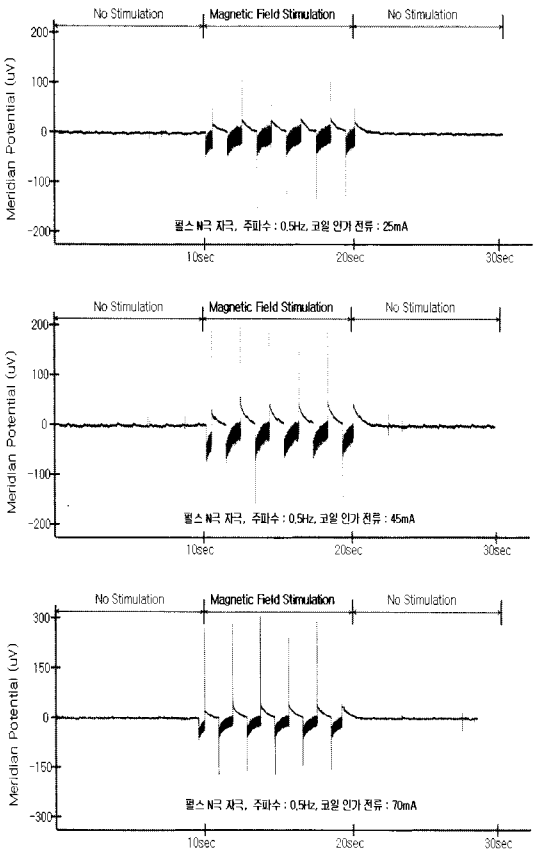


그림 10. 자기장 자극 세기에 따른 경락의 전위 변화
Fig. 10 The change of meridian electric potential as magnetic intensity

그림 10은 우하지 족양명위경의 경혈인 족삼리(S36)에 자기장 자극을 가했을 경우 같은 경락상의 상거허(S37), 하거허(S39)의 전위변화를 측정한 결과이다. 측정결과 자기장 자극 시에만 전위변화가 나타났으며 최고, 최저점간의 전위는 약 450uV로 측정되었다. 순간 N극으로 자극을 주었을 경우 (-)방향으로 peak 전위가 발생한 후 안정 전위로 서서히 바뀌었으며 자기장 자극을 멈추면 순간 (+)방향으로 peak 전위가 발생하면서 다시 안정 전위로 바뀌었다.

또한 (-)전위에서 안정전위로 회복 될 때 고주파 성분이 발생하였다. 이는 자기장 자극 시 전자석의 코일에서 발생하는 자기장에 의한 영향으로 생각된다. 또한 펄스가 인가되는 짧은 순간에 고전류가 유입되고 이로 인한 코일에서의 시변자기장으로 인해 와전류의 발생함으로 신경전도의 임펄스와 같은 자극을 유도할 수 있음을 확인하였다. 전극코일에 인가되는 전류량을 증가시켜 인체에 적용한 결과, 자기장 세기에 비례한 전위가 발생하였다.

V. 결과 고찰

기존의 경혈 자극에 있어 가장 기본이 되는 것은 침을 이용한 수기자극이며 보조적인 치료방법으로 전기침에 의한 자극과 영구자석을 이용한 자극 등이 있다. 이러한 자극은 주로 통증치료 혹은 질병치료에 많이 사용되어 진다. 하지만 침을 이용한 수기자극에 있어 치료 후의 효과는 입증되었으나 치료기전에 대해서는 현재까지 과학적으로 밝혀지지 않았다. 다만 경혈 및 경락 그리고 침을 이용한 과정을 전기 생리학적 측면에서 연구가 진행되고 있다. 수기자극에 대한 경락전위변화에 관한 연구에서 경혈에 침자극시 경락에서는 자기장 자극 시 나타나는 파형과 유사하게 peak to peak 전위가 100uV-400uV인 충전·방전 형태의 파형이 관찰되었으며, 침병을 잡을 때와 놓을 때 순간적인 peak 전위가 관찰되었다[21].

이러한 유사성은 침자극과 자기장 자극이 전기적으로 유사한 자극임을 시사한다. 침자극과 자기장 자극에 대한 경락에서의 충전·방전 형태의 전위변화는 자극 시 세포막전위를 변화시키고 이온의 흐름에 영향을 줌으로서 막전류가 발생함에 따라 나타나는 반응이라 생각된다.

침을 이용한 자극방법에는 여러 가지 방법들이 있으며 사람의 체질 및 질병에 따라 각기 다른 자극방법을 택하여 치료를 한다. 여러 수기방법에 따른 경락에서의 전기적 반응을 관찰한 연구에서 각각의 수기방법에 대하여 다른 형태의 반응이 나타났으며 반응 크기 또한 개개인 마다 다르게 나타났다[18]. 따라서 자기장 자극은 코일의 인가 전류, 자극 주파수, 자극 방법을 가변하여 다

양한 자극할 수 있을 것으로 생각된다.

VI. 결 론

본 연구에서는 인체의 경혈점이나 치료점에 효과적으로 자기장 자극을 집중시키고, 비침습적으로 무통무자극으로 치료하기 위한 시스템을 개발하였다. 이를 위한 전자석 전극 제작과 시스템 설계를 하였으며, 시스템의 유효성 평가를 위한 기초임상실험을 통하여 확인하였다. 이때, 우하지 족양명위경의 족삼리(S36)에 전자석을 부착하고 상거허(S37)과 하거허(S39)에 침전극을 삽입한 후 자기장 자극 시 경락에서의 전위변화를 관찰하여 침자극과 전기적으로 유사 반응임을 확인하였다.

1. 영구자석과 달리 코일의 인가 전류를 교번시킴으로서 N극, S극을 수시로 교번하면서 자극을 할 수 있고 이에 대한 인체 반응을 확인하였다.
2. 고정 자계 자극방식과 달리 코일의 인가 전류세기를 조절하여 자기장 세기를 조절할 수 있다. 자극세기에 따라 경락전위의 크기도 비례하여 증가하고 있음을 확인하였다.
3. 전기자극으로 인한 신경 손상의 위험이 없으며, 자기장을 이용하여 심부까지 자극이 가능하고 인체의 전기유도가 가능하여 경락전위를 발생시키고 있음을 확인하였다.
4. 펄스형태의 N극을 자극 하였을 경우 타침법을 이용한 침 자극 시 경혈에서 측정되는 충전·방전 형태의 신호와 유사한 신호를 관찰하였다.
5. 전기자극은 인체의 임피던스에 따라 전도도가 다르고, 그 자극경로도 매우 많은 영향을 받으므로 그 효과가 매우 확률론적인데 반하여, 자기장 자극은 저항이나 임피던스에 영향을 거의 받지 않으므로 심부 깊은 곳까지 자기장 자극이 가능하여, 경혈점이나 치료점에 매우 효과적으로 자극을 전달할수 있는 장점을 가지고 있다.

따라서 전기적 관점에서 침 자극와 유사하게 비침습 집속 자기장을 이용하여 경락전위를 유발실킬수 있고, 경락을 자극 할 수 있으며, 통증치료에 효과적으로 적용될 수 있을 것으로 사료된다. 향후 다수의 피실험자에서 자극 시 나타나는 경락전위변화와 코일의 인가 전류, 자기장 자극 방법, 자극 주파수 변화에 따른 경락전위변화를 측정하여 자기장 자극에 대한 경락에서의 전기적 반응을 정량화 할 필요가 있으며, 임상실험을 통하여 자기장 자극 방법에 따른 치료효과에 대하여 체계전인 연구가 진행 되어야할 것이다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 차세대신기술개발사업의 지원에 의하여 이루어 진 것임(10028424)

참고문헌

[1] Arthur D. Rosen. Mechanism of action of moderate-intensity static magnetic fields on biological systems. Cell Biochemistry and Biophysics, pp. 163-173. Volume 39, 2003.

[2] NYJON K. ECCLES, M.R.C.P., Ph.D. "A Critical Review of Randomized Controlled Trials of Static Magnetic for Pain Relief." THE JOURNAL OF ALTERNATIVE AND COMPLEMENTARY MEDICINE, pp. 495 - 509, Volume 11, Number 3, 2005,

[3] Guizhi Xu, Yong Chen, Shuo Yang, Mingshi Wang, Weili Yan. "The Optimal Design of Magnetic Coil in Transcranial Magnetic Stimulation." Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc, pp. 6221-6224, Vol. 6, 2005.

[4] Hong Chang-Zern, Lin JC, Bender LF, et al. "Magnetic necklace: Its therapeutic effectiveness on neck and shoulder pain." Arch Phys Med Rehabil, pp. 462-466, Vol. 63, 1982.

[5] Vallbona C, Richards T. "Evolution of magnetic therapy from alternative to traditional medicine." Complement Ther Phys Med Rehab, pp. 729-754, Vol. 10, 1999.

[6] Kanai S, Okano H, Susuki R, Hiroko A. "Therapeutic effectiveness of static magnetic fields for low back pain monitored with thermography and deep body thermometry." J Jpn Soc Pain Clin pp. 5-10 Vol. 5 1998.

[7] Weintraub MI. "Magnetic bio-stimulation in painful diabetic peripheral neuropathy: A novel intervention, a randomized, double-placebo crossover study." Amer J Pain Manage pp. 8-17 Vol. 9 1999.

[8] Brown CS, Parker N, Ling F, Wan J. "Effect of magnets on chronic pelvic pain." Obstet Gynecol, S29 Vol. 95 2000.

[9] Alfano AP, Gill Taylor A, Foresman PA, et al. "Static magnetic fields for treatment of fibromyalgia: A randomized controlled trial." J Altern Complement Med pp. 53-64, Vol. 7 2001.

[10] Kim KS, Lee YJ. "The effect of magnetic application for primary dysmenorrhea." Kanhohak Tamgu pp. 148-179 Vol. 3, 1994.

[11] Segal NA, Toda Y, Huston J, et al. "Two configurations of static magnetic fields for treating rheumatoid arthrits of the knee: A double-blind clinical trial." Arch Phys Med Rehabil pp. 1453-1460 Vol. 80, 2001.

[12] Eccles NK. "A randomized, double-blinded, placebo-controlled pilot study to investigate the effectivness of a static magnet to relieve dysmenorrhea." J. Altern. Complement Med, pp. 681-687, Vol. 11, Aug, 2005.

[13] 문명상, 이현구. "근육경직 및 통증에 대한 자기치료기의 치료효과." 서울:최신의학. pp. 125-133, Vol. 26(6), 1983.

[14] Kholodov,Y.A. "Influence of magnetic fields on biological objects." NTIS Rep. JPRS 63038. Natl. Tech.Info.Serv.,Springfield,VA, 1974.

[15] Klimovskaya,L.D. Smirnova,N.P. "Changes in brain evoked potentials under the influence of a permanent magnet field." Bull.Exp.Biol.Med. pp. 1125-1129 Vol. 82, 1976.

[16] Rosen,A.D. Lubowsky,J. "Magnetic field influence on central nervous system fucntion." Exp.Neurol. pp. 679-687 Vol. 95, 1987.

[17] 이종훈, 민병일. "자기장을 통한 침자극이 압통 역치에 미치는 영향." 대한침구학회지. pp. 77-87 Vol. 19(3), 2002.

[18] 이용흠. "수기자극에 의해 유발되는 경락전위변화에 관한 연구." 한국해양정보통신학회, pp. 1627-1632 Vol. 10(9) 2006.

[19] 남봉현, 최환수. "경락 전위를 이용한 경락의 생체물리학적 연구." 대한경락경혈학회지. pp. 1-22 Vol. 19(2), 2002.

[20] 이용흠. "경락의 전위분석에 의한 혈위식별 및 경락진단/치료시스템 개발." 박사학위논문. pp. 1-119, 2003.

[21] 이용흠. "접지와 절연조건이 경락전위에 미치는 영향." 한국해양정보통신학회. pp. 245-2250 Vol. 10 (12), 2006.

저자 소개

조동국(Dong-Guk Cho)

2009. 02 : 연세대학교 의공학과 공학석사

※관심분야 : 임베디드시스템

이균정(Gyoun-Jung Lee)

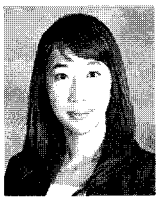
2009. 06 : 연세대학교 의공학과 박사과정 수료

※관심분야 : 임베디드시스템

김수병(Soo-Byung Kim)

2009. 03 : 연세대학교 의공학과 석사과정

※관심분야 : 한의공학, 경락연구



권선민(Sun-Min Kwwon)

2009. 03 : 연세대학교 의공학과 석사과정

※관심분야 : 한의공학, 맥진연구

신태민(Tae-Min Shin)

2003 - 현재: 연세대학교 의공학과 교수

※관심분야 : 의료용 컴퓨터, 임베디드시스템

이경중(Kyong-joung Lee)

1990 - 현재: 연세대학교 의공학과 교수

※관심분야 : 생체계측, 생체모델링

이용흠(Yong-Heum Lee)

2008 - 현재 : 연세대학교 의공학과 조교수

※관심분야 : 경락시스템 연구, 침술객관화, 맥진연구