

집중형 가변 전자계를 이용한 경혈자극
시스템 개발

연세대학교 대학원
의 공 학 과
조 동 국

집중형 가변 전자계를 이용한 경혈자극
시스템 개발

지도 신 태 민 교수

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2008년 12월 일

연세대학교 대학원

의 공 학 과

조 동 국

조동국의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

연세대학교 대학원

2008년 12월 일

감사의 글

본 논문이 있기까지 저를 지켜봐 주시고 따뜻한 격려로 학문적인 면이나 인격적인 면에서 많은 가르침을 주신 신태민 교수님께 진심으로 깊은 감사의 말씀을 드립니다. 아울러 바쁘신 와중에도 항상 따뜻하고 세심하게 논문에 대한 충고를 해주신 이경중 교수님과 이용흠 교수님께 감사드립니다. 또한 학부에서 대학원 과정까지 짧지 않은 시간동안 학업을 통해 많은 가르침을 주신 윤형로 교수님, 이윤선 교수님, 김동윤 교수님, 윤영로 교수님, 김영호 교수님, 김법민 교수님, 김한성 교수님, 김경환 교수님, 정병조 교수님, 김지현 교수님, 이상우 교수님, 임창환 교수님, 윤대성 교수님, 서종범 교수님, 권기운 교수님, 임도형 교수님께 감사드립니다.

2년간의 대학원 생활동안 동거동락하며 어렵고 힘들었던 시간, 즐겁고 행복했던 시간을 함께 나누고 부족한 저에게 많은 도움을 주신 분들이 있습니다. 실험실의 만형으로서 항상 신경써주신 태균이형, 2년 동안 프로젝트를 함께 진행하면서 많은 도움을 주신 균정이형, 비록 졸업을 했지만 대학원 생활동안 친동생처럼 대해주신 동하형, 진욱이형, 은근이형, 용현이형, 현학이형 에게 감사드리며, 대학원 동기며 친동생 같은 재원이, 후배로 들어와 실험실의 곳은일도 마다하지 않고 웃으면서 했던 우혁이, 동수에게도 고마움을 전합니다. 비록 같은 실험실은 아니었지만 많은 도움과 관심을 가져주신 성필이형, 실험에 참여해준 재연이에게도 감사를 드립니다. 이 외에도 대학원 생활을 함께 하며 알게 모르게 많은 도움을 주신 대학원 선, 후배님들에게도 감사의 마음을 전합니다.

Y-Media 동아리 활동을 하면서 기쁨을 함께 했던 상민이형, 경민이형, 량희형, 경덕이형, 경태형, 원희형, 성일이, 경호, 성수, 상호에게 고마움을 전합니다.

비록 다른 과이지만 대학교 1학년 생활을 함께한 분반 친구들 경은누나, 태호형, 상윤이, 민성이, 근영이, 정호, 시현이에게 감사의 마음을 전합니다.

마지막으로 제가 대학원 생활을 하는 동안 절대적으로 제게 힘이 되어준 사

랑하는 가족에게 감사와 사랑을 전하고 싶습니다. 저를 항상 지켜봐 주시고 격려와 용기를 주신 아버지와 어머니, 항상 곁에서 힘이 되어준 형, 누나, 친동생처럼 챙겨주시는 매형, 이쁘고 귀여운 조카 희진이, 지훈이, 희주, 성중이, 서연이, 소연이, 재현이, 그리고 멀리서 응원 해주시는 친척분들과 사촌형님, 누나, 동생들 모두에게 고마움을 전합니다.

다시 한번 오늘이 있기까지 부족한 저를 위해 조건 없이 대해주신 사랑하는 나의 부모님께 감사의 마음을 전하면서 이 작은 노력의 결실을 바칩니다.

2008년 12월

조 동 국 드림

목 차

그림 목차	iii
표 목차	iv
국문 요약	v
제1장 서론	1
제2장 이론적 배경	3
2.1 전기침 자극 요법을 이용한 통증 치료	3
2.2 치료를 위한 자기장 자극 및 방법	4
2.2.1 정자기장(Static Magnetic Field) 자극	4
2.2.2 정자기장 자극이 인체에 미치는 영향	5
2.2.3 시변 자계에 의한 자극	6
2.3 경락과 경혈의 전기적 특성	8
2.4 침 자극 시 경락에서의 전위 변화	9
제3장 연구 방법	11
3.1 연구 방향	11
3.2 경혈 자극을 위한 전자석 개발	12
3.2.1 전자석 개발을 위한 시뮬레이션	12
3.2.2 경혈 자극을 위한 전자석 개발	15
3.3 집중형 경혈 자극 시스템 개발	17
3.3.1 EMAS WinCE System	18
3.3.2 EMAS Current Drive System	20

3.4 경혈 자극 및 경락 전위차 측정	22
3.4.1 실험 과정	22
1) 경락 전위 측정 도구	22
2) 피실험자 선정	23
3) 실험 방법	23
제4장 결과 및 고찰	25
4.1 자기장 자극 변화에 대한 경락전위 분석	25
4.1.1 N극·S극 교번 자극 시 자극세기에 대한 경락전위 분석	25
4.1.2 펄스 S극 자극 시 자극세기에 대한 경락전위 분석	27
4.1.3 펄스 N극 자극 시 자극세기에 대한 경락전위 분석	27
4.1.4 단일 S극 자극 시 자극세기에 대한 경락전위 분석	30
4.1.5 단일 N극 자극 시 자극세기에 대한 경락전위 분석	30
4.1.6 자극방법 별 자극주파수 변화에 따른 경락전위 분석	33
4.1.7 필터처리를 통한 경락전위변화 분석	36
4.2 결과고찰	41
제5장 결 론	42
참고 문헌	44
영문 요약	48

그림 목차

그림 2.1	시변 자기장에 의한 와전류 발생	7
그림 2.2	수기 자극 시 경락에서의 전위 변화	10
그림 3.1	크기 별 전자석 모델링	14
그림 3.2	주문 제작한 전자석	15
그림 3.3	전체 시스템 블록다이어그램	17
그림 3.4	EMAS WinCE System의 GUI	18
그림 3.5	EMAS WinCE System의 EMAS Base Board	19
그림 3.6	EMAS Current Drive System	21
그림 3.7	자기장 자극에 따른 경락 전위차 측정을 위한 실험 장면	23
그림 4.1	N극·S극 교번 자극에서의 전류변화에 따른 경락전위변화	26
그림 4.2	펄스 S극 자극에서의 자극세기변화에 따른 경락전위변화	28
그림 4.3	펄스 N극 자극에서의 자극세기변화에 따른 경락전위변화	29
그림 4.4	단일 S극 자극에서의 자극세기변화에 따른 경락전위변화	31
그림 4.5	단일 N극 자극에서의 자극세기변화에 따른 경락전위변화	32
그림 4.6	자극방법 별 자극주파수 변화에 따른 경락전위변화	34
그림 4.7	자극 방법 및 자극세기에 따른 경락전위	36
그림 4.8	필터처리를 통한 경락전위변화	38
그림 4.9	peak 전위를 제외한 자극방법에 따른 경락전위	40

표 목차

표 3.1 시뮬레이션 결과 도출된 자기장 세기	14
표 3.2 제작된 전자석에서 측정된 자기장 세기	16
표 3.3 시뮬레이션 결과와의 차이	16
표 3.4 가변 항목 및 범위	19
표 3.5 EMAS Base Board의 사양 및 내용	20
표 4.1 자극방법 및 자극세기에 따른 경락전위	35
표 4.2 자극주파수 0.5Hz, 자극세기 7mT에서의 자극방법에 따른 경락전위	40

국문 요약

집중형 가변 전자계를 이용한 경혈자극 시스템 개발

본 논문은 통증치료 및 경혈자극을 비침습적으로 자극할 수 있는 새로운 방법을 제시하고 침자극과 전기적으로 유사한 자극을 줄 수 있는 자기장 자극 시스템 개발에 관한 연구이다.

기존의 통증 치료 및 경혈 자극 방법으로는 침구치료, 전기치료, 자기장 치료 등이 있다. 그중 침구치료는 경혈에 침을 이용하여 침습적으로 자극하여 통증을 치료하는 방법으로는 세계적으로 치료효과에 대해 인정받고 있으나 전문의를 통해서만 치료를 받을 수 있으며, 침습적으로 자극하기 때문에 거부감 및 통증이 수반될 수 있는 단점이 있다. 이러한 침구치료의 효과를 높이고자 최근에는 경혈 및 경락에 침자극과 전기 자극을 동시에 자극할 수 있는 전기침 자극 요법이 이용되고 있지만 전류의 표면 통전으로 인한 피부염, 이상감각 유발, 신경손상 등 치료의 부작용이 발생할 수 있는 단점이 있다. 이외의 치료법으로 영구자석을 이용한 자기장 치료가 있다. 이는 부가적인 장치와 부작용이 없다는 장점이 있지만 자극세기, 자극방법을 조절할 수 없고 자기장 세기 및 치료 시간에 따라 확실적인 치료효과가 나타나는 단점을 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 자기장을 이용하여 경혈을 비침습적으로 자극할 수 있고 전기적으로 수기자극과 유사한 자극을 유도할 수 있는 전자석을 모델링 및 시뮬레이션을 하였으며, 시뮬레이션 결과를 바탕으로 실제 전자석을 제작하였다. 또한 WinCE 5.0을 이용한 GUI(Graphical User Interface)를 제공하여 자

극세기, 자극빈도, 자극방법을 조절할 수 있는 시스템을 개발하였다. 개발된 전자석과 시스템의 성능을 평가하기 위해 자극세기, 자극빈도, 자극방법의 변화에 따른 경락상의 전위변화를 측정하였으며, 수기자극 시의 경락전위변화와 비교하였다.

실험 결과 펄스 N극 및 펄스 S극 자극 인가 시 수기자극 과 유사한 경락전위변화가 측정되었으며, 펄스 N극 자극에서 자극 순간 발생하는 피크 전위가 다른 자극방법들 보다 크게 나타났다. 또한 자극세기와 자극빈도를 조절함에 따라 질환 종류 및 상태에 따라 다양한 자극이 가능함을 확인하였다.

본 연구에서는 개발된 전자석과 시스템을 이용하여 경혈 자극 시 경락상의 전기적 반응을 관찰함으로써 침구 치료에 있어서 보조적 역할의 가능성을 확인하였으며, 자극방법, 자극주파수, 자극세기를 조절하여 다양한 자극을 줄 수 있음을 확인하였다.

=====

Key Words: 자기장자극, 경혈자극, 경락전위

제 1 장 서 론

정자기장(Static Magnetic Fields, SMFs) 자극은 주로 통증치료에 이용되며 이에 대한 연구들로는 생체 시스템에 미치는 영향[1], 통증 치료 효과[2]에 대하여 진행되고 있다. 통증 치료에는 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] 등에 적용된다. 하지만 SMFs 자극에 대한 통증 완화 연구들은 다양한 자극 방법, 자극 시간, 통증의 다양성, 치료기간, 자기장 강도 등에 따라 다양한 연구 결과들이 보고되고 있다. 다만, SMFs 자극을 통한 통증 완화 연구들의 비교적 일치하는 결과는 40mT 이상의 자기장 세기와 45분 동안 자기장으로 자극 하였을 경우 통증 완화 효과를 관찰 할 수 있음을 발표하였다[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. 자기장 자극 시 신경세포 이온의 흐름이 변화됨으로써 막전위를 변화시키고 그로 인해 탈분극이 일어나며 주위 신경세포 및 말초신경에 영향을 주게 됨에 따라 통증 완화 효과가 나타난다고 설명하고 있다[13].

이러한 통증 치료는 서구의학 뿐만 아니라 한의학에서 침을 이용한 치료가 널리 사용되고 있다[17]. 전통 한의학에서 침구치료는 경혈을 자극하여 기의 흐름을 원활하게 하며, 질병 및 통증을 치료한다. 침구치료는 현재까지 과학적으로 증명되지 않았으나 세계적으로 효과가 입증됨에 따라 경혈, 경락, 기의 흐름을 과학적으로 증명하기 위해 연구들이 진행되고 있으나 주로 전기생리학적인 연구가 진행되고 있다[18][19]. 전기 생리학적으로 기의 불균형은 세포에서의 이온 흐름과 관련하여 설명하고 있다. 세포에서 이온의 흐름으로 영양분은 흡

수하고 노폐물은 배출하게 되는데 이온 흐름에 이상이 발생하면 세포 기전의 변화로 인해 인체에 이상현상이 발생하고 이때 필요이상의 전하가 응집되어 과충전 상태를 만들며 생체에너지 즉 기의 흐름을 방해하거나 정체시킴으로서 기의 불균형이 발생한다고 설명하고 있다[20]. 기의 불균형은 해당 경혈, 경락에 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 침구치료 작용 기전은 자기장 자극의 기전과 상당히 일치함을 보인다.

따라서 전자기장 자극과 침 자극 사이의 상관관계에 대한 연구와 전자기장 자극을 경혈에 자극 하였을 경우의 치료효과에 대한 연구가 필요하다고 사료되어 본 연구에서는 경혈에 침자극과 전기적으로 유사한 자극을 줄 수 있으며, 비침습적으로 자극할 수 있는 전자석과 구동시스템을 개발하였다. 또한 사용자의 편의를 위한 GUI(Graphical User Interface)를 Windows CE 5.0을 이용해 구성하였다. 개발된 시스템을 이용하여 경혈 자극에 대한 경락에서의 전기적 변화를 측정함으로써 침 치료에 있어서 보조적 역할의 가능성을 확인하고자 한다.

제 2 장 이론적 배경

2.1 전기침 자극 요법을 이용한 통증 치료

전기침자극요법은 기존의 전기 치료 요법과 달리 전기 저항이 낮고 전기 용량성이 큰 경혈 부위에 침전극이나 전도성 도자를 부착시킨 다음 저빈도, 저강도 및 펄스 형태의 전류를 사용하여 미소전기자극을 인가하여 줌으로써 통증 치료를 목적으로 하는 새로운 형태의 전기 치료 요법이다.

이러한 전기 치료 요법은 1965년 Melzack과 Wall에 의해서 통증 조절에 대한 관문조절설(The gate control theory)[29]이 발표된 이후 최초로 전기요법의 개념이 정립되었다. Melzack과 Wall은 통각의 지각이 척수 후각에 있는 통증 전달세포(T cell)의 흥분에 의해 일어나고, 이것은 굵은 구심섬유(A α , A β)와 가는 구심섬유(A δ , C)의 상대적인 활성화에 의해서 영향을 받는다고 제안하였다. 즉, 굵은 구심섬유가 자극을 받게 되면 통증전달세포가 활성화 되며 동시에 구심섬유와 통증전달세포간의 연결을 억제하는 교양질 세포(G cell)도 활성화 되어 통증 전달을 억제하게 된다. 이러한 가설에 의거하여 최초로 경피성 전기신경자극요법(Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation, TENS)이 만들어 졌으며, 이는 전기자극을 통하여 굵은 구심섬유를 자극함으로써 통증지각을 감소시키는 자극요법이다[28][30]. 이후 경피성 전기신경자극요법의 한계성을 극복하기 위해 한의학의 침술요법에 응용하게 하게 되었으며, 그 결과 전기침자극요법이 발생하게 되었다.

전기침 자극 요법은 임상연구에 널리 사용되고 있으며 많은 연구들에서 통증완화 효과에 대한 연구결과들이 보고되고 있다. 하지만 치료 시 전기 자극으로 인해 불쾌감을 줄 수 있으며, 피부염, 이상감각 유발, 신경손상 등 치료의 부작용이 발생할 수 있는 단점이 있다.

2.2 치료를 위한 자기장 자극 및 방법

2.2.1 정자기장(Static Magnetic Field) 자극을 이용한 통증 치료

정자기장 자극은 주로 영구자석을 이용하여 통증 부위나 부종이 발생한 부위에 부착함으로써 질환을 개선하는 방법으로 많은 연구들에 의해 치료효과가 입증되고 있다.

1997년 Vallbona는 post-polio 증후군을 가지고 있는 50명의 환자를 대상으로 29명에게는 통증 부위에 30mT-50mT 세기의 자기장이 발생하는 패드를 부착하게 하였고 나머지 21명에게는 자기장이 발생하지 않는 패드를 부착하게 하여 4주 동안 치료를 받게 하였다. 그 결과 자기장이 발생하는 패드를 부착한 그룹에서 자기장이 발생하지 않는 패드를 부착한 그룹보다 76%의 통증완화 현상을 관찰할 수 있었다[5].

2001년 Alfano는 3달 이상 근골격계 통증을 호소하는 사람을 대상으로 67명은 400mT 자기장이 발생하는 침대에서 치료를 받게 하였으며, 44명은 자기장이 발생하지 않은 침대에서 치료한 결과 자기장 자극을 받은 환자에서 통증이 감소하는 현상을 관찰하였다. 또한 N극, S극을 교번한 결과 통증 완화에 더 효과적임을 관찰하였다[9]. 이외에도 많은 연구에서 정자기장 자극을 통해 통증완화 효과가 개선되었다는 결과가 보고되고 있다. 하지만 대부분의 연구결과에서 다양한 자극 방법, 자극 시간, 통증의 다양성, 치료기간, 자기장 강도 등에 따라 확실적인 연구결과가 보고되었으며, 자극 세기를 40mT 이상, 자극 시간은 45분 이상으로 자극 할 경우에 통증 완화 현상을 관찰 할 수 있는 것으로 나타났다[2]. 이처럼 영구자석을 이용한 정자기장 자극 방법은 부가적인 장치가 필요 없으며, 일상생활에서 통증부위에 부착하여 치료할 수 있다는 장점이 있지만 치료시간이 오래 걸린다는 점과 자극세기, 자극방법을 조절할 수 없다는 단점을 가지고 있다.

2.2.2 정자기장 자극이 인체에 미치는 영향

정자기장 자극이 요통을 포함한 근골격계 질환의 치료, 연골의 성장, 통증 완화, 심리적 안정에 효과가 있다는 주장이 인정받으면서 많은 연구들이 진행되고 있지만 기전에 대해서는 명확히 밝혀지지 않았다. 다만 실험을 통하여 여러 가설을 제시하고 있다.

Holcomb은 통증부위에 자석을 부착시키면 다양한 원인에 의해서 통증이 경감된다는 사실을 발견하여 전자현미경을 이용하여 자석이 작용하게 되면 염색체가 방향을 바꾸는 현상을 관찰하였다. 이러한 염색체의 위치변화를 통해 급성 혹은 만성 통증의 없앨 수 있다고 제시하였으며[22], Yousef Haik는 적혈구가 산소와 결합했을 때 반자성을 띠고, 산소와 분리되었을 때에는 상자성을 띤다는 것을 배경으로, 정자기장이 혈액 순환에 영향을 줄 수 있음을 제시하였다.

이외의 여러 가설들 중에 가장 유력시 되는 가설은 “신경 자극설”이다[13]. 정자기장이 생체에 미치는 영향의 기전에 대한 대부분의 연구들에서 인지질의 반자성체 성질을 바탕으로 자기장 자극 시 인지질 분자의 방향이 바뀌게 되고 그로인해 이온 통로의 변화가 발생하며 이온의 흐름에 영향을 준다는 것을 기본으로 설명하고 있다[1]. 이온의 흐름에 영향을 받게 됨에 따라 막전위가 변화하며 그로인해 탈분극이 발생하여 주위 신경세포 및 말초신경에 영향을 주게 된다.

이러한 가설을 뒷받침 해주는 연구로는 주로 신경 계통에 정자기장 자극을 주었을 때의 생체변화를 관찰한 연구들이다. Kholodov의 연구결과에서는 토끼에 20mT를 자극 하였을 때 뇌전도의 변화가 관찰 되었으며[14], Klimovskaya의 연구에서는 쥐에 50-400mT 세기의 자기장을 자극하였을 때 체성감각 유발전위의 변화가 관찰 되었다[15]. 또한 Rosen 연구에서는 고양이에 120mT의 자기장 세기로 자극 하였을 때 시각유발전위의 변화가 관찰 되었다[16].

또한 정자기장 자극이 이온 흐름에 영향을 준다는 가설을 패치클램프기록(patch-clamp recording)이라는 방법을 이용하여 직접적으로 증명한 연구들이

있다. 패치클램프기록은 세포에서 세포막 조각을 분리하여 조각에서의 이온의 흐름을 전류로 측정할 수 있는 방법을 말한다.

Rosen은 정자기장 자극 시 이온 흐름의 변화를 관찰하기 위해 배양된 GH3 세포에서 Ca^{2+} 이온의 흐름을 패치클램프기록 방법을 이용하여 측정하였다. 세포에 120mT의 정자기장을 자극한 결과 Ca^{2+} 이온의 흐름에 대한 전류의 진폭이 감소하는 것을 관찰하였다[23].

2.2.3 시변 자계에 의한 자극

시변 자계에 의한 자극은 1982년 Barker에 의해 신경 자극을 비침습적으로 자극한 연구가 발표된 이후 신경계통 질환 진단 및 치료에 많은 연구가 진행되고 있으며, 현재 자기신경자극(Magnetic nerve stimulation) 및 경두개자기자극(Transcranial Magnetic Stimulation, TMS)에 많이 이용되고 있다[3].

시변 자계에 의한 자극은 인체에서 자기장에 의해 유도된 와전류(eddy current)에 의해서 신경, 뇌, 근육을 비침습적으로 자극할 수 있는 방법이다. 즉 그림 2.1과 같이 도선에 흐르는 전류를 변화시키면 도선에서 변화되는 1차 자기장이 발생되고 도체 내부에서는 자기장의 변화를 방해하는 전류가 흐르게 된다. 이를 와전류(eddy current)라 하며, 전류 방향은 1차 자기장의 방향과 반대되는 2차 자기장이 발생하는 방향으로 흐르게 된다.

이러한 시변 자계에 의한 자극은 기존의 전기 자극 보다 통증의 강도가 작으며 전기침을 삽입하기 어려운 뇌 부분이나 척추부분의 신경도 자극할 수 있다는 장점이 있으나 짧고 강한 자기장을 발생시키기 위하여 매우 강한 펄스형태의 전류가 필요하기 때문에 자극기 자체의 부피가 커진다는 단점이 있다. 또한 원하는 부위를 정확히 자극하기가 어렵다는 단점도 가지고 있다.

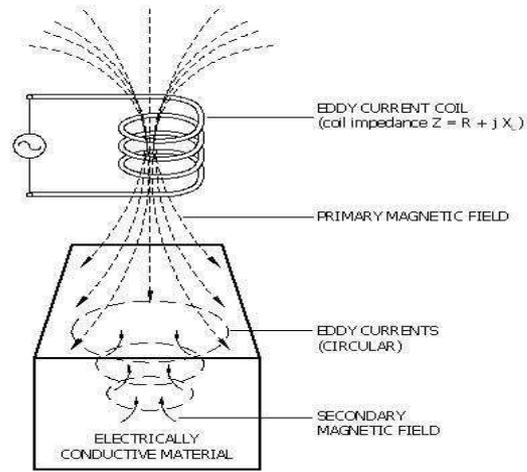


그림 2.1 시변 자기장에 의한 와전류 발생

2.3 경혈과 경락의 전기적 특성

경혈과 경락은 인체의 생리기능, 병리변화 및 장부와의 상호관계를 대변하며 한의학 이론체계의 중요한 구성부분이다. 경락은 한의학에서 경맥과 낙맥으로 구성되어 전신에 분포된 인체 기혈의 통로라고 정의되며, 경맥은 대부분 깊은 부위를 순행하고 낙맥은 비교적 얕은 부위를 순행하며 인체의 모든 장부, 기관 등에 연결되어있다. 이러한 경락은 인체외부 자극을 수용하고 인체내부 상태를 외부로 드러냄으로써 한의학에서 중요한 의미를 갖는다[24]. 경혈은 경락상의 특정 부분으로 경락이 외부와 통하는 통로 역할을 한다. 따라서 경혈은 경락의 진단부위인 동시에 치료점이 되며, 경락을 통해 장부간의 상호작용의 결과가 나타나게 된다. 이러한 경혈, 경락을 바탕으로 하는 한의학에서의 치료효과가 전세계적으로 인정되면서 경혈, 경락에 대한 여러 가지 과학적 연구가 활발히 진행되고 있다[24][25]. 특히 경락을 전기 생리학적 관점에서 전기 저항, 전위 등을 이용한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이러한 연구들을 통하여 경혈을 과학적으로 명확히 밝혀낼 수는 없고, 경혈에서 나타나는 반응들을 이용하여 간접적으로 증명하고 있다. 또한 대부분의 연구들에서 특정 경혈 및 경락에서 측정되기 때문에 실험 방법 및 경혈 위치에 따라 다양한 결과들이 보고되고 있다. 하지만 경혈과 경락 및 비경혈에 대한 전기적 특징은 비교적 일치된 내용으로 “경혈, 경락이 비경혈, 비경락 보다 전기 저항이 낮으며, 전기 용량성이 크다”라는 의견에서 일치를 이루고 있다.

1950년 일본의 中谷義雄(Nakatani)는 피부에 약한 직류 전류를 흘려 전류가 흐르는 상태를 연구하다가 저항값이 주변의 피부보다 작은 통전 양도점과 양도락을 발견하였다[26]. 피부에 12V에서 21V의 직류 전압을 걸었을 때 전류가 잘 통하는 부위가 일정한 선으로 나타나는데 이선을 양도락이라고 명명하였다. 이 양도점들의 분포가 경혈들과 많이 일치하며 양도락이 한의학의 경락과 거의 흡사함을 발견하였다.

1953년 독일의 Reinhold Voll은 경락을 전기 생리학적으로 측정할 수 있는

EAV(Electro-acupuncture according to Voll)을 제시하였다. 이는 외부 미약전류 자극에 의한 반응으로써 질환과 건강상태를 진단하는 개념이다. 즉 전극에 2V 정도의 직류 전압을 걸어 인체에 생리적 전류 수준인 10uA 정도의 전류를 흐르게 하여 각 측정부위에서의 반응을 측정하는 것이다. Voll과 동료들은 내부 장기 조직 부위와 연결된 500여개가 넘는 반응점들을 발견하였고 대부분이 한의학에서의 경혈과 일치하는 것을 알아냈으며, 반응점들의 연결선이 경락과 일치함을 밝혔다[31].

2.4 침 자극 시 경락에서의 전위 변화

전기 생리학적 관점에서 수기자극에 따른 경락의 전위변화를 측정한 연구에 따르면 침 자극 시 그림 2.2와 같이 충전·방전 형태의 전위변화가 측정되었으며, 30명의 피실험자를 대상으로 측정한 결과 peak 간의 전위는 $181.4 \pm 59.7 \mu V$ 였다[27]. 좌하지 족양명위경의 상거허(S37)와 하거허(S39)에 침전극을 삽입 후 족삼리(S36)를 자침하여 상거허와 하거허의 전위차를 측정함으로써 경락의 전위변화를 측정하였으며, 침자극은 타침법을 사용하였다. 타침법은 침병을 잡았다 놓는 행위를 반복하는 방법을 말한다. 따라서 침 자극 시에는 일정한 주기로 침병을 잡았다 놓았으며, 그 결과 침병을 잡을 때 peak 전위가 발생하고 잡고 있는 동안에 안정전위로 회복되었다. 그리고 침병을 놓는 순간 다시 peak 전위가 발생하고 다시 안정전위로 회복되었다. 이러한 반응은 시술자의 에너지가 침을 통해 환자에게 전달되는 과정으로 설명하고 있다[27].

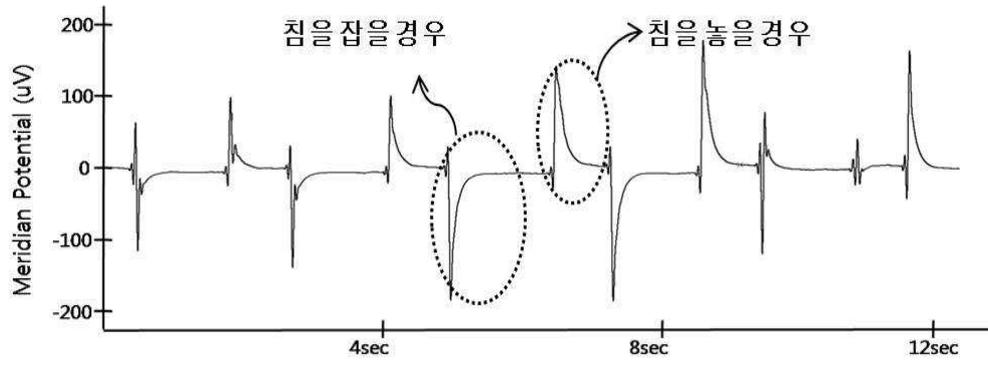


그림 2.2 수기 자극 시 경락에서의 전위 변화

제 3 장 연구 방법

3.1 연구 방향

통증 치료에 있어서 서양 의학을 바탕으로 한 치료법에 많은 한계를 보이면서 대체 치료법으로 침구 치료, 자기장 자극을 이용한 치료 등이 제시되고 있다. 이 중 침구치료는 임상적으로 치료효과가 세계적으로 인정받으면서 많은 연구가 진행되고 있다. 하지만 질병에 따라 치료기간이 길며 전문 한의사에게 치료를 받아야 하는 불편한 점이 있다. 또한 자기장 자극에는 영구자석을 이용한 치료법과 시변 자기장을 이용한 치료법이 있으며, 영구자석을 이용한 치료법은 부가적인 장치 없이 일상생활에서 치료가 가능하다는 장점이 있지만 자기장 세기 및 자극 방법을 조절 할 수 없으며, 치료기간이 길다는 단점이 있다. 시변 자기장을 이용한 치료는 자기장의 세기를 조절할 수 있지만, 고전류 발생으로 인해 장비가 커지고 가격이 비싸며, 정확한 부위에 자극을 할 수 없다는 단점이 있다.

따라서 통증 치료 및 침구치료의 보조적 역할을 할 수 있는 새로운 치료법이 필요할 것으로 사료되며, 이를 바탕으로 자기장 세기 및 자극 방법을 선택할 수 있고 소형으로 제작이 가능하며 비침습적으로 경혈을 자극 할 수 있는 시스템을 개발하고 자기장 자극 시 경락전위변화를 측정함으로써 침구치료의 보조적 역할을 할 수 있는 가능성을 확인하고자 한다.

3.2 경혈 자극을 위한 전자석 개발

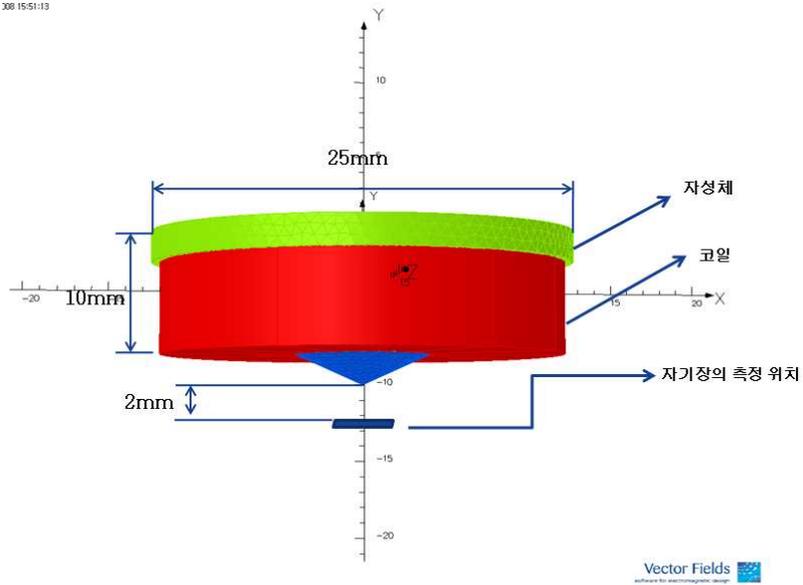
비침습적으로 국소 부위인 경혈에 자기장 자극을 할 수 있으며, 자기장세기, 자극방법을 조절 할 수 있는 전자석 개발을 목적으로 유한요소 해석법을 사용하여 전자석을 경혈 위치 및 자극 세기를 고려하여 직경이 25mm, 20mm, 12mm인 전자석을 모델링하였고 시뮬레이션을 하여 각각의 전자석 모델에서의 자속밀도를 측정하였다. 시뮬레이션 소프트웨어는 OPERA(영국, Vector Fields Ltd)를 사용하였다.

시뮬레이션 결과를 토대로 실제 전자석을 주문 제작하였으며, 시뮬레이션에서의 자속밀도와 실제 제작된 전자석에서의 자속밀도를 측정 및 비교하여 제작된 전자석의 성능을 확인하였다.

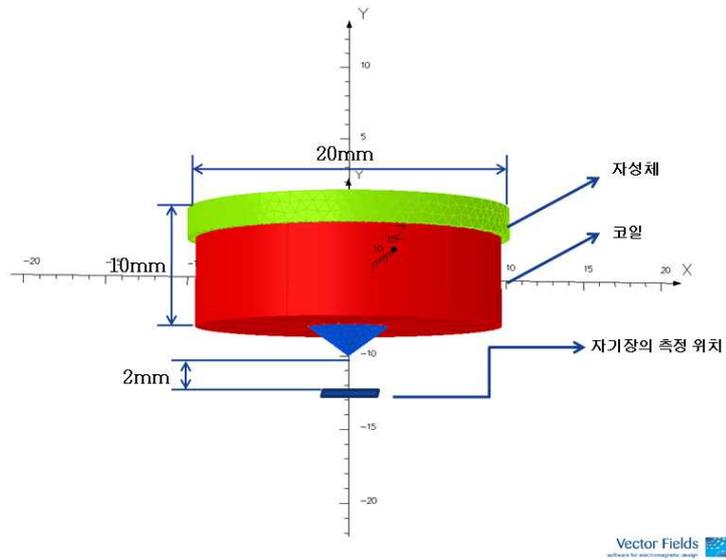
3.2.1 전자석 개발을 위한 시뮬레이션

경혈을 자극하기 위한 전자석을 제작하기 전에 전자석을 모델링하여 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 3.1은 전자석을 크기별로 모델링하여 시뮬레이션 수행하였으며, 코일의 인가 전류에 따른 자기장 세기를 도출하였다. 전자석의 크기는 직경 12mm, 20mm, 25mm로 구분하였으며 이는 경혈의 위치에 따라 효과적으로 자극 할 수 있도록 크기 별로 모델링하였으며, 국소부위인 경혈을 자극하기 위하여 자기장을 집중적으로 자극 할 수 있는 압정형태의 구조로 설계하였고 인체에 붙일 수 있도록 작은 원통형모양으로 설계하였다.

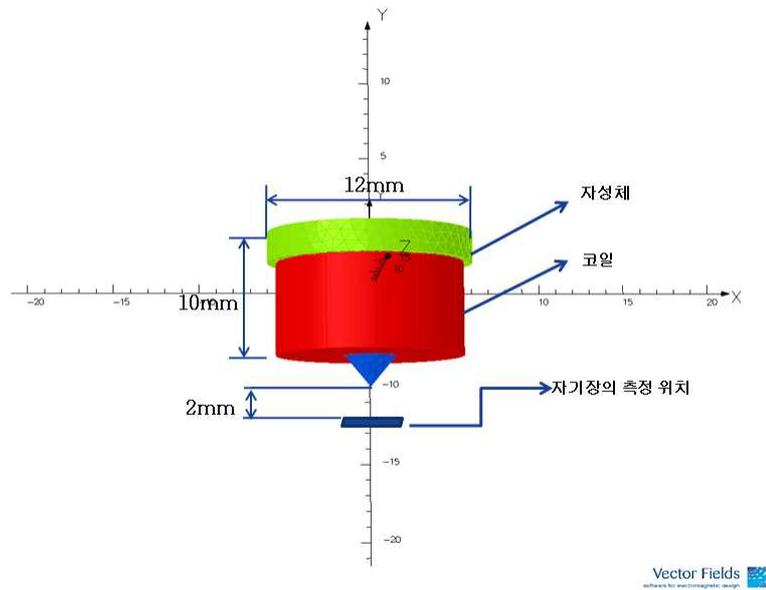
시뮬레이션 시 전자석의 코일 감은 수는 직경 25mm의 전자석일 경우 1,500번, 직경 20mm의 전자석은 1,200번, 직경 12mm의 전자석은 900번으로 설정하였으며, 코일의 인가전류는 6단계로 나누어 20mA, 45mA, 70mA, 100mA, 120mA, 140mA로 설정하였다. 자기장 측정 위치는 전자석 모델에서 Y축으로 2mm 아래 지점에서 가로 4mm, 세로 4mm 인 정사각형 안에서의 자기장 분포를 평균으로 계산하여 도출하였다.



(a) 직경 25mm의 전자석 모델



(b) 직경 20mm의 전자석 모델



(c) 직경 12mm의 전자석 모델

그림 3.1 크기 별 전자석 모델링

시뮬레이션 결과 자기장 세기는 표 3.1과 같이 측정되었다. 동일한 전류에서 전자석의 크기와 코일의 감은수가 증가할수록 자기장 세기 역시 증가하였다.

표 3.1 시뮬레이션 결과 도출된 자기장 세기

전류	직경 12mm 전자석	직경 20mm 전자석	직경 25mm 전자석
20mA	1.53mT	2.15mT	2.96mT
45mA	3.44mT	4.85mT	6.66mT
70mA	5.35mT	7.54mT	10.37mT
100mA	7.65mT	10.78mT	14.81mT
120mA	9.18mT	12.92mT	17.77mT
140mA	10.71mT	15.08mT	20.73mT

3.2.2 경혈 자극을 위한 전자석 개발

그림 3.2는 시뮬레이션의 결과를 바탕으로 전자석 모델과 동일하게 주문제작한 전자석이다. 크기와 코일의 감은 수 역시 동일하게 하였으며, 코일 인가 전류 위치 역시 시뮬레이션과 동일하게 6단계로 나누어 자속밀도를 측정하였다. 자속밀도 측정위치는 시뮬레이션과 동일하게 Y축으로 2mm 아래에서 측정하였으며, 표 3.2는 제작한 코일에서 10번 반복하여 측정한 후 평균치를 나타낸 것이다. 자속밀도 측정은 460 3-Channel Gaussmeter(미국, LakeShore)를 이용하였다.



그림 3.2 주문 제작한 전자석

실제 제작한 전자석에서 코일 인가전류에 따른 측정된 자기장 세기는 표 3.2와 같다. 시뮬레이션 결과와 비교하였을 때 0.09mT - 1.69mT 차이를 보였다.

표 3.2 제작된 전자석에서 측정된 자기장 세기

전류	직경 12mm 전자석	직경 20mm 전자석	직경 25mm 전자석
20mA	1.40mT	2.02mT	3.78mT
45mA	3.21mT	4.63mT	6.84mT
70mA	5.44mT	7.05mT	10.25mT
100mA	7.87mT	9.85mT	15.24mT
120mA	9.36mT	11.23mT	18.35mT
140mA	11.24mT	13.75mT	20.1mT

표 3.3 시뮬레이션 결과와의 차이

전류	직경 12mm 전자석	직경 20mm 전자석	직경 25mm 전자석
20mA	0.13mT	0.13mT	0.82mT
45mA	0.23mT	0.22mT	0.18mT
70mA	0.09mT	0.49mT	0.12mT
100mA	0.22mT	0.93mT	0.43mT
120mA	0.18mT	1.69mT	0.58mT
140mA	0.53mT	1.33mT	0.63mT

3.3 집중형 경혈 자극 시스템 개발

그림 3.3은 전체 시스템의 블록다이어그램이다. 시스템은 전자석 침 자극기 (ElectroMagnet Acupuncture Stimulator, EMAS)로서 GUI(Graphical User Interface)를 포함하는 EMAS WinCE System과 코일에 인가되는 전류를 제어하는 EMAS Current Drive System으로 나누어 설계하였다. 또한 8채널로 설계함으로써 한번에 8곳의 경혈을 자극 할 수 있도록 하였다.

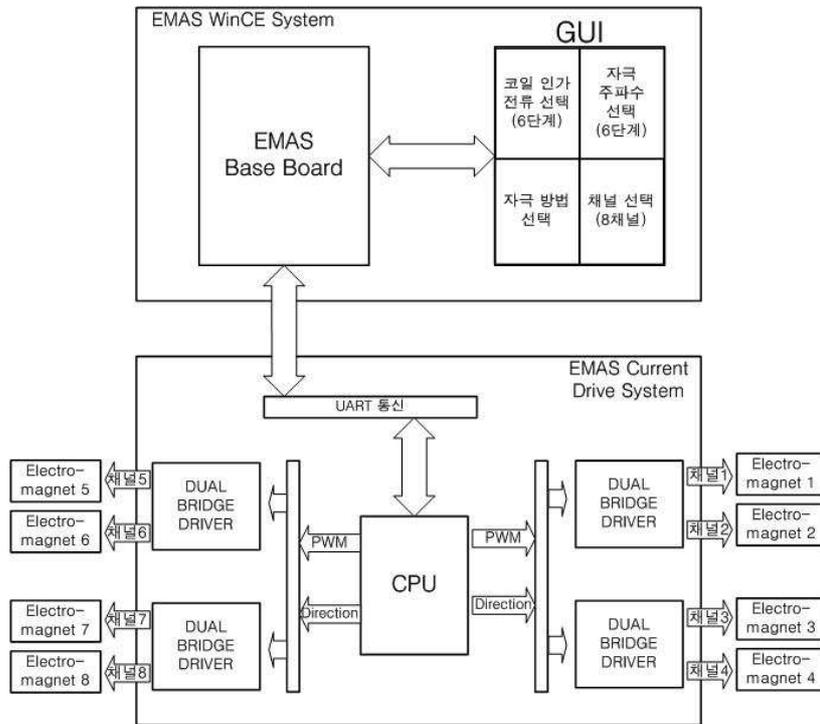


그림 3.3 전체 시스템 블록다이어그램

3.3.1 EMAS WinCE System

그림 3.4는 EMAS WinCE System의 GUI(Graphical User Interface) 화면이다. EMAS WinCE System에서는 그래픽 중심의 사용자 환경을 제공하기 위하여 WindowsCE 5.0을 사용하였으며, 사용자에게 따라 다양한 자극을 할 수 있도록 자극 방법 및 세기, 자극 주파수 등을 선택할 수 있도록 응용프로그램을 제작하였다. 각 채널 별 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.

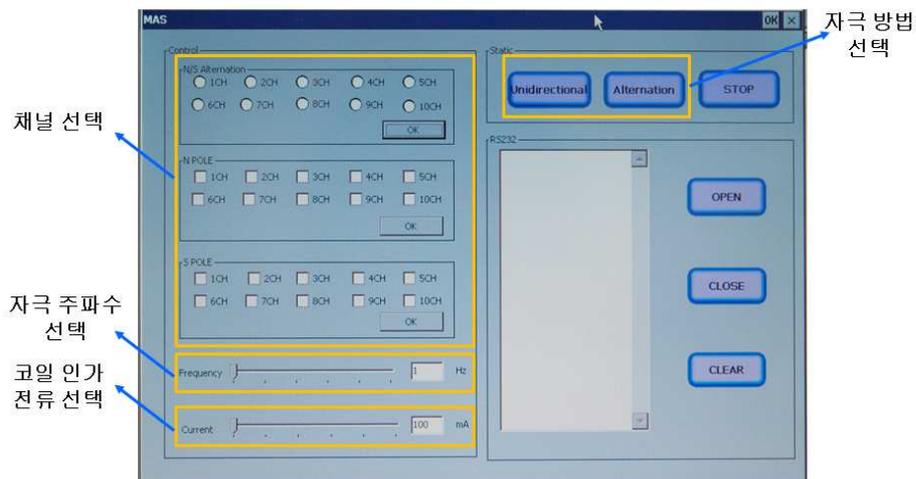


그림 3.4 EMAS WinCE System의 GUI

채널, 자극방법, 자극주파수, 자극세기를 가변시킬 수 있는 범위는 표 3.4와 같다.

표 3.4 가변 항목 및 범위

선택 사항		가변 범위				
채널 수		8 채널				
자극 방법	N극,S극 교번	펄스 N극	펄스 S극	단일 N극	단일 S극	
자극 세기 (전자석의 인가전류)	20mA	45mA	70mA	100mA	120mA	140mA
자극 주파수	0.5Hz	1Hz	1.5Hz	2Hz	2.5Hz	3Hz

그림 3.5는 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. EMAS Base Board의 사양 및 내용은 표 3.5와 같다.

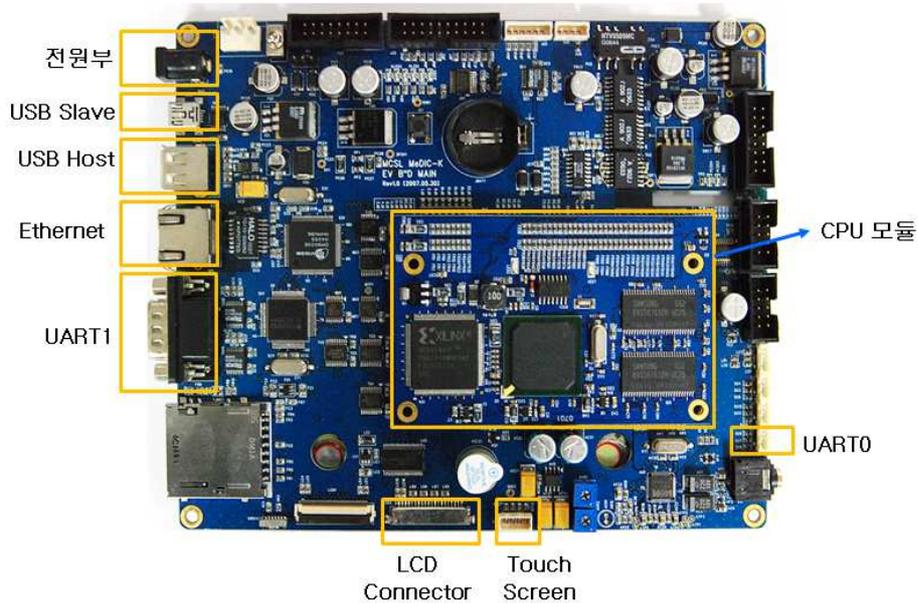


그림 3.5 EMAS WinCE System의 EMAS Base Board

표 3.5 EMAS Base Board의 사양 및 내용

장 치	사양 및 내용
CPU	Intel PXA270
LCD	10.4" 800*600 TFT LCD
메모리	32MB Flash ROM
	64MB SDRAM
USB Slave	응용프로그램 다운로드
USB Host	저장 장치, 마우스
Ethernet	WinCE 5.0 이미지 다운로드
UART	UART1 : PXA270 internal BT-UART
	UART0 : 16c554 External UART
	EMAS Current Drive System과 데이터 통신

3.3.2 EMAS Current Drive System

EMAS WinCE System에서 설정된 데이터를 이용하여 전자석을 제어하기 위해서는 전자석에 인가되는 전류세기와 전류방향을 제어해야 한다. 따라서 이와 같이 전류제어를 목적으로 그림 3.5와 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.

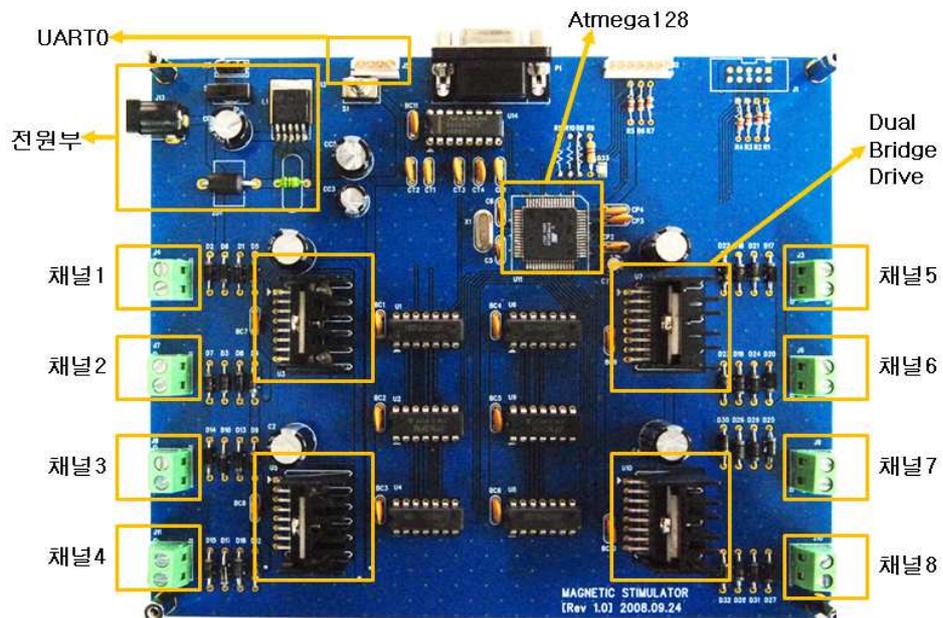


그림 3.6 EMAS Current Drive System

3.4 경혈 자극 및 경락 전위차 측정

3.4.1 실험 과정

본 실험에서는 개발된 전자석과 자기장 자극 시스템을 이용하여 경혈에 자기장을 자극 시 경락에서의 전위변화를 측정하고 수기자극 시 나타나는 경락 전위변화와의 비교를 통해 침 치료의 보조적 역할을 할 수 있으며, 효과적으로 경혈을 자극할 수 있는 새로운 방법을 제시하고자 한다.

경락은 우하지 족양명위경의 상거허(ST37), 하거허(ST39)를 선택하였으며, 전위차를 측정하기 위하여 침전극을 사용하였다. 또한 경혈은 우하지 족양명위경의 족삼리(ST36)로 선택하였다.

경락의 전위차를 측정하기 전 안정전위를 유지할 수 있도록 피실험자를 20분간 안정을 취하게 하였으며, 실험 중에는 피실험자 및 실험자의 움직임으로 발생 할 수 있는 잡음을 방지하기 위하여 움직임이 없는 상태에서 실험에 임하였다.

1) 경락 전위 측정 도구

경혈에 자기장 자극 시 경락에서의 전위를 측정하기 위하여 16bits 분해능을 가지는 A/D 변환기, 생체신호를 처리 분석할 수 있는 소프트웨어를 겸비한 고성능 생체증폭기인 ADInstruments 사의 PowerLab을 이용하였다.

또한 경혈에 침자극시 경락에서 나타나는 전기적 신호는 약 100uV-400uV이며, 이러한 매우 작은 신호는 시스템 자체 노이즈, 주변 환경에 의한 노이즈로 인해 특정 신호를 구별하기가 어렵다. 따라서 본 실험에서는 신호 분석을 위해 ADInstruments사의 생체신호처리 전문 프로그램인 Chart v5를 사용하였다.

2) 피실험자 선정

피실험자 선정은 10명의 20(27 ± 1.83)대 남자를 대상으로 하였으며, 족양명위 경은 주로 위장의 상태를 대변하고 있으므로 위장관련 질병이나 질환에 대한 병력이 없는 사람을 대상으로 하였다.

3) 실험 방법

경혈에 자기장 자극 시 경락에서의 전위변화를 측정하기 위하여 그림 3.7과 같이 구성하였다.

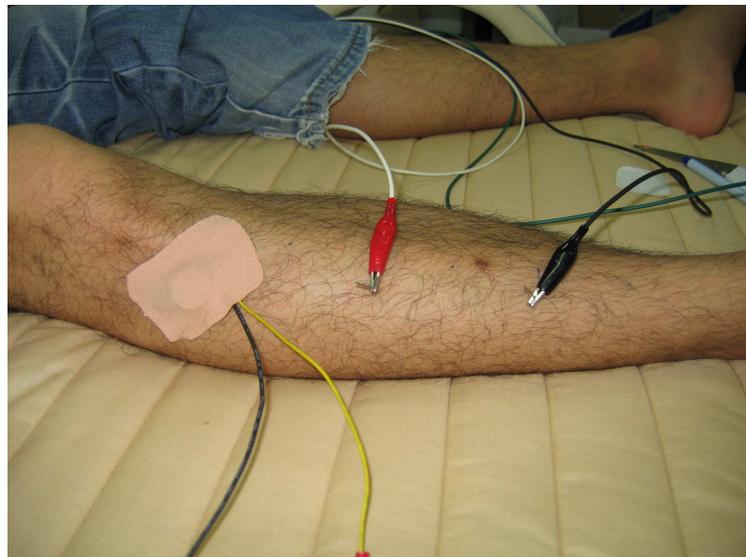


그림 3.7 자기장 자극에 따른 경락 전위차 측정을 위한 실험 장면

피실험자를 대상으로 경혈인 족삼리에 자기장 자극을 하기 위하여 제작된 전자석을 부착하였으며, 자극방법, 자극 세기, 자극 주파수를 변경하면서 자극하였을 때의 경락전위변화를 관찰하기 위하여 족양명위경의 상거허와 허거허에 각각 (+)침전극, (-)침전극을 삽입하였다. 실험에 앞서 모든 피실험자는 경락전위가 안정전위로 유지할 때까지 절연된 침대에 누워 안정을 취하게 하였으며, 측정 중에는 피실험자의 움직임으로 인해 발생할 수 있는 잡음을 최소화하

기 위하여 피실험자의 움직임이 없는 상태에서 실험을 진행하였다.

먼저 기존의 영구자석을 이용한 자기장 자극과 달리 자극 방법, 자극 주파수, 자극 세기를 선택 및 자극 할 수 있는 시스템과 전자석을 이용하여 자기장 자극 변화에 따른 경락전위변화를 관찰함으로써 시스템과 전자석의 유의성 및 성능을 검증할 필요가 있어 5명의 피실험자를 대상으로 자극 방법, 자극 주파수, 자극 세기에 대한 경락에서의 전위변화를 관찰하였다. 자극 방법에는 5가지 방법으로 N극, S극 교번 자극, 펄스 N극과 펄스 S극 자극, 단일 N극과 단일 S극 자극으로 하였으며, 각각의 자극방법 마다 자극 세기와 자극 주파수를 교번하면서 자극 하였다. 피실험자를 고려하여 자극세기는 3단계 즉 2mT, 5mT, 7mT로 가변 하였으며, 자극 주파수는 2단계 즉 0.5Hz, 1Hz로 가변하였다.

자기장 자극 변화에 따른 경락전위변화를 측정된 결과를 토대로 5명의 피실험자에게 주파수와 자극 세기를 고정하여 자극 방법에 따른 경락전위변화를 관찰하였으며, 이때 자기장 자극 시 발생하는 peak 전위와 고주파 성분의 신호를 제거하기 위하여 40Hz Low-pass Filter를 사용하였다. 자극 방법은 N극, S극 교번 자극, 펄스 N극과 펄스 S극 자극, 단일 N극과 단일 S극 자극으로 하였으며, 자극세기는 7mT, 자극주파수는 0.5Hz로 설정하였다.

모든 실험에서 자기장 자극 시 경락 전위변화는 30초간 측정하였으며, 자기장 자극 시 나타나는 신호만을 관찰하기 위하여 초기 10초 동안은 자극을 가하지 않고 안정전위를 유지하게 하였으며, 10-20초 사이에 자기장 자극을 가하면서 전위변화를 측정하였고. 이후 마지막 10초 동안 자극을 하지 않은 상태에서 전위변화를 측정하였다.

제 4 장 결과 및 고찰

4.1 자기장 자극 변화에 대한 경락전위 분석

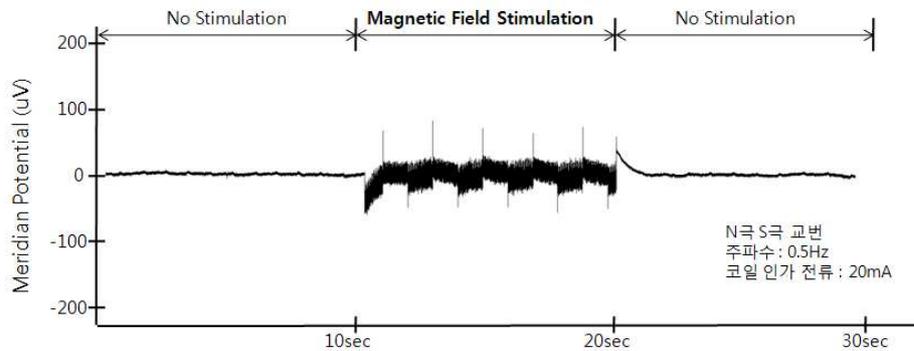
본 실험에서는 자극세기, 자극주파수, 자극방법에 따른 경락전위변화를 관찰하기 위하여 5명의 피실험자를 대상으로 각 자극방법에 따라 자극세기, 자극주파수를 가변하면서 경락전위변화를 관찰하였다.

4.1.1 N극·S극 교번 자극 시 자극세기에 대한 경락전위 분석

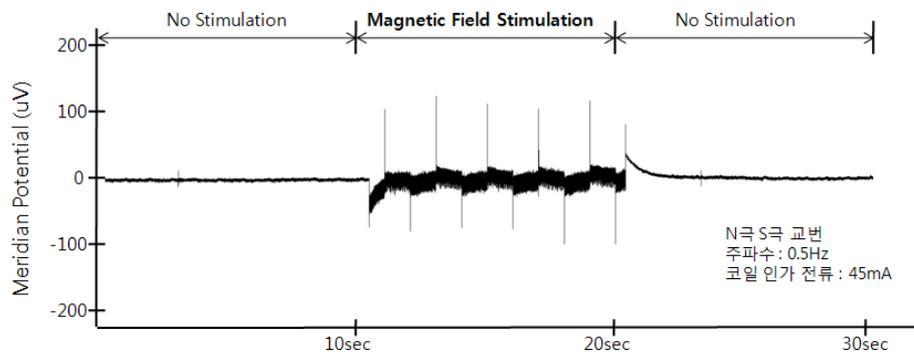
경혈인 족삼리(S36)에 전자석을 부착하고 N극·S극 교번 자극을 하면서 자극세기를 3단계로 가변시켰을 때의 경락전위변화를 측정된 결과 그림 4.1과 같이 측정되었다. 자극은 1초에 한번 씩 N극·S극을 교번하도록 하였으며, 안정전위 유지 후 10-20초 사이에 자기장 자극을 하였다.

안정화 기간 동안 전위의 변화가 없다가 자기장 자극을 가하는 순간 (-)방향으로 peak가 발생한 후 다시 안정전위로 회복되었다. 이후 극을 바꾸는 순간 (+)방향으로 peak가 발생하였고 다시 안정전위로 회복을 반복하였다. 즉 극을 바꾸는 순간에는 peak 전위가 발생하고 자극을 가하고 있는 동안에는 안정전위로 회복하는 전위변화가 관찰되었다.

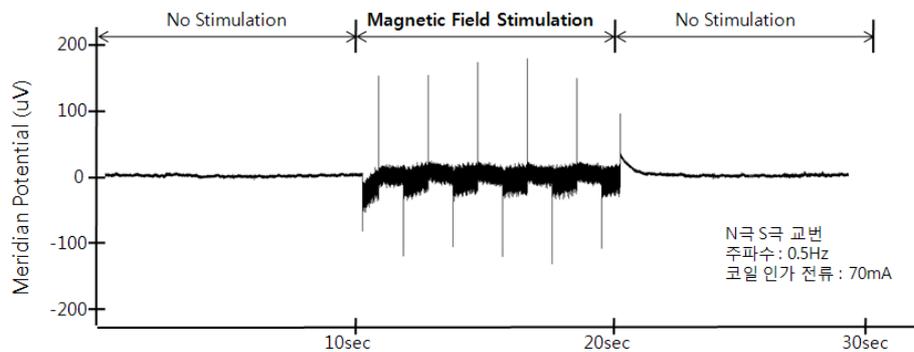
2mT 세기에서 발생하는 peak to peak 전위는 $121.6 \pm 40.3 \mu\text{V}$ 이며, 4mT 세기에서 발생하는 peak to peak 전위는 $198.0 \pm 60.8 \mu\text{V}$ 이고 7mT 세기에서 발생하는 peak to peak 전위는 $276.0 \pm 84.2 \mu\text{V}$ 로 나타났다. 이 결과 자극세기를 증가시킬수록 peak 전위가 증가한다는 것을 알 수 있다. 하지만 침 자극 시 경락에서 나타나는 충전·방전 형태의 전위변화는 $20 \mu\text{V}$ 의 낮은 전위에서 나타났다.



(a) 2mT인 자극세기에서의 경락전위 변화



(b) 5mT인 자극세기에서의 경락전위 변화



(c) 7mT인 자극세기에서의 경락전위 변화

그림 4.1 N극·S극 교번 자극에서의 전류변화에 따른 경락전위 변화

4.1.2 펄스 S극 자극 시 자극세기에 대한 경락전위 분석

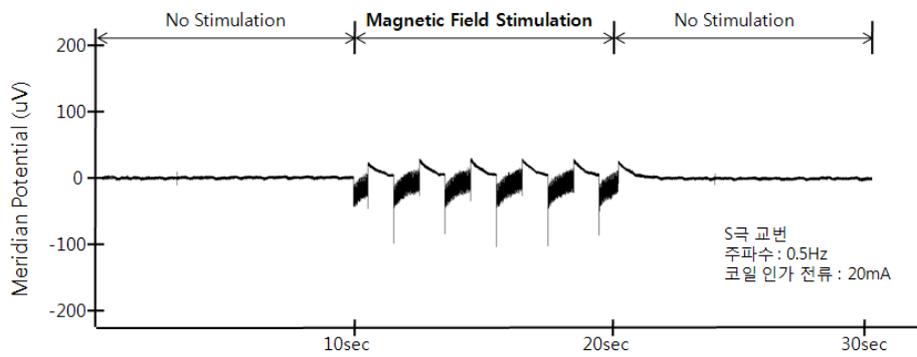
경혈인 족삼리(S36)에 펄스 형태의 S극 자극을 하면서 자극세기를 3단계로 가변시켰을 때의 경락전위변화는 그림 4.2와 같이 측정되었다. 자극은 규칙적으로 1초 동안만 S극 자극을 하였으며, 자극하는 순간 (-)전위로 peak가 발생한 후 안정전위로 회복되었고, 자극을 멈추는 순간 역시 (-)전위로 peak가 발생한 후 (+)전위에서 안정전위로 회복되는 전위변화가 관찰되었다. 펄스 형태의 S극 자극은 N극·S극 교번 자극과 달리 (+)전위로 peak가 발생하지 않았으며, 자극 순간과 자극을 멈추는 순간 모두 (-)전위로 peak가 발생하였다.

2mT 세기에서 발생하는 peak to peak 전위는 $108.2 \pm 22.6 \mu\text{V}$ 이며, 4mT 세기에서 발생하는 peak to peak 전위는 $118.9 \pm 38.1 \mu\text{V}$ 이고 7mT 세기에서 발생하는 peak to peak 전위는 $153.1 \pm 40.6 \mu\text{V}$ 로 나타났다. 또한 자극세기를 증가시킬수록 자극을 멈추는 순간 발생하는 peak to peak 전위가 커지는 것을 관찰하였다.

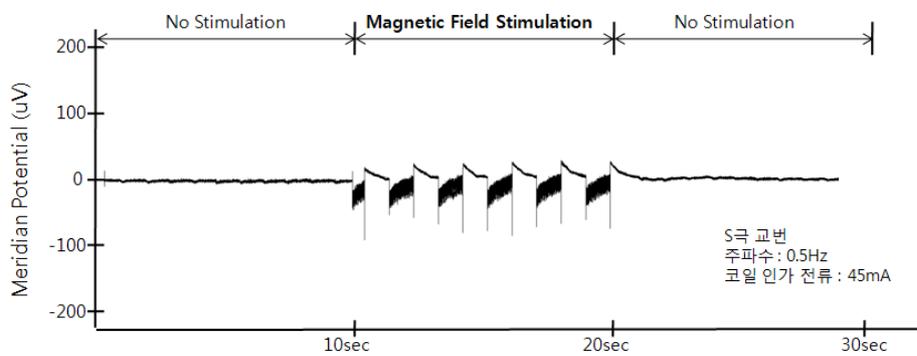
4.1.3 펄스 N극 자극 시 자극세기에 대한 경락전위 분석

그림 4.3은 경혈인 족삼리(S36)에 펄스 형태의 N극을 자극 하면서 전류를 3 단계까지 가변하여 경락전위변화를 측정한 결과이다. 자극은 규칙적으로 1초 동안 N극 자극을 하였으며, 자극하는 순간 (-)전위로 peak가 발생하였고, 자극을 멈추는 순간에는 (+)전위로 peak가 발생하였다. peak 전위 발생 후 방전되는 형태의 전위변화가 침 자극 시 나타나는 충전·방전 형태의 전위변화와 가장 유사하게 나타났다. 따라서 펄스 형태의 N극 자극이 수기법 중 타침법과 전기적으로 유사한 자극임을 확인할 수 있었다.

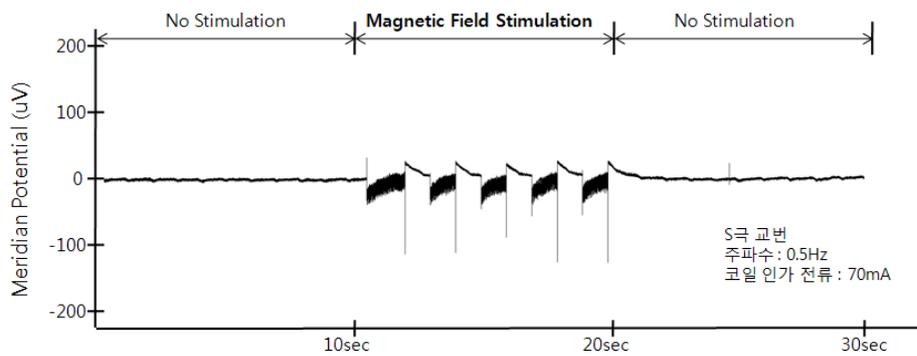
2mT 세기에서 발생하는 peak to peak 전위는 $232.5 \pm 62.3 \mu\text{V}$ 이며, 4mT 세기에서 발생하는 peak to peak 전위는 $358.2 \pm 90.6 \mu\text{V}$ 이고 7mT 세기에서 발생하는 peak to peak 전위는 $455.0 \pm 100.5 \mu\text{V}$ 로 나타났다. 이 결과 펄스 형태의 N극 자극은 같은 세기로 자극하였을 때 다른 자극들 보다 peak 전위가 높게 발생하는 것을 관찰할 수 있었다.



(a) 2mT인 자극세기에서의 경락전위 변화

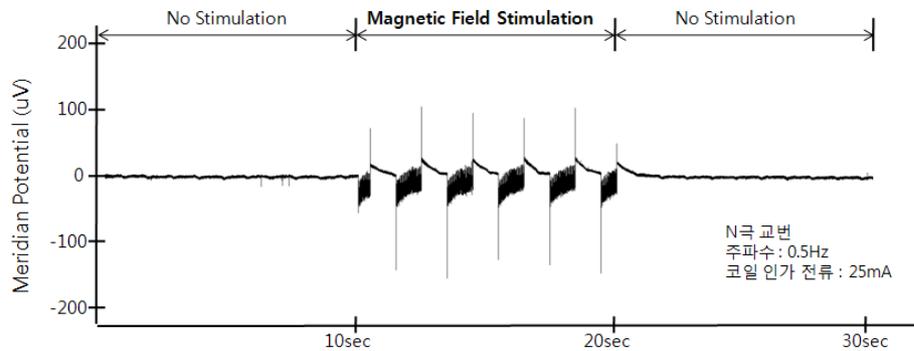


(b) 5mT인 자극세기에서의 경락전위 변화

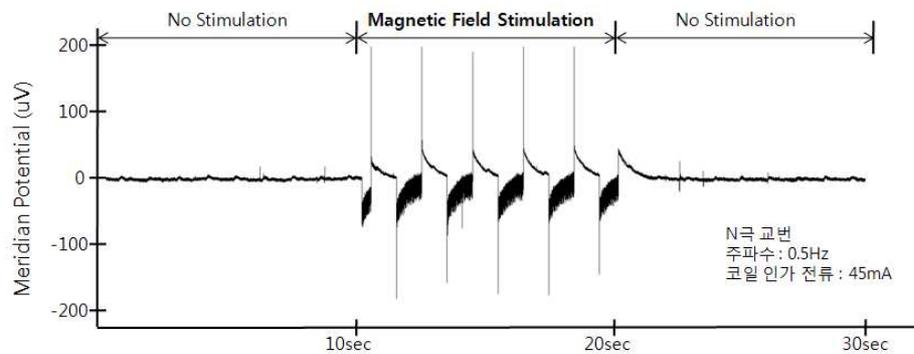


(c) 7mT인 자극세기에서의 경락전위 변화

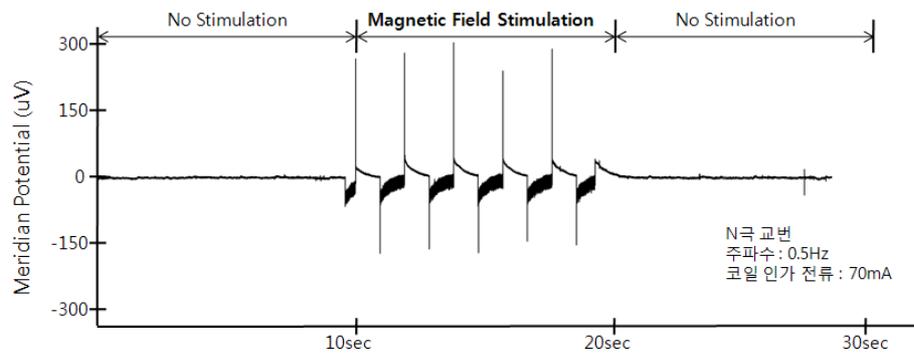
그림 4.2 펄스 S극 자극에서의 자극세기변화에 따른 경락전위변화



(a) 2mT인 자극세기에서의 경락전위 변화



(b) 5mT인 자극세기에서의 경락전위 변화



(c) 7mT인 자극세기에서의 경락전위 변화

그림 4.3 펄스 N극 자극에서의 자극세기변화에 따른 경락전위 변화

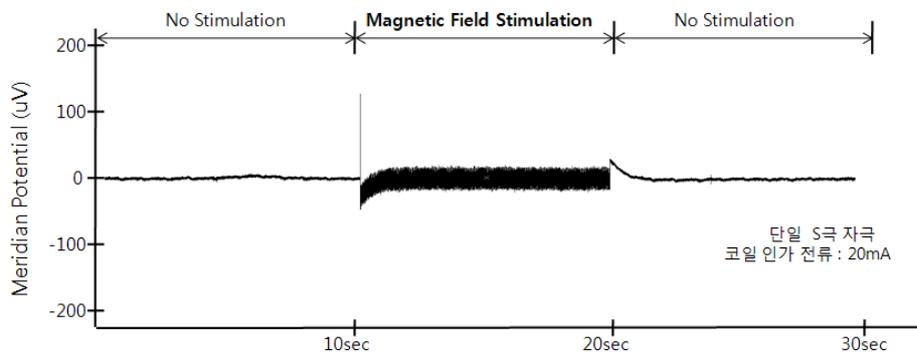
4.1.4 단일 S극 자극 시 자극세기에 대한 경락전위 분석

경혈인 족삼리(S36)에 단일 S극 자극을 하였을 경우 경락전위변화는 그림 4.4와 같이 측정되었다. 자극은 영구자석과 유사하게 지속적으로 S극으로만 자극하였다. 그 결과 자극 순간 (+) 전위의 peak가 발생하였으며 자극을 멈추는 순간 (-) 전위의 peak가 발생하였다. 하지만 이러한 peak 발생은 불규칙하게 발생하였으며, 자극세기가 증가함에도 peak의 전위 역시 불규칙하게 측정되었다.

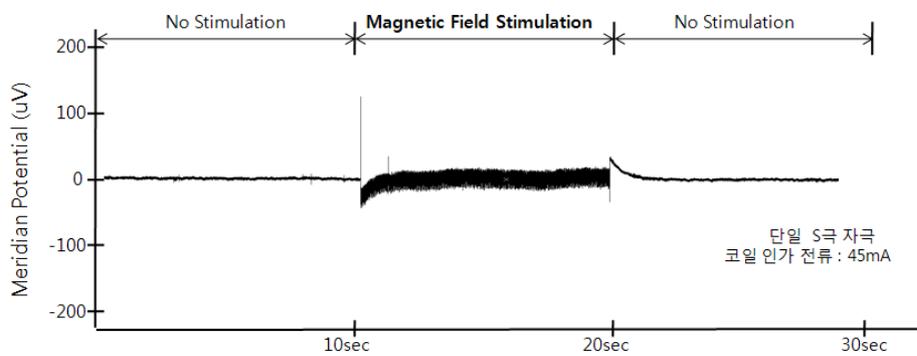
자극하는 동안에는 다른 자극들과 달리 큰 변화가 없었으며, 고주파 성분의 신호만이 측정되었다.

4.1.5 단일 N극 자극 시 자극세기에 대한 경락전위 분석

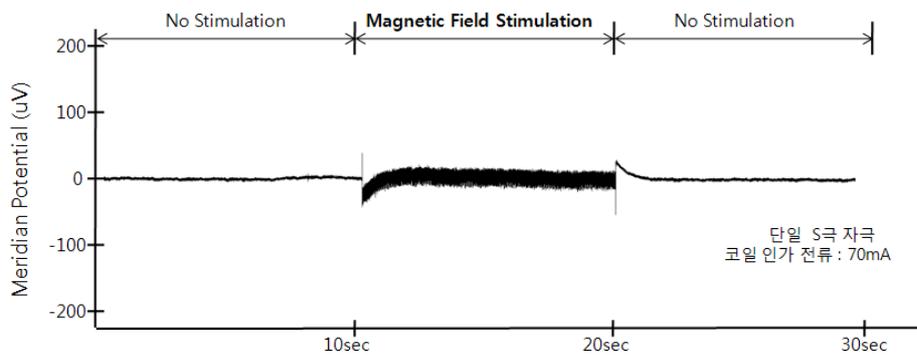
그림 4.5는 경혈인 족삼리(S36)에 단일 N극 자극을 하였을 경우 경락전위변화를 측정한 결과이다. 자극은 영구자석과 유사하게 N극으로만 자극하였으며, 그 결과 자극 순간 (-)전위의 peak가 발생 하였으며, 자극을 멈추는 순간에는 (+)전위의 peak가 발생 하였다. 이러한 peak 발생은 단일 S극 자극 시 나타나는 peak 전위와 반대로 발생하였으며, 자극세기에 큰 반응을 보이지 않았다.



(a) 2mT인 자극세기에서의 경락전위 변화

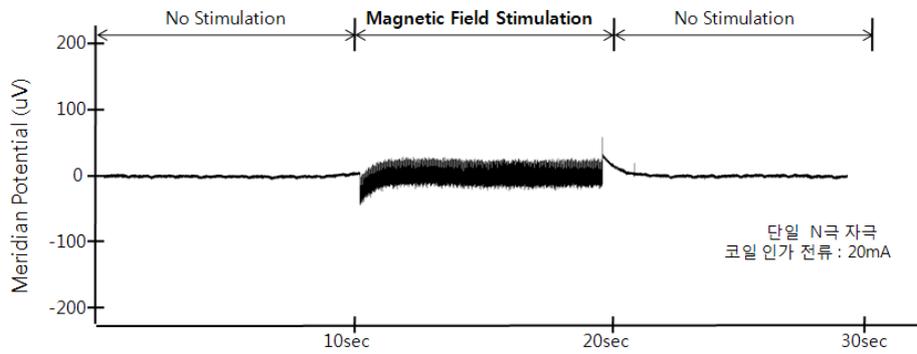


(b) 5mT인 자극세기에서의 경락전위 변화

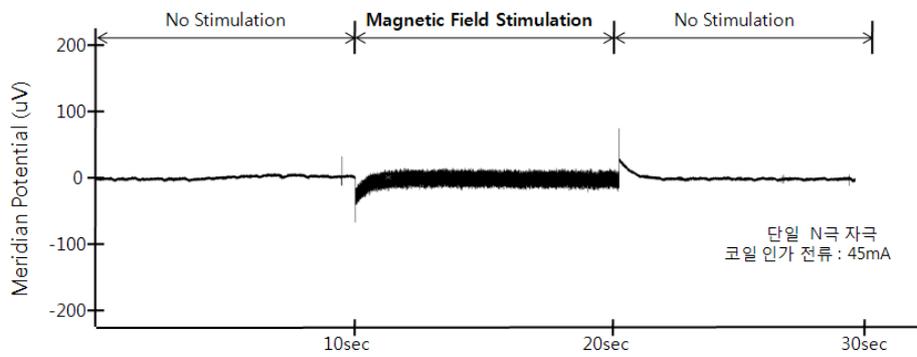


(c) 7mT인 자극세기에서의 경락전위 변화

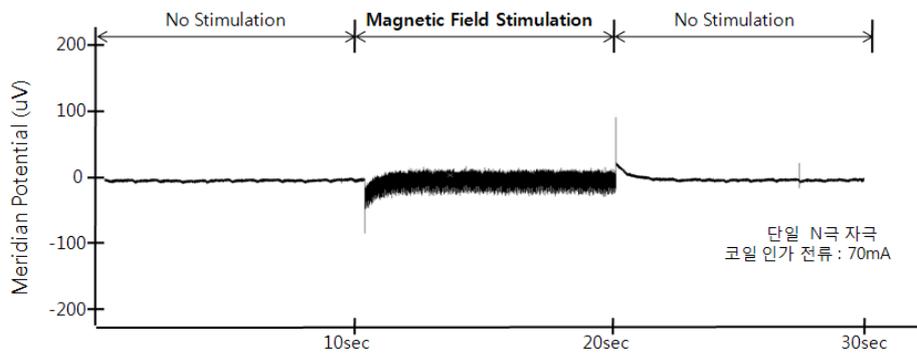
그림 4.4 단일 S극 자극에서의 자극세기변화에 따른 경락전위변화



(a) 2mT인 자극세기에서의 경락전위 변화



(b) 5mT인 자극세기에서의 경락전위 변화

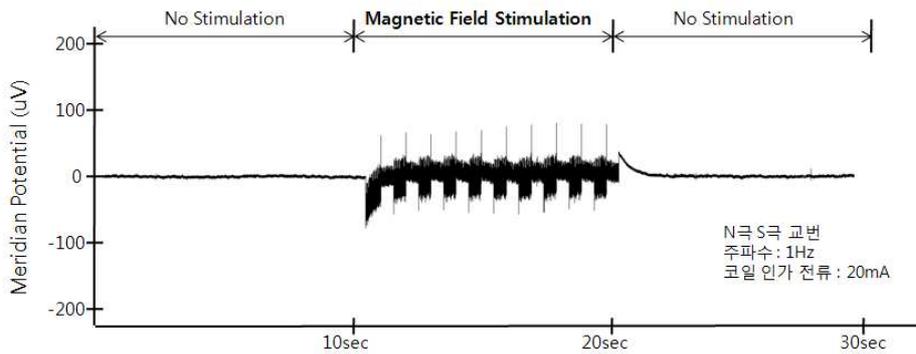


(c) 7mT인 자극세기에서의 경락전위 변화

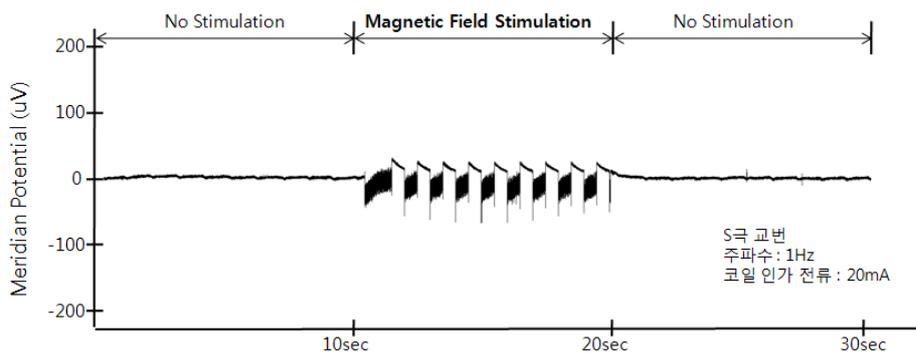
그림 4.5 단일 N극 자극에서의 자극세기변화에 따른 경락전위 변화

4.1.6 자극방법 별 자극주파수 변화에 따른 경락전위 분석

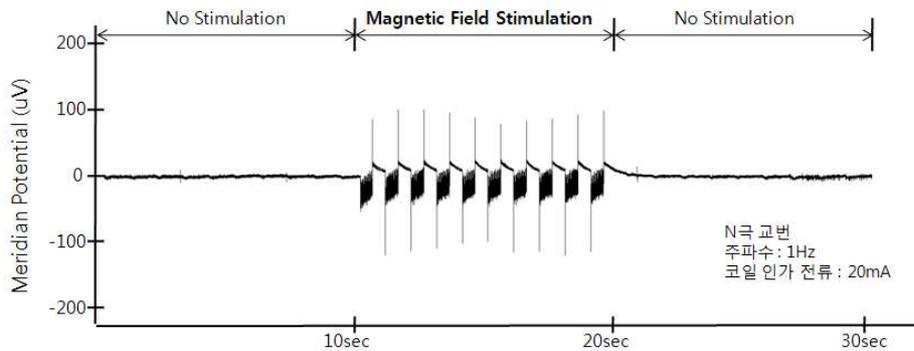
자극주파수 변화에 따른 경락전위변화를 관찰하기 위하여 각 자극방법 마다 자극주파수를 2단계로 설정하여 경혈인 족삼리(S36)을 자극하였으며, 이때 경락에서의 전위변화를 측정하였다. 그 결과 그림 4.6과 같이 측정되었으며, 동일한 자극방법과 자극세기에서 측정된 신호의 패턴과 peak to peak 전위는 유사하게 측정되었지만 peak의 발생은 설정한 자극주파수만큼 발생되었다. 이는 수기 자극에서 타침법을 사용 시 시술자가 침병을 잡고 놓는 행위는 반복하면서 경혈을 자극하게 되는데 이러한 자극 빈도는 시술자마다 다르며 자극빈도를 높이는 것은 한계가 있다. 따라서 전자석에서 자극주파수를 설정함에 따라 자극 빈도를 환자에 맞게 설정할 수 있으며 짧은 시간에 많은 자극을 할 수 있음을 확인하였다.



(a) 1Hz 주기로 N극:S극 교변 자극 시 경락전위 변화



(b) 1Hz 주기로 펄스 S극 자극 시 경락전위 변화



(c) 1Hz 주기로 펄스 N극 자극 시 경락전위 변화

그림 4.6 자극방법 별 자극주파수 변화에 따른 경락전위변화

경혈 자극 시 자극세기, 자극방법, 자극주파수 변화가 경락전위에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 전자석을 경혈인 족삼리(S36)에 부착하여 자극 하였으며, 이때 경락의 상거허(S37)와 하거허(S39) 사이에서 발생한 전위를 측정하였고 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

표 4.1은 자극방법 및 자극세기에 따라 경락에서 발생 한 peak to peak 전위를 측정 한 것이다. N극·S극 교번 자극 시 극이 바뀔 때 강하고 빠른 peak 전위가 발생하였으며, 펄스 형태의 N극와 S극 자극에서는 자극하는 순간과 자극을 멈추는 순간 빠르고 강한 peak 전위가 발생하였다. 또한 단일 형태의 N극과 S극 자극에서는 빠르고 강한 peak 전위가 발생하지 않았다. 그림 4.7과 같이 peak 전위는 펄스 형태의 N극 자극에서 가장 크게 나타났으며 단일 형태의 N극·S극 자극에서 가장 낮게 측정되었다. 이러한 peak 전위의 발생은 자계의 변화로 인해 발생된 전위라 생각된다. 즉 전자석의 도선에서 흐르는 전류가 빠르게 변화함으로써 도선에서 변화되는 1차 자기장이 발생되고 이로 인해 인체 내에서 1차 자기장의 변화를 방해하려는 2차 자기장이 발생되며, 그 결과 미약한 와전류(eddy current)가 발생하여 빠르고 강한 peak 전위가 발생했을 것으로 판단되며, 피실험자 마다 피부조직의 저항성분와 전기용량성 성분이 다르기 때문에 peak 전위가 불규칙하게 발생했을 것으로 판단된다. 이러한 peak 전위

는 수기자극 시 경락전위에서도 발생이 되며, 불규칙적이고 매우 빠르게 나타난다. 이는 수기자극 역시 전기 생리학적 관점에서 자기장 자극과 유사한 자극임을 시사한다. 즉, 수기자극 중 타침법을 이용하여 자극 할 경우 침병을 잡고 놓는 행위를 반복하게 되는데 침병을 잡는 순간과 놓는 순간에 peak 전위가 발생한다. 이는 침병을 잡는 순간 침에 미약한 자기장이 유도가 되며 침병을 잡고 놓는 행위를 반복함으로써 자기장의 변화를 유도하게 되어 peak 전위가 발생되는 것으로 판단된다. 하지만 peak 전위는 매우 빠르게 나타나고 피실험자마다 불규칙적으로 발생하여 인체에서의 영향을 예측하기 어렵다. 따라서 peak 전위를 제외한 경락전위변화를 관찰할 필요가 있을 것으로 판단되어 5명의 피실험자를 대상으로 40Hz Low-pass Filter를 취하여 자기장 변화로 인해 발생한 peak 전위와 자기장 자극 시 발생하는 고주파 성분을 제거하였으며, 자극주파수 0.5Hz, 자극세기 7mT로 고정하여 자극방법에 따른 경락전위변화를 측정하였다.

표 4.1 자극방법 및 자극세기에 따른 경락전위

자극방법	표본수	자극세기	평균전위(uV)	표준편차
N극·S극 교번	5	2mT	121.6	40.3
		5mT	198.0	60.8
		7mT	276.0	84.2
펄스 S극 자극	5	2mT	108.2	22.6
		5mT	118.9	38.1
		7mT	153.1	40.6
펄스 N극 자극	5	2mT	232.5	62.3
		5mT	358.2	90.6
		7mT	455.0	100.5
단일 S극 자극	5	2mT	26.1	3.5
		5mT	26.2	4.2
		7mT	21.0	4.2
단일 N극 자극	5	2mT	26.0	3.6
		5mT	20.3	4.5
		7mT	21.8	5.1

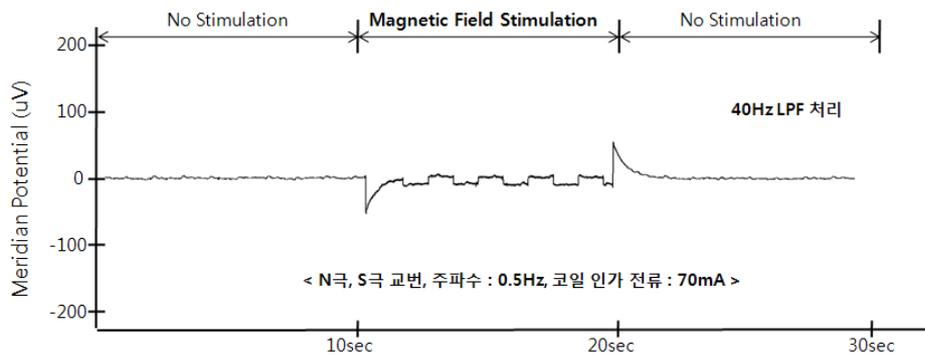
그림 4.7 자극 방법 및 자극세기에 따른 경락전위

4.1.7 필터처리를 통한 경락전위변화 분석

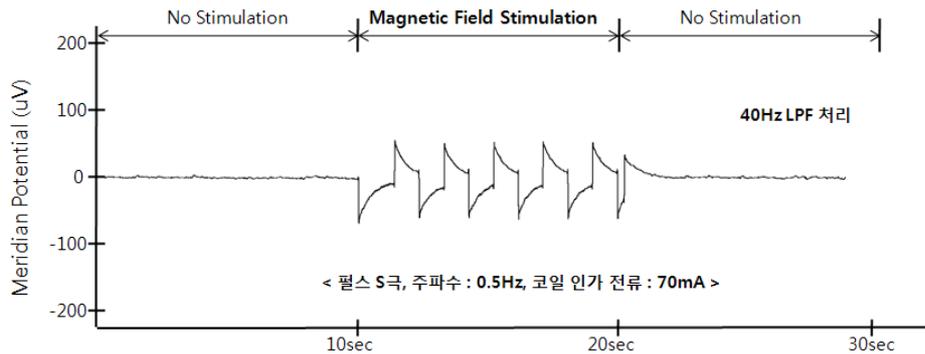
5명의 피실험자를 통한 자극세기, 자극주파수, 자극방법에 따른 경락전위변화를 측정하였으며, 그 결과 자극세기가 증가할수록 peak 전위가 증가하였고, 자극주파수에 해당하는 peak 전위가 발생함을 관찰하였다. peak 전위의 발생은 자기장이 변하는 순간에 나타났으며, 매우 짧은 시간에 발생하였다. 이러한 peak 전위는 인체 내에서 어떤 영향을 주는지는 예측하기 어려우나, 매우 짧은 시간에 발생한다는 것과 피실험자 마다 매우 불규칙하게 발생한 것으로 미루어 인체에서의 영향은 미미할 것으로 사료되어 5명의 피실험자를 대상으로 40Hz의 Low-pass Filter를 사용하여 자극주파수 0.5Hz, 자극세기 7mT에서의 자극방법에 따른 경락전위변화를 측정하였다.

그 결과 그림 4.8과 같이 5명의 피실험자에서 유사한 경락전위변화를 관찰할

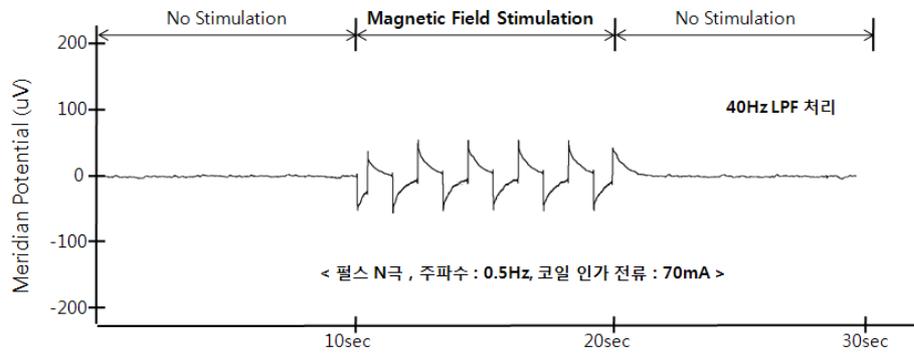
수 있었다. 모든 자극방법에서 자극 순간 (-) 전위가 발생하였으며, 이후 안정 전위를 회복하였고, 자극을 멈추는 순간(+) 전위가 발생 후 다시 안정전위로 회복하는 형태의 동일한 전위변화가 측정되었다. N극·S극 교번으로 자극하는 동안에 peak to peak 전위가 $18.7 \pm 7.5 \mu\text{V}$ 인 일정한 구형파 패턴이 측정되었으며, 펄스 형태의 S극을 자극하는 동안에는 peak to peak 전위가 $101.9 \pm 21.4 \mu\text{V}$ 인 충전·방전 형태의 신호가 측정되었다. 또한 펄스 형태의 N극을 자극하는 동안에는 peak to peak 전위가 $115.3 \pm 19.2 \mu\text{V}$ 인 충전·방전 형태의 신호가 측정되었으며, 단일 형태의 N극과 S극을 자극하였을 경우 동일하게 자극 하는 동안에는 안정전위를 유지하였다.



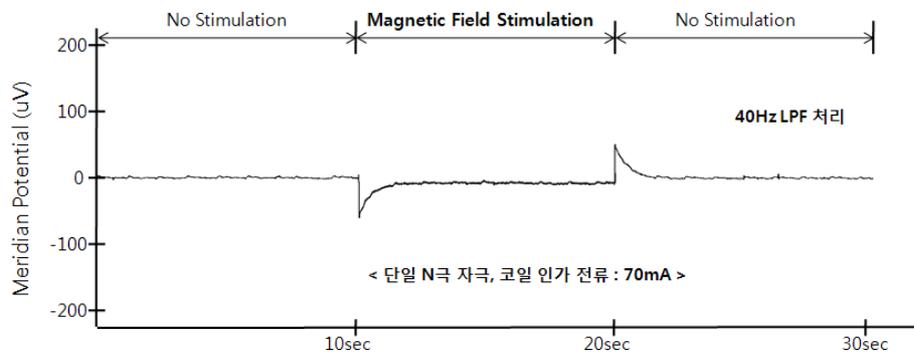
(a) N극·S극 교번 자극



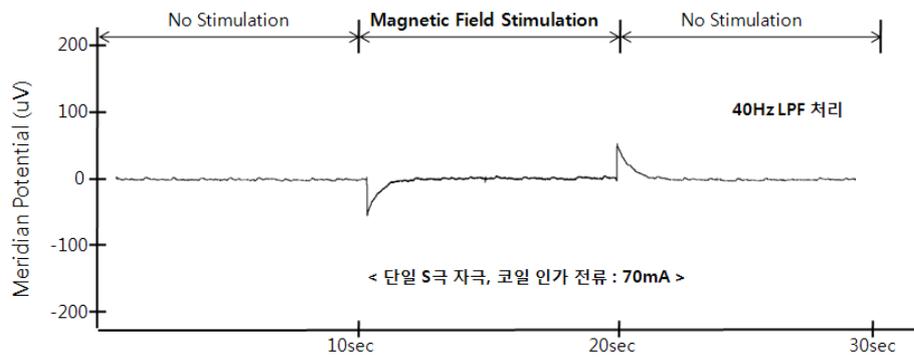
(b) 펄스 S극 자극



(c) 펄스 N극 자극



(d) 단일 N극 자극



(e) 단일 S극 자극

그림 4.8 필터처리를 통한 경락전위변화

5명의 피실험자를 대상으로 자극세기, 자극주파수를 고정하고, Low-pass Filter를 취하여 자극방법에 따른 경락전위변화를 측정된 결과 표 4.2와 같이 펄스 N극 자극 및 펄스 S극 자극에서 가장 큰 전위가 측정되었고, 수기자극 시 경락전위에서 나타나는 충전·방전 형태의 신호가 측정되었다. 반면 단일 N극 및 단일 S극 자극에서는 자극하는 동안 기준 전위를 유지하였으며, N극·S극 자극에서는 낮은 전위의 구형과 전위변화가 측정되었다. 이는 펄스 N극 자극과 펄스 S극 자극이 수기자극과 전기적으로 가장 유사한 자극임을 시사하는 것이며, 영구자석을 이용한 자기장 자극 시에는 효과가 미미하다는 것을 의미한다. 또한 자기장의 변화로 인해 발생하는 peak 전위가 인체에 미치는 영향을 예측하기 어렵지만, peak 전위를 고려할 경우 펄스 N극 자극이 수기자극과 전기 생리학적 관점에서 가장 유사하며, 효과가 가장 클 것으로 생각된다.

표 4.2 자극주파수 0.5Hz, 자극세기 7mT에서의 자극방법에 따른 경락전위

자극 방법	표본수	평균전위(uV)	표준편차
N극·S극 교번 자극	5	18.7	7.5
펄스 S극 자극	5	101.9	21.4
펄스 N극 자극	5	115.3	19.2
단일 S극 자극	5	2.1	0.7
단일 N극 자극	5	2.0	0.5

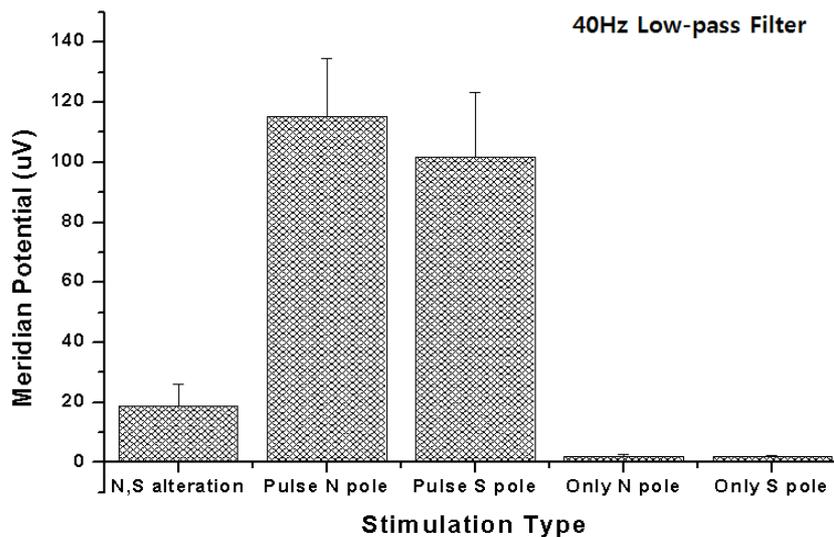


그림 4.9 peak 전위를 제외한 자극방법에 따른 경락전위

4.2 결과고찰

기존의 전통 한의학을 바탕으로 경혈·경락을 자극하여 치료를 하기 위한 방법으로는 침구치료, 전기 자극인 전기침 자극 요법, 영구자석을 이용한 자기요법 등이 있다. 전기침 자극 요법은 표면전극이나 침 전극을 이용하여 통증 부위나 경혈에 전기 자극을 함으로써 주로 통증치료에 사용된다. 이러한 인체에 전기 자극을 하는 방식은 치료 중 불쾌감과 통증을 유발할 수 있으며, 치료 후 신경 손상이나 이상감각을 유발 할 수 있다는 단점을 가지고 있다. 또한 인체에 전류를 흘려줌으로써 인체의 저항에 큰 영향을 받게 되며, 피부표면으로 전류가 흐를 가능성이 큼에 따라 심부에 있는 경혈을 정확히 자극 할 수 없다는 단점이 있다. 영구자석을 이용한 자기요법은 부가적인 장치나 치료 후의 부작용이 없는 대신 자극세기, 자극방법, 자극빈도를 조절할 수 없는 단점이 있다.

본 논문에서는 한의학적 이론 및 침구치료의 원리에 부합하는 새로운 방식으로 경혈을 비침습적으로 자극 할 수 있으며, 전기 생리학적으로 수기자극과 유사한 자극을 줄 수 있는 전자기장 경혈 자극 시스템을 개발하였다.

개발한 시스템을 이용하여 수기자극과 유사한 자극임을 확인하고자 경혈 자극 시 자극세기, 자극방법, 자극주파수를 변화 시켰으며, 이때 경락전위변화를 측정하였다.

그 결과 자기장 변화에 따라 다양한 경락전위변화가 측정되었으며, 펄스 N극 자극과 펄스 S극 자극에서 수기자극 시 나타나는 충전·방전 형태의 경락전위가 관찰되었다. 이는 경혈에 수기자극과 유사한 자극을 줄 수 있으며, 자극세기와 자극빈도를 조절함으로써 효과적으로 치료를 할 수 있음을 의미한다. 또한 기존의 전기침 자극 요법과 달리 자기장을 사용함으로써 심부에 있는 경혈을 자극 할 수 있고, 전자석을 압정형태로 제작하여 경혈을 집중적으로 자극할 수 있어 기존의 치료요법 보다 더욱 효과적일 것으로 사료된다. 따라서 치료효과가 높은 수기자극과 전기적으로 유사한 자극을 줄 수 있는 새로운 방법을 제시하였으며, 침구치료의 보조적 역할에 대한 가능성을 확인하였다.

제 5 장 결 론

본 연구에서는 기존의 통증 치료 및 경혈 자극 방법으로써 침구치료와 영구 자석을 이용한 자기치료와 달리 공간적인 제약이 없고, 자극세기 및 자극방법, 자극주기를 조절하여 자극할 수 있는 새로운 방법을 제시하고자 하였다. 또한 경혈에 자기장 자극에 따른 경락전위변화를 측정하여 침 자극 시 관찰되는 경락전위변화와 비교를 통하여 침구 치료에 있어서 보조적 역할의 가능성을 확인하고자 하였다.

국소부위인 경혈에 효과적으로 자기장 자극을 할 수 있도록 유한요소 해석 프로그램을 이용하여 전자석을 모델링 및 시뮬레이션을 하였으며, 시뮬레이션 결과를 바탕으로 전자석을 제작하였고, 경혈의 위치를 고려하여 직경이 25mm, 20mm, 12mm인 전자석을 제작하였다. 또한 8 곳의 경혈을 동시에 원하는 자극세기, 자극방법, 자극주기를 선택하여 자극 할 수 있는 8채널 시스템을 제작하였고, 사용자를 위하여 GUI(Graphical User Interface)를 제공하여 사용의 편리성을 제공하였다. GUI를 위하여 WinCE 5.0을 사용하였다.

제작된 전자석과 시스템을 이용하여 경혈에 자극방법, 자극세기, 자극주파수를 변화시켜 자극하였을 경우의 경락전위변화를 측정하였으며, 그 결과 자극세기가 증가함에 따라 peak 전위가 증가하였고, 자극주파수에 따라 자극 빈도가 다르게 나타남을 확인할 수 있었다. 또한 자극방법에 따라 경락전위변화가 다양하게 나타났으며, 펄스 형태의 N극 자극이 침 자극 시 경락에서 관찰 할 수 있는 충전·방전 형태의 전위변화와 유사하게 나타났다. 이 결과 펄스 형태의 N극 자극이 침 자극과 유사하며 개발한 경혈 자극 시스템이 침 치료에 있어서 보조적 역할의 가능성이 있다는 결론을 내릴 수 있었다. 또한 기존의 영구자석을 이용한 치료에 있어서 자극세기 및 자극방법, 자극빈도를 조절할 수 없다는 단점을 보완하였으며, 침습적으로 자극을 하는 침구치료에서 거부감과 통증을 느낄 수 있는 침 치료 대신 비침습적으로 경혈을 자극 할 수 있는 새로운 방

법을 제시하였다.

그러나 경혈 및 경락에서의 전기적 특징이 침자극과 자기장 자극이 유사함에 따라 경혈에서의 자기장 자극이 침술 효과와 유사하다고 단정할 수 없다. 따라서 자기장 자극에 대한 연구가 더 진행되어야 할 것으로 판단되며, 향후 연구 과제는 다음과 같다.

본 연구에서는 족양명위경의 경혈인 족삼리(ST36)만을 대상으로 실험을 하였다. 따라서 다양한 경혈, 경락을 대상으로 한 실험이 필요할 것으로 판단되며, 실제 환자를 대상으로 경혈 및 통증 부위에 자기장 자극을 통한 치료효과를 검증해야 할 것이다. 또한 영구자석을 이용한 통증치료 효과에 대한 연구들에서 자기장 세기에 따른 치료효과와 placebo 효과에 대한 다양한 연구결과들이 보고되고 있다. 따라서 전자석을 이용한 치료 시 자기장 세기에 따른 치료효과에 대한 연구가 진행 되어야 할 것이며, placebo 효과를 고려하여 자기장 자극 이외에 자극을 추가해야 할 것으로 판단된다.

참고 문헌

- [1] Arthur D, Rosen, "Mechanism of action of moderate-intensity static magnetic fields on biological systems.", *Cell Biochemistry and Biophysics*, Vol.39, No.2, pp.163-173, 2003
- [2] Nyjon K. Eccles, M.R.C.P., Ph.D., "A Critical Review of Randomized Controlled Trials of Static Magnetic for Pain Relief.", *Journal of alternative and complementary medicine*, Vol.11, No.3, pp.495-509, 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*, Vol.6, pp. 6221-6224, 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*, Vol.63, No.10, pp.462-466, 1982
- [5] Vallbona C, Richards T, "Evolution of magnetic therapy from alternative to traditional medicine." *Complement Ther Phys Med Rehab*, Vol.10, No.3, pp.729-754, 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*, Vol.5, pp.5-10, 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*, Vol.9, pp.8-17, 1999

- [8] Brown CS, Parker N, Ling F, Wan J, "Effect of magnets on chronic pelvic pain." *Obstet Gynecol*, Vol.95, S29, 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*, Vol.7, No.1, pp.53-64, 2001
- [10] Kim KS, Lee YJ, "The effect of magnetic application for primary dysmenorrhea." *Kanhohak Tamgu*, Vol.3, No.1, pp.148-179, 1994
- [11] Segal NA, Toda Y, Huston J, et al, "Two configurations of static magnetic fields for treating rheumatoid arthritis of the knee: A double-blind clinical trial." *Arch Phys Med Rehabil*, Vol.82, No.10, pp.1453-1460, 2001
- [12] Eccles NK, "A randomized, double-blinded, placebo-controlled pilot study to investigate the effectiveness of a static magnet to relieve dysmenorrhea." *J Altern Complement Med*, Vol.11, No.4, pp.681-687, 2005
- [13] 문명상, 이현구, "근육경직 및 통증에 대한 자기치료기의 치료효과." *서울:최신의학*, Vol.26, No.6, pp.125-133, 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*, Vol.82, pp.1125-1129, 1976
- [16] Rosen, A.D. Lubowsky, J, "Magnetic field influence on central nervous system function." *Exp Neurol*. Vol.95, No.3, pp.679-687 1987

- [17] 이종훈, 민병일, "자기장을 통한 침자극이 압통 역치에 미치는 영향." 대한침구학회지, Vol.19, No.3, pp.77-87, 2002
- [18] 이용흠, "수기자극에 의해 유발되는 경락전위변화에 관한 연구." 한국해양정보통신학회, Vol.10, No.9, pp.1627-1632, 2006
- [19] 남봉현, 최환수, "경락 전위를 이용한 경락의 생체물리학적 연구." 대한경락경혈학회지, Vol.19, No.2, pp.1-22, 2002
- [20] 이용흠, "경락의 전위분석에 의한 혈위식별 및 경락 진단/치료시스템 개발." 박사학위논문, pp.1-119, 2003
- [21] 이용흠, "접지와 절연조건이 경락전위에 미치는 영향." 한국해양정보통신학회, Vol.10, No.12, pp.2245-2250, 2006
- [22] Holcomb R, Parker RA, Harrison MS, "Bipolar magnets for the treatment of chronic low back pain. A pilot study." JAMA, Vol.283, No.10, pp.1322-1325, 2000
- [23] Rosen AD, "Inhibition of calcium channel activation in GH3 cells by static magnetic fields." Biochim Biophys Acta. Vol.1282, No.1, pp.149-155, 1996
- [24] 성현제, 최환수, 남봉현, 이한구, "전기적 특성을 이용한 경락시스템 개발(2)." 한국한의학연구원, pp.1~133, 1999
- [25] 류경주, "경락의 연구 I." 한국한의학연구원, pp.380-435, 1996
- [26] 나창수, 장경선, 소철호. "EAV 와 양도락 측정점에 관한 연구." Meridian, pp.89-96, 1997
- [27] 이용흠, "침술 효과의 객관화를 위한 접지조건에 따른 경락전위분석." 대한전기공학회, Vol.56, No.2, pp.436-441, 2007

- [28] 김기석, 송윤현, “치과진료에 전기침자극요법의 응용”, 대한두개하악장애학회지, Vol.7, No.1, pp.33-44, 1995
- [29] Melzack R, Wall PD, "Pain mechanisms: a new theory.", Science, Vol.150, No.699, pp.971-979, 1965
- [30] 심재철, 김유재, “말초 전기침 자극의 임상적 연구”, 대한마취과학회지, Vol.17, No.2, pp.126-135, 1984
- [31] Horst Leonhardt, "Fundamentals of Electro-acupuncture According to Voll.", Medizinisch Literarische Verlagsgesellschaft mbH, Uelzen

ABSTRACT

Development of acupoint stimulation system using focused variable electromagnet.

Donggug, Cho

Department of Biomedical Engineering

The Graduate School

Yonsei University

There exist many treatments for pain. Drugs, …., surgery and so on. However, these can cause side-effects and the effect is temporary. In relation to the previously mentioned, Western methods for pain relief have evolved as much as possible, and now we must look at some new ways to treat pain as a compliment to medical treatments. Acupuncture therapy and electrical therapy.

Acupuncture therapy cures pain through stimulating the acupoints in the body using acupuncture. This is a very effective form of therapy, but is limited to qualified doctors. Some disadvantages of this: -Undesirable feelings and pain from this treatment. To improve on this treatment, electro acupuncture stimulation therapy has entered the scene as a replacement. This treatment stimulates areas and meridians on the body, similar to acupuncture, but uses electricity at the same time. However, electro-acupuncture can cause skin inflammation, abnormal-feeling, nerve damage, and other harmful side-effects. Another treatment is called

"Magnetic Field Treatment". This treatment uses permanent magnets. There is no additional device required, and side effects are minimal. However, intensity and the kinds of stimulation cannot be controlled. The rate of complete recovery depends on the stimulation intensity and the treatment time. A longer treatment gives a high rate of complete recoveries however.

Thus, from this experiment, an electronic magnet model similar to acupuncture was made. It can stimulate the meridian without perforating the skin. Additionally, a system has been invented that includes a GUI(Graphical User Interface) for controlling the intensity, frequency and kinds of stimulation. This GUI uses WinCE 5.0. In order to verify the effects of the electronic magnetsystem, and to compare it to real acupuncture, voltage differences which depend on stimulation strength, stimulation frequency, and stimulation method on the meridian were measured. Afterwards, the information between this system and real acupuncture was compared.

The outcome was data that was very similar when looking at the stimulation of polar N/S. Most extraordinarily, the voltage level measured from the stimulation of the polar N is remarkably high. Additionally, we were able to confirm that this system could stimulation in many ways in order to treat various diseases.

In the study, We measured electrical effect during stimulating acupoint using electromagnet and system. In the result, we was able to confirm that stimulation using electromagnet is electrically similar to acupuncture. Additionally, we was confirm that electromagnet is able to control the intensity, frequency and kinds of stimulation.

=====

Key Words: electromagnet, acupuncture, meridian, acupoint