

침/뜸 자극기의 기술동향 및 전망

명현석·이경중·이용흠·정병조 (연세대학교)

I. 서론

고령화 사회의 도래와 함께 당뇨, 고혈압 등 성인병, 퇴행성 뇌질환, 및 노인성 질환 치료기술에 대한 수요가 증대되고 있는 가운데 최근 한의약이 새롭게 주목을 받고 있다. 그러나 수천 년간의 임상에 기초한 한의학의 경험적 우수성에도 불구하고 안정성, 유효성에 대한 의구심이 지속적으로 제기되고 있는 것도 현실이다. 이러한 한의학의 문제점을 개선하기 위해서 한의학을 과학화, 표준화하여 세계화 시키고자하는 노력들이 한의학계에서 일어나고 있다^[1].

최근 양방의료기기 시장은 널리 일반화되고 있지만 한방치료기술은 한의학의 개념과 이해 부족으로 사업화가 미비한 실정이다. 한의학적 치료방법 중의 하나인 침/뜸은 환부가 아닌 경혈을 치료점으로 이용하고 있으나 기존의 한방치료에 사용되고 있는 의료기기들의 대부분은 환부를 중심으로 하는 넓은 부위를 직접 자극하는 방식을 사용하고 있으므로 한의학적 치료점인 경혈을 집중적으로 자극하기 어려워 그 효과가

매우 미비하다. 또한 기존의 치료기들은 기능이 독립적으로 되어있기 때문에 환자 맞춤형 치료를 위해서 자극원을 다양하게 선택할 수 없고 치료방법의 선택범위도 매우 좁은 단점을 지니고 있다. 더욱이 현재 한방병의원을 내원하지 않고는 체계적이고 정규적인 진단과 치료서비스를 받기 어려운 실정이나 향후 재택의료서비스가 실용화될 경우 가정에서 1차적인 자가진단과 환자 스스로 치료가이드 시스템에 의해 기본적인 치료가 이루어질 수 있는 한방 침/뜸 원리를 적용한 재택형 침/뜸 융합 치료기 개발이 필요하다. 이와 같이 한방에서 치료점인 경혈중심의 비침습적 무통치료 구현을 위해서 저주파, 고주파, 자기, 레이저, 초음파와 같은 자극기들이 개발되어지고 있으며 체계화된 기술 및 치료의 객관성 확보를 통해 한의학적 침/뜸 치료기의 원천기술 및 신뢰성 확보가 필요하다^[2].

따라서 본고에서는 한방 의료기기의 특징 및 국내외 기술동향을 살펴보고 현재 국내에서 개발되어지고 있는 침/뜸 자극기기에 대한 기술을 소개하고자 한다.

II. 한방 의료기기의 특징

대부분의 한방치료기기가 첨단기술이나 고도의 의학적 원리를 기기의 핵심적 원리로 하지 않음으로 양방치료기에 비해서 시장 진입이 용이하다. 현재 국내에서 통용되는 한방치료기기의 종류는 17종인 반면 중국의 경우 29종으로 국내에서 없는 12개 부류의 치료기기가 더 사용되고 있다. 중국에서는 류머티스치료기, 고혈압치료기 등 특정질병에 특화된 치료기기군들이 다수 존재하는 반면 국내의 경우 거의 없으므로 의료기기의 종류의 다양성이 부족하고 특정 질병에 특화된 치료기기가 부족한 실정이다. 또한 일부 국내 한방치료기기들의 경우 복합의료기기의 형태를 갖고 있으나 기존 기기를 복합한 형태만 존재하며 양방치료기기 혹은 그 기능과의 융합을 구현한 제품은 없으므로 양/한방 의료기기 융합을 위한 개발노력이 미흡하다. 따라서 원천기술개발, 기술집약적 제품 생산, 생산품종 다양화, 특정 질병에 특화된 치료기기 기획 (targeted marketing), 치료기기의 양/한방 융합 방안 모색이 필요하다.

III. 국내외 기술 관련 현황

1. 국내 기술 동향

한의학적 진단에 의한 치료 방법으로는 크게 침, 뜸, 부항을 들 수 있으며 자극 부위로는 경혈과 경락이 대표적인 부위이다. 이와 같이 자극하기 위한 경혈점 및 경락의 위치를 찾아내고자 하는 연구로는 전기적 방법, 물리학적 방법, 자기장을 이용한 방법 등이 있으나 재현성 및 정확성에

서 뚜렷한 성과를 보이지 못하고 있다.

경혈자극에서 한의학적 침/뜸 등을 대체할 수 있는 자극으로 전기자극, 자기자극 그리고 광자극을 들 수 있으며 다양한 장비들이 개발되고 있으나 아직까지 전통적인 방법인 침/뜸에 비해 활성화 되지 않고 있다. 그 이유로는 한의사의 경우 전통적 침/뜸 방식을 더욱 선호하며 일반 환자들의 경우 정확한 경혈점을 찾기가 매우 어려워 정확한 치료효과를 기대하지 못하기 때문이다.

국내의 경혈자극 한방치료시스템의 경우 경혈점 데이터를 인체 해부모형도에 단편적으로 표시하여 개인차를 무시하고 치료위치를 정하거나 자극 부위를 매우 넓게 잡아서 정확한 경혈점만 자극하기에는 한계를 보이고 있다.

전기자극, 자기자극 그리고 광자극을 이용한 경혈자극 치료시스템 개발을 위해 일차적으로는 정확한 경혈위치를 알려주고 가정에서 환자들이 쉽게 이해할 수 있는 치료 가이드 시스템의 선행 개발이 필수적이며 정확한 경혈점만을 자극 할 수 있는 집중자극시스템의 개발이 요구되고 있다.

최근 들어 경피자극 및 경피신경자극에 사용되는 전기자극용 저주파 치료기 이외에 심부 자극, 심부신경 및 연골 등을 자극하기 위한 자기장 자극치료기 시장이 매우 급속도로 증가하고 있다. 전기치료기들의 오랜 연구와 임상적용의 한계에서 벗어나기 위한 새로운 시도로 자기 자극 치료기전에 대한 연구가 매우 활발하게 이루어지고 있다.

자기장 치료기들은 주로 통증 치료, 신경치료, 연골재생치료, 근육 이완치료 등으로 이용되고 있으며 최근, CR Technology사는 자기 자극을 이용한 관절 통증 및 비만/피부 분야를 치료할 수 있는 제품을 생산하고 있다. 이는 2 tesla이상의 강력한 전자기장을 이용하여 기존의 전기자

극기로는 한계가 있던 관절 등의 영역을 자극하는 최첨단 의료용 자기 발생기를 개발 및 시판 중이다(병원용 장비). 이와 같은 기술을 적용한 제품들은 CE, GH 인증을 취득하였다.

전기 자극기로는 온열치료 요법을 적용한 Mabel-6, Therma-G plus(대양의료기) 그리고 피부 및 비만치료의 용도로 InBio 550(유한메딕스)가 있으며 SOMETECH에서는 2005년부터 미용과 건강증진용으로 LVT-100, LVT-350 그리고 TC-50과 같은 제품을 개발 및 시판 중이다.

레이저 자극기로는 2007년에 SOMETECH에서 레이저치료를 위해 LLLT-40과 수술 장비로 ST-511과 같은 Laser cutting기를 개발하였으며, 한일메디칼에서는 피부조직의 손상 없이 밀도에 따라 3cm까지 침투를 시킬 수 있는 HLA-200을 시판 중이다.(고출력사용, 병원용 장비) 그러나 위와 같은 자극기들은 대부분 양의학 분야나 미용분야에 적용하기 위해 개발된 것으로 한의학 치료분야에 적용하기에는 한계를 갖고 있다.

따라서 보다 더 체계적이고 과학적으로 변모하려는 한의학의 기대에 부응할 수 있도록 한의학 원리에 기초한 많은 연구와 개발이 필요하다.

2. 국외 기술 동향

경혈학은 우리나라가 원천기술을 확보하고 있는 분야라고 할 수 있으며 한, 중, 일 3국에서 원천기술 확보 및 객관화를 위하여 치열한 경쟁이 이루어지고 있다. 한, 중, 일 3국은 WHO에서 한방의학의 우수성과 중요성을 알리려는 노력을 하고 있으며 국제 경혈위치 표준화를 위해 2008년에 WHO Standard Acupuncture Point

Location 책을 발간하였다.

국외의 경혈자극 한방치료시스템의 경우 미국은 한국보다 한방 관련 연구가 활발히 이루어지는 등 한방에 대한 관심이 증대되고 있다. 일본은 개발도상국 국가들과 기존의 대량생산 제품들이 경쟁력을 상실하게 되자 고부가가치 의료기기 분야에 국가차원의 집중 투자가 이루어지고 있으며 미래의 고령화 사회에 대비하여 의료기기 시장이 활성화 될 것을 전망하고 헬스케어영역에 대한 기술연구 및 개발에 전략적 가치를 증가시키고 있다. 또한 유럽은 전통적으로 의료기기 분야에서 기술력을 확보한 기업이 많이 있으며 동양의학을 접목시켜 의료기기를 개발하려는 노력을 많이 하고 있으나 동양의학에 대한 이론적 한계와 이해의 부족으로 기술력의 확장성이나 다른 기술과의 연계성이 부족한 상태이다^[2].

현재 국외에서 한방치료기기로 개발되고 있는 시스템은 Zhoulin BFS사에서 파장을 이용한 헬스케어 세트를 개발하여 인간의 전파 스펙트럼과 닮은 파장을 만들어내는데 성공했으며 이 기술을 이용해 건강과 치료 기능을 가진 사용자 친화적인 제품을 높지 않은 가격에 판매하고 있다. 이 기술을 적용한 제품들은 CE, ISO 9001, ISO 13485 인증을 취득하였다. 또한 신체 각 부분에 적용할 수 있도록 제작된 7개의 헬스케어 제품을 판매하고 있으며 WS-601 모델은 사용자가 침대에 누우면 신체를 아치형으로 둘러싸는 제품으로 등, 가슴, 복부 그리고 다리에 전체적으로 치료효과를 내는 빛을 방출한다. 또한 WS-117 모델은 높이와 앵글을 조정할 수 있으며 머리, 얼굴, 팔목, 위, 간 그리고 복부 아랫부분 등 특정 부분을 치료하는 제품을 개발하였다. Fuji Dynamics 사는 27년 역사를 보유한 업체로 전자동 경피신경 자극치료기(TENS:Transcutaneous

Electrical Nerve Stimulator), 전기 근육 자극기(EMS: Electrical Muscle Stimulator), 미세 전류치료기 (Micro Current), 간섭 전류 치료기(interferential stimulator)에 주력하고 있으며 전자 헬스케어 장비들은 ISO 9001 인증을 취득하고 MDD93/42/EEC, CE0120, ISO 13485, FDA 기준을 준수하는 중국 공장에서 생산하고 있다.

그 외에 경혈위치 측정을 위하여 전기적 임피던스 매칭법, 자기장을 이용한 방법, 물리학적 측정법 등 다양한 방법이 시도되었으나 정확성과 재현성을 겸비한 방법은 아직까지 없다고 볼 수 있으며 기존 장비들의 자극부위 및 자극점은 경혈을 대상으로 하고 있지 않고 자극부위가 너무 넓어 한의학적 경혈 자극 시스템으로 사용하기에는 부적합하다.

IV. 과학기술적 성과 현황

현재 한방 치료기술에 대한 한의학적 활용 등의 노하우는 풍부하나 그 유효성과 안정성을 평가하는 임상시험기술은 초보적인 단계이며 과학화를 위한 주변 학문과의 연계가 미흡한 실정이다. 또한 분석에 필요한 기초자료의 축적이 미비하여 체계적이고 구체적인 연구가 어려운 실정이다. 한방치료기술의 과학기술적 성과 현황을 SCIE 논문 기준으로 판단 시 선진국과 격차는 존재하지만 지속적인 증가 추세를 보이고 있다. 1999년에 6건 밖에 존재하지 않았지만 2006년에는 무려 약 23배 증가된 137건에 이르고 있다. 또한 국내외 특허 역시 2000년에는 3건밖에 존재하지 않았지만 2006년에는 무려 17배 증가하였다. 아직은 선진국에 비하여 미비한 수준이지

만 기초연구를 중심으로 완만한 성장을 유지하고 있으며 기초연구의 심화에 따른 특허 성과가 급성장하고 있다^[1].

V. 개발 기술

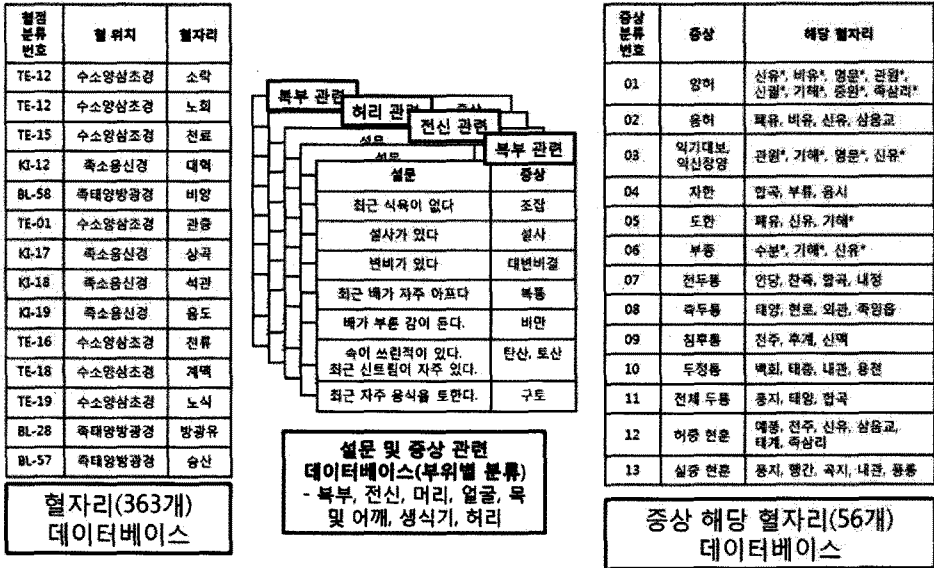
현재 저자의 그룹에서는 자극의 위치와 방법을 안내해 주는 치료가이드 소프트웨어 개발과 침/뜸의 자극효과를 모사할 수 있는 고주파 전기 자극, 미약자극자극 그리고 레이저 자극 기술 관련 핵심원천기술을 개발하고 있다.

1. 치료가이드 소프트웨어 개발

진단 시스템의 체질별 건강수준 데이터 및 자문의 처방을 바탕으로 환자에게 자극부위 및 자극시간 등을 지도하여 효과적인 치료가 가능하도록 유도하는 시스템이다. <그림 1>에서 보이는 바와 같이 시스템은 체형별, 성별, 연령별로 경혈 데이터베이스를 구축하고 있으며 각각의 데이터베이스는 경락 및 경혈 위치, 병증 설문, 건강상태 점검 설문 그리고 생활 지도 컨텐츠 데이터베이스로 구성되어 진다.

가. 경락 및 경혈 위치 데이터베이스

WHO 경혈 위치 표준에 따르는 총 365개의 경혈 데이터가 구축되어져 있으며(WHO standard acupuncture point locations in the Western Pacific Region, 2008, World Health Organization), 각 경혈에 대한 위치 정보(해당 이미지 파일, 탐색 정보)와 경혈자극방법(뜸, 침)을 제공한다^[9].



〈그림 1〉 개발된 데이터베이스의 구조

나. 병증 설문 데이터베이스

총 74개의 설문 중 26개의 상위설문과 48개의 하위설문으로 구성되어 있으며 전신, 머리, 얼굴, 가슴, 목 및 어깨, 허리, 복부, 비뇨 생식기 등 총 8가지 한방 병명과 관련된 대체적인 신체부위에 대한 병증 설문 내용이 포함되어 있다.

다. 건강상태 점검 설문 데이터베이스

총 52개의 설문 중 20개의 체질 건강 설문과 32개의 한/열 및 허/실에 관한 설문내용이 포함되어 있다. 또한 O.M.I 설문 지표에 (Okayama Medical Index) 따른 설문내용이 포함되어 있다.

라. 생활지도 콘텐츠 데이터베이스

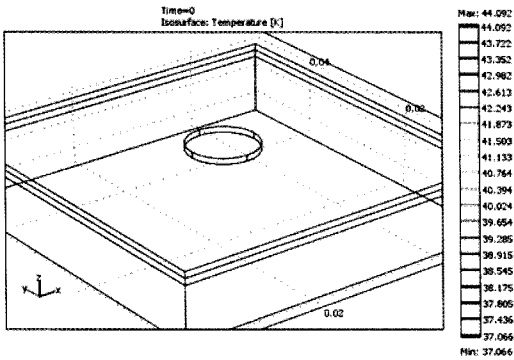
일상생활에서 치료에 도움을 줄 수 있는 마음 가짐, 음식섭취 및 일상생활에 대한 지시사항 및 부가 설명이 주어진다.

2. 고주파 전기자극 기술개발

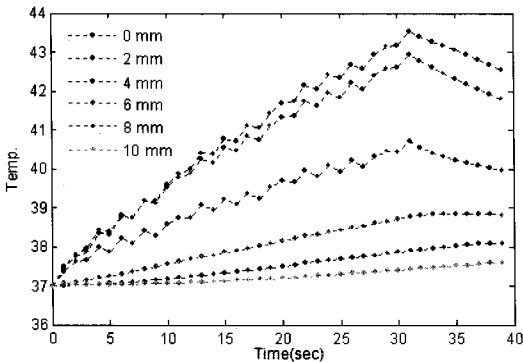
한의학에서 치료목적으로 사용되는 뜸의 열적 자극을 모사하기 위한 자극기를 개발하기 위해서 피하조직에서의 열 분포 해석 연구와 고주파 펄스를 발생시킬 수 있는 시스템을 개발하여 효율적인 열에너지를 피하조직에 전달하기 위해서 자극기술을 개발하였다.

가. 유한요소법 기반의 열 분포 해석

각각 <그림 2>와 <그림 3>은 유한요소 해석 모델과 깊이에 따른 온도 변화 결과를 보여 주고 있다. 다양한 형태의 Tip의 크기와 형상, 자극 프로토콜(on/off 시간변화)에 따른 피하조직에서의 온도분포를 분석하였으며 자극 프로토콜을 변화시켜 피하조직에서의 온도분포를 제한된 범위에서 임의로 제어가 가능함을 3차원 시뮬레이션을 통해서 확인하였다^[3].

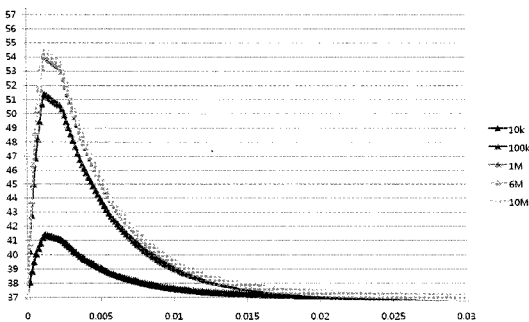


〈그림 2〉 유한요소해석 모델



〈그림 3〉 유한요소해석을 이용한 깊이에 따른 온도 변화 결과

〈그림 4〉는 주파수에 따른 심부의 온도분포를 확인해 본 결과 저주파(10KHz)보다 고주파로 갈수록 심부에 열을 효과적으로 전달하는 것을 확인 할 수 있었으며, 1MHz 이상의 주파수의 경



〈그림 4〉 RF주파수별 심부의 온도 분포도

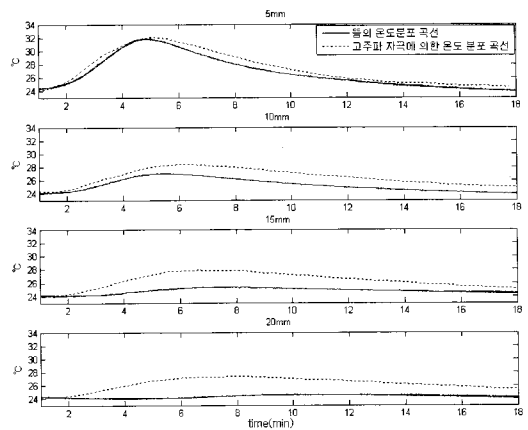
우 심부의 온도상승은 유사한 패턴을 갖는 것이 확인되었다.

나. 고주파 전기 자극 기술 개발

유한요소법 기반의 열 분포 해석을 바탕으로 하여 6MHz 고주파 펄스 발생장치를 이용하였으며 동물실험의 전단계로 돼지고기를 이용하여 기존에 흔히 사용되는 간접구와 온도분포를 비교하였다.

〈그림 5〉에서 실선은 뜬의 온도 분포곡선을 보여 주고 점선은 프로토콜이 적용된 고주파 자극기의 온도 분포를 보여 주고 있다. 뜬의 온도 곡선은 완전한 온도곡선을 보여 주고 있다. 그러나 연속적으로 고주파 펄스를 인가하였을 경우 급하게 온도가 상승하고 하강하는 모습을 보여 주었다. 따라서 뜬과 유사한 온도분포 곡선을 획득하고 심부의 온도를 임의로 제어하기 위해서 〈표 1〉과 같이 고주파 펄스를 인가하는 ON/OFF duty ratio와 반복적인 인가횟수를 조절할 수 있는 자극 프로토콜을 개발 하였다.

개발된 자극 프로토콜을 고주파 자극기에 적



〈그림 5〉 뜬과 프로토콜이 적용된 고주파 자극에 의한 온도 분포도

〈표 1〉 고주파 자극기 프로토콜 예시

Phase	ON	OFF	REP
1	3ms	797ms	150
2	7ms	493ms	100
3	255ms	245ms	514
4	215ms	285ms	80
5	140ms	460ms	167
6	70ms	530ms	213
7	5ms	695ms	150
8	1ms	999ms	147
9	1ms	1399ms	85
10	1ms	1699ms	87

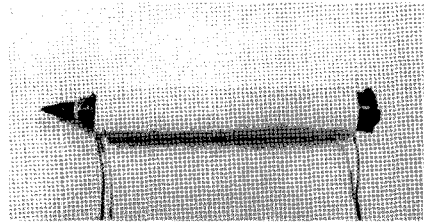
용하여 획득된 온도분포를 <그림 5>에서 점선으로 보여주고 있다. 5mm를 기준으로 만든 프로토콜이어서 5mm에서는 뜸과 거의 유사한 온도분포를 보여주며 돼지고기 시편의 깊이기 깊어질수록 뜸에 비해 온도 분포가 높게 나타나는 것을 보여 준다^[4].

3. 미약 자기 자극기술 개발

자성체 코어에 코일을 감은 형태의 자기장 자극기를 이용하여 비침습적, 무통의 침 자극 기술 구현을 통해 자극방식, 자극강도, 자극빈도 등을 선택적으로 적용할 수 있는 시스템을 개발하고 집중형 미약자기장 침 시스템을 이용하여 경혈을 집중 자극함으로써 기존의 전기자극기와 저주파 자극기의 문제점 감소 및 치료효과를 증대하기 위한 기술을 개발하였다^[5,6].

가. 펜 형태의 전자석 제작

철 재질의 도체에 코일을 감아 국소부위인 경혈에 자기장 자극을 할 수 있도록 펜슬 형태로 제작 하였다. 코일 인가 전류는 500mA, 자속밀



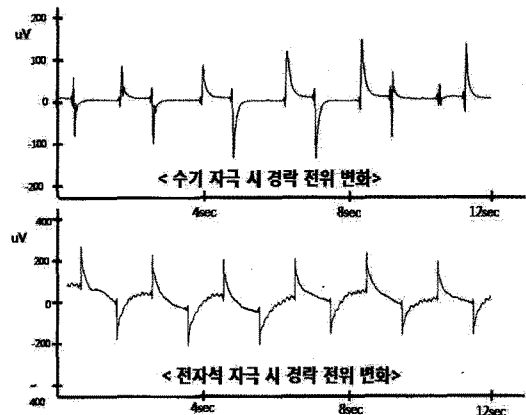
〈그림 6〉 펜 형태의 전자석

도는 약 200Gauss이다.

나. 미약 자기 자극 기술 개발

한 번에 여러 곳의 경혈을 동시에 자극하기 위해서 8채널 자극 시스템을 제작 하였으며 N극, S극, 교번 N/S극에 해당하는 다양한 자극 모드를 개발하였다. 또한 침과 유사한 전위 변화를 발생시키기 위해서 다양한 침 기법에 따른 자극 프로토콜을 개발하였다.

<그림 7>에서와 같이 경락전위 측정 결과 N, S극을 교번하였을 때 침자극(수기 자극)과 유사한 전위변화를 확인 할 수 있었으며 향후 자기자극과 실제 침 치료에 의한 치료결과를 비교 분석하는 연구가 진행될 예정이다



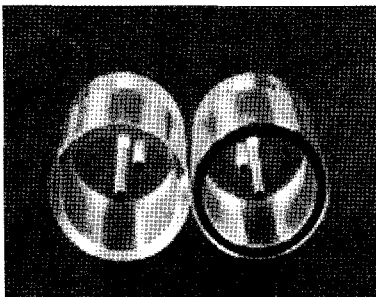
〈그림 7〉 경락 전위의 변화 비교

4. 레이저 자극기술 개발

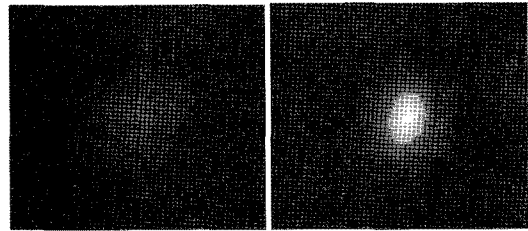
미약 자기 자극기 개발과 유사하게 한방에서 주로 사용하는 침 치료방법을 모사하기 위해서 저출력 레이저치료를 기반으로 하는 비침습적, 무통의 침 자극 기술을 구현하였다. 특히 레이저의 경우 레이저를 조직에 인가 시 발생하는 산란 현상을 줄이는 방법을 고안하는 것은 매우 중요하다. 이를 위해 경혈 집중 레이저 프로브에 일정한 음압을 인가하기 위해 제어 방법을 개선하고 생체조직에 레이저 자극이 가능하며 자극 시 산란을 최소화할 수 있는 집중 레이저 프로브를 개발하였다^[7,8].

가. 음압 프로브 제작

선행 연구를 통하여 생체 조직 내 투과도를 증가시키기 위해서 압력 및 광 산란 감쇠물질의 영향에 의해 광 밀도가 증가되는 것을 확인 하였다. 생체 조직에 압력인가 시 조직에 가해지는 압력의 세기가 증가 할수록 투과도가 증가하였으며 프로브의 직경이 커질수록 빛의 투과도가 증가하였다. 또한 <그림 8>의 오른쪽 그림과 같이 정확한 음압 인가를 위하여 프로브 끝단에 고무마감 처리를 하여 음압의 손실을 최소화 하



<그림 8> 설계된 레이저 프로브



(a) 가압 전 (b) 가압 후
<그림 9> 음압에 따른 레이저 투과 결과

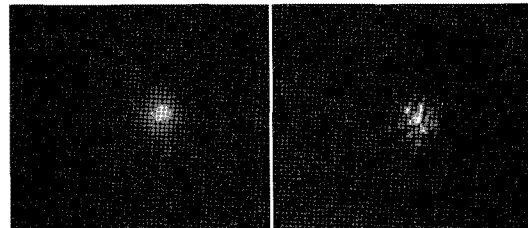
였다.

<그림 9>에서는 음압을 인가하기 전과 후의 생체 조직에서 투과되는 정도를 확인해 본 결과 음압을 인가한 후 투과되는 에너지양이 약 2배 이상 증가하였다.

나. 레이저 조사 모드에 따른 자극 효과

레이저 조사 시 자극주파수를 제어하여 각각 1Hz, 10kHz 그리고 50kHz로 인가하였으며 자극 주파수를 제어하는 펄스와 연속모드를 생체 조직에서 투과되는 에너지양을 비교 하였다.

<그림 10>의 결과로 연속모드는 펄스모드에 비해 상대적으로 높은 에너지를 전달하지만 빛의 균일한 전달은 펄스모드의 효과가 적다는 것을 확인 하였다.



(a) 펄스모드 (b) 연속 모드

<그림 10> 자극모드에 따른 레이저 투과 결과

VI. 향후 전망

1. 시장 전망

Espicom 社の 최근조사에 따르면 세계의료기 시장규모는 2009년에는 224,103억불을 기록하였고 2014년 294,377억불로 추정되고 있으며 2014년까지 연평균 5.3%의 성장을 지속할 것으로 전망할 것으로 전망하고 있다.

우리나라의 2008년 의료기기 생산액은 2조 5,252억 원으로 2007년 1조 2,169.7억 원 대비 12.2% 성장함. 2000~2008년 기간 동안의 연평균 성장률도 14.2%를 기록하면서 우리나라 의료기기산업이 빠른 성장가도를 달리고 있는 것으로 나타나고 있다.

전통의학에 대한 기존 수요층이 두터운 일본, 중국 등 동아시아 국가들 및 대체의학에 대한 관심이 많은 미국과 기타 서구국가들의 고령화가 급속히 진행됨에 따라 한방의료기기에 대한 수요가 크게 증가할 것으로 전망되고 세계 전통의학시장 규모는 2002년 1,000억 달러, 2008년 2,000억 달러이며 2050년에는 5조 달러로 급성장 할 것으로 전망되어지고 있다^[10].

2. 기술개발 추진방향

한방치료기기 시장을 활성화시키고 한의학을 세계화시키려면 한의학 이론에 근거하여 치료의 객관성을 확보함으로써 기존에 논란이 되었던 비과학적 비판을 최소화한 한방치료의 과학화를 선도해야하며 기존의 양의학적 개념의 한방치료기에서 한의학적 이론에 부합하는 진정한 의미의 한방의료기기의 개발을 통한 기존 장비와의 차별화를 두어야한다. 또한 한방의 침/뜸 원리를

적용한 차세대 신기술 개념의 비침습, 무통의 보급형 재택 한방치료기의 대중화를 선도하여야 하며 한방 치료기술의 원천기술 확보 및 특허로 독자기술을 개발 및 축적하여야 할 것으로 사료된다.

VII. 감사의 글

본 연구는 지식경제부 차세대신기술개발사업의 지원(10028424)에 의하여 이루어진 것입니다.

참고문헌

- [1] www.bioin.or.kr, BT 기술동향 보고서, 2008.
- [2] 2008 의료기기 산업 분석보고서, 한국보건산업진흥원.
- [3] 조영근, 이태우, 남궁범석, 이경중, 김한성, “유한요소법을 이용한 비침습적 피부 심부 자극 시스템 개발 연구”, 한국정밀공학회 생체공학부문 춘계학술대회, 2007.
- [4] 차지영, 명현석, 조성필, 이경중, “뜸의 열적효과를 구현하기 위한 심부 열 자극 시스템 개발”, 전자공학회논문지 제46SC권 제6호, pp.50-57, 2009.
- [5] 조동국, 이균정, 김수병, 권선민, 이경중, 신태민, 이용흠. “비침습 집중형 전자자장을 이용한 통증치료기 개발”, 한국해양정보통신학회지, 13권 6호, pp.1157-1166, 2009.
- [6] De Pedro JA et al., “Pulsed electro-

magnetic fields induce peripheral nerve regeneration and endplate enzymatic changes,” Bioelectromagnetics, Vol.26, No.1, pp.20-27, 2005.

- [7] 여창민, 박정환, 손태운, 이용흠, 정병조, “생체조직내 레이저 광 밀도 향상을 위한 압력 인가형 저출력 레이저 프로브”, 의공학회지, Vol.30, No.1, pp.18-22, 2009.
- [8] Pogue BW et al., “Absorbed photodynamic dose from pulsed versus continuous wave light examined with tissue-simulating dosimeters,” Appl. Opt, Vol.36, No.28, pp.7257-7269, 1997.
- [9] WHO Standard Acupuncture Point Locations, Western Pacific Region, 2008.
- [10] <http://wmit.or.kr/>, 시장기술정보 MDI #21, 국내 의료기기 산업현황

저자소개



이 경 중(교신저자)

1981년 2월 연세대학교 전기공학과 학사
 1983년 2월 연세대학교 전기공학과 석사
 1988년 8월 연세대학교 전기공학과 박사
 1993년 1월~1993년 12월 Case Western Reserve University 객원교수
 1999년 3월~현재 연세대학교 보건과학대학 의공학부 교수
 2008년 1월~현재 대한전자공학회 시스템 및 제어소사 이어티 이사
 2010년 4월~현재 교육과학기술부 지방과학기술진흥 자문위원회 위원

주관심 분야 : 심혈관계측, 호흡 및 마취시스템, 생체신호 처리 및 모델링, 한방치료기기

저자소개



명 현 석

2006년 2월 원광대학교 전기전자공학부 학사
 2009년 2월 연세대학교 의공학과 석사
 2009년 3월~현재 연세대학교 의공학과 박사과정

주관심 분야 : 의용계측, 시스템 제어, 생체신호처리



이 용 흠

1999년 2월 원광대학교 전자공학과 학사
 2001년 2월 원광대학교 석사
 2004년 2월 원광대학교 박사
 2005년 3월~2008년 2월 연세대학교 의공학과 연구교수
 2008년 3월~2010년 현재 연세대학교 의공학과 조교수

주관심 분야 : 한의학의 진단과 치료원리에 대한 공학적 연구방법론 ; 침구경락시스템, 맥진연구, 각종 한방의료기기 R&D, 시스템 제어

저자소개



정 병 조

1994년 2월 연세대학교 의용공학과

1998년 5월 M.S., Dept. of Biomedical Eng., Texas
A&M Univ., U.S.A.

2001년 12월 Ph.D. Dept. of Biomedical Eng., Texas
A&M Univ., U.S.A.

2002년 7월~2004년 6월 Postgraduate Researcher,
Beckman Laser Institute, U.S.A.

2004년 7월~2005년 1월 Assistant Specialist,
Beckman Laser Institute, U.S.A.

2005년 3월~2008년 2월 연세대학교 의공학부 조교수

2008년 3월~현재 연세대학교 의공학부 부교수

주관심 분야 : In-vivo molecular imaging, tissue-
optics, optical biospectroscopy and
biosensing, mathematical modeling
of biomedical optics, biomedical
optic instrumentation