

원저

레이저침의 원리와 연구동향 분석

김현호* · 남동우** · 이상훈**

*경희대학교 한의과대학

**경희대학교 한의과대학 침구학교실

Abstract

Fundamentals and Research Trend of Laser Acupuncture

Kim Hyun-ho*, Nam Dong-woo** and Lee Sang-hoon**

*College of Oriental Medicine, Kyung Hee University

**Department of Acupuncture & Moxibustion, College of Oriental Medicine,
Kyung Hee University

Objectives : Being introduced in the 1980s, laser acupuncture studies have been steadily carried on such as its thermal effects on human body. However, the mechanisms of effect are not yet clearly explained. Generally, laser acupuncture could be favorable for pediatric patients or people under special conditions (hemophilia, needle-phobia, pathogen-carriers, etc.) because of lower risk of infection, bleeding, pain or fainting. But there are still problems for using laser acupuncture equivalently as the traditional metal needle. The goal of this study is to review the fundamentals, history and present trend of laser acupuncture study, and to suggest how to develop laser acupuncture as an oriental medical device.

Method : We performed literature search using PubMed(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>) and Scopus(<http://www.scopus.com>). Search conditions are laser acupuncture, laser needle, LLLT(as title or abstract) or Litscher G(as author). Main target studies are physical fundamentals, clinical trials, physiological results and device proposals.

Results : Many research have shown the similarities of laser acupuncture and traditional metal acupuncture and have reported clinical and physiological effects of laser acupuncture. But, still laser acupuncture is not widely used in Korea due to high-cost of equipments and the lack of clear understanding of laser devices. Additionally, there are still challenges in standardization and device development.

* This study was supported by the Program of Kyung Hee University for the Young Researcher in Medical Science (KHU-20071513).

· 접수 : 2009. 9. 15. · 수정 : 2009. 10. 11. · 채택 : 2009. 11. 6.
· 교신저자 : 이상훈, 서울시 동대문구 회기동 1 경희의료원 한방병원 침구과
Tel. 02-958-9207 E-mail : shlee777@khu.ac.kr

Conclusions : Frequencies, laser modes, waveguides, adaptor types, polarization and signal modulations are suggested as future study subjects on laser acupuncture. More various studies and efforts for device development have to be performed to provide oriental medical doctors with evidence based confidence about usage of laser acupuncture.

Key words : laser; laser acupuncture; laser needle; low level laser therapy; LLLT

I. 서론

고전적인 레이저 치료는 레이저의 고에너지를 이용한 외과수술에 국한되어 있었으나 20세기 말부터 레이저를 이용하여 침에 상응하는 효과를 얻을 수 있다는 연구가 등장하기 시작했다. 레이저(Laser)는 Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation의 약자로서, 유도방출을 이용하여 원하는 빛을 증폭시켜서 얻는 빛의 형태이다. 일상적으로 사용하는 빛과는 달리 매우 국한된 대역폭(bandwidth)을 가지고 있으며, 진행하는 광자(photon) 혹은 광파(lightwave)는 모두 위상이 같고, 편광면의 회전 방향과 그 정도가 모두 같다. 따라서 이렇게 집적된 레이저는 일반 광선과는 다르게 고도의 직진성, 높은 집적(focusing) 능력, 매우 좁은 면적에 높은 에너지를 전달하는 능력 등을 가지고 있으며, 이러한 특성을 이용하여 레이저는 매우 다양한 방면에 사용되고 있다. 레이저 관련 초기 임상 연구에는 이중 맹검이나 무작위 대조군 기법 등을 사용하지 않았기 때문에 근거수준(evidence level)이 낮은 연구들이 많았으나 시간이 흐를수록 연구가 보다 체계적으로 이루어졌으며¹⁾ 앞으로 더욱 높은 근거수준을 획득할 수 있을 것으로 기대된다. 본 논문에서는 레이저가 어떻게 의학적으로 사용되고 있는지 고찰하고, 특히 한의학적으로 활용 및 연구될 수 있는 방향에 대해 고찰 및 제언하고자 한다.

II. 연구 방법

PubMed(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>)와 Scopus(<http://www.scopus.com>)의 검색엔진을 사용하여 관련 논문을 검색하였다. 제목 및 초록, 그리고

키워드의 검색어로 laser acupuncture, laser needle, LLLT(Low Level Laser Therapy)를 주로 사용하였으며, 또한 레이저침 관련 연구를 많이 발표한 저자인 Litscher G를 저자명으로 검색하였다. 논문 형식의 제한은 설정하지 않았으며, 발표 시기는 1990년 이후로 제한하였다. 1차로 검색된 논문 중 50여 편의 원문을 확인하여, 주로 레이저침의 효능에 대한 임상 연구 19편, 레이저침의 생리학적 효과를 연구한 논문 12편, 레이저침의 연구 동향에 대한 10편 등을 보다 중점적으로 분석하였다. 기타 레이저의 물리적 원리 및 특성에 대한 부분은 반도체 소자, 레이저 관련 서적을 참고하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 레이저의 원리 및 특성

1) 레이저의 원리

레이저(Laser)는 Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation의 약자로, 전자기파의 유도방출에 의해 증폭된 빛을 칭한다. 전자기파의 유도방출을 발생시키기 위해서는 우선적으로 밀도반전(population inversion)이 선행되어야 한다. 모든 원소는 전자의 특정 궤도를 가지고 있고, 그 궤도에 위치한 전자는 일정한 양의 에너지를 흡수하면 들뜬 상태로 전이되게 된다. 그런데 에너지는 양자화 되어있기 때문에 특정 값의 에너지를 주어야만 전이가 가능하게 되는데, 이 에너지 값은 레이저의 매질이 되는 원소의 특성에 따라 결정된다. 이 원소로 이루어진 출력원에 특정 에너지를 공급해주면, 전자들은 들뜬 상태로 전이하기 시작한다. 이때 특정 에너지를 공급해주는 방법 역시 빛의 조사로 이루어지는데, 에너지를 공급하

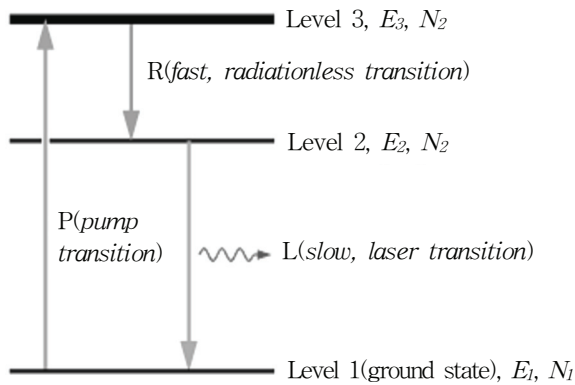


Fig. 1. Population inversion

여 전자를 들뜬 상태로 올려주는 빛을 펌프(pump)라고 한다. 한번 들뜬 상태로 전이된 전자는 원자에 따라 고유한 수명(lifetime)을 가지는데, 이는 매우 짧은 시간이다. 따라서 들뜬 상태를 지속적으로 유지시키기 위해서는 펌프(pump)가 계속 공급되어야 한다. 이렇게 지속적으로 공급되는 펌프에 의하여 유지되는 환경, 즉 들뜬 상태의 전자가 그렇지 않은 전자에 비해 절대 다수를 차지하는 환경을 밀도반전이라고 한다(Fig. 1)^{2,3)}.

밀도반전이 구현된 상태에서 빛을 증폭시켜 레이저를 만들기 위해서는 시드를 넣어주어야 하는데, 이 시드가 바로 구현하고자 하는 파장, 진동수, 위상을 가지고 있는 광자이다. 출력원이 되는 원소의 장치에 펌프가 계속 공급되는 밀도반전 상태에서 시드가 공급되면, 이 광자는 들뜬 상태의 전자와 충돌하게 된다. 그 결과 전자가 낮은 상태로 떨어지면서 에너지 준위의 차이에 해당하는 에너지를 광자 혹은 빛의 형태로 방출하게 된다. 이때 에너지 준위의 차이가 바로 시드의 에너지와 같게 된다. 즉 시드와 진동수, 위상, 편광상태 등이 완전히 동일한 광자가 만들어지는 것이다. 이 과정을 유도방출(stimulated emission)이라고 하며, 1916년 아인슈타인에 의해 개념이 정립되었다. 이렇게 유도 방출된 광자는 또 다른 시드가 되어 또 다른 들뜬 상태의 전자와 충돌하게 되고, 같은 과정이 반복되어 유도 방출된 광자는 기하급수적으로 늘어나게 된다. 이를 광자쇄도효과(photon avalanche effect)라고 하며(Fig. 2), 이는 매질(출력원)의 양쪽에 있는 공진거울(resonator mirror)에 의해 더욱 증폭이 된다. 이렇게 증폭된 빛의 다발(light bundle)이 원하는 출력(power)이 되면 장치를 개방하여 밖으로 내보내게 되는데, 이것이 바로 레이저이다^{2,3)}.

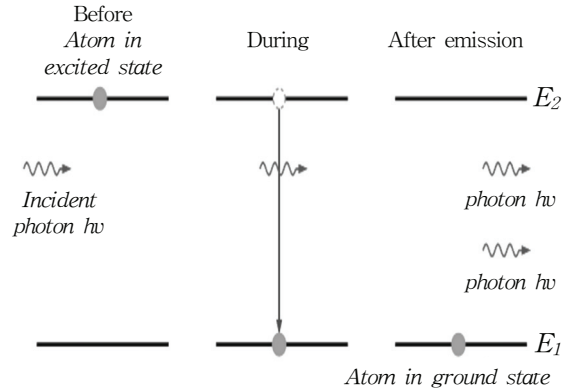


Fig. 2. Stimulated emission

2) 레이저의 특성

상술한 바와 같이 레이저의 특성은 매질(source), 펌프, 시드에 의해서 결정되는데, 이 중 가장 중요한 것은 매질이다. 매질이란 유도방출을 이용하여 빛을 증폭시킬 때 사용하는 원소를 의미하는 것이고, 따라서 바닥상태(ground state)와 들뜬상태(excited state)의 에너지 차이를 결정하는 역할을 한다. 이렇게 매질이 결정되어 에너지준위의 차이가 고정되면 펌프파장(pump wavelength)과 시드파장(seed wavelength)의 범위가 결정되기 때문에 매질의 선택은 매우 중요하며, 레이저는 주로 매질에 따라 분류가 된다. 레이저는 크게 고체레이저, 액체레이저, 기체레이저, 반도체레이저 등으로 매질에 따라 분류가 되며, 광선에 의한 열자극의 강도에 따라서 hot laser와 cold laser로 나뉘기도 한다. 후자의 분류는 레이저칩의 효과를 연구하는 측면에 있어서 온열자극을 어떻게 판단할지에 대한 논점에 중요한 의미를 지닌다.

레이저는 일반 빛과는 다른 특성이 있는데, 매우 좁은 대역폭(bandwidth), 매우 높은 결맞음(coherence)과 매우 집적된 에너지가 그 특징이다. 다만 출력은 용도에 따라서 조절이 가능한데, 이는 펌프를 조절함으로써 밀도반전의 양을 조절하여 구현한다. 매우 좁은 대역폭(bandwidth)란 것은, 레이저의 색이 거의 단파장으로 이루어졌다는 것이고, 결맞음(coherence)이 높다는 특징은 레이저가 진행하면서 간섭에 의해 스스로 에너지를 소모하는 경우가 없기 때문에 에너지를 먼 거리에도 전달할 수 있게 해준다.

또한 레이저는 내부변조(internal modulation) 혹은 외부변조(external modulation) 등의 적절한 방법을 통하여 매우 빠른 시간 안에 연속레이저(continuous laser) 혹은 펄스레이저(pulse laser) 등의 다양한 형

태를 띠게 할 수 있으며, 변조의 방법도 진폭변조(amplitude modulation), 주파수변조(frequency modulation) 등 다양한 형태로 정보를 나타낼 수 있다.

2. 광선요법으로서의 레이저

광선치료는 광선을 이용하여 질환 및 증상을 치료하는 것을 말하는데, 매우 다양한 광선을 포함한다. 일반적으로 광선치료는 혈위 적외선 조사요법, 혈위 자외선 조사요법, 혈위 종합 가시광선 조사요법 등으로 구분한다. 다만 이 분류는 사용하는 광선의 파장대역에 기준을 둔 것이기 때문에, 레이저요법을 이와 같은 분류중 하나에 넣는 것은 적절하지 않다. 그 이유는 지원하는 원소만 있다면 모든 대역의 빛을 레이저로 만들 수 있기 때문이다.

일반적으로 광선치료 혹은 광선요법이라 하면 먼저 광선의 열자극 혹은 에너지의 전달 및 열에너지로의 전환을 생각할 수 있으며, 대표적인 것으로는 CO₂ 레이저를 이용한 수술을 들 수 있다. 그러나 정확한 의미의 광선치료는 광선의 열자극을 이용하는 것이 아니다. 물론 열이 발생하는 모든 물질은 흑체복사의 이론에 의해 그에 해당하는 빛을 방출하는데, 대부분의 경우는 적외선을 방출하게 되며 따라서 열자극은 반드시 광선자극을 동반하게 되지만, 광선자극은 그와는 달리 열자극에 독립적으로 작용할 수 있다. 열자극이 인체에 영향을 미치려면, 분명히 국소적 혹은 전신적 체온의 상승을 일으켜야 한다. 그것도 인체의 항상성을 벗어나는 정도의 열자극이 있어야 한다. 왜냐하면 인체 항상성 유지 기전인 부적쇄환(negative feedback)에 의한 체온의 동요는 미미하지만 항상 존재하며, 따라서 열자극이 의미를 가지기 위해서는 정상상태의 동요를 깰 정도의 열에너지가 필요한 것이다. 그러나 저출력레이저(low level laser)를 이용한 광선요법은 그 정도의 온도 상승을 동반하지 않아도 임상적 효과를 나타내기 때문에, 열자극으로부터 독립적이라고 볼 수 있다. 다시 말하면 실험을 설계할 때 보다 더 변인을 강력하게 통제할 수 있다.

광선요법이 의미를 가지기 위해서는 몸의 조직 혹은 세포, 아니면 세포의 미세기관, 그것도 아니라면 최소한 어떤 화학물질이라도 빛에 반응을 해야 한다는 기본 가정이 존재해야 한다. 그렇지 않고서는 광선요법 자체가 의미가 없을 것이다. 그러므로 이와 관련해서 인체의 어떤 부분이 빛에 대한 수용기 역할을 하는 것인지 밝히는 것은 큰 의미가 있을 것이다. 원추세포

와 간상세포 등 광수용기 세포를 이루고 있는 광수용체 단백질인 opsin 3가 예전에는 망막의 세포에만 존재하는 것으로 알려져 있었지만, 1980년 이후에 뇌, 고환, 간, 태반, 심장, 폐, 골격근, 신장, 췌장 등 다양한 장기에 분포한다는 사실이 알려졌다. 같은 광수용체 단백질이 눈과 같은 전문적인 광수용기가 없는 생물에서 눈의 역할을 대신하고, 인간을 비롯한 동물에게 일주기성(circadian rhythm)이 존재한다는 사실 등은 위의 가정을 근거해 줄 수 있다⁴⁵⁾. 또한 광수용체 단백질 가설 외에도 미토콘드리아 색소 및 칼슘이온과 관련한 광자 효과⁶⁻⁸⁾ 역시 의미 있는 근거가 될 수 있다.

이렇듯 광선요법이 과학적인 근거를 가지게 되면서 레이저치료에 대한 연구는 더욱 활발히 진행되었다. 다양한 방법의 임상 시험으로 레이저 광선치료가 기존의 일반 광선치료보다 효과가 좋거나 혹은 최소한 다른 양상의 결과를 가져온다는 것은 많이 알려져 있다. 따라서 레이저 광선치료가 효능이 있고 없고는 더 이상 논란의 여지가 아니며⁹⁾, 구체적으로 어떤 효능이 있고, 그 효능은 정량적으로 분석이 가능한가, 만일 가능하다면 어떤 방법론을 택해서 연구하고 분석해야 하는가가 더욱 중요하다.

3. 침술로서의 레이저

상술하였듯이 레이저는 높은 결맞음(coherence)을 가지고 있으며, 또한 직진성이 매우 크기 때문에 빛의 분산이 잘 일어나지 않는다. 이렇게 매우 좁은 점(point)에 집적(focusing)될 수 있는 능력이 있기 때문에 레이저를 경혈에 조사하는 것은 큰 의미가 될 수 있다. 평면면적에 대한 레이저의 집적성에 더하여 레이저의 도파로(waveguide)로 싱글모드 광섬유(single mode fiber, SMF)를 사용한다면 레이저의 모드(mode) 의미에서도 집적이 가능하다. 비유를 사용한다면, 빛의 침이 되는 것이다. 그리고 조사된 경혈 주위의 화학물, 세포, 조직 등이 반응한다면, 이는 전통침과 같은 효과가 있을 수 있을 것이다. 물론 어떤 양상으로 반응이 나타나는지는 더 다양한 임상연구를 해야겠지만, 최소한 레이저를 새로운 형태의 침구법으로 인식하는 것이 가능하다고 볼 수 있다. 레이저를 한의학에 이용하기 위해서, 그리고 전통침의 단점을 극복하기 위해서는 레이저를 침으로 인식하여 사용할 필요가 있다는 주장은 실제로 LaserNeedle[®]의 선구자인 Litscher G의 연구에서도 찾아볼 수 있다¹⁰⁾. 비유하면 뜸이 의미와 사용방법, 적응증 등은 침과 다르지만,

경혈을 자극하여 치료효과를 낸다는 면에서 침구학의 도구로 쓰이는 것처럼, 그리고 새롭게 개발된 약침이나 봉독 역시 같은 맥락에서 의미가 있다면, 레이저침은 정량적으로 미세한 제어가 가능한 훌륭한 도구로서 한의학적으로 사용될 수 있을 것이다. 실제로 CO₂ 레이저를 침과 뜸의 동시적 효과로 인식하고 무릎의 골관절염에 시술을 시도하여 소기의 성과를 거둔 연구도 보고되었다¹¹⁾.

이와 같이 레이저를 침으로 인식하여 사용할 수 있다면, 기존에 발표된 국외 연구에서처럼 임상 활용을 나열하거나 특정 병변에 따른 어떤 레이저, 어떤 파장이라는 식의 전병전방의 서술은 한의학적으로는 큰 의미가 없다고 할 수 있으며, 레이저를 침으로 인식하여 사용한다면 한의학의 이론에 맞추어서 동일하게 질병을 변증하고 사용할 수 있을 것이다.

4. 레이저침의 연구

1) 기존의 연구

레이저침에 대한 연구는 주로 유럽에서 이루어지고 있으며, 관련 논문이 게재된 학술지의 영향력지수(IF)도 아직은 대체로 높지는 않다. 출판된 논문들을 참고하면, 레이저침에 대한 연구는 크게 세 방향으로 분류할 수 있다. 첫째는 레이저침의 생리학적·임상적 효과에 대한 연구이며, 레이저침 연구의 대부분을 차지한다. 둘째는 레이저침의 특성에 따른 효과에 대한 연구로서, 주파수와 출력에 따른 피부투과정도, 최대출력에 대한 제안, 안전성에 대한 연구들이다. 셋째는 레이저침을 보다 다양하게 활용하기 위한 제안들인데, 이러한 제안들은 아직 논란의 여지가 있을 수 있으나, 치료기술의 영역을 넓히기 위해서는 필요한 연구들이다.

2) 기존연구의 한계

기존의 레이저침을 연구한 논문들을 살펴보면, 국내외를 막론하고 레이저에 대한 충분한 이해가 부족한 상태에서 작성된 경우가 많았다. 따라서 적합한 연구 방법론이 아닌 경우도 많았으며^{9,12,13)} 사용한 레이저의 정확한 특성을 표기하지 않은 경우도 상당수 있었다^{1,8)}. 기존 연구⁸⁾에 의하면, 1981년 국내에 최초로 레이저침이 소개된 이후 2004년까지 국내에서 발표된 18개의 실험연구 논문을 대상으로 검토하였을 때, 레이저의 매질을 표기하지 않은 경우가 9개, 레이저기기의 모델을 표기하지 않은 경우가 5개, 제조사 및 국가를 밝히지 않은 경우가 5개, 파장을 밝히지 않은 경우

가 12개, 출력을 밝히지 않은 경우가 8개, 조사시간을 밝히지 않은 경우가 4개, 그리고 모든 논문들이 레이저의 모드 혹은 레이저빔의 사이즈를 밝히지 않았다. 또한 다른 원저 논문에서는 레이저침 관련 실험 논문들을 분석하는 과정 중 사용된 레이저의 파장에 대한 서술을 제외한 경우도 있었다¹³⁾. 이런 경우에 레이저기기의 모델 혹은 제조사, 제조국의 표기 유무는 문제가 되지 않지만 임상적으로 중요한 레이저의 매질, 파장, 출력 등을 고려하지 않은 연구는 적절한 연구 모델이라 할 수 없다.

질환 및 증상에 대한 레이저침의 임상적 연구는 2000년대에 진입하면서 좀 더 구체적인 방법으로 연구가 되고 있으나 기존 침에 대한 서양의 연구와 유사한 방법으로 진행되고 있다. 즉 특정 질환을 대상으로 하여 레이저침을 사용하였을 경우 그 효과가 어떠한지를 관찰하는 방식이 대부분이다. 레이저를 경혈에 조사한 논문도 있고, 그렇지 않고 병변부위에 직접 조사한 경우도 많다. 한의학적 변증 후에 경혈을 선택한 경우보다, 일반적으로 특정 질환에 쓰이는 경혈에 조사한 경우가 많았다. 효과에 대한 평가도 증상의 완화에서부터 fMRI의 사용 등 다양하게 이루어졌다. 그러나 레이저를 침으로 사용하고 경혈에 조사하는 한, 한의학적 변증을 이용한 임상 방법론을 사용하는 연구가 병행되는 것이 필요하다.

국내에서 한의학과 관련하여 레이저침을 연구하거나 활용한 사례는 아직 많지 않다. 한의원에서는 피부 치료 등과 관련하여 사용하는 경우가 있지만, 이 경우는 고출력 발광다이오드(high power LED)를 사용하면서 레이저라고 잘못 인식하는 경우가 종종 있기 때문에 더욱 조심스럽게 분석해야 한다. 대학한방병원의 규모에서 이루어지는 임상 연구는 학회지에 게재된 논문의 수로 추정해볼 때 최근 수 년간 거의 없어서 이에 대한 관심 및 연구가 요구된다. 상대적으로 의학계나 치의학계에서는 비교적 레이저 관련 연구의 발표가 활발히 진행되고 있으나, 의학계나 치의학계에서는 레이저를 침으로 인식하고 연구한 결과는 전무하며, 광선요법 및 열자극의 연장선에서 연구되고 있어 레이저침과의 상관성은 거의 없다.

5. 레이저침의 효과

레이저침의 효과가 없거나 증거가 불충분하다는 결론, 혹은 근거수준(evidence level)이 낮다는 결과들도 존재하지만¹⁴⁻¹⁶⁾, 대부분의 경우에는 레이저침의 유

효성에 대한 긍정적인 연구결과가 많았으며, 세부 사항은 다음과 같다.

1) 생리학적 효과

레이저침의 생리학적 효과는 주로 영상진단을 통하여 증명되었다. 일반적으로 말초부위에 나타나는 효과는 thermography, laser doppler flowmetry, laser doppler imaging 등으로 측정할 수 있으며¹⁷⁻²⁰⁾, 중추에 대한 효과는 주로 multidirectional transcranial ultrasound doppler sonography, regional cerebral near-infrared spectroscopy, functional MRI, 그 외 bio-electric method 등으로 측정하였다¹⁹⁻²²⁾. 또한 새로운 측정법으로 EEG entropy 등도 제안되고 있다²³⁾.

2) 임상적 효과

레이저침의 임상적 효과는 다양한 방면으로 연구가 이루어졌는데, 상술한대로 레이저침의 정확한 특성을 표기하지 않은 경우가 많았기 때문에, 다양한 방면의 연구를 종합하여 체계적으로 레이저침의 효과를 서술하는 것은 어렵지만, 기존의 연구들을 통합하여 근막동통증후군(MPS), 외상과염, 수술 후 오심, 만성 긴장성 두통, 간질성 방광염, 섬유근통 등의 치료와 금연보조 등에 유효하다는 systematic review연구^{24,25)}가 있으며, 특히 최근 몇 년간 독립적으로 매우 다양한 질환에 효과가 있다는 연구 결과가 이중맹검, 무작위 대조군, 위약 대조군 증례 보고 등의 방법으로 이루어져 보고되고 있다. 예를 들면 소아의 두통²⁶⁾, 금연보조²⁷⁾, 근막동통증후군(MPS)²⁸⁾, 뇌성마비(cerebral palsy)²⁹⁾,

Table 1. Clinical Effect of Laser Acupuncture

Frequency (nm)	Author (year, reference)	Disease / Disorder	Patients (n)	Treatment Location	Other Interventions	Measurement
N/A	Quah-Smith JI. (2005, 32)	depression	30	Acupoint	none	BDI, HADS
632.8	Ilbuldu E. (2004, 28)	MPS	60	trigger point	none	VAS
632-1064	Bjordal JM. (2008, 33)	tennis elbow	*	trigger point, tender point, acupoint	none	VAS, general condition
632.8, 675	Anwar S. (2008, 29)	cerebral palsy	250	acupoint, scalp, ear acupoint	physiotherapy, magneto therapy, color therapy, energy therapy Reiki, nutritional advice, reflex massage	various
650	Shen X. (2009, 11)	knee OA	40	Acupoint	CO ₂ laser	WOMAC index
670	Schlager A. (1998, 31)	postoperative vomiting	40	Acupoint	none	vomiting incidence
685, 885	Banzer W. (2008, 36)	knee Osteonecrosis	1 [†]	lesion site	none	MRI
820	Kerr CM. (2008, 27)	smoking	387	acupoint, ear acupoint	none	physical symptoms
820	Stellon A. (2005, 30)	neurogenic pruritus	1 [†]	near T9-T12	none	VAS
830	Çentiner S. (2006, 35)	TMJ disorder	24	tender point	none	VAS
830	Wu JH. (2009, 34)	circadian rhythm disorder	30	Acupoint	none	HRV
830	Gottschling S. (2008, 26)	children headache	43	Acupoint	none	VAS

* : systemic review, 18 trials. † : case report.

신경인성 소양증(neurogenic pruritis)³⁰, 사시 수술후 발생하는 오심구토(post strabismus surgery vomiting)³¹, 경도 혹은 중등도의 우울증(mild to moderate depression)³², 주관절 외상과병증(lateral elbow tendinopathy)³³, 슬부 골관절염(knee osteoarthritis)¹¹, 일주 리듬 장애(circadian rhythm disorder)³⁴, 악관절 장애(TMJ disorder)³⁵, 슬부골괴사(knee osteonecrosis)³⁶ 주의력 결핍 및 과잉행동 장애(ADHD)³⁷ 등에 효과가 있다는 연구가 보고되었으며, 대표적인 연구를 정리하면 Table 1과 같다. 다만 각 연구의 실험 설계가 레이저침의 조사과장, 조사부위, 조사시간, 광출력 등에 대해 표준화 또는 통일되어 있지 않다는 점³⁸은 향후 연구자들이 실험설계시 고려하여 개선해야 할 사항이며, 이와 관련해서 레이저침의 효과가 조사과장에 따라 달라질 수 있다는 연구²⁵, 레이저침의 조사량과 임상적 효과가 관계가 없다는 연구³⁹, 조사량과 임상적 효과가 관계가 있다는 연구³³ 등 레이저침의 각 특성의 변화에 따른 결과가 매우 다양한 점을 고려하여, 레이저침의 표준에 대한 보다 엄격하고 다양한 접근방식의 연구가 필요하다.

6. 한의학적 활용에 있어서의 장단점

레이저침의 가장 큰 장점은 감염의 위험이 전혀 없고, 통증이 발생하지 않으며, 특히 소아에게 접근성이 높다는 것이다. 또한 기계장치를 통한 미세한 조절이 가능하기 때문에 경혈 및 침법에 대한 연구에 있어서도 높은 신뢰도를 얻을 수 있다. 반면에 기존의 전통침에 비해 물리적 자극의 강도는 아무래도 낮을 수 밖에 없고, 득기감을 유발하기가 힘들 수 있다는 점이 단점이 될 수 있으나, 득기감을 넓게 해석한다면 레이저침에 대한 다양한 느낌 역시 새로운 형태의 득기감으로 인정할 수 있을 것이다. 최근의 연구⁴⁰에 따르면 환자들이 레이저침을 시술받는 과정에서 피부온도의 상승이 없는 상황에서 溫感을 느꼈다고 한다. 이는 통계적으로 높은 유의성이 있는 것으로 나타났는데, 실제 피부온도의 상승이 측정되지 않았다는 사실은 매우 주지할 만 하며, 이를 새로운 형태의 득기감으로 생각할 수도 있을 것이다. 경혈을 지압하는 경우, 전통침을 사용하는 경우, 레이저침을 사용하는 경우 모두 비슷한 정도의 임상적 효과를 나타낸 연구결과⁴¹가 있다는 사실은 유의할 만하다. 또한 아직은 한의사가 행하는 미세한 수기법을 구현할 수는 없지만, 레이저침에 대한 연구가 지속되고, 기기가 개량된다면 가

능할 수 있을 것이다. 그러나 현재까지 레이저침은 대량생산이 이루어지지 않고 있으며, 미세한 고급 기술의 특성상 기기가 고가로 책정되어 있어서, 기존 침에 비하여 기기의 구매로 인한 경제적 부담과 아직 뚜렷하지 않은 비용 대비 효용성은 레이저침의 적극적인 활용을 위해 극복해야 할 문제이다.

7. 새로운 모델 제안 및 개선방안

전통침법은 아주 오랜 시간동안 고전 의사와 임상 효과에 기초하여 발전해 온 것이지만, 레이저침의 경우는 응용해 온 기간이 상대적으로 훨씬 짧아서 일부 동물실험과 이중맹검의 임상실험을 통해 조금씩 표준을 잡아나가고 있다. 따라서 레이저침을 올바르게 연구 및 임상에 활용하기 위해서는 레이저의 과장, 매질, 밀도, 출력, 조사량, 조사시간, 조사되는 단면적, 레이저의 모드(mode), 도파로(waveguide), 편광(polarization), 변조(modulation), 조사간격, 조사각도 등의 선결 및 확정을 해야 하며, 이를 표준화하기 위해서는 다양한 방법의 연구가 요구된다.

표준화 연구뿐 아니라 좀 더 신뢰성 있는 임상연구를 위해서도 레이저침 기기의 설계는 보완되어야 하는데, 특히 단순히 레이저를 조사하는 기능 외에도 출력되는 레이저의 파워를 보정, 조절할 수 있는 광다이오드(phododiode)를 이용한 폐환시스템(feedback system) 설계, 적절한 레이저 다이오드(laser diode)의 선택, 도파로로서 적절한 광섬유의 선택, 그리고 실제 환자에게 접촉할 광섬유의 말단 어댑터(adapter) 처리 등은 반드시 보완설계 해야 한다.

기기 설계 외에도 다양한 방법의 연구가 요구되는 부분은 레이저의 편광과 변조부분이다. 레이저침의 편광방향을 이용하여 보사법을 구현하려는 시도가 있었으나^{42,43}, 이는 전자기파의 물리적 성질에 기반한 논란에 취약한 여지가 있다. 레이저의 변조분야는 훨씬 다양한 연구가 가능한데, 변조방식의 종류나, 신호의 종류에 따라서 치료효과나 적응증이 달라질 수 있기 때문이다. 기존 연구에도 펄스레이저와 유사한 변조를 통해 보사법을 구현하려는 시도^{42,43}가 있었으며, 이외에도 한의학적 혹은 의학적으로 의미가 있는 적절한 변조방법을 연구하여 적용한다면 레이저침의 효과 자체를 높일 수 있는 방법이 될 수 있다.

상술한 바와 같이 레이저침의 임상적 다양한 효과에 대한 연구가 발표되었지만, 아직 연구의 설계 및 방법의 질적 제고가 필요하며, 이러한 문제점을 극복

해 나간다면, 레이저의 특성인 정밀성과 치료의 간편성, 높은 안전성 등으로 차세대 한의학 침구법의 훌륭한 도구가 될 수 있을 것으로 사료된다.

IV. 결 론

레이저침에 대한 연구가 높은 근거수준과 신뢰도를 획득하기 위해서는 크게 두 가지 문제가 해결되어야 한다. 첫째, 레이저침은 전기 기계적 장치인 만큼 임상 연구에 사용한 레이저침에 대한 정확한 사양을 파악하고 적용 및 기술해야 한다. 둘째, 보다 많은 변인들을 통제하기 위해서 다양한 방면에서 레이저침 기기가 정확히 조절되어야 한다. 즉 파장을 일정범위 안에서 자유롭게 변화시킬 수 있는 파장가변레이저침(tunable laser)의 개발, 광다이오드(photodiode)를 이용한 폐환계(feedback system) 설계로서 보다 정확한 출력의 측정, 그 외 기기의 각 부분별 오차를 최소화 할 수 있는 소자의 사용 등이 있으며, 이를 가능하게 하기 위해서는 공학적 연구가 반드시 병행되어야 한다.

또한 기존 레이저침의 연구는 유럽에서 주로 이루어졌기 때문에 한의학적 변증에 의한 시술이 이루어진 경우는 희소하였다. 레이저침을 한의학적 도구로서 사용하기 위해서는 한의학적 변증에 기초한 시술, 한의학적 개념에 부합하는 공학적 수정이 이루어져야 할 것이며, 따라서 기기개발의 초기단계부터 한의학계의 적극적인 참여가 요구된다.

V. 참고문헌

- Whittaker P. Laser acupuncture : past, present, and future. *Lasers Med Sci.* 2004 ; 19 : 69-80.
- Raymond Y. Chiao, *Amazing Light.* New York : Springer-Verlag, 1996.
- Becker PC. *Erbium-Doped Fiber Amplifiers.* San Diego : Academic Press, 1999.
- Santillo S. Evolving visual pigments : Hints from the opsin-based proteins in a phylogenetically old "eyeless" invertebrate. *Biosystems.* 2006 ; 86 : 3-17.
- Bellingham J. Opsins and mammalian photo-entrainment. *Cell Tissue Res.* 2002 ; 309 : 57-71.
- Breitbart H, Levinshal T, Cohen N, Friedman H, Lubart R. Changes in calcium transport in mammalian sperm mitochondria and plasma membrane irradiated at 633nm(HeNe laser). *J Photochem Photobiol B.* 1996 ; 34 : 117-21.
- Karu TI. Primary and secondary mechanisms of action of visible to near-IR radiation on cells. *J Photochem Photobiol B.* 1999 ; 49 : 1-17.
- 이승호, 이승현, 박희준, 소광섭, 임사비나. 저출력 레이저 침 치료에 관한 국내 논문 분석 - 레이저 기기 중심. *대한경락경혈학회지.* 2005 ; 22(2) : 163-81.
- 장인수, 신금백 共譯. Tuner J. Hode L 原著. 레이저 치료학. 서울 : 정담. 2006.
- Litscher G. High-tech laser acupuncture is Chinese Medicine. *Medical Acupuncture.* 2008 ; 20(4) : 245-54.
- Shen X, Zhao L, Ding G, Tan M, Gao J, Wang L, Lao L. Effect of combined laser acupuncture on knee osteoarthritis : a pilot study. *Lasers Med Sci.* 2009 ; 24 : 129-36.
- 장인수 譯. Litscher G, Schikora D 原著. 레이저 침 치료학. 서울 : 메디컬코리아. 2007.
- 장인수, 조기호, 김영석, 배형섭, 이정섭, 강신화, 선중기. 저단계 레이저 치료에 대한 국내 논문 분석 및 한의학 임상 활용 방안. *대한한의학회지.* 2001 ; 22(3) : 251-60.
- Hubscher M, Vogt L, Banzer W. Laser needle acupuncture at Neiguan(PC6) does not mediate heart rate variability in young, healthy men. *Photomedicine and Laser Surgery.* 2007 ; 25(1) : 21-5.
- 박현철, 강문수, 김락형. 소부 레이저침 시술이 정신적 스트레스를 가한 성인의 심박변이도에 미치는 영향. *동의신경정신학회지.* 2007 ; 18(3) : 113-22.
- Gruber W, Eber E, Malle-Sheid D, Pflieger A, Weinhandle, Dorfer L, Zach MS. Laser acupuncture in children and adolescents with exercise induced asthma. *Thorax.* 2002 ; 57 : 222-5.
- Litscher G. Ten years evidence-based high-tech

- acupuncture - a short review of centrally measured effects. *eCAM*. 2007.
18. Banzer W. Short-time effects of laser needle stimulation on the peripheral microcirculation assessed by laser doppler spectroscopy and near-infrared spectroscopy. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2006 ; 24(5) : 575-80.
 19. Litscher G. Laserneedle®-Akupunktur auf dem Prüfstand der Wissenschaft, Schweiz. *Zschr. GanzheitsMedizin*. 2003 ; 15 : 253-9.
 20. Litscher G. Cerebral and peripheral effects of Laserneedle®-stimulation. *Neurol Res*. 2003 ; 25 : 722-8.
 21. Litscher G. Ten years evidence-based high-tech acupuncture - a short review of peripherally measured effects. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2009 ; 6(2) : 153-8.
 22. Litscher G. Near-infrared spectroscopy for objectifying cerebral effects of needle and laser-needle acupuncture. *Spectroscopy*. 2002 ; 16 : 335-42.
 23. Litscher G. Electroencephalogram-Entropy and Acupuncture. *Anesth Analg*. 2006 ; 102 : 1745-51.
 24. Baxter GD, Bleakley C, McDonough S. Clinical Effectiveness of Laser Acupuncture : A Systematic Review. *J Acupunct Meridian Stud*. 2008 ; 1(2) : 65-82.
 25. Fargas-Babjak A. Acupuncture, Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation and Laser Therapy in Chronic Pain. *The Clinical Journal of Pain*. 2001 ; 17(4) : S105-13.
 26. Gottschling S, Meyer S, Gribova I, Distler L, Berrang J, Gortner L, Graf N, Shamdeen MG. Laser acupuncture in children with headache : A double-blind, randomized, bicenter, placebo-controlled trial. *Pain*. 2008 ; 137 : 405-12.
 27. Kerr CM, Lowe PB, Spielholz NI. Low level laser for the stimulation of acupoints for smoking cessation : a double blind, placebo controlled randomised trial and semi structured interviews. *Journal of Chinese Medicine*. 2008 ; 86 : 46-51.
 28. Ilbuldu E, Cakmak A, Disci R, Aydin R. Comparison of Laser, Dry Needling and Placebo Laser Treatments in Myofascial Pain Syndrome. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2004 ; 22(4) : 306-11.
 29. Anwar S. Treating Cerebral Palsy with ACULASER Therapy. *Proc of SPIE*. 2008 ; 6846 : 68460 L1-68460L8.
 30. Stellon A. The use of laser acupuncture for the treatment of neurogenic pruritus in a child. *Acupuncture in Medicine*. 2005 ; 23(1) : 31-3.
 31. Schlager A, Offer T, Baldissera I. Laser stimulation of acupuncture point P6 reduces postoperative vomiting in children undergoing strabismus surgery. *British Journal of Anaesthesia*. 1998 ; 81 : 529-32.
 32. Quah-Smith JI, Tang WM, Russell J. Laser acupuncture for mild to moderate depression in a primary care setting - a randomised controlled trial. *Acupuncture in Medicine*. 2005 ; 23(3) : 103-11.
 33. Bjordal JM, Lopes-Martins RAB, Joensen J, Couppe C, Ljunggren AE, Stergioulas A, Johnson MI. A systematic review with procedural assessments and meta-analysis of Low Level Laser Therapy in lateral elbow tendinopathy (tennis elbow). *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2008 ; 9 : 75.
 34. Wu JH, Chen HY, Chang YJ, Wu HC, Chang WD, Chu YJ, Jiang JA. Study of Autonomic Nervous Activity of Night Shift Workers Treated with Laser Acupuncture. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2009 ; 27(2) : 273-79.
 35. Çetiner S, Kahraman SA, Yücetaş. Evaluation of Low Level Laser Therapy in the Treatment of Temporomandibular Disorders. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2006 ; 24(5) : 637-41.
 36. Banzer W, Hübscher M, Schikora D. Laser-Needle Therapy for Spontaneous Osteonecrosis of the Knee. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2008 ; 26(4) : 301-6.
 37. Arnold LE. Alternative treatments for adults with attention-deficit hyperactivity disorder(ADHD). *Ann NY Acad Sci*. 2001 ; 931 : 310-41.
 38. 황의형, 양창섭, 장인수. 레이저침 기술에 사용되는 레이저 기기의 적용 범위에 대한 고찰. *대한침구학회지*. 2009 ; 26(1) : 49-57.
 39. Beckerman H, Deie R, Bouter LM. The efficacy

- of laser therapy for musculoskeletal and skin disorders : A criteria-based meta-analysis of randomized clinical trials. *Phys Ther.* 1992 ; 72 : 483-91.
40. Amerongen KS. Patients' sensation during and after laserneedle versus metal needle treatment. *European journal of obstetrics & gynecology and reproductive biology.* 2009 ; 142 : 68-72.
41. Litscher G. Effects of acupressure, manual acupuncture and Laserneedle acupuncture on EEG bispectral index and spectral edge frequency in healthy volunteers. *European journal of anaesthesiology.* 2004 ; 21 : 13-9.
42. Chengwei L, Zhen H. Design of the Laser Acupuncture Therapeutic Instrument. *Proc of the 28th IEEE.* 2006 ; FrEP13.2 : 4107-10.
43. Zhen H, Dongyu L, Chengwei L. Implementation of Reinforcement and Reduction of Traditional Acupuncture and Moxibustion. *International Conference on BioMedical Engineering and Informatics.* 2008 : 522-5.