

논문 2012-49-10-24

# 피하에 효과적인 열 자극을 위한 고주파 자극 프로토콜 개발

## (Development of RF Stimulating Protocol for Effective Heat-Stimulus in Subcutaneous Tissue)

명 현 석\*, 이 대 원\*, 김 한 성\*\*, 이 경 중\*\*\*

(Hyoun Seok Myoung, Dae Won Lee, Han Sung Kim, and Kyoung Joung Lee)

### 요 약

뜸은 질병에 대한 면역력을 높이고 질병을 치유하는데 효과적인 반면 뜸의 열 자극 세기를 조절하기 힘들어 피부에 고통을 유발시키며 화상을 입히는 부작용이 발생된다. 이런 한계점을 극복하기 위해 자극 조절이 가능한 고주파 열 자극 시스템을 개발하였으며, 동물에게 뜸질을 할 경우 얻어지는 온도분포와 유사한 자극 프로토콜을 개발하였다. 자극을 위한 시스템은 2MHz, 200W의 고주파유전가열장치, 절연프로브, 절연플레이트, 음압 발생부 및 온도측정부로 구성되어있다. 자극 프로토콜 설계를 위해서 일차적으로 토끼의 대퇴부에 뜸질시 표피, 피하 5mm와 피하10mm에서 온도분포를 획득하였다. 획득된 뜸질의 온도분포와 유사한 온도분포로 자극하기 위해서 자극펄스의 duty ratio와 반복회수 및 출력을 제어하였다. 뜸질과 고주파 자극시 피하의 온도분포를 비교해본 결과 피하 5mm와 10mm 부위에서의 상관관계는 각각 95%와 91%로 일치함을 보여주었다. 또한, 고주파 자극시 표피에서의 온도분포는 뜸에 비해 현저하게 낮게 나옴을 확인하였다. 이를 통해 고주파 열 자극 시스템은 뜸질의 문제점인 화농, 물집과 같은 부작용을 유발시키지 않으면서 피하에 뜸질과 유사한 열 자극이 가능함을 보여주었다.

### Abstract

Moxibustion is utilized not only to cure disease but also to increase immunity. However, it may lead to undesired effects including severe pains(blisters and burns) because of the difficulty of controlling heat intensity. To overcome these problems we developed the RF heat stimulation system which can control stimulus. Also, we developed the RF stimulation protocol for effective heat transfer in subcutaneous tissue of rabbit. RF stimulator consists of a medical RF capacitive heating device, isolation probe, isolation plate, negative pressure control part and temperature measurement part. For the designed stimulus protocol, we measured the temperature distribution on epidermis and in subcutaneous(5mm, 10mm) area of rabbit during moxibustion. A stimulation protocol was designed by controlling the ON/OFF duty ratio, repeating number, and energy of applied pulse to get the temperature distribution similar with that by moxibustion. In results, the correlation coefficients between temperature distribution by moxibustion and that of stimulator were 95% and 91% from 5mm and 10mm thick respectively. However, temperature distribution on epidermis by stimulator was remarkably lower than that of the moxibustion. Finally, the RF stimulation system showed that it can not only transfer effectively heat similar with moxibustion to the subcutaneous area, but also the influence by unwanted side effects can be minimized.

**Keywords :** Moxibustion, Radio Frequency, Heating Stimulation System

\* 학생회원, \*\* 정회원, \*\*\* 평생회원-교신저자, 연세대학교 의공학부

(Department of Biomedical Engineering, Yonsei University.)

※ 본 연구는 지식경제부 차세대신기술개발사업의 지원에 의하여 이루어진 것임(10028424)

접수일자:2012년8월13일, 수정완료일:2012년10월5일

## I. 서 론

뜸질은 쑥을 사용하여 피부 바로위에 직접적으로 혹은 피부와 쑥 사이에 완충층을 두어 간접적으로 쑥을 태워 치료하는 전통적인 동양의학의 치료방법이다. 뜸

질의 치료효과는 경혈에 열 자극을 함으로써 혈액순환이 촉진되고 면역력이 증가된다고 알려져 있다<sup>[1]</sup>. 기존 연구들에서는 뜸질은 냉증, 만성두드러기, 만성 기침과 같은 질병치료에 효과적이라고 제안하였다<sup>[2~4]</sup>. 그러나 피부 바로위에 직접적으로 자극하는 뜸질은 고통, 물집 그리고 화농과 같은 시술자가 의도하지 않은 부작용이 발생되기도 한다<sup>[5~6]</sup>. 이와 같은 결과는 뜸의 열 자극은 뜸의 양, 형태 그리고 재질에 따라서 열 자극의 세기를 제어하기 어렵기 때문이다. 그러므로 뜸질 과정을 보다 쉽게 제어하고 부작용을 최소화하며 열 자극 세기를 쉽게 제어 할 수 있는 시스템 개발이 필요하다.

뜸질의 이전 연구는 열 특성, 플라시보 효과와 같은 뜸질의 임상효과에만 집중이 되어 있다. 그러나 이와 같은 연구의 결과에 의해 개발된 시스템은 뜸질을 모사할 수 있는 연구가 아닌 단순한 열 자극 분야이다. 예를 들면 고주파 자극방식의 열 자극을 이용하여 피부치료를 위해 개발된 피부 미용 시스템과 열 기반의 종양 제거 방법이 있다<sup>[7,8]</sup>. 하지만 기존의 고주파 자극방식은 전극이 피부와 닿는 표면에 높은 열을 발생시켜 화상이 발생되며 뜸과 유사하게 피하에 열 자극을 인가하는 방안으로는 부적합하다. 또 다른 연구에서는 뜸과 유사한 열 자극을 하기 위해서 살아있는 유기체가 아닌 돼지고기 시편 및 팬텀을 제작하여 열 자극에 대한 온도분포를 확인 하였다. 이는 혈액의 이동 및 유기체의 특성을 고려하지 않고 적용한 것으로 사람에게 적용하기는 다소 무리가 있다.

따라서 본 논문에서는 전통방식인 뜸질에서 발생하는 화상과 자극 세기의 조절이 어려운 한계점을 보완하기 위해서 마취된 토끼의 피하에 열 자극을 할 수 있는 고주파 열 자극 시스템을 개발하였다. 또한 뜸질과 유사한 온도분포를 갖도록 최적화된 고주파 자극 프로토콜을 설계하였다.

## II. 본 론

### 1. 뜸

뜸의 종류에는 피부에 뜸을 태우는 직접구가 있으며 피부와 뜸 사이에 생강, 마늘, 소금과 같은 완충층을 놓고 뜸을 태우는 간접구가 있다. 직접구는 전문가에 의해서 시술이 가능하나 간접구는 범용으로 누구나 시술이 가능함으로 본 연구에서는 뜸의 온도분포를 측정하

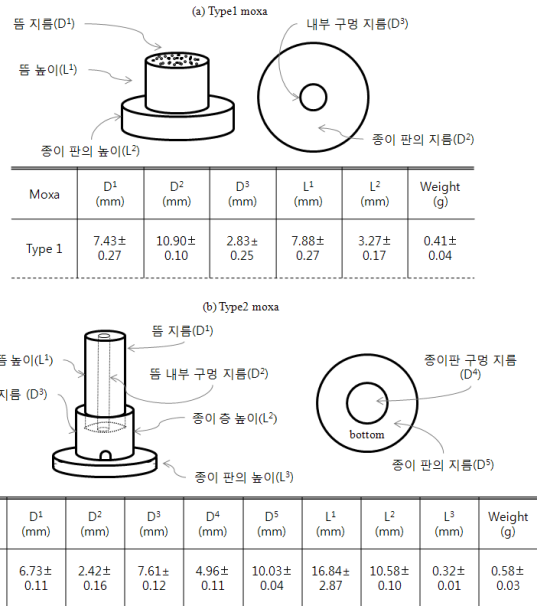


그림 1. 뜸의 모양 및 사양  
(a)type1 moxa, (b)type2 moxa  
Fig. 1. The shape and specification of moxa.  
(a)type1 moxa, (b)type2 moxa

기 위해서 일반적으로 사용되는 뜸의 일종인 간접구를 사용하였다. 또한 상용화되어 있는 간접구에서는 대표적인 완충층으로 공기 혹은 종이 층을 사용하고 있다. 그림 1에서는 본 논문에서 적용한 뜸의 형태 및 크기를 보여주고 있다. 뜸질 중 온도분포를 획득하기 위해서 그림 1(a)에서는 완충층을 종이로 사용하고 있는 형태를 적용하였으며 그림 1(b)에서는 공기층을 완충층으로 사용하고 있는 뜸의 모습을 보여주고 있다.

### 2. 설계된 고주파 자극 시스템

자극을 인가하기 위해 사용된 고주파 자극 시스템은 통증완화를 위해 상용화된 장비인 의료용 고주파 유전자열장치(하드빌, 대한민국)를 수정하여 사용하였다. 고주파 자극 시스템은 고주파 필스를 피부에 조사하여 열 에너지를 집중시켜 열을 발생시킨다. 이는 고주파 자극기, 절연 프로브와 절연 플레이트, 온도측정 부분과 시스템 제어파트로 구성되어있다. 그림 2는 설계된 고주파 자극 시스템의 블록다이어그램을 보여주고 있다. 고주파 자극기는 2MHz, 200Watt 양극 고주파를 발생시키며 전기적인 쇼크를 최소화하기 위해서 프로브와 플레이트에 절연 물 있다도포하여 사용하였다. 또한 온도 측정부는 고주파 자극을 인가하면서 피하의 온도분포를

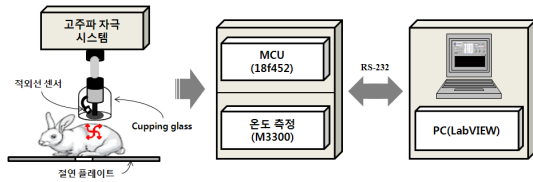


그림 2. 고주파 자극 시스템 블록도  
Fig. 2. Radio frequency stimulation system block diagram.

측정하기 위해 의료용 광 온도분석 장치(m3300, LumaSense, USA)와 프로브의 온도를 모니터링 하기 위해 비접촉식 온도측정센서인 적외선센서(MLX90614, Melexis, Belgium) 사용하여 자극과 동시에 피하와 프로브의 온도를 측정하였다. 측정된 온도분포는 PC에서 LabVIEW(Ver.8.6, National Instrument, USA)를 적용하여 디스플레이, 저장 그리고 분석을 하였다.

3. 자극 대상

피하의 온도분포를 측정하기 위해 이전 연구에서는 돼지고기 시편 및 팬텀을 제작하여 깊이에 따른 온도 분포를 측정하였다. 그러나 이와 같은 방법은 시편의 혈액 순환에 따른 피하의 온도분포 변화를 반영 할 수가 없다<sup>[9]</sup>. 그러므로 혈액 순환에 따른 피하의 온도분포와 자극에 따른 생체신호의 변화를 관찰하기 위해서 살아있는 생명체인 NZW(New Zealand White, male, month:18, weight:3.6±0.2kg)를 실험 대상으로 선정하였다. 실험에는 5마리의 NZW가 사용 되었으며 각각의 NZW에서는 좌/우 대퇴부에서 한 번씩 실험을 진행되어 총 10회 진행하였다. 고주파 자극과 뜸질시 NZW에서 온도분포를 획득하기 위해 동물용 마취제인 Zoletil(0.1ml/kg)과 Rompun(0.03ml/kg)으로 복강마취를 한 후 NZW의 대퇴부를 제모하고 고주파 자극을 하였다. 모든 동물관리 및 실험은 동물실험윤리위원회(the Institutional Animal Care and Use Committee of Yonsei University(IACUC))에 승인을 받아서 시행되었다.

4. 고주파 자극 프로브와 플레이트

고주파 자극을 인가하기 위해서 프로브(+)와 플레이트(-)사이에 NZW를 위치시키고 뜸과 유사한 온도분포를 획득하기위해 설계된 고주파 자극 프로토콜에 따라 자극을 인가하였다. 높은 주파수(2MHz)와 100Watt 이

상의 출력으로 자극을 할 때 edge current를 최소화하기 위해서 프로브를 원형으로 제작 하였으며 전통적인 방식의 뜸과 유사한 면적으로 자극하기 위해서 지름 1.5cm의 크기로 제작하였다. 또한 전기적인 쇼크를 최소화하기 위해서 우레탄 필름으로 코팅(두께:0.28mm)을 하였으며 플레이트 역시 전기적인 충격을 최소화하기 위해서 절연하여 사용하였다.(그림 3(b,c))

일반적인 뜸질은 불씨를 가지고 있는 시간이 4분, 온열효과가 유지되는 시간이 약 14분이다. 고주파 자극시 부착을 용이하게 하고 여러 채널을 동시에 인가하기 위해서 부항컵에 음압을 인가하고 음압모터(KPV36E, KOGE Electronics, korea)와 솔레노이드 밸브를 제어하여 일정한 압력(10~15kpa)을 유지하면서 자극하였다. 또한 고주파 자극시 NZW의 표면의 온도를 실시간으로 모니터링하기 위하여 RF의 영향을 최소화 할 수 있는 비접촉식 온도측정 센서인 적외선센서를 적용하여 그림 3(c)에서와 같이 프로브의 상단면을 모니터링 하였다. 그러나 고주파 자극시 피부와 프로브의 접촉면의 온도를 모니터링하기 어려우므로 본 연구의 실험 전에 고주파 자극시 프로브의 상단면과 하단면의 온도차를 확인하였다. 고주파 자극을 하는 중간에 일정한 시간간격으로 프로브 하단면의 온도를 확인하였다. 이와 같은 과정을 적외선 열 카메라(Thermovision A40, FLIR, Sweden)로 촬영하여 한 지점에서 고주파 자극시 프로브 상단면과 피부와 접촉되는 프로브의 하단면의 온도 차이가 약 2℃ 임을 확인 할 수 있었다. 따라서 프로브



그림 3. 설계된 고주파 자극 시스템  
(a)고주파 시스템, (b)절연 플레이트, (c)음압 프로브  
Fig. 3. Designed of radio frequency stimulation system. (a)radio frequency system, (b)isolation plate, (c)negative pressure probe

의 상단면의 온도를 모니터링 하여 피부의 온도를 예측하였다. 문헌에 따르면 피부가 상해를 입는 온도는 약 44°C이다. 따라서 NZW의 세포 파괴를 최소화하기 위하여 프로브의 온도를 실시간으로 모니터링 하여 42°C를 넘지 않게 하였다.

#### 4. 온도측정 방법

고주파 자극시 일반적인 트랜스듀서와 접촉식 센서들은 전계의 영향을 받아 오작동을 하며 큰 노이즈에 의해서 실시간으로 온도를 측정하기 힘들다. 따라서 본 연구에서는 온도분포를 획득하기 위해 광 온도분석기와 비접촉식 적외선 센서를 사용하였다. 광온도 분석기는 Luxtron에서 개발된 의료용 광 온도 분석 장치로 강한 전계에도 거의 영향을 받지 않으며 높은 재연성과 정확도를 보여준다. 피하의 온도를 획득하기 위해서 마취 후 주사 바늘을 이용하여 대퇴부의 피하에 삽입 후 광섬유를 주사 바늘 안으로 삽입하였다. 삽입된 광섬유의 끝부분에 접촉되는 온도는 외부간섭 없이 광섬유를 통하여 전송된다. 광섬유는 대퇴부 표면에서 피하 5mm 간격으로 위치하며 대퇴부에서 NZW의 머리 쪽 방향으로 2.5cm 깊이로 광섬유 센서 가이드(그림 4(a))를 삽입하였다. 마취된 NZW의 대퇴부 피부 표면 위에 설계된 부항컵을 일정한 음압을 인가하여 부착하였다. 땀의 온도분포와 유사한 온도분포를 갖는 고주파 자극 프로토

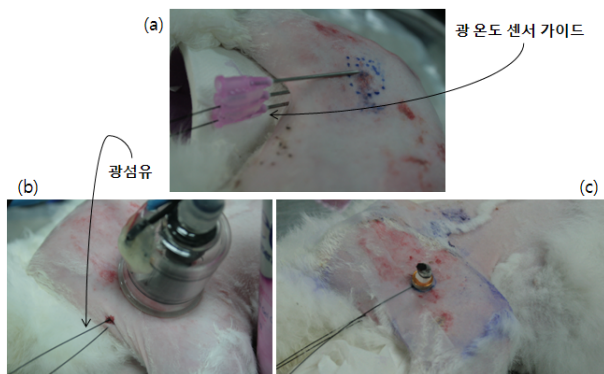


그림 4. 고주파 자극기와 땀질에 의한 온도측정  
(a)광섬유 센서 가이드 삽입, (b)고주파 자극시 온도측정, (c)땀질시 온도측정

Fig. 4. Temperature measurement by radio-frequency stimulator and moxibustion.  
(a)insert the optic fiber sensor guide, (b)temperature measurements by radio-frequency stimulation, (c)temperature measurements by moxibustion

콜에 맞추어 18분간 고주파 자극을 인가하면서 표면과 피하의 온도변화를 측정하였다.

#### 5. 온도 획득 프로토콜

그림 4(a)와 같이 광섬유 센서 가이드를 삽입 할 경우, 매번 동일한 위치에 삽입하는 것은 불가능하다. 비록 유사한 위치에 삽입을 하였다라도 혈관의 위치 및 피하의 상태에 따라서 기준 온도가 틀려진다. 따라서 땀질과 고주파 자극시 온도분포를 획득하기 위한 위치적 오차를 최소화하기 위해서 피하에 광섬유가 한번 삽입되었을 때 땀질에 의한 온도분포와 고주파 자극에 의한 온도분포를 연속적으로 획득하였다. 온도획득을 위한 프로토콜은 그림 5에서 보여 주고 있다.

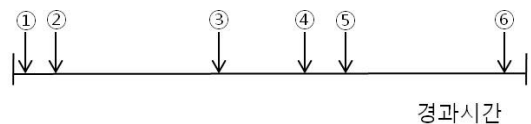


그림 5. 온도 획득 프로토콜  
Fig. 5. Temperature acquisition protocol.

- ① 마취된 토끼의 대퇴부를 제모, 광섬유 가이드 삽입, 광섬유 삽입, 고주파 프로브 부착
- ①~② 고주파 프로브의 온도가 안정화 될 때까지 대기 (약 10분소요)
- ②~③ 고주파 자극 (약 18분), 토끼 대퇴부에서 피부와 피하의 온도 분포 획득
- ③~④ 고주파 자극에 대해 열 자극이 안정화 될 때까지 휴식 (약 30분)
- ④~⑤ 땀을 피부에 올려놓고 피부 온도가 안정화 될 때까지 대기 (약 10분소요)
- ⑤~⑥ 땀 자극 (약 18분), 피부와 피하의 온도 분포 획득

### III. 결 과

#### 1. 자극 프로토콜 설계

이전 연구에서 고주파 자극시 연속적인 고주파 자극이 시작되면 급격하게 온도를 상승시키고 고주파 자극을 종료하면 급격하게 온도가 하강됨을 확인 하였다. 그러나 땀의 온도분포를 획득하여 확인 해 본 결과 그림 6과 같이 최고점까지 점차적으로 증가하여 최고점에

도달한 이후 천천히 온도가 하강하는 모습을 보여 주었다. 따라서 고주파 자극시 온도를 제어 할 수 있는 프로토콜을 생성하였다. 연속적인 고주파 자극에 ON/OFF duty ratio 와 각 구간의 반복 횟수를 조정하여 뜸과 유사한 온도분포를 가질 수 있게 하였다. 그림 6에서는 고주파 자극시 뜸과 유사한 온도분포를 갖게 하기 위해서 온도분포 곡선을 구간별로 나누는 모습이다. 각각의 구간은 ① ON시간을 길게 하여 온도가 급격하게 상승하는 구간, ② OFF 시간에 비해 ON시간을 조금 길게 설정하는 온도가 천천히 증가하는 구간, ③ OFF 시간에 비해 ON시간을 조금 짧게 설정하는 온도가 천천히 감소하는 구간 그리고 ④ OFF시간을 길게 하여 온도가 급격하게 감소하는 구간으로 나눌 수 있다.

따라서 그림 6과 같이 구간을 나누는 것을 바탕으로 반복 실험을 통하여 표1,~와 같이 각각의 type1 moxa와 type2 moxa에 대한 프로토콜을 설계하였다.

표 1~2에서는 고주파 자극시 type1,2 moxa에 의해 획득된 온도분포와 유사한 열 자극을 하기 위해서 다음과 같이 프로토콜을 설정하였다. 프로토콜의 동작은 ON시간동안 고주파를 인가하고, OFF시간동안 고주파

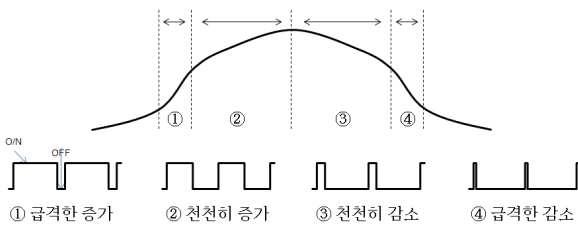


그림 6. 자극 프로토콜을 설계하기 위한 구상도  
Fig. 6. Design concept for the stimulating protocol.

표 1. type1 moxa와 유사한 온도분포를 획득하기 위한 고주파 자극 프로토콜

Table 1. The RF stimulation protocol for obtained similar temperature distribution with type1 moxa.

Phase	ON	OFF	REP
1	5 ms	495 ms	80
2	80 ms	420 ms	100
3	499 ms	1 ms	390
4	450 ms	550 ms	45
5	20 ms	980 ms	125
6	10 ms	990 ms	185
7	5 ms	995 ms	150
8	2 ms	998 ms	157
9	1 ms	999 ms	145

표 2. type2 moxa와 유사한 온도분포를 획득하기 위한 고주파 자극 프로토콜

Table 2. The RF stimulation protocol for obtained similar temperature distribution with type1 moxa.

Phase	ON	OFF	REP
1	2 ms	498 ms	240
2	5 ms	495 ms	300
3	350 ms	150 ms	417
4	200 ms	300 ms	100
5	100 ms	400 ms	190
6	50 ms	450 ms	160
7	5 ms	995 ms	160
8	2 ms	998 ms	150
9	1 ms	999 ms	200

를 차단한다. 또한 REP 횟수만큼 ON/OFF를 반복하여 자극 정도를 조절 할 수 있다. 하나의 프로토콜이 종료 되면 다음 프로토콜을 연속적으로 수행한다. phase 1,2 구간은 뜸질시 뜸에 불씨가 붙어서 서서히 열이 인가되는 구간으로 고주파 자극을 위해서 묘사한 구간이며 온도 상승은 거의 발생되지 않는다. phase 3,4 구간은 온도가 급격하게 상승되게 하는 구간을 묘사한 구간이며 피하 5mm에서 뜸질시 온도분포와 유사한 온도분포를 가질 수 있게 설계하였다. phase 1,2,3,4에서는 뜸질시 뜸의 온도 상승구간이 약4분 정도이므로 고주파 자극시 온도상승도 뜸질시 온도 분포와 유사하게 설정 되었다. 또한 phase 5,6,7,8,9는 뜸질시 불씨가 꺼지고 온도가 천천히 하강하는 부분을 고주파 자극을 위해 묘사한 구간이다. 두 가지 뜸에 의해서 인가되는 열자극의 전체적인 온도분포는 유사하며 열 자극 정도에서는 차이가 난다. 일반적으로 type1 moxa는 type2 moxa에 비해서 열 자극세기가 강하게 나타났다.

## 2. 뜸과 고주파 자극시 온도분포

프로토콜의 유효성을 확인하기 위해서 설계된 프로토콜을 고주파 자극기에 적용하였다. 그림 7은 마취된 토끼의 뒷다리에 그림 1에서 제시한 각각의 뜸과 프로토콜이 적용된 고주파 자극시 피부와 피하의 온도분포를 비교한 그림이다. 그림 7(a)는 type1 moxa와 고주파 자극시 피부와 피하의 온도분포를 보여 주고 있다. type1 moxa의 온도분포는 가는 실선으로 표시되어 있으며 위에서부터 0mm(표면), 피하 5mm, 피하 10mm의 온도분포 곡선을 보여준다. 또한 프로토콜이 적용된 고주파 자극시 온도분포는 굵은 선으로 표시되어 있으며

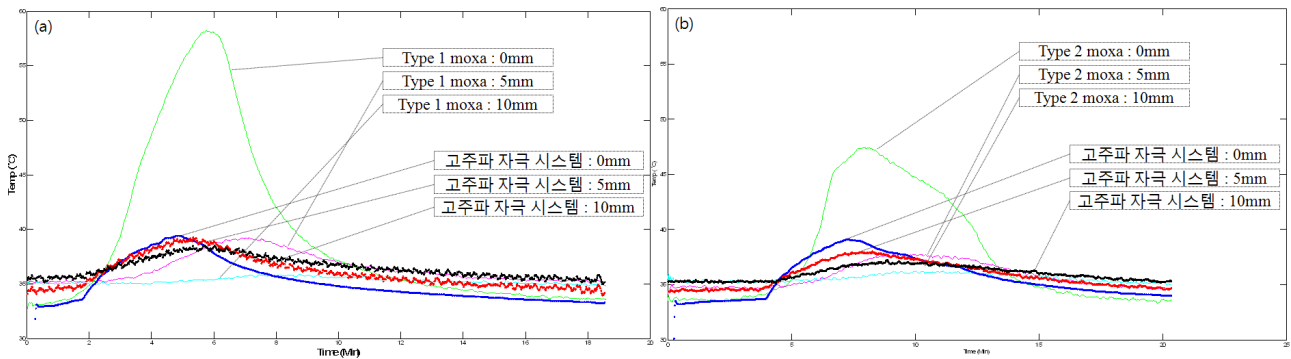


그림 7. 뜸과 프로토콜이 적용된 고주파 자극시 온도분포 비교

- (a) type1 moxa와 고주파 자극시 온도 분포 비교
- (b) type2 moxa와 고주파 자극시 온도 분포 비교

Fig. 7. Comparison of the temperature distribution between moxibustion and stimulator.  
(a) Comparison of the temperature distribution between type1 moxa and stimulator  
(B) Comparison of the temperature distribution between type2 moxa and stimulator

type1 moxa의 온도 분포와 유사하게 위에서부터 0mm (표면), 피하 5mm, 피하 10mm의 온도 분포 곡선을 나타낸다. 그림 7(a)에서는 type1 moxa 표피의 최고온도가 58.2°C로 높게 나오는 반면 피하 5mm에서는 39.2°C로 열 손실이 크게 나타나는 것을 확인 할 수 있다. 그러나 표1의 프로토콜이 적용된 고주파 자극은 표피의 최고온도가 39.4°C로 낮게 나온 반면 5mm에서는 39.2°C로 열 손실이 거의 없는 것을 확인 할 수 있다. 기존 연구에서 표피의 온도가 44°C 이상이 되면 셀(cell)이 파괴되기 시작한다. 따라서 뜸질시 화농과 같은 의도되지 않는 고통이 발생된다. 그러나 프로토콜이 적용된 고주파 자극은 표피에 높은 열을 인가하지 않아도 피하에서 type1 moxa와 유사한 열 자극을 인가 할 수 있음을 확인 하였다. 또한 그림 7(b)에서도 유사하게 type2 moxa 표피의 최고온도가 47.5°C로 높게 나오는 반면 피하 5mm에서는 37.8°C로 열 손실이 크게 나타나는 것을 확인 할 수 있다. 그러나 표2의 프로토콜이 적용된 고주파 자극은 표피의 최고온도가 39.1°C로 낮게 나온 반면 5mm에서는 37.9°C로 열 손실이 거의 없는 것을 확인 할 수 있다. 그림 7(a)(b)에서 뜸질과 프로토콜이 적용된 고주파 자극에 따른 온도 분포의 유사성을 확인 해 본 결과 5mm에서의 상관관계는  $R = 0.95$ 로 나왔으며, 10mm에서는  $R = 0.91$ 로 유사함을 확인 할 수 있었다.

#### IV. 고찰 및 결론

본 논문에서는 전통적인 방식인 뜸질에서 발생하는 화상과 자극 세기의 조절이 어려운 한계점을 보완하기 위해서 마취된 토끼의 피하에 효과적으로 열 자극을 할 수 있는 고주파 열 자극 시스템을 개발하였으며 뜸질과 유사한 온도 분포를 갖도록 최적화된 고주파 자극 프로토콜을 설계하였다. 그 결과 각각의 뜸질과 프로토콜이 적용된 고주파 자극에 따른 온도분포의 상관관계는 5mm에서  $R = 0.95$ 로 나왔으며 10mm에서는  $R = 0.91$ 로 유사함을 확인 하였다. 또한 기존 뜸질과 유사한 열 자극을 하기위한 방법들로 환부에 적외선 자극 및 열판(Hot plate)을 적용하여 표피에 열을 조사함으로써 피하로 열을 전달하는 방법이 있으나 피하로 열이 전달되면서 열 손실이 많이 발생된다. 그러나 본 연구에서는 전통적인 방식의 뜸질과 고주파 자극에 의한 온도분포를 비교 한 결과 type1 moxa에 의한 열 자극의 최고점의 온도는 표피와 피하 5mm에서 19°C의 차이를 보이며, type2 moxa에서는 약 10°C의 차이를 보인다. 그러나 표 1의 프로토콜이 적용된 고주파 자극은 표피와 피하 5mm에서의 온도차가 0.2°C 이며, 표2의 프로토콜이 적용된 고주파 자극은 표피와 피하 5mm에서의 온도차가 1.2°C로 열 손실이 거의 없으며 기존 방식에 비해 효과적으로 피하에 열 자극을 할 수 있음을 확인 하였다. 이는 뜸질의 문제점인 화농, 물집과 같은 부작용을 유발시키지 않으면서 피하에 기존의 뜸질과 유사한 온도분

포로 열 자극을 할 수 있음을 보여주고 있다.

현재 뜸질시 유발되는 온도 분포와 유사하게 자극할 수 있는 전임상용 프로토콜이 적용된 고주파 자극 시스템은 모든 뜸에 적용되지 않은 한계점을 가지고 있다. 그러나 본 연구를 통하여 부작용을 최소화 하면서 피하에 효율적으로 열 자극을 할 수 있는 가능성을 보여주었다. 향후에는 이를 확장하여 다양한 뜸과 병증에 설계된 고주파 자극 시스템을 적용하여 열 자극에 따른 온도분포와 효능을 비교하는 연구가 필요할 것으로 생각되며 동물이 아닌 사람에게 적용하기 위해서 피하의 온도분포를 추정해 낼 수 있는 방법을 연구가 필요할 것으로 사료된다.

구하기 위한 심부 열 자극 시스템 개발”, 전자공학 회논문지, Vol.46SC, no.6, pp.50-57, 2009.

### 참 고 문 헌

- [1] J. R. Peterson, “Acupuncture in the 1990s”, Arch Fam Med., Vol 5, no 4, pp.237-240, 1996.
- [2] C. J. Chen, H. S. Yu, “Acupuncture treatment of urticaria”, Arch Dermatol, Vol. 34, no. 11, pp.1397-1399, 1998.
- [3] C. Xia, W. S. Mei, W. L. Qun, “Sixty-eight Cases of Child Chronic Cough Treated by Moxibustion”, Journal of Traditional Chinese Medicine, Vol. 29, no. 1, pp.9-10, 2009.
- [4] J. Y. li, C. Xu, L. J. Xin, “Forty cases of insomnia treated by suspended moxibustion at Baihui(GV 20)”, Journal of Traditional Chinese Medicine, Vol. 29, no. 2, pp.95-96, 2009.
- [5] M. F. Marquardt, S. Pollak, U. Schmidt, “Cigarette burns in forensic medicine”, Forensic Science International, Vol. 176, no. 2, pp.200-208, 2008.
- [6] A. Bensoussan, S. P. Myers, A. L. Carlton, “Risks Associated With the Practice of Traditional Chinese Medicine”, Arch Fam Med., Vol. 9, no. 10, pp.1071-1078, 2000.
- [7] T. S. Alster, E. Tanzi, “Improvement of Neck and Cheek Laxity With a Nonablative Radiofrequency Device: A Lifting Experience”, Dermatol Surg., Vol. 30, no. 4, pp.503-507, 2004.
- [8] H. Rhim, K. H. Yoon, J. M. Lee, Y. K. Cho, J. S. Cho, S. H. Kim, W. J. Lee, H. K. Lim, G. J. Nam, S. S. Han, Y. H. Kim, C. M. Park, P. N. Kim, J. Y. Byun, “Major Complications after Radio-Frequency Thermal Ablation of Hepatic Tumors: Spectrum of Imaging Findings”, RadioGraphics., Vol.23, pp.123-134, 2003.
- [9] 차지영, 명현석, 조성필, 이경중, “뜸의 열적효과를

저 자 소 개



명 현 석(학생회원)  
2006년 원광대학교 전기전자  
공학부 학사 졸업.  
2009년 연세대학교 의공학과  
석사 졸업.  
2009년~현재 연세대학교  
의공학과 박사과정.

<주관심분야 : 의용계측, 생체신호처리>



이 대 원(학생회원)  
2011년 연세대학교 의용전자공학  
학사 졸업.  
2011년~현재 연세대학교  
의공학과 석사과정  
<주관심분야 : 생체신호처리, 시  
뮬레이션>



김 한 성(정회원)  
1989년 한양대학교 기계설계공학  
학사 졸업.  
1991년 한양대학교 기계설계공학  
석사 졸업.  
1999년 University of Manchester  
Institute of Science and  
Technology 생체역학 박  
사 졸업.

2001년~ 2002년 아주대학교 겸임교수  
2002년~ 현재 연세대학교 의공학부 교수  
<주관심분야 : 의용전자 및 생체공학, 시뮬레이  
션>



이 경 중(평생회원)  
1981년 연세대학교 전자공학과 학  
사 졸업.  
1983년 연세대학교 전자공학과 석  
사 졸업.  
1988년 연세대학교 전자공학과 박  
사 졸업

1993년 미국 Case Western Reserve Univ.  
객원교수

1989년~현재 연세대학교 의공학과 교수.  
<주관심분야 : 생체계측, 생체신호처리, 생체 모  
뮬링>