

원저

온도 측정을 통한 상용 쑥뜸의 자극효과에 대한 실험적 연구 -연소시간 및 연소온도를 중심으로-

이건목* · 양유선* · 이진휘**

*원광대학교 한의학전문대학원 제3의학과

**원광대학교 공과대학 기계공학부

Abstract

Experimental Study on the Stimulating Effect of Commercial Moxa Combustion through the Measurement of Temperature -Focused on Combustion time and temperature-

Geon-Mok, Lee* · Yoo-Sun, Yang* · Gun-Hyee, Lee**

*Department of the Third medicine, Professional Graduate School of Oriental Medicine, Won-Kwang University

**Department of Mechanical Engineering, Won-Kwang University

Objective : The purpose of this study is to investigate the mechanism and effect of moxibustion objectively and to be used as the quantitative data for developing the new thermal stimulating treatment by observing the combustion time and temperature of commercial moxaes.

Methods : We have selected two types(large-size moxa A(LMA), large-size moxa B (LMB)) among large moxaes used widely in the clinic. We examined combustion times, temperatures in each period during a combustion of moxa.

Results : 1. The combustion time in the preheating period was about 30sec in both moxaes on the non-contact heated surface.

2. The combustion time in the heating period was about 345sec in LMA and about 1391sec in LMB, about 4 times longer in LMB on the non-contact surface.

※ 이 논문은 2001년도 원광대학교 교내연구비와 BK21 사업의 지원에 의해 연구되었음.

· 접수 : 2002년 2월 28일 · 수정 : 3월 12일 · 채택 : 2002년 3월 18일

· 교신저자 : 이진휘, 전북 익산시 신흥동 원광대학교 공과대학 기계공학부 (Tel. 063-850-6692)

E-mail : ghlee@wonkwang.ac.kr

3. The maximum temperature in the heating period was 44.5°C in LMA and 45.4°C in LMB respectively, higher by 0.9°C in LMB. The average temperature in the heating period was 35.5~37.6°C in LMA and 36.0~39.8°C in LMB, a little higher in LMB.

4. The combustion time in the retaining period in LMA was 45.4sec and 13% of that in the heating period, and in LMB 594.7sec and 43% of that in the heating period on the non-contact surface.

5. On the point(PH) measured maximum temperature, the average temperature during the retaining period was 44.0°C, 42.9°C respectively and the temperature at an end of the retaining period was 43.0°C, 40.2°C respectively.

6. The time at a beginning of the cooling period was about 418 sec from ignition in LMA and 2021sec in LMB, and the temperature at that time was 36.9~39.1°C on the non-contact surface.

Conclusion : It was thought that not only the figure of moxibustion device, but also the form and size of moxa had influence on the combustion characteristics deciding the performance of stimulus seriously.

Key words : moxa combustion, combustion time, combustion temperature

I. 서론

艾灸療法은 뜸쑥을 병중에 상응한 부위에 附着, 燒炸시킴으로써 얻어지는 온열 자극과 연소에서 생기는 화학물질에 의한 자극을 이용하여 병을 치료하는 일종의 자극요법으로 營血衛氣의 장애로 인한 발병 질환 및 동통을 치료하는 효능을 갖고 있다¹⁻²⁾.

일반적으로 자극요법은 대개 자극의 양과 질 및 환자의 감수성에 의해 그 효능이 결정되며³⁾ 이들 세 요소간의 적절한 조화가 필요하다. 이 중 환자의 감수성을 배제하고 시술자의 입장에서 생각해 본다면 자극조건은 자극요법의 결과를 결정하는 중요한 요인임을 알 수 있다³⁻⁵⁾.

艾灸療法 시술시 피시술체에 영향을 주는 화상 정도와 온열 자극양은艾灸의 연소과정에서 발생되는 열량에 비례하고 용출되는 진액의 화학적 성분도 연소시간, 연소온도 등 연소특성에 따라 결정되

기 때문에艾灸를 체계적으로 연구하기 위해서는 연소특성에 대한 이해가 중요하다⁶⁾.

기존의 연구들⁷⁻¹¹⁾을 보면 뜸의 재료로艾絨, 桑枝, 桃枝를 이용하여 재료에 따른 구간별 연소시간, 평균온도, 승온속도, 연소 열량비를 관찰한 것과 直接灸 및 隔物灸를 이용하여 구간별 연소 열량비, 평균온도, 승온속도, 하강속도를 관찰 검토한 것으로 실제 임상에서 적용되고 있는 쑥뜸의 연소특성에 대한 연구는 찾아볼 수 없었다.

이에 저자는 현재 임상에서 상용되고 있는 뜸 중에서 대형 뜸 2종을 선택하여 구간별 연소시간과 연소온도를 검토함으로써,艾灸의 작용기전과 효능을 객관적으로 규명하고 이해하며, 기존 뜸의 개선과 새로운 뜸 개발의 기초자료로 삼고자 한다.

II. 실험재료 및 실험장치

1. 실험재료

상용화되어 임상에서 비교적 널리 사용되는 대형

뜸 2종류를 실험재료로 사용하였다.

1) 대형 A뜸

대형 A뜸(강화구관, 이화당 제애소)은 쑥관과 이를 설치하여 연소시키는 뜸기로 구성되어 있다. 쑥관은 속이 빈 원통형으로, 외부 직경은 6.66 ± 0.02 mm이고 내부 직경은 2.50 ± 0.02 mm이며, 높이는 23.9 ± 0.02 mm이다. 쑥관의 질량은 420 ± 2 mg으로 밀도는 589 mg/cm^3 이다.

뜸기의 상부는 쑥관을 설치할 수 있도록 깊이 5.5 ± 0.02 mm의 구멍이 5개 뚫려 있으며, 스테인리스 스틸 판으로 제작되어 있다. 뜸기의 하부는 고무로 제작되어 있으며 상부인 스테인리스 스틸 판을 지지하면서, 바닥 면을 피부와 접촉하도록 되어 있다. 뜸기의 바닥 단면은 환형으로 외부 직경은 56.5 ± 0.02 mm이고 내부 직경은 40.5 ± 0.02 mm이다. 따라서 이 뜸에 의한 가열면적은 내부 빈 공간에서 12.88 cm^2 이고, 피부와 직접 접촉하는 뜸기 바닥 면적은 12.19 cm^2 로 전체 면적은 25.07 cm^2 이다.

2) 대형 B뜸

대형 B뜸(신기구 쑥봉, 햇님뜸)은 쑥덩이와 뜸기로 구성되어 있다. 쑥덩이는 艾葉을 가공하여 艾絨으로 만들고 틀에 넣어 적당하게 압축하여 성형되었으며, 그 형상은 상부는 원추형으로 하부는 원통형으로 되어 있고, 원활한 연소를 위하여 원통 내부가 비어 있다. 쑥덩이의 전체 높이는 약 18.4 mm이며, 하부 원통의 높이는 약 12.5 mm이다. 원통의 직경은 약 23.0 mm로 전체 체적은 5.52 cm^3 이다. 쑥덩이의 평균 질량은 1901 ± 11 mg으로 밀도는 344 mg/cm^3 이다.

이 쑥뜸은 뜸기의 내부 구멍을 통해 대류 열전달(convection heat transfer)과 복사 열전달(radiation heat transfer)이 이루어지며, 동시에 환형 바닥면을 통해 전도 열전달(conduction heat tra-

nsfer)이 이루어지는 구조를 가지고 있다. 따라서 이 쑥뜸은 공간 및 환형 토기면을 간격으로 사용하는 間接灸라 할 수 있다.

2. 실험장치

1) 실험장치의 구성

실험장치(원광대학교 기계공학부 자체 제작)는 쑥뜸 연소장치, 데이터 획득장치와 데이터 처리장치로 구성되어 있다. 쑥뜸 연소장치는 쑥뜸을 피부에 시술할 때 쑥뜸과 부착된 피부의 온도를 측정하는 방식을 모형화하였다. 즉, 쑥뜸 바닥과 쑥뜸 고정판에 열전대를 설치하여 연소시 쑥뜸 바닥면의 온도를 측정하였다. 쑥뜸 연소를 위한 장치에는 주변 공기의 흐름에 영향을 받지 않고 쑥뜸이 자연적으로 연소할 수 있도록 공기흐름 차단벽을 설치하였고, 쑥뜸 연소장치 내부에는 주변 온도의 영향을 받지 않고 일정한 온도를 유지할 수 있도록 하단에 가열기(heater, 원광대학교 기계공학부 자체 제작)를 설치하였다.

2) 열전대(Thermocouple)

쑥뜸 연소시 발생하는 온도의 변화를 측정하기 위하여 T형 열전대(직경 1.0 mm, 저항 $0.6 \Omega/\text{m}$)를 사용하였다. T형 열전대(0.4 class, One Instrument Co.)는 copper와 constantan(Cu 50%, Ni 50% 합금)으로 구성되어 있으며, $0 \sim 200^\circ\text{C}$ 사이의 온도를 측정하는데 적합하고 허용오차(tolerance)는 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 로, 보다 넓은 온도 영역에서 사용하는 다른 형태의 열전대에 비해 오차가 작은 장점을 가지고 있다.

3) 데이터 획득장치(Data acquisition system)

열전대에서 오는 아날로그(analog) 신호를 받아 자료 처리장치로 보내는 역할을 하는 데이터 획득장치로 DATASCAN 7320(Analog measurement

processor modules, 16Ch, Measurement System Ltd.)을 사용하였다. 이 기기에서 처리된 신호는 RS232 포트를 사용하여 PC에 연결된다. DATASCAN 7320의 분해능(resolution)은 16bit이며, T형 열전대를 센서로 사용한 경우 감도(sensitivity)는 0.02℃, 정확도(accuracy)는 0.9℃이다. 따라서, T형 열전대와 DATASCAN 7320을 통해 총 오차는 ±1.1℃ 이하가 된다.

4) 데이터 처리장치(Data process system)

데이터 획득장치에서 보내진 전기적 신호는 PC에 내장된 프로그램(DALITE V. 2.40, DA-TASCAN 7000 series 전용, DATASCAN Technology)에 의해 온도값으로 환산되어 화면상에 게시되고 정해진 파일에 저장된다.

5) 등은 열원장치(Constant temperature heater)

쑥뜸이 설치된 판의 온도가 주변 온도의 영향을 받지 않고 쑥뜸의 연소에 의한 온도 변화만을 반영될 수 있도록, 등은 열원장치와 조절기를 자체 개발하여 사용하였다. 이 장치의 온도 조절 오차는 ±0.1℃이다.

Ⅲ. 실험방법 및 연소구간의 구분

1. 실험방법

상용 대형 A뜸의 쑥관들은 제작 후 보관상의 문제로 손상된 것들이 많이 발견되므로, 임의로 쑥관을 선택하여 실험에 사용할 경우 실험결과의 균질성을 보장할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 외견상 흠결이 없고, 비어 있는 중심부가 바깥 원과 동심원을 이루는 것들을 취합한 후, 질량을 측정하여 420±2mg 범위 내의 쑥관들만을 실험에 사용하였다.

마찬가지로 상용 대형 B뜸의 쑥덩이들도 크기는 유사하나 압축된 정도에 따라 질량의 편차(1901±73mg,

3.4% 이상)가 심하다. 따라서 본 연구에서는 오차를 줄이기 위해 1901±11mg 범위내의 쑥덩이 중에서 형태상 흠이 없는 것들을 선별하여 실험에 사용하였다.

쑥뜸의 연소장치는 주변공기의 흐름을 차단하도록 제작하여 실험하였고, 연소장치 내 온도를 32℃로 유지하면서 실험을 수행하였다.

쑥뜸이 놓여진 연소판 위에 열전대를 설치하였으며, 대형 쑥뜸은 바닥 면이 넓고, 피부와 직접 접촉하는 부분과 비어 있는 공간으로 나누어져 있어서, 施灸 시 위치에 따라 피부의 온도가 다르게 변화되므로 측정 위치를 7개로 정하였다.

대형 A뜸은 쑥관이 삽입하는 지점이 단면 상 중앙에 한 곳(Fig. 1(a)에서 Mc)과 동심원을 따라 네 곳(Fig. 1(a)에서 Mp)이 있다. 이러한 쑥관의 위치를 반영하여, Fig. 1(a)와 같이 두 쑥관 삽입부를 지나는 반경을 따라 다섯 점(T₁, T₂, T₄, T₆, T₇)에, 그렇지 않은 반경을 따라 두 점(T₃, T₅)에 온도 측정점을 정하였다. 대형 B뜸은 Fig. 1(b)와 같이 공간 접촉면에 대해서는 쑥뜸 바닥 단면의 중심점을 포함하여 네 점(T₁~T₄)에 온도 측정점을 정하였고, 뜸기의 바닥면과 직접 접촉하는 면에 대해서는 세 점(T₅~T₇)에 온도 측정점을 정하였다. 쑥뜸이 착화됨과 동시에 측정점의 온도를 일정 시간 간격(5sec)으로 데이터 획득 장치를 통해 저장되도록 하였다. 측정 시간은 예비 실험을 통해 대형 A뜸은 1500 sec, 대형 B뜸은 3600sec로 하였다. 두 쑥뜸은 이 시간 이전에 완전 연소가 이루어지며 측정점의 온도가 34℃ 이하가 된다. 같은 종류의 쑥뜸에 대해 실험을 9회 반복하여 평균값을 실험값으로 취하였다.

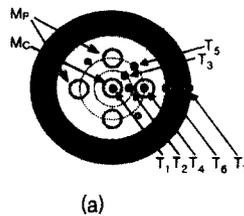


Figure 1. Points of temperature measurement

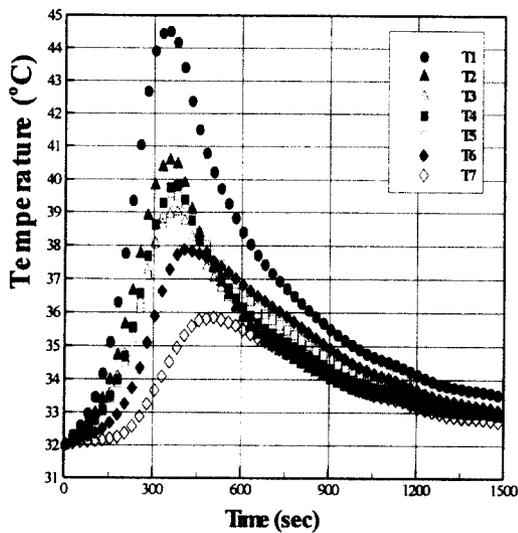
2. 연소구간의 구분

본 연구에서는 박⁵⁾이 제시한 방법에 따라 온도 변화 곡선과 온도 미분 곡선을 이용하여 쑥뜸의 연소구간을 구분하고, 각 구간에서 열적 특성을 검토하였다. 쑥뜸이 착화되면 쑥뜸 측정점의 온도는 상승하며, 일정 시간에 이르면 온도 상승이 멈추고 연소 최고온도에 도달한다.

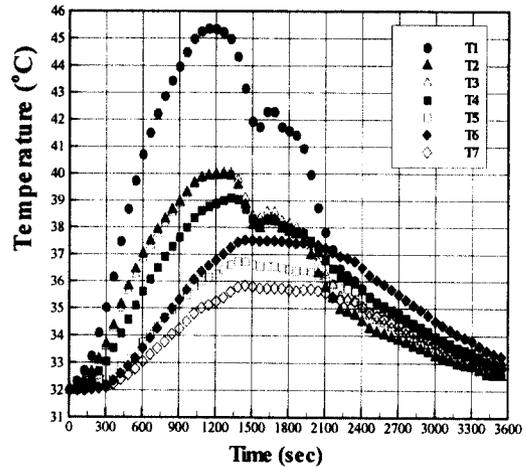
연소 시작 시간부터 최고온도에 이르는 시간까지를 입열기(Heat input period)로, 이 이후의 연소시간을 출열기(Heat output period)로 구분하였다.

입열기는 온도 구배에 따라 예열기(Preheating p-eriod, 착화된 시점부터 온도 구배가 0보다 커지는 시점까지)와 가열기(Heating period, 예열기의 종료 시점부터 온도 구배가 다시 0으로 되는 시점까지)로 구분하였고, 출열기는 보온기(Retaining p-eriod, 가열기의 종료 시점부터 온도 구배가 최저가 되는 시점까지)와 냉각기(Cooling period, 보온기 종료 시점부터 측정점의 모든 온도가 주변 온도와 같아지는 시점까지)로 구분하였다.

가열기는 다시 온도 구배가 증가하는 상승과정 가열기와 온도 구배가 감소하는 하강과정 가열기로 구분하였다.



(a)



(b)

Figure 2. Variation of temperatures with respect to time in a combustion

(a) Large moxa A

(b) Large moxa B

IV. 실험결과 및 분석

본 연구에서는 각 쑥뜸에 대해 7 지점에서 온도를 측정하였는데, 각 측정점의 시간에 따른 온도 변화는 서로 다르다(Fig. 2).

대형 A뜸은 쑥관이 착화되면 측정점에서 온도가 점차 상승하기 시작하여 빈 공간의 바닥 단면(이하 “비접촉 가열면”)의 온도($T_1 \sim T_5$)는 착화 후 340~370sec 이후에서, 직접 접촉하는 바닥 단면(이하 “접촉 가열면”)의 온도($T_6 \sim T_7$)는 450sec 이후에서 최고온도에 이르는 것을 볼 수 있다(Fig. 2 (a)). 또한 바닥 단면의 중심점에서 측정한 온도(T_1)가 다른 지점에서 측정한 온도($T_2 \sim T_7$)에 비해 매우 높다. 이 지점은 가운데 쑥관(M_c , Fig. 1(a))이 삽입되어 연소되는 지점이다.

주변 쑥관(M_p , Fig. 1(a))이 설치된 위치의 온도(T_4)는, 중앙 쑥관과 주변 쑥관들이 설치된 위치의

중간 측정점의 온도(T_2)보다 낮다. 이는 쑥뜸의 연소에서 발생하는 열이 쑥관에 직접 피부로 전달되는 양보다, 연소열이 일차적으로 쑥관이 설치된 s-steel 판을 가열하고, 다음 단계로 가열된 steel 판을 통해 피부로 전달되는 전열량이 많다는 것을 의미한다. 즉, 이 쑥뜸은 비록 뜸기 내부가 공간으로 비어 있지만, 쑥관이 설치된 steel 판을 이용한 간접 가열방식으로 피부를 가열하는 열전달 구조를 가지고 있다는 것을 내포한다.

또한 비접촉 가열면의 온도들($T_1 \sim T_5$)은 크기는 서로 다르나 유사한 변화를 보이며, 접촉 가열면의 온도들(T_6, T_7) 역시 서로 유사하다는 것을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 온도가 가장 높은 한 점의 온도(T_H), 비접촉 가열면의 평균온도(T_I)와 접촉 가열면의 평균온도(T_O)에 대해 연소구간을 구분하고 연소특성을 검토하였다.

비접촉 가열면과 접촉 가열면의 평균온도는 다음과 같이 계산하였다.

$$T_I = \frac{1}{A_I} \int_{A_I} T dA \quad ,$$

$$T_O = \frac{1}{A_O} \int_{A_O} T dA \quad (1)$$

여기서, A_I 와 A_O 는 각각 1.29cm^2 , 1.22cm^2 이다.

Fig. 2(b)는 대형 B뜸의 시간에 따른 온도 변화를 도시한 그림이다. 그림에서 $T_1 \sim T_4$ 는 비접촉 가열면에서 측정된 온도들이며, $T_5 \sim T_7$ 는 접촉 가열면에서 측정된 온도들이다. 대형 A뜸과 마찬가지로, 바닥 단면의 중심점에서 측정된 온도(T_1)가 다른 지점에서 측정된 온도에 비해 매우 높다. 나머지 비접촉 가열면에서 측정된 온도들($T_2 \sim T_4$)은 매우 유사한 크기와 형상을 보여주고 있다. 또한 중심점에서 주변으로 갈수록 온도가 점차 낮아지는 경향을 보여주고 있다.

접촉 가열면의 온도는, T_6, T_5, T_7 의 순으로 높은 것으로 나타났다. 즉, 단면 중심에서 가까운 위치의 온도(T_5)보다 접촉면 중앙 지점에서 온도(T_6)가 더 높게 나타났다. 이는 접촉면에서 전열 구조가, 고온 지역인 내측 비접촉면으로부터의 열전달보다, 쑥의 연소로 발생한 열원이 뜸기로 전달된 다음, 다시 접촉면을 통해 피부로 열이 전달되는 구조를 가지고 있다는 것을 의미한다. 또한 뜸기는 주변 공기에 의해 냉각되므로, 뜸기 하부 빈 공간의 온도가 뜸기보다 낮다는 것도 알 수 있다. 이는 비접촉면의 전열과정이 대류보다 복사에 주로 의존하여 열전달이 이루어진다는 사실을 알려주는 중요한 정보이다.

Fig. 2(b)에서는 비접촉 가열면의 온도들($T_1 \sim T_4$)이 1500sec 이후에 온도가 일시적으로 다시 상승하는 경향을 볼 수 있다. 이는 기존의 연구^{4, 12-13)}나, 대형 A뜸에서 볼 수 없는 온도 변화이다. 이와 같은 온도 변화가 발생하는 원인은 쑥뜸의 연소과정과 밀접한 관련이 있다. 쑥뜸 상부에서 착화되면 시간이 지남에 따라 화염이 하부와 내부를 향해 전파된다. 내부의艾絨은 이미 연소된艾絨의 재로 뒤덮여 있어서 산소가 희박하기 때문에 불완전 연소를 하며, 따라서 연소온도도 낮고 연소속도 또한 느리게 이루어진다. 불씨가 쑥뜸의 하부에 도달하면, 하부는 다시 공기와 직접 접촉하게 되며 이때 연소는 다시 왕성하게 이루어지므로艾絨은 완전 연소를 하게 되며, 연소온도 역시 다시 높아진다. 따라서 그림과 같이 측정점의 온도가 다시 상승하는 것이라고 판단된다.

대형 A뜸과 마찬가지로, 비접촉 가열면의 온도들($T_1 \sim T_4$)은 크기는 서로 다르나 유사한 경향을 보이며, 접촉 가열면의 온도들($T_5 \sim T_7$) 역시 서로 유사하다는 것을 알 수 있다. 따라서 대형 B뜸에 대해서도, 온도가 가장 높은 한 점에서의 온도(T_H), 비접촉 가열면의 평균온도(T_I)와 접촉 가열면의 평

균온도(T_0)에 대해 연소구간을 구분하고 연소특성을 검토하였다. 비접촉 가열면과 접촉 가열면의 평균온도는 식(1)과 같이 계산하였으며, 식(1)에서 Δ_1 와 Δ_0 는 각각 1.06cm^2 , 1.60cm^2 이다.

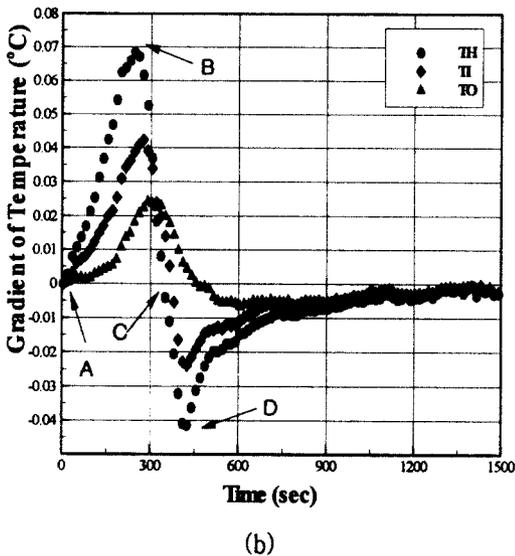
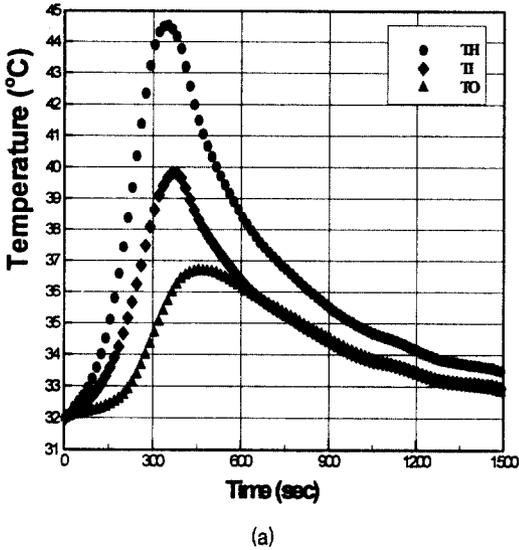


Figure 3. Variation of temperatures and gradients of temperature with respect to time in a combustion of Large moxa A

(a) Temperatures (b) gradients of temperature

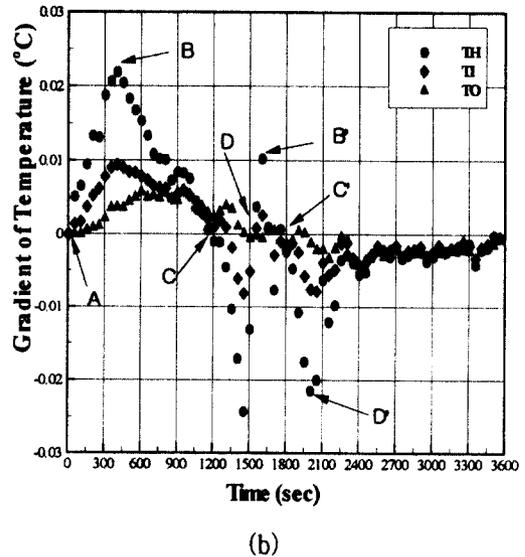
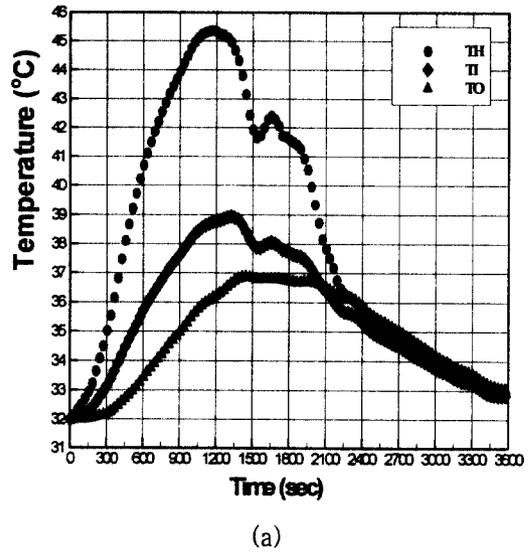


Figure 4. Variation of temperatures and gradients of temperature with respect to time in a combustion of Large moxa B

(a) Temperatures (b) gradients of temperature

Fig. 3과 4는 각각 대형 A, B뜸의 온도특성을 보여주는 그림들이다. 대형 A뜸의 온도특성은 전형적인 쑥뜸의 연소과정^{4, 12-13)}에서 볼 수 있는 특성과 흡사한 경향을 가지고 있다. 그러나 대형 B뜸은

앞서 설명한 바와 같이 최고온도와 비접촉 가열면의 평균온도에서 2중 극대 현상이 보여지며, 따라서 속도 구배 역시 매우 복잡한 변화를 보여주고 있다.

연소구간은 앞에서 설명한 바와 같이 온도 구배를 사용하여 기본적으로 구분이 가능하지만, 대형 B뜸의 경우는 온도 구배가 박⁵⁾이 제시한 방법을 그대로 적용할 수 없다. 본 연구에서는 예열기(~A), 1차 가열기(A~C), 2차 가열기(D~C'), 1차 보온기(C~D), 2차 보온기(C'~D')와 냉각기(D'~)로 수정하여 연소구간을 구분하였다(Fig. 4 (b)). 또한 가열기는 온도 구배 상승 가열기(1차 : A~B, 2차 : D~B')와 온도 구배 하강 가열기(1차 : B~C, 2차 : B'~C')로 나누어 구분하였다. 1, 2차 가열기와 1, 2차 보온기 각각의 특별한 열적 특성은 발견할 수 없었으므로, 다음의 구간별 온도특성 고찰에서는 통합하여 다루었다.

1. 예열기(Preheating period)

예열기는 쑥관 또는 쑥봉에 착화된 시점부터, 온도 측정점에서 온도 변화가 감지되는 시점까지의 연소구간이다. 예열기의 연소시간을 제시한 표이며, 이 표에서 P_H 는 측정된 온도가 가장 높게 나타나는 점(두 뜸에 대해 T_1)을 의미하며, A_1 는 앞서 설명한 비접촉 가열면에서 측정한 온도들의 평균값(T_1)을 기준으로, A_0 는 접촉 가열면에서 측정한 온도들의 평균값(T_0)을 기준으로 산출한 결과들을 의미한다.

접촉 가열면(A_0)에서는 상대적으로 긴 예열시간이 측정되었는데, 이는 뜸기의 재료와 밀접한 관련이 있다. 대형 A뜸에서 접촉면의 재료는 고무(rubber)이고, 대형 B뜸의 접촉면 재료는 토기이며, 이들 재료의 열전도율은 각각 $0.163 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, $0.930 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 이다¹⁴⁾. 또한 대형 A뜸에서 쑥관이 설치된 판의 재료는 steel이며, 이 재료의 열전도율은 $63.5 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 이다. 고무의 열전도율이 토기의

열전도 계수보다 낮지만, steel의 열전도율이 매우 높고 steel 판이 고무판을 따라 길게 연결되어 있기 때문에 대형 A뜸의 예열시간이 짧은 것으로 나타났다.

2. 가열기(Heating period)

가열기는 온도 측정점에서 온도가 상승하기 시작하는 시점부터, 최고온도에 이르는 시점까지의 연소구간으로, 온도 구배 곡선(Fig. 3 (b)와 Fig. 4 (b))을 이용하여 온도 구배가 상승하는 구간과 하강하는 구간으로 나누어 검토하였다. 가열기는 쑥뜸 시술시 피부를 통해 적극적으로 열적 자극이 가해지는 시기로 보온기와 더불어 중요한 연소구간이다⁵⁾.

1) 가열기 연소시간

가열기의 연소시간을 온도 구배 상승 구간과 온도 구배 하강 구간으로 나누어 표시하였다. 온도 구배 상승 구간은 가열기 초기에 나타나고, 온도 상승이 점차 가속된다는 것을 의미하는 것으로,艾絨과 산소의 접촉이 활발히 이루어져 화염이 넓은 지역으로 전파되기 때문이다. 온도 구배 하강 구간은 가열기 후기에 나타나는데, 이 구간은 온도 상승이 점차 둔화된다는 것을 의미하며,艾絨 결면의 연소가 이미 이루어져 재로 변화되고 따라서 산소 공급이 다소 줄어들며 화염은 더 이상 확장되지 못하는 시기이다.

비접촉 가열면(A_1)에서, 대형 A뜸은 온도 구배 상승 구간이 길고 대형 B뜸은 그 반대이다. 이는 화염 전파 영역의 넓이에 따라 온도 구배 상승 및 하강 구간이 정해지기 때문으로, 쑥관 또는 쑥봉의 형상과 밀접한 관련이 있다. 즉, 대형 A뜸의 쑥관은 직경이 상대적으로 작기 때문에 산소의 접촉이 용이한 반면 대형 B뜸의 쑥봉은 직경이 커서 타고 남은 재의 두께가 두꺼워짐에 따라 산소 접촉이 어려

워지기 때문이다. 비접촉 가열면에서 두 뜸의 가열기 연소시간은 B뜸이 약 4.0배 정도 길며, 온도 구배 하강 구간만을 비교하면 그 차이는 더욱 크다 (약 9.3배).

접촉 가열면(A₀)에서는 두 뜸 모두 온도 구배 상승구간이 길게 나타나는데, 이는 앞에서 설명한 뜸기 재료의 물성치와 관련이 있다. 접촉 가열면에서 두 뜸의 가열기 연소시간은 B뜸이 약 3.4배 정도 길며, 온도 구배 상승 구간만을 비교하면 그 차이는 다소 크다(약 3.8배).

단위 질량당 연소시간은 대형 B뜸이 약 3.7배(비접촉 가열면 기준) 길게 나타나 대형 B뜸이 보다 경제적인 쑥뜸이라 사료된다. 두 뜸의 쑥의 질량은 각각 2100mg, 1901mg이나 연소 후 재를 제외하고 남은 쑥의 질량을 채취하여 질량을 달아보면 각각 451mg과 88mg이 미연소 질량이었다. 따라서 남은 쑥의 질량을 제외한 연소 질량을 기준으로 단위 질량당 연소시간을 계산하였다.

2) 가열기 평균온도 및 최고온도

본 실험에서 얻어진 최고온도는, 두 쑥뜸에서 각각 44.5℃, 45.4℃로 대형 B뜸에서 0.9℃ 높은 것으로 나타났다. 그러나 비접촉 가열면에서 최고온도는 각각 39.8℃, 38.9℃로서 대형 A뜸에서 0.9℃ 높은 것으로 나타났다. 이는 대형 A뜸에서는 5개의 쑥관을 사용하므로 비접촉 가열면 전체에 걸쳐 상대적으로 높은 온도가 측정되기 때문이다. 최고온도가 발생하는 지점은 뜸기 바닥면의 중앙에 해당되며, Fig. 2에서처럼 다른 위치보다 3~5℃ 이상 높은 온도를 보인다.

기존 연구^{15a)}에 따르면 동일한艾灸 자극을 경혈과 비경혈에 할 경우 효과면에서 차이가 나타난다고 하였다. 施灸 시 뜸기를 정확히 뜸자리에 놓아야 유의성 있는 치료 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 접촉 가열면에서 최고온도는 두 뜸 모두

37℃ 이하이므로 이 가열면을 통해서 어떤 유의성 있는 효과가 발생된다고 볼 수 없다.

艾灸는 자극요법이므로 시술시 얻고자 하는 치료 효과는 자극의 정도와 관련되어 있다. 치료 효과를 좌우하는 내용은 자극의 질, 자극의 강도 그리고 환자의 감수성으로 구별할 수 있다³⁾. 이 중 자극의 강도와 일차적으로 관련이 있는 열적 특성이 온도이므로, 가열기의 평균온도와 최고온도는 검토하고자 하는 중요한 열적 특성이 된다. 또한 가열기의 최고온도는 전 연소시간을 통해 가장 높은 온도이기도 하므로 환자의 감수성과 밀접한 관련이 있다고 하겠다. 환자가 인내할 수 있는 온도는 환자마다 다르므로 적절한 범위 내에서 최고온도가 결정되도록 애봉의 크기와 뜸기의 설계가 이루어져야 한다. 이에 대한 기존의 연구는 전혀 없는 실정이며, 따라서 본 연구에서 얻어지는 실험 결과는 이후 艾灸 제작시 중요한 설계인자로 제공될 수 있을 것이다.

3. 보온기(Retaining period)

보온기는 소극적 가열 자극기⁵⁾로서, 측정점의 온도가 최고로 올라간 시점부터 온도 구배가 최저에 이르는 시점까지의 연소시간이다.

1) 보온기 연소시간

대형 A뜸의 경우, 비접촉 가열면에서 보온기의 연소시간은 45.4sec로서 같은 면에서의 가열기 시간의 13%에 지나지 않는데 비해 대형 B뜸은 같은 면에서의 가열기 시간의 43%에 달한다. 이와 같이 대형 A뜸에서 보온기의 연소시간이 매우 짧은 이유는 첫째로 뜸기의 재료와 밀접한 관련이 있다. 보온기에서 쑥관은 거의 연소가 끝나가는 시점으로, 이때의 피부가 가열되는 것은 주로 이전 가열기에서 얻어진 열원의 의해 덩혀진 steel 판에 의해 이루어진다. steel 판은 열전도율이 매우 크므로 주변 공

기에 의해 빠르게 식기 때문에, 보온기가 짧아지는 것으로 판단된다. 두 번째 요인으로는 뜸기의 전열 구조와 관련이 있다. 비접촉 가열면이 steel 판과 고무로 둘러싸여 있어 뜸기 하부 빈 공간이 밀폐되어 있으므로 일정 온도에 도달하면 온도 하강 속도가 느려지기 때문이다.

2) 보온기 평균온도 및 최저온도

최고온도 측정점(P_H)를 기준으로 보온기간 중 평균온도는 두 쪽뜸에 대해 각각 44.0℃와 42.9℃로 상당히 높은 편이다. 또한 보온기의 종료 시점의 온도 역시 43.0℃와 40.2℃로 고온으로 측정되었다.

4. 냉각기(Cooling period)

냉각기는 온도 구배가 최저가 되는 시점에서부터 측정점의 온도가 주변 온도와 같아지는 시점까지로 정의되며, 치료효과와 관련된 열적 자극이 더 이상 유효하지 않는 연소구간이다. 따라서 냉각기의 시점(보온기의 종료점)을 시술시 치료를 마감하는 시점으로 이해될 수 있다. 하지만 Fig. 2에서 볼 수 있듯이 일부 측정점에서 온도가 체온보다 높은 온도를 보여주고 있다. 특히 대형 A뜸에서는 최고온도에서 단지 1.5℃만이 낮아진 온도를 보여주고 있다. 따라서 이 시점에서 치료를 중단하는 것은 쪽뜸의 치료를 낮추는 결과를 초래한다.

IV. 고 찰

艾灸療法은 뜸속을 병중에 상응한 부위에 附着, 燒炸시킴으로써 얻어지는 온열자극과 피부 자극의 연소에서 생기는 화학물질에 의한 자극을 이용하여 병을 치료하는 일종의 자극요법으로 營血衛氣의 장애로 인한 발병 질환 및 동통을 치료하는 효능을 갖고 있다¹⁻²⁾.

서론에서 말한 바와 같이 자극요법은 대개 자극 양과 질 그리고 환자의 감수성에 의해 그 효능이 결정되며 이들 세 요소간에는 적절한 조화가 필요하다. <東醫寶鑑>¹⁹⁾에서도 ‘人之骨強筋樂肉緩 皮膚厚者 耐痛 黑色而 骨者 耐火炳 堅肉薄皮者 不耐鍼石之痛’이라 하여 사람에 따른 감수성의 차이를 인정하였는데, 환자의 주관적인 감수성의 문제를 배제하고 시술자의 입장에서만 생각해 본다면 자극의 질과 양은 자극 요법의 효능을 결정하는 중요한 요인임을 알 수 있다.

金²⁰⁾은 동일한 부위라도艾灸 자극의 내용을 상이하게 할 경우 효능의 차이가 있을 뿐만 아니라 불량한 결과가 나타나기도 한다고 보고하였다. <東醫寶鑑>¹⁹⁾에서도 “...強壯人亦可稍增... 小兒則可如小麥大 或如雀糞..”, “...鳩尾 巨關雖是胸腹穴 灸不過四七壯 若灸多令人永無心力如頭上穴 若灸多令人失精神 臂脚穴 若灸多令人 血脈枯渴四肢細而無力 卽失精神又可細瘦卽令人短壽 四肢但祛風邪不宜多灸七壯至七七壯止 不得過隨年數 凡小兒七日以上周年以下 不過七壯 炷如雀屎”라 하여 노소, 병정, 부위에 따라 적절한 자극량이 필요하다고 하였는데, 이것은 적절한 자극이 치료 효과를 증대시킬 수 있음을 의미한다. <靈樞> 背俞篇²¹⁾에서는 “以火補瀉, 毋吹其火, 須火滅火也, 以火瀉者, 疾吹其火, 傳其艾, 須其火滅也”라 하여 자극의 질과 補瀉가 밀접한 관계가 있음을 나타내고 있다. 그러므로 施灸시 艾炷의 大小, 壯數, 艾火의 多少, 緩急의 선택 역시灸 치료의 중요한 인자가 된다고 볼 수 있다.

艾灸의 효능에 대하여 <靈樞> 刺節眞邪篇²¹⁾에 “脈中之血 凝而留止 弗之火調 弗能取之”, 禁服篇²¹⁾에는 “陷下者 脈血結于中 中有蓄血 血寒 故宜灸之”라 한 것은 血寒하여 血이 運行不暢되고 留滯凝澁한 경우에 艾葉으로써 溫經散寒하여 血脈을 流通시키는 작용을 한다는 것이다. 傷寒論²²⁾에서도 ‘少陰病吐利 手足不逆冷 反發熱者 不死 脈不止者 灸少陰

七壯', '少陰病 下利 脈微澁 嘔而汗出 必數更衣反少者 當溫其上 灸之' 라 한 傷寒證은 모두 熱性病의 진행 과정에서 陽氣가 虛脫된 심한 증상으로 이들에 대한 치료 방법으로서 艾灸를 제시하였고, 張²³⁾은 灸가 '散寒邪, 除陰毒, 開鬱破滯, 助氣回陽'한다고 하여 艾灸를 주로 虛證이나 寒證에 응용하며 陽氣를 복돋아 回陽하는 작용이 있음을 말한 것이지만 明代의 李梴²⁴⁾은 '虛者灸之使火氣以助元陽 實者灸之使實邪隨火氣以發散 寒者灸之使其氣之復溫 熱者灸之引鬱熱之氣外發火就之義'라 하여 寒, 熱, 虛, 實證 모두에 艾灸를 광범위하게 응용할 수도 있다고 하였다.

기존의 문헌들^{20, 25~27)}을 살펴보면 전기뜸은 열원으로서 艾灸 대신 전기를 이용하는 온열기구로, 온도조절이 자유롭고 흉터를 남기지 않는 등의 장점이 있으나, 뜸쑥과 같은 치료효과가 인정되고 있지 않으며, 특제 기구가 필요하기 때문에 임상에서 널리 응용되지 못하고 있다고 하였는데, 전기뜸이 뜸쑥과 같은 치료효과가 인정되지 않았다고 하는 부분에 대한 상세한 설명을 찾아볼 수 없었다. 또한 특제 기구에 대한 설명과 임상적 효능의 검토에 관한 설명이 충분치 않다. 이는 기존 뜸에 대한 열역학적 연구가 부족한 상태에서 제작되어 실제적으로 치료 효과를 낼 수 있는 자극의 조건이 전기뜸에서 충분히 구현되지 않았기 때문으로 사료된다.

본 연구에서는 상용화되어 임상에서 활용되고 있는 뜸 중에서 비교적 넓은 부위를 자극하는 대형 뜸 2종을 선택하여 연소특성을 관찰하였다.

예열기 연소시간은 대형 A뜸에서 30sec 이내, 대형 B뜸에서 30sec 전후로 비교적 짧게 나타났는데, 이는 쑥관의 형상과 뜸기의 전열구조에 따른 영향으로 판단된다.

비접촉 가열면(A)의 가열기 연소시간을 보면, 대형 A뜸에서는 온도 구배 상승 구간이 길고 대형 B뜸은 그 반대이다. 이는 화염 전파 영역의 넓이에

따라 온도 구배 상승 및 하강 구간이 정해지기 때문으로, 대형 A뜸의 쑥관은 직경이 상대적으로 작아서 산소의 접촉이 용이한 반면 대형 B뜸의 쑥봉은 직경이 커서 타고 남은 재의 두께가 두꺼워짐에 따라 산소 접촉이 어려워지기 때문이다. 비접촉 가열면에서 두 뜸의 가열기 연소시간은 B뜸이 약 4.0배 정도 길며, 온도 구배 하강 구간만을 비교하면 그 차이는 더욱 크다(약 9.3배).

가열기 최고온도는, 두 쑥뜸에서 각각 44.5℃, 45.4℃로 대형 B뜸에서 0.9℃ 높은 것으로 나타났다. 그러나 비접촉 가열면에서 최고온도는 각각 39.8℃, 38.9℃로 대형 A뜸에서 0.9℃ 높은 것으로 나타났다. 이는 대형 A뜸에서는 5개의 쑥관을 사용하므로 비접촉 가열면 전체에 걸쳐 상대적으로 높은 온도가 측정되기 때문이다.

艾灸는 자극요법이므로 치료 효과는 자극의 질, 자극의 강도 그리고 환자의 감수성에 의해 결정된다³⁾. 이 중 자극의 강도와 일차적으로 관련이 있는 열적 특성이 온도이므로 가열기의 평균온도와 최고온도는 검토하고자 하는 중요한 열적 특성이 된다. 또한, 가열기의 최고온도는 전 연소시간을 통해 가장 높은 온도이기도 하므로 환자의 감수성과 밀접한 관련이 있다고 하겠다. 환자가 인내할 수 있는 온도는 환자마다 다르므로 적절한 범위 내에서 최고온도가 결정되도록 애봉의 크기와 뜸기의 설계가 이루어져야 한다. 이에 대한 기존의 연구는 전혀 없는 실정이며, 따라서 본 연구에서 얻어지는 실험 결과는 이후 艾灸 제작시 중요한 설계인자로 제공될 수 있을 것이다.

대형 A뜸의 경우, 비접촉 가열면에서 보온기의 연소시간은 45.4sec로서 같은 면에서의 가열기 시간의 13%인데 비해 대형 B뜸은 594.7sec로 같은 면에서의 가열기 시간의 43%에 달한다. 이와 같이 대형 A뜸에서 보온기의 연소시간이 짧은 이유는 steel 판으로 제작된 뜸기 및 뜸기의 전열 구조와

밀접한 관련이 있다.

최고온도 측정점(P_H)를 기준으로 보온기간 중 평균온도는 두 쪽뜸에 대해 각각 44.0℃와 42.9℃로 상당히 높은 편이다. 또한 보온기의 종료 시점에서의 온도 역시 43.0℃와 40.2℃로 고온으로 측정되었다. 박⁵⁾은 보온기의 시작을艾炷가 연소된 후라고 정의하였으나, 본 연구에서는 뜸기의 영향을 받아 쪽이 선형적으로 연소되지 않고 보온기에서도 일부 연소가 이루어지기 때문에 이와 같은 결과를 얻은 것으로 해석되며, 보온기 이후에도 적지 않은 자극이 이루어질 것으로 판단된다.

냉각기는 시술시 치료를 마감하는 시점으로 이해될 수 있다. 하지만 일부 측정점에서 온도가 체온보다 높은 온도를 보여주고 있고, 특히 대형 A뜸에서는 최고온도에서 단지 1.5℃ 낮아진 온도를 보여주고 있다. 따라서 이 시점에서 치료를 중단하는 것은 쪽뜸의 치료를 낮추는 결과를 초래한다.

이상의 결과로 보면, 뜸기의 형상 및 재료, 그리고 쪽뜸의 모양과 크기는 자극의 내용을 결정하는 연소특성에 중요한 영향을 미치는 것으로 판단된다.

V. 결론

艾灸의 작용기전과 효능을 객관적으로 규명하고, 새로운 뜸 개발의 기초자료로 삼고자 현재 임상에서 상용되고 있는 뜸 중에서 대형 뜸 2종을 선택하여 구간별 연소시간 및 연소온도를 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었기에 보고하는 바이다. 온도가 가장 높은점, 접촉 가열면, 비접촉 가열면에서 온도를 측정하였지만, 접촉 가열면의 평균온도가 전 구간동안 37℃ 이하이므로, 실제적인 치료효과가 있다고 판단되는 비접촉 가열면의 측정 결과를 위주로 결과를 분석하였다.

1. 비접촉 가열면의 예열기 연소시간은 두 뜸에서 약 30sec 정도이며, 접촉 가열면에서 대형 A뜸에서 85.2sec, 대형 B뜸에서 185.0sec로 상대적으로 길게 나타났다.

2. 가열기 연소시간을 보면 비접촉 가열면에서 대형 A뜸은 온도 구배 상승 구간이 길고, 대형 B뜸은 하강 구간이 길어 서로 반대되는 형태를 보이고 있다. 비접촉 가열면의 가열기 연소시간은 대형 A뜸이 약 345sec, 대형 B뜸이 약 1391sec로 대형 B뜸이 약 4배 정도 길다.

3. 가열기 최고온도는 두 쪽뜸에서 각각 44.5℃, 45.4℃로 대형 B뜸이 0.9℃ 높은 것으로 나타났고, 비접촉 가열면의 최고온도는 각각 39.8℃, 38.9℃로서 대형 A뜸에서 0.9℃ 높은 것으로 나타났다. 평균온도는 대형 A뜸이 35.5~37.6℃, 대형 B뜸이 36.0~39.8℃로 대형 B뜸이 약간 높은 온도를 보이고 있다.

4. 비접촉 가열면에서 보온기의 연소시간은 대형 A뜸의 경우 45.4sec로 같은 면에서의 가열기 연소시간의 13%이고, 대형 B뜸은 594.7sec로서 같은 면에서의 가열기 연소시간의 43%였다.

5. 최고온도 측정점(P_H)를 기준으로 보온기간 중 평균온도는 두 쪽뜸에 대해 각각 44.0℃, 42.9℃이며, 보온기의 종료 시점의 온도는 43.0℃와 40.2℃로 나타났다.

6. 비접촉 가열면(A₁)에서 냉각기가 시작되는 시점은 대형 A뜸에서 약 418sec, 대형 B뜸에서 약 2021sec로 나타났고, 냉각기 시작 온도는 36.9~39.1℃이다.

본 연구는 현재 임상에서 사용되고 있는 쑥뜸 중 상대적으로 넓은 부위에 시술하는 대형 뜸의 연소 시간 및 연소온도를 관찰한 것으로, 이상의 결과를 통해서 보면, 뜸기의 형상 및 재료, 그리고 쑥뜸의 모양과 크기는 자극의 내용을 결정하는 연소특성에 중요한 영향을 미치는 것으로 판단된다. 본 연구 결과는 효과적인 전기 자극기 개발과 애봉의 크기와 뜸기 설계의 기초로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

VI. 참고문헌

- 임종국. 艾灸의 생체반응에 관한 문헌적 고찰. 동양의학. 1976;2:36~40.
- 최용태 외. 침구학. 서울:집문당. 1988:1051.
- 閔庚玉, 李泰鎔. SSP 요법. 서울:현문사. 1991:29.
- 朴英培, 姜成吉, 高炯均, 吳煥燮. 艾灸의 燃燒時間에 대한 實驗적 研究 - 區間別 發現時點을 中心으로. 大韓韓醫學會誌. 1994;15(2):241~252.
- 朴英培, 姜成吉, 許雄. 艾灸의 燃燒 特性에 關한 實驗적 研究(II) - 艾柱의 密度를 中心으로. 慶熙韓醫大論文集. 1994;17(1):191~199.
- 李雄卿, 朴英培, 金容奭, 高炯均, 金昌煥, 姜成吉. 灸材料에 따른 燃燒區間別 熱量比에 關한 研究. 大韓鍼灸學會誌. 1999;16(1):241~254.
- 徐正源, 金昌煥, 姜成吉, 高炯均, 朴英培, 金容奭. 艾絨, 桑枝, 桃枝灸의 區間別 燃燒時間에 關한 實驗的 研究. 大韓鍼灸學會誌. 1997;14(1):303~312.
- 朴英培, 姜成吉, 金昌煥, 高炯均, 吳煥燮, 許雄. 材料에 따른 뜸의 燃燒特性에 關한 研究. 大韓韓醫學會誌. 1996;17(1):222~233.
- 朴英培, 許雄. 補瀉法에 따른 艾灸의 耐熱板上 燃燒溫度 特性에 關한 研究. 大韓韓醫診斷學會誌. 1999;3(2):81~93.
- 姜起遠, 南相水, 李栽東, 崔道永, 安秉哲, 朴東錫, 李潤浩, 崔容泰. 艾灸의 燃燒 區間別 熱量比에 關한 研究. 大韓鍼灸學會誌. 1998;15(2):173~182.
- 趙命來, 李栽東, 朴東錫, 姜成吉, 金昌煥, 李潤浩, 朴英培. 藥物 種類에 따른 間接灸의 燃燒特性에 關한 研究. 大韓鍼灸學會誌. 1999;16(4):345~363.
- 朴英培, 姜成吉, 許雄. 艾灸의 燃燒 特性에 關한 實驗的 研究(II) - 艾柱의 密度를 中心으로. 慶熙韓醫大論文集. 1994;17(1):191~199.
- 方桃香, 朴英培, 姜成吉. 艾灸의 區間別 燃燒時間에 關한 實驗的 研究. 大韓鍼灸學會誌. 1995;12(1):243~251.
- Kuzman Raznjevic. Handbook of Thermodynamic Tables and Charts. Hemisphere Publishing Corporation. 1976.
- Kenji Kawakita. Polymodal Receptor Hypothesis on the Peripheral Mechanism of Acupuncture and Moxibustion. American Journal of Acupuncture. 1993; 21(4):331~338.
- Ducharme MB, Tikuisis P. In vivo thermal conductivity of the human forearm tissues. J Appl Physiol. 1991; 70(6):2682~2690.
- 윤여성. 新皮膚管理學. 서울:圖書出版 가림. 1995:87~100.
- Thomas P. Clinical Dermatology. Missouri: The C. V. Mosby Company. 1985:11.
- 許俊. 東醫寶鑑. 서울:南山堂. 1987:755.

20. 김경식, 임종국. 艾灸의 용량이 혈청 중 효소 활성에 미치는 영향. 서울:東洋醫學. 1980; 6:20~26.
21. 楊維傑. 黃帝內經 靈樞 譯釋. 서울:成輔社. 1980:324, 381, 543.
22. 蔡仁植. 傷寒論譯詮. 서울:高文社. 1991:207, 230.
23. 張景岳. 類經圖翼. 서울:大星文化社. 1982: 215.
24. 李旻. 編註醫學入門(내집 1권). 서울:大星文化社. 1981:528.
25. 成樂箕. 現代鍼灸學. 서울:杏林出版. 1987:5 5~56, 58.
26. 崔周若. 鍼灸臨床實際. 서울:杏林書院. 1974: 33.
27. 金賢濟, 崔容泰, 林鍾國, 李潤浩. 最新鍼灸學. 서울:成輔社. 1991:414~415, 418~423.