

원저

온도 측정을 통한 상용 쑥뜸의 자극효과에 대한 실험적 연구

- 승온속도 및 유효자극기를 중심으로 -

이건목* · 이진휘** · 이승훈* · 양명복* · 고기덕* · 서은미* · 장종덕* · 황병찬*

*원광대학교 한의학전문대학원 제3의학과

**원광대학교 공과대학 기계공학부

Abstract

Experimental Study on the Stimulating Effect of Commercial Moxa Combustion through the Measurement of Temperature

- Focused on ascending temperature gradient and effective stimulating period -

Geon-Mok, Lee* · Gun-Hyee, Lee** · Seung-Hoon, Lee* · Myung-Bok, Yang* ·
Gi-Deok, Go* · Eun-Mi, Seo* · Jong-Deok, Jang* · Byung-Chan, Hwang*

*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 characteristics 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, temperature gradients in each period during a combustion of moxa.

※ 이 논문은 2002년도 원광대학교 교내연구비와 BK21 사업의 지원에 의해 연구되었음.

· 접수 : 2002년 5월 10일 · 수정 : 5월 12일 · 채택 : 2002년 5월 18일

· 교신저자 : 이진휘, 경기도 군포시 산본동 1126-1 원광대 군포한방병원(Tel. 031-390-2676)

E-mail : geonmok@wonkwang.ac.kr

Results :

1. The ascending temperature gradient measured in the central point of non-contacted surface was fastest, the average ascending temperature gradient of both moxaes was 0.0384°C/sec, 0.0123°C/sec respectively, 3.1 times faster in LMA.

The maximum ascending temperature gradient was also about 2.9 times faster in LMA. The time required for the maximum ascending temperature gradient from ignition was 254sec, 411sec respectively.

2. The minimum descending temperature gradient in the retaining period was -0.0250°C/sec, -0.0090°C/sec respectively and the average descending temperature gradient was -0.0160°C/sec, -0.0037°C/sec respectively on the non-contact surface.

3. On the basis of the non-contact surface(A₁), the time at which the effective stimulus period began to occur was about 264sec, 796sec respectively after an ignition, the time at which the maximum temperature began to occur was about 373sec, 1323sec respectively after an ignition, and the maximum temperature was 0.9°C higher in LMA. The maximum ascending temperature gradient was also about 4.2 times faster in LMA.

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 : ascending temperature gradient, effective stimulating period

I. 서론

艾灸療法은 뜸쑤을 병증에 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 결정되기 때문에 艾灸를 체계적으로 연구하기 위해서는 연소특성에 대한 이해가 중요하다⁶⁾.

기존의 연구 내용을 요약해 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 쑤뜸의 연소특성에 대한 연구는 찾아볼 수 없었다.

이에 저자는 현재 임상에서 상용되고 있는 뜸 중에서 대형 뜸 2종을 선택하여 구간별 온도 구배 및

시점 등을 연구 검토하고, 유효자극기를 제안하여 이 기간 동안 뜸의 연소와 관련된 열역학적 특성을 검토함으로써,艾灸의 작용기전과 효능을 객관적으로 규명하고 이해하며, 기존의 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(강화구판, 이화당 제애소)은 쑥관과 이를 설치하여 연소시키는 뜸기로 구성되어 있다(Fig. 1). 쑥관(Fig. 1 (a))은 속이 빈 원통형으로, 외부 직경은 $6.66 \pm 0.02\text{mm}$ 이고 내부 직경은 $2.50 \pm 0.02\text{mm}$ 이며, 높이는 $23.9 \pm 0.02\text{mm}$ 이다. 쑥관의 질량은 $420 \pm 2\text{mg}$ 으로 밀도는 $589\text{mg}/\text{cm}^3$ 이다.

뜸기(Fig. 1 (b))의 상부는 쑥관을 설치할 수 있도록 깊이 $5.5 \pm 0.02\text{mm}$ 의 구멍이 5개 뚫려 있으며, 스테인리스 스틸 판으로 제작되어 있다. 뜸기의

하부는 고무로 제작되어 있으며 상부인 스테인리스 스틸판을 지지하면서, 바닥 면을 피부와 접촉하도록 되어 있다. 뜸기의 바닥 단면은 환형으로 외부 직경은 $56.5 \pm 0.02\text{mm}$ 이고 내부 직경은 $40.5 \pm 0.02\text{mm}$ 이다. 따라서 이 뜸에 의한 가열면적은 내부 빈 공간에서 12.88cm^2 이고, 피부와 직접 접촉하는 뜸기 바닥 면적은 12.19cm^2 로 전체 면적은 25.07cm^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 Fig. 2(a)와 같이 상부는 원추형으로 하부는 원통형으로 되어 있고, 원활한 연소를 위하여 원통 내부가 비어 있다. 쑥덩이의 전체 높이는 약 18.4mm 이며, 하부 원통의 높이는 약 12.5mm 이다. 원통의 직경은 약 23.0mm 로 전체 체적은 5.52cm^3 이다. 쑥덩이의 평균 질량은 $1901 \pm 11\text{mg}$ 으로 밀도는 $344\text{mg}/\text{cm}^3$ 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 transfer)이 이루어지는 구조를 가지고 있다. 따라서 이 쑥뜸은 공간 및 환형 토기면을 간격으로 사용하는 間接灸라 할 수 있다(Table I).

Table I. Comparison of small size moxaes

Moxa	Mass (mg)	Density (mg/cm ³)	Type of heat transfer
A	(420±2)×5	589	Conduction, Radiation & Convection
B	1901±11	344	Conduction, Radiation & Convection

(a) (b)

Figure 1. Schematic sketch of large size moxa A

(a) cylindrical lump of moxa

(b) supporter for a combustion of moxa

(a) (b) (c) (d)

Figure 2. Schematic sketch of large size moxa B

(a) moxa pipe (b) cover of supporter (c) supporter for a combustion of moxa (d) bottom of supporter

2. 실험장치

1) 실험장치의 구성

실험장치(원광대학교 기계공학부 자체 제작)는 쑥뜸 연소장치, 데이터 획득장치와 데이터 처리장치로 구성되어 있으며, Fig. 3은 본 실험장치의 개략도이다. 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. 본 실험에서 사용한 열전대, 데이터 획득, 처리 및 저장 시스템은 다음과 같다.

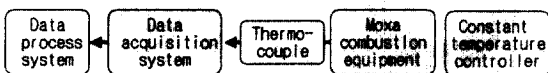


Figure 3. Schematic diagram of experimental apparatus

2) 열전대(Thermocouple)

본 연구에서는 쑥뜸 연소시 발생하는 온도의 변화를 측정하기 위하여 T형 열전대(직경 1.0mm, 저항 0.6 Ω /m)를 사용하였다. T형 열전대(0.4 class, One Instrument Co.)는 copper와 constantan (Cu 50%, Ni 50% 합금)으로 구성되어 있으며, 0~200 $^{\circ}$ C 사이의 온도를 측정하는데 적합하고 허용 오차(tolerance)는 $\pm 0.5^{\circ}$ C로, 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 RS 232 포트를 사용하여 PC에 연결된다. DATASCAN 7320의 분해능(resolution)은 16bit이며, T형 열전대를 센서로 사용한 경우 감도(sensitivity)는 0.0 2 $^{\circ}$ C이고 정확도(accuracy)는 0.9 $^{\circ}$ C이다. 따라서, T형 열전대와 DATASCAN 7320을 통해 총 오차는 $\pm 1.1^{\circ}$ C 이하가 된다.

4) 데이터 처리장치(Data process system)

데이터 획득장치에서 보내진 전기적 신호는 PC에

내장된 프로그램(DALITE V. 2.40, DATASCAN 7000 series 전용, DATASCAN Technology)에 의해 온도값으로 환산되어 화면상에 게시되고 정해진 파일에 저장된다. 본 연구에서는 온도값의 변화 및 시간에 따른 온도 구배를 정확히 계산하기 위하여 5초 간격으로 데이터를 처리하였다.

5) 등온 열원장치(Constant temperature heater)

쑥뜸이 설치된 판의 온도가 주변 온도의 영향을 받지 않고 쑥뜸의 연소에 의한 온도 변화만을 반영될 수 있도록, 등온 열원장치와 조절기를 자체 개발하여 사용하였다. 이 장치의 온도 조절 오차는 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 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 $420 \pm 2\text{mg}$ 범위 내의 쑥관들만을 실험에 사용하였다.

마찬가지로 상용 대형 B뜸의 쑥덩이들도 크기는 유사하나 압축된 정도에 따라 질량의 편차($1901 \pm 73\text{mg}$, 3.4% 이상)가 심하다. 따라서 본 연구에서는 오차를 줄이기 위해 $1901 \pm 11\text{mg}$ 범위내의 쑥덩이 중에서 형태상 흠이 없는 것들을 선별하여 실험에 사용하였다.

쑥뜸의 연소는 주변 공기의 흐름에 따라 민감하게 영향을 받으므로 정숙한 환경 하에서 이루어져야 한다. 따라서 쑥뜸 연소장치가 주변 공기의 흐름을 차단하도록 제작하여 실험하였다. 또한 주변 온

도의 변화가 쑥뜸 연소시 측정하고자 하는 온도에 영향을 미치지 않도록 하기 위하여 쑥뜸 연소장치에 열원 발생장치(heater)를 설치하여, 연소장치 내 온도를 32°C 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. 4(a)에서 M_c)과 동심원을 따라 네 곳(Fig. 4(a)에서 M_p)이 있다. 이러한 쑥관의 위치를 반영하여, Fig. 4(a)와 같이 두 쑥관 삽입부를 지나는 반경을 따라 다섯 점(T_1, T_2, T_4, T_6, T_7)에, 그렇지 않은 반경을 따라 두 점(T_3, T_5)에 온도 측정점을 정하였다. 대형 B뜸은 Fig. 4(b)와 같이 공간 접촉면에 대해서는 쑥뜸 바닥 단면의 중심점을 포함하여 네 점($T_1 \sim T_4$)에 온도 측정점을 정하였고, 뜸기의 바닥면과 직접 접촉하는 면에 대해서는 세 점($T_5 \sim T_7$)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 1500sec, 대형 B뜸은 3600sec로 하였다. 두 쑥뜸은 이 시간 이전에 완전 연소가 이루어지며 측정점의 온도가 34°C 이하가 된다. 같은 종류의 쑥뜸에 대해 실험을 9회 반복하여 평균값을 실험값으로 취하였다.

(a)

(b)

Figure 4. 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 최고 온도에 이르는 시간까지를 입열기(Heat input period)로, 이 이후의 연소시간을 출열기(Heat output period)로 구분하였다. 입열기는 온도 구배에 따라 예열기(Preheating period, 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 period, 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.

또한, 측정점의 온도가 평균 체온보다 높은 시간 내의 구간을 유효자극기(effective stimulating period)라 정의하고, 이 구간의 열적 특성을 검토하였다.

IV. 실험결과 및 분석

1. 가열기(Heating period)

가열기는 온도 측정점에서 온도가 상승하기 시작하는 시점부터, 최고온도에 이르는 시점까지의 연소구간으로, 온도 구배 곡선(Fig. 5 (b)와 Fig. 6 (b))을 이용하여 온도 구배가 상승하는 구간과 하강하는 구간으로 나누어 검토하였다. 가열기는 쑥뜸 시

술시 피부를 통해 적극적으로 열적 자극이 가해지는 시기로 보온기와 더불어 중요한 연소구간이다⁵⁾. 본 연구에서는 실험 결과로부터 가열기의 연소시간, 연소온도 및 승온속도 등을 검토하여 가열기 동안의 열적 특성의 변화를 고찰하였다.

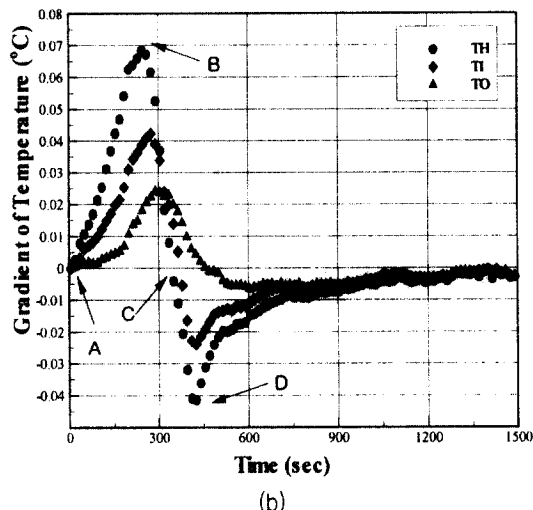
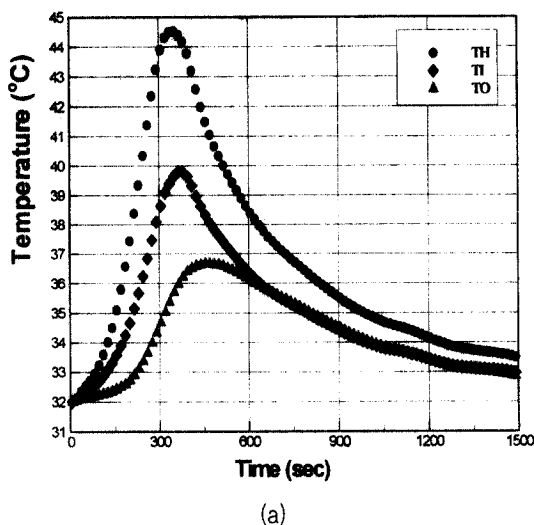
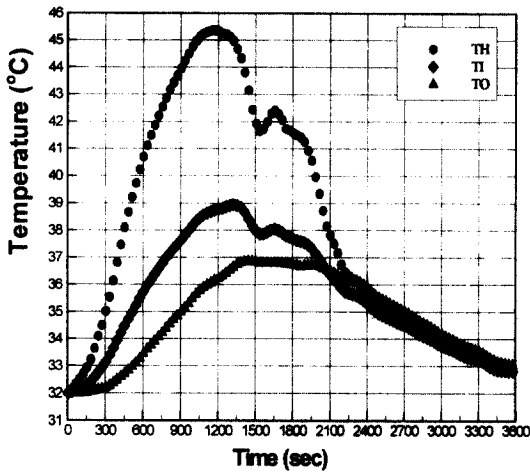
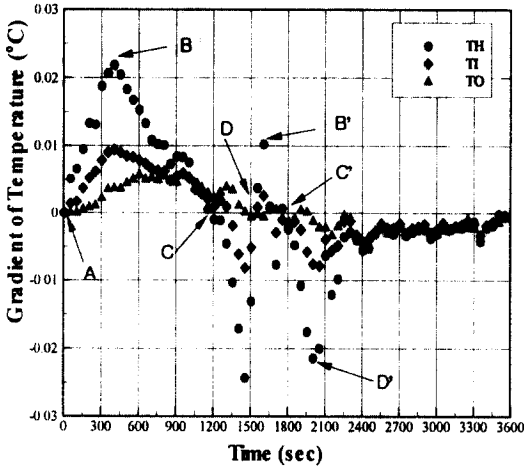


Figure 5. Variation of temperatures and gradients of temperature with respect to time in a combustion of Large moxa A

(a) Temperatures (b) gradients of temperature



(a)



(b)

Figure 6. Variation of temperatures and gradients of temperature with respect to time in a combustion of Large moxa B

(a) Temperatures (b) gradients of temperature

1) 가열기 평균 승온속도, 최고 승온속도 및 최고 승온속도 시점

앞 절에서 설명한,艾炷의 치료효과를 결정짓는 인자들 중에 자극의 질과 관련 있는 열적 특성은 시간에 따른 온도 구배(승온속도)와 밀접한 관련이 있다. 승온속도가 크다는 것은,艾炷의 연소에 의해 피부의 온도가 빠르게 상승한다는 것을 의미한다. 따라서, 승온속도가 빠른 경우 환자는 강한 열 통증을 받는 것으로 여겨지며, 느린 승온속도에서는 열 통증을 미미하게 느낄 것이다.

뜸기 바닥면의 중심점(P_H)에서의 승온속도가 가장 빠르며, 두 쑥뜸에 대해 평균 승온속도는 0.0384°C/sec, 0.0123°C/sec로 대형 A뜸이 약 3.1배 빠르다. 최고 승온속도는 대형 A뜸이 약 2.9배 빠르게 나타났다(Table II). 따라서 환자는 대형 A뜸보다 대형 B뜸에서 열적 자극이 상대적으로 온화하다고 느낄 것이다. 그러나 현재까지 이에 대한 연구가 전무한 상태이므로 어떤 승온속도에서 치료효과가 적합하다는 결론을 내릴 수는 없다. 최대 승온속도가 발생하는 시점은, 두 쑥뜸에 대해 각각 착화 시점부터 254sec 이후, 411sec 이후로서 상당한 시간이 요구되는 것으로 나타났다. 최대 승온속도가 발생하는 시점이 치료 효과가 최대가 되는 시점이라 가정한다면, 환자는 최대 치료 효과를 보기 위해 장 시간을 소비해야 한다는 문제점이 있다고 사료된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 열적 특성을 변화시킨 쑥뜸이지만 전혀 다른 가열방식의 자극 치료기의 개발이 필요하다고 보겠다.

Table II. Temperature gradients and time in the heating period

	moxa A			moxa B		
	P _H	A _i	A _o	P _H	A _i	A _o
Average ascending temperature gradient(°C/sec)	0.0384	0.0211	0.0097	0.0123	0.0050	0.0039
Maximum ascending temperature gradient(°C/sec)	0.0684	0.0434	0.0243	0.0237	0.0103	0.0067
Time at a maximum ascending temperature gradient(sec)	254.8	268.5	292.1	411.6	412.4	978.2

2. 보온기(Retaining period)

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

1) 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(Table III). 박⁵⁾은 보온기의 시작을艾炷가 연소된 후라고 정의하였으나, 본 연구에서는 뜸기의 영향을 받아 쑥이 선형적으로 연소되지 않고 보온기에서도 일부 연소가 이루어지기 때문에 이와 같은 결과를 얻은 것으로 해석된다. 따라서 보온기 이후에도 적지 않은 자극이 이루어질 것으로 판단된다.

Table III. Temperatures in the retaining period

	moxa A			moxa B		
	P _H	A _I	A _O	P _H	A _I	A _O
Average temperature(℃)	44.0	39.5	36.5	42.9	37.9	36.6
Minimum temperature(℃)	43.0	39.1	36.1	40.2	36.9	35.9

2) 보온기 평균 감온속도, 최저 감온속도 및 최저 감온속도 시점

비접촉 가열면(A_I)에서 보온기의 최저 감온속도는 두 쪽뜸에 대해 각각 -0.0250℃/sec와 -0.0090℃/sec로서 가열기의 최대 승온속도와 비교(절대값으

로)하면 각각 57%, 87%이다(Table IV). 즉 보온기에서 하강속도가 느리게 일어난다. 그러나 뜸기 없이 자연 상태로 연소시킨 千⁷⁾등의 실험에서는 약 165%(내열판위에서 연소시킨 경우)로 보온기의 하강속도가 가열기의 상승속도보다 빠르다고 하였다. 이와 같은 차이는 뜸기의 유무, 뜸기의 형상 및 재료에 의해 좌우된다고 보여진다. 따라서 뜸기의 설계는 艾灸療法의 자극 특성을 결정짓는 중요한 요인이라 사료된다.

3. 유효자극기(Effective stimulating period)

연소구간을 온도 구배를 기준으로 구분한 朴⁵⁾ 등의 제안은 艾炷의 연소특성을 적절하게 반영한 방법이라 하겠다. 이들의 연구에서는 원추형 艾炷를 자연연소(natural combustion)시켜 얻어진 온도 변화를 이용하였기 때문에 본 연구와 같이 뜸기와 결합된 상태에서 쑥을 연소시키는 경우에서도 朴⁵⁾ 등의 연소구간법이 타당하다고 볼 수 없다. 특히 보온기의 종료 시점에서 측정점의 온도가 상당히 높게 나타나기 때문에 냉각기의 정의가 다소 부정확해진다. 이와 같은 편차가 발생하는 요인은 朴⁵⁾ 등의 연소구간 구분법에 뜸기의 전열체계가 충분히 반영되지 못했기 때문이다.

쑥뜸은 열적 자극을 피부에 가해 적절한 효과를 얻는 치료법이므로 쑥뜸 연소시 발생된 열이 피부 내로 침투하기 위해서는 가열된 피부의 온도가 체온 이상으로 상승되었을 때 의미가 있다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 가열면의 온도가 37℃ 이상이 되는 연소구간을 유효자극기(effective stimulating period)로 구분하고, 이 시기의 열적

Table IV. Temperature gradients and time in the retaining period

	moxa A			moxa B		
	P _H	A _I	A _O	P _H	A _I	A _O
Average descending temperature gradient(℃/sec)	-0.0220	-0.0160	-0.0038	-0.0085	-0.0037	-0.0010
Minimum descending temperature gradient(℃/sec)	-0.0416	-0.0250	-0.0074	-0.0260	-0.0090	-0.0047
Time in a minimum descending temperature gradient(sec)	416.3	420.6	600.0	1449.2	1448.6	2394.1

특성을 검토하였다.

Fig. 5(a)와 Fig. 6(a)에서 볼 수 있듯이 접촉 가열면의 평균온도(T_0)는 전 연소시간 동안 37℃ 이하이므로 비접촉 가열면의 평균온도(T_1)를 중심으로 고찰하였다. 비접촉 가열면 기준으로 두 쑥뜸의 유효자극기가 시작되는 시점은 각각 착화 후 약 264sec, 796sec로 나타났다. 따라서 대형 B뜸 시술시 치료 효과가 발생하기 위해서는 13분 이상을 기다려야 한다(Table V).

시술시 환자가 열적 통증을 최대로 느끼는 시점은 최고온도가 발생하는 시점부근으로 파악되며, 이 시점은 착화 후 약 373sec, 1323sec으로 최고온도는 대형 A뜸이 0.9℃ 높게 나타났고 최대 승온속도는 대형 A뜸이 약 4.2배 빠르게 나타났다(Table V). 따라서 환자는 대형 A뜸 시술시에는 열적 자극을 강렬하게 받는다고 느끼며 대형 B뜸 시술시에는 온화하다는 느낌을 받을 것이다.

두 쑥뜸의 유효자극기가 끝나는 시점은 착화 후 각각 약 546sec, 2009sec로서 유효자극기간은 각각 약 282sec, 1213sec로 대형 B뜸이 약 4.3배 길게 나타났다. 또한 쑥 단위 질량당 유효 자극시간은 각각 0.171sec/mg, 0.672sec/mg으로 대형 B뜸이 3.9배 이상 경제적임을 알 수 있다(Table V).

쑥뜸의 연소로 인해 체온 이상으로 온도가 상승된 표피로 인하여 몸 속으로 열이 전달되고, 이에

대응하여 열적 자극이 이루어지는 기계적 구조는 주로 열전도(heat conduction)로 이루어진다. 열전도에 의해 전달되는 전열량(heat flux)은 다음 식으로 표현된다.

$$Q = -k \frac{dT}{dx} \Delta t A \quad (2)$$

Q : heat flux(cal)

k : thermal conductivity(cal / m · °C)

$\frac{dT}{dx}$: temperature gradient(°C / m)

Δt : heating time(sec)

A : area(m²)

피부의 열전도계수(k)는 7.0~9.0 × 10⁻⁴ cal/cm · sec · °C로 알려져 있으며, 지방조직은 5.0~9.0 × 10⁻⁴ cal/cm · sec · °C, 근육층은 12.7 cal/cm · sec · °C이다⁸⁾. 피부의 두께(x)는 신체의 부위에 따라 차이가 나며, 일반적으로 표피는 0.05~1.5mm, 진피는 0.3~3.0mm이며, 평균 두께는 손바닥과 발바닥이 약 4mm, 목 부분이 약 3mm이고 나머지 부위는 1~2mm이다⁹⁻¹⁰⁾.

식 (2)을 이용하여 열전도 계수를 상수로 보면, 단위 깊이 당 전열량은 온도차와 가열 시간에 비례한다고 볼 수 있다. 즉,

Table V. Thermodynamic characteristics in the effective stimulating period

	moxa A		moxa B	
	P _H	A _I	P _H	A _I
Time at a beginning of effective stimulating period(sec)	192.7	264.0	403.6	796.0
Maximum ascending gradient of temperature(°C/sec)	0.0684	0.0434	0.0237	0.0103
Maximum temperature(°C)	44.5	39.8	45.4	38.9
Time at maximum temperature(sec)	345.7	372.9	1172.1	1323.0
Time at an end of effective stimulating period(sec)	723.4	546.2	2176.2	2008.6
combustion time(sec)	530.7	282.4	2176.2	1212.6
combustion time per mass(sec/mg)	0.322	0.171	1.200	0.672

$$Q \propto (T_M - T_B) \cdot \Delta t_{eff} \cdot A_{eff} \quad (3)$$

T_M : measurement temperature(°C)

T_B : temperature of body(37°C)

Δt_{eff} : effective heating time(sec)

A_{eff} : effective heating area(cm²)

앞서 제시한 식 (2)을 이용하여 계산한 유효 전열량은 대형 B뜸이 2.5배 이상 크며 연소에 사용된 쑥을 기준으로 단위 질량당 유효 전열량 역시 대형 B뜸이 2.3배 이상 크다. 따라서 대형 B뜸이 보다 경제적으로 제작되어 있음을 보여준다(Table VI).

Table VI. Effective heat flux in the effective stimulating period

	moxa A	moxa B
	AI	AI
Effective heat flux (°C · sec · cm ²)	5550	13970
Effective heat flux per mass (°C · sec · cm ² /mg)	3.37	7.70

IV. 고찰

艾灸療法은 뜸쑥을 병증에 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>¹¹⁾에서도 ‘人之骨强筋樂肉緩 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¹²⁾은 동일한 부위라도艾灸 자극의 내용을 상이하게 할 경우 효능의 차이가 있을 뿐만 아니라 불량한 결과가 나타나기도 한다고 보고하였다. <東醫寶鑑>¹¹⁾에서도 “... 强壯人亦可稍增 ... 小兒則可如小麥大 或如雀糞 ...”, “... 鳩尾 巨闕雖是胸腹穴 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¹³⁾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 艾柱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¹³⁾에 “脈中之血 凝而留止 弗之火調 弗能取之”, 禁服篇¹³⁾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¹⁴⁾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¹⁵⁾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 북돋아 回陽하는 작용이 있음을 말한 것이지만 明代의 李樞¹⁶⁾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 문헌들을 살펴보면 전기뜸은 열원으로서 艾灸 대신 전기를 이용하는 온열기구로, 온도조절이 자유롭고 흠터를 남기지 않는 등의 장점이 있으나, 뜸쑥과 같은 치료효과가 인정되고 있지 않으며, 특제 기구가 필요하기 때문에 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(A₁)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 4.0

배 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 밀접적으로 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 쑥뜸에 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 쑥이 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 쑥뜸의 치료를 낮추는 결과를 초래한다.

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

V. 결론

艾灸의 작용기전과 효능을 객관적으로 규명하고, 새로운 뜬 개발의 기초자료로 삼고자 현재 임상에서 상용되고 있는 뜬 중에서 대형 뜬 2종을 선택하여 구간별 연소시간, 연소온도, 온도 구배 및 시점등을 연구 검토하고, 유효 연소시간을 제안하여 이 연소시간에서 뜬의 연소와 관련된 열역학적 특성을 검토하여 다음과 같은 결과를 얻었기에 보고하는 바이다. 측정점을 온도가 가장 높은점, 접촉 가열면, 비접촉 가열면으로 하였지만, 접촉 가열면의 평균온도가 전 구간동안 37℃ 이하이므로, 실제적인 치료 효과가 있다고 판단되는 비접촉 가열면의 측정 결과를 위주로 결과를 분석하였다.

1. 뜬기 바닥면의 중심점(P_H)에서의 가열기 승온속도가 가장 빠르며, 두 쑥뜸에 대해 평균 승온속도는 0.0384 ℃/sec, 0.0123 ℃/sec로 대형 A뜸이 약 3.1배 빠르다. 최고 승온속도 역시 대형 A뜸이 약 2.9배 빠르게 나타났다. 최대 승온속도가 발생하

는 시점은 착화 시점부터 각각 254sec 이후, 411 sec 이후이다.

2. 비접촉 가열면(A₁)에서 보온기의 최저 감온속도는 두 쑥뜸에 대해 각각 -0.0250℃/sec와 -0.0090℃/sec이며, 평균 감온속도는 -0.0160℃/sec와 -0.0037℃/sec이다.

3. 비접촉 가열면(A₁)을 기준으로 두 쑥뜸의 유효자극기가 시작되는 시점은 각각 착화 후 약 264sec, 796sec로 나타났고, 최고온도가 발생하는 시점은 착화 후 약 373sec, 1323sec이며 최고온도는 대형 A뜸이 0.9℃ 높은 것으로 나타났다. 또한 최대 승온속도는 대형 A뜸이 약 4.2배 빠르게 나타났다.

두 쑥뜸의 유효자극기가 끝나는 시점은 착화 후 각각 약 546sec, 2009sec로서 유효자극기간은 각각 약 282sec, 1213sec으로 대형 B뜸이 약 4.3배 길게 나타났다. 또한 쑥 단위 질량당 유효 자극시간은 각각 0.171sec/mg, 0.672sec/mg으로 대형 B뜸이 3.9배 이상 경제적이다. 유효 전열량은 대형 B뜸이 2.5배 이상 크며 연소에 사용된 쑥을 기준으로 단위 질량당 유효 전열량 역시 대형 B뜸이 2.3 배 이상 크다.

본 연구는 현재 임상에서 사용되고 있는 쑥뜸 중 상대적으로 넓은 부위에 시술하는 대형뜸의 열적 특성을 관찰한 것으로, 이상의 결과를 통해서 보면, 뜬기의 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 뜬기 설계의 기초로 활용될 수 있을 것으로 사료되며, 향후 쑥뜸의 화학적 자극과 관련된 것으로 생각되는 가열부 상의 화학적 배출물에 관한 부분에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

VI. 참고 문헌

1. 임종국. 艾灸의 생체반응에 관한 문헌적 고찰. 동양의학. 1976;2:36~40.
2. 최용태 외. 침구학. 서울:집문당. 1988:1051.
3. 閔庚玉, 李泰鎔. SSP 요법. 서울:현문사. 1991:29.
4. 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.
5. 朴英培, 姜成吉, 金甲成, 安昌範, 吳煥燮, 許雄. 艾灸의 燃燒 特性에 關한 實驗的 研究(I) - 燃燒溫度的 類型을 中心으로 -. 大韓韓醫學會誌. 1993;14(1):169~178.
6. 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.
7. 千永實, 金容奭, 李栽東, 崔道永, 朴英培, 高炯均, 安秉哲, 朴東錫, 姜成吉, 金昌煥, 李潤浩. 쑥뜸이 寒天皮膚模型에 미치는 燃燒特性 研究. 大韓鍼灸學會. 1999;16(3):155~177.
8. Ducharme MB, Tikuisis P. In vivo thermal conductivity of the human forearm tissues. J Appl Physiol. 1991;70(6):2682~2690.
9. 윤여성. 新皮膚管理學. 서울:圖書出版 가람. 1995:87~100.
10. Thomas P. Clinical Dermatology. Missouri :The C. V. Mosby Company. 1985:11.
11. 許俊. 東醫寶鑑. 서울:南山堂. 1987:755.
12. 김경식, 임종국. 艾灸의 용량이 혈청 중 효소 활성에 미치는 영향. 서울:東洋醫學. 1980;6:20~26.
13. 楊維傑. 黃帝內經 靈樞 譯釋. 서울:成輔社. 1980:324, 381, 543.
14. 蔡仁植. 傷寒論譯詮. 서울:高文社. 1991:207, 230.
15. 張景岳. 類經圖翼. 서울:大星文化社. 1982:215.
16. 李槌. 編註醫學入門(내집 1권). 서울:大星文化社. 1981:528.