

원저

마늘뜸의 연소특성에 관한 연구

이건목* · 이건휘** · 조남근* · 박소영*

*원광대학교 한의학대학원 침구학교실

**원광대학교 공과대학 기계공학부

Abstract

Experimental Study on the Characteristics of Combustion in Indirect Moxibustion with Garlic

Lee Geon-mok*, Lee Geon-hyee**, Cho Nam-geun* and Park So-young*

*Department of Acupuncture & Moxibustion, Professional Graduate School of Oriental Medicine,
Wonkwang University

**Department of Mechanical Engineering, Wonkwang University

Objective : The propose of this study is to investigate the characteristics of combustion in indirect moxibustion with garlic.

Methods : We observed the characteristics of combustion by the variations of the thickness(3mm, 4mm, 5mm) of a slice for indirect moxibustion with garlic and mass(80mg, 100mg, 120mg) of moxa cone and existence of holes. The temperature of indirect moxibustion for garlic insulation with holes was higher than temperature of indirect moxibustion for garlic insulation without holes. Combustions time in the preheating period is about 1 minute, it varies by the existence of holes, the thickness of a slice for indirect moxibustion with garlic, and the density of moxa cone.

* 이 논문은 2003학년도 원광대학교 교내연구비와 BK21 사업의 지원에 의해 연구되었음

· 접수 : 2004년 7월 1일 · 수정 : 2004년 7월 24일 · 채택 : 2004년 7월 25일

· 교신저자 : 이건목, 경기도 군포시 산본동 1126-1 원광대학교 산본한방병원 침구과

Tel. 031-390-2516 E-mail : geonmok@wonkwang.ac.kr

Results : Maximum temperature of heating period was 38.7~46.2℃, combustion time in the heating period was 118~164sec and maximum ascending temperature gradient was 0.102~0.264℃/sec.

Retaining period was shorter than heating period and stimulus of heating retains more, because it is higher than body temperature.

By this report, indirect moxibustion with garlic is more effective with holes and the appropriate thickness of a slice for indirect moxibustion with garlic is 3.5~4mm. It is appropriate that the diameter of moxa cone is 8mm and height of that is 10mm. With this condition, effective combustion period is 120sec, maximum temperature is 42~44℃, maximum ascending temperature gradient is 0.14~0.16℃/sec. It is necessary to study clinical correlations for more accurate quantitative standard.

Key words : moxibustion, moxa combustion, moxibustion with garlic, indirect moxibustion, moxibustion temperature

I. 緒 論

灸法은 艾絨이나 기타 연소가능 물질을 피부의 穴位 상에 놓고 연소시켜, 연소할 때 발생하는 火力을 피부 내로 투입시켜 경락의 작용을 통하여 氣血을 滯通시킴으로서 질병 치료와 보건목적에 도달하는 치법 중 하나이다²⁾.

艾灸를 寒, 熱, 虛, 實證에 모두 응용할 수 있으나, 현대에 와서는 직접구는 施灸時 느껴지는 격렬한 통증과 施灸後 남는 상처로 인해 제한적으로 사용되고 있다³⁻⁵⁾. 이에 반해 간접구는 灸痕이 남지 않고 施灸時에도 환자가 인내할 수 있을 정도의 열자극을 가하기 때문에 비교적 널리 사용되고 있다³⁻⁵⁾.

간접구는 葛洪⁶⁾의 肘後備急方에서 “取獨顆蒜, 橫切厚一分, 安腫頭上, 炷如梧桐子大, 灸蒜上百壯”

이라 하여 최초로 사용된 후 각 病症에 따라 다양하게 응용되어왔다⁷⁾. 艾는 通經活絡, 祛除陰寒, 回陽救逆하는 작용이 있으므로 소화기 疾患과 虛症으로 인한 腹痛, 泄瀉, 만성기침, 소변장애 및 관절 질환 등에 널리 사용되어왔다⁸⁻⁹⁾. 그 중 隔蒜灸는 고문헌 대부분에 수록되어 있는 間接灸의 대표적인 방법으로서, 肺結核, 腹中積塊, 微潰瘡 등에 적용된다¹⁾.

최근까지 艾灸療法을 정량화를 위한 실험적 연구¹⁰⁻¹⁶⁾가 發表되었고, 隔間灸와 隔物灸 간의 비교 연구¹⁷⁾ 및 隔薑灸의 연소특성에 관한 연구¹⁸⁾가 있었으나 隔蒜灸에 대한 연구는 없었기에, 본 연구에서는 艾柱를 사용한 隔蒜灸의 정량화를 위한 기본 개념과 이론적 바탕을 제시하기 위하여 기존 문헌을 바탕으로 艾柱를 제작하고, 적합한 크기의 마늘편을 대상으로 실험을 수행하여 艾柱의 연소에 따른 연소 과정을 관찰하고, 隔蒜灸의 열역학적 특성을 파악하여 유의한 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 實驗材料 및 方法

1. 實驗材料

1) 뜬썩

상업용으로 판매되는 양질의 뜬썩 썩을 충분히 건조시킨 후, 분쇄기로 분쇄한 다음 200Mesh의 체로 걸러 통과한 썩을 사용하였다.

2) 뜬썩의 성형

(1) 문헌에서의 艾炷의 形狀

間接灸에 사용되는 艾炷(Moxa cone)는 일반적으로 艾絨을 재료로 제작한다.

艾絨을 손으로 비벼 꼬아 단단하게 다져서 上尖下大한 圓錐形을 만들어서 세우기 좋게 하며, 間接灸에 쓰이는 艾炷는 蠶豆(Vicia fava, 직경이 6-8mm)만한 크기이다¹²⁾. 임상에서 圓錐形 艾炷 하나를 기본단위로 하며, 1~3개 또는 그 이상을 1회 치료시 사용한다. 그러나 환자의 건강, 질병, 나이, 施灸하는 위치에 따라 달라질 수 있다.

(2) 圓錐型 艾炷의 成形

艾炷의 밀도에 대한 설명은 고문헌에서 전혀 찾아볼 수 없고 鍼灸集錦¹³⁾과 朴¹⁴⁾ 등의 연구에서 제시된 바를 근거로 다음과 같이 3가지 밀도에 대해 실험하였다. 성형틀(내경 8mm, 높이 10mm)을 제작하고, 정해진 질량에 해당하는 艾絨을 성형틀에 밀어 넣어 압착하여 일정한 형상의 원추형 艾炷를 성형하였다.

Table 1. Mass and Density of moxa cone

구분	질량(mg)	밀도(mg/cm ³)
M1	80	477
M2	100	597
M3	120	716

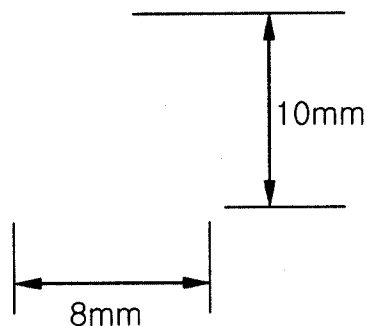


Fig. 1. Configuration of moxa cone

3) 마늘

(1) 문헌상 艾炷의 形狀

隔蒜灸의 사용 방법을 살펴보면, 獨入大蒜을 약 1分 두께로 잘라서 침으로 수공을 穿刺하여 사용한다¹⁵⁾. 큰 마늘의 소구근(小球根, clove)을 얇게 자르고, 잘려진 조각에 몇 개의 구멍을 뚫는다. 이 마늘 조각 위에 艾炷를 놓고 점화시키며, 환자가 열감(burning sensation)을 느낄 때까지 사용한다¹⁾. 마늘을 3~5mm 두께로 얇게 자른 다음 바늘로 찢러 구멍을 4~5곳에 내고 침혈 부위에 놓고 그 위에 다시 뜬썩을 놓고 뜨는 방법이다. 한 곳에 3~4장씩 뜨고는 마늘쪽을 새 것으로 바꾸어야 한다²⁾. 아주 큰 마늘의 소구근을 두께 0.2~0.3cm로 자르고 구멍을 뚫어 사용한다¹²⁾.

(2) 圓錐型 艾炷의 成形

본 연구는 隔蒜灸 施灸時 정량적인 열적 자극을 제시하는데 그 목적이 있으므로, 문헌과 기존 연구를 검토하여 다음과 같은 조건하에서 실험을 수행하였다.

Fig. 2에서와 같이 마늘을 직경 16mm의 원통으로 자르고, 원형단면의 중심점과 중심점에서 반경방향으로 2mm 떨어진 지점에 대칭으로 4개의 지점에 직경 1mm의 바늘을 사용하여 5개의 구멍을 뚫었다. 바늘로 구멍을 뚫으면 구멍의 크기는 다소 작아지나, 더 이상의 가공 없이 그 상태에서 실험을 수행하였다.

Table 2. Thickness of a slice for indirect Moxibustion with garlic

	Thickness(mm)
T1	3
T2	4
T3	5

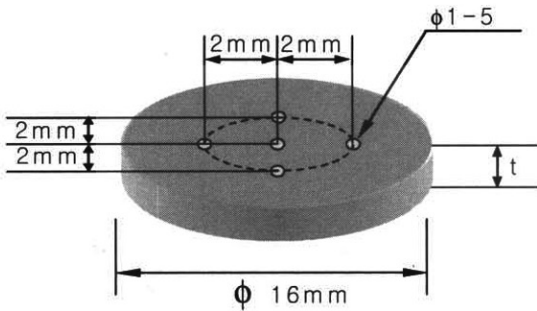


Fig. 2. Configuration of a slice from a large clove of garlic for Moxibustion

마늘 조각의 두께에 따라 열자극의 특성을 비교하기 위해 두께를 3, 4, 5mm로 변화시켜 실험을 수행하였다.

마늘의 건조상태에 따라 마늘에 포함된 수분의 함유량이 달라지며, 이는 열적 자극의 정량적 변화를 초래하므로 본 연구에서는 다음과 같은 조건 하에서 마늘을 실험에 이용하였다. 크기와 모양이 고른 寒地形 육쪽 마늘을 토양에서 채취한 후, 상온 5℃의 냉장고에 2일 이상 보관한다. 냉장고에서 꺼낸 마늘을 빠른 시간 내에 위에서 설명한 형상으로 성형한 후, 실험에 사용하였다. 마늘을 절단하면 액상의 물질이 배출되며, 이 물질에는 항균성이 강한 성분이 포함되어 있는 것으로 알려져 있기 때문에 다소 축축한 상태에서 실험을 실시하였다.

2. 실험장치

1) 실험장치의 구성

실험장치는 쑥뜸 연소를 위한 장치, 데이터 획득 장치와 데이터 처리 장치로 구성되어 있으며, Fig. 3은 본 실험장치의 개략도이다. 쑥뜸 연소장치는 시술시 쑥뜸이 부착된 피부 표면의 온도를 측정하는 방식을 모형화한 것이다. 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 설치하였으며, 쑥뜸 연소 장치 내부에는 주변 온도의 영향을 받지 않고 일정한 온도(32℃)를 유지할 수 있도록 가열기(heater)를 하단에 설치하였다.

본 실험에서 사용한 열전대, 데이터 획득, 처리 및 저장 시스템은 다음과 같다.

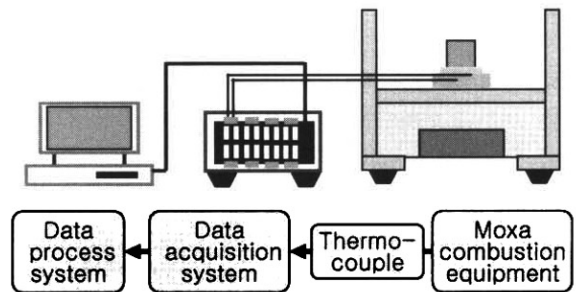


Fig. 3. Schematic diagram of experimental apparatus

2) 열전대(Thermocouple)

본 연구에서는 마늘뜸 연소시 발생하는 온도의 변화를 측정하기 위하여 T형 열전대(직경 1.0 mm, 저항 0.6 Ω/m)를 사용하였다. T형 열전대는 copper와 constantan(Cu 50%, Ni 50% 합금)으로 구성되어 있으며, 0~200℃ 사이의 온도를 측정하는데 적합하고,

허용오차(tolerance)는 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (0.4 class)로 더 넓은 온도 영역에서 사용하는 다른 형태의 열전대에 비해 오차가 작은 장점을 가지고 있다.

3) 데이터 획득 장치(Data acquisition system)

열전대에서 오는 아날로그(analog) 신호를 받아 데이터 처리 장치로 보내는 역할을 하는 데이터 획득 장치로 DTATSCAN 7320(Analog measurement processor modules)을 사용하였다. 이 기기에서 처리된 신호는 RS232 포트를 사용하여 PC에 연결된다. DTATSCAN 7320의 분해능(resolution)은 16bit이며, T형 열전대를 센서로 사용한 경우 감도(sensitivity)는 0.02°C 이고 정확도(accuracy)는 0.9°C 이다.

따라서 T형 열전대와 DTATSCAN 7320을 통한 총 오차는 $\pm 1.1^{\circ}\text{C}$ 이하가 된다.

4) 데이터 처리 장치(Data process system)

데이터 획득 장치에서 보내진 전기적 신호는 PC에 내장된 프로그램(DALITE V. 2.40, DATASCAN 7000 series 전용)에 의해 온도 값으로 환산되어 화면상에 게시되고 정해진 파일에 저장된다. 본 연구에서는 온도 값의 변화 및 시간에 따른 온도 구배를 정확히 계산하기 위하여 5초 간격으로 데이터를 처리하였다.

3. 實驗方法

마늘뜸의 연소는 주변 공기의 흐름에 따라 민감하게 영향을 받으므로 정숙한 환경 하에서 이루어져야 한다. 따라서 본 연구에서는 뜸 연소장치가 주변 공기의 흐름을 차단하도록 제작하여 실험하였다. 또한 주변 온도의 변화가 쑥뜸 연소시 측정하고자 하는 온도에 영향을 미치지 않도록 하기 위하여, 뜸 연소 장치에 열원 발생장치(heater)를 설치하여 연소장치 내 온도를 32°C 로 유지하면서 실험을 수행하였다.

艾炷가 설치된 연소판 위에 열전대를 설치하였고,艾炷 바닥면의 4지점에 온도 측정점을 설치하였다. 열전대 설치 지점은 ①艾炷 바닥면의 중심점 ②艾炷 바닥면의 중심에서 반경방향으로 2mm 떨어진 지점 중 마늘 조각에 구멍이 뚫린 지점 ③艾炷 바닥면의 중심에서 반경방향으로 2mm 떨어진 지점 중 마늘 조각에 구멍이 뚫린 지점 간의 가운데 지점 ④艾炷 바깥 원주상의 한점이다.艾炷가 착화됨과 동시에 측정점의 온도를 일정 시간(5 sec) 간격으로 데이터 획득 장치를 통해 저장되도록 하였다. 예비 실험을 통해 세 종류艾炷의 측정 시간은 모두 700sec로 하였다. 실험에 사용한艾炷들은 700sec 이전에 완전히 연소가 끝나게 되며, 측정점의 온도가 충분히 낮아진다. 각각의艾炷에 대해 9회 반복 실험 후 평균 값을 산출하여 실험값으로 취하였다.

III. 實驗結果 및 分析

1. 마늘편 鍼刺 유무에 따른 연소특성의 비교

본 실험에서는 격물인 마늘편에 침을 사용하여 구멍을 뚫은 경우와 구멍이 없는 경우,艾炷의 연소에 따른 열역학적 특성을 비교하여, 마늘편 鍼刺가 쑥뜸에 미치는 자극의 질과 양의 변화를 분석하기 위하여 두 경우에 대해 실험을 수행하였다. Fig. 4는 구멍이 없는 마늘편을 사용한 경우, 마늘편의 두께와艾炷의 밀도 변화에 따른 온도 변화를 보여주는 그림이다. 이 그림에서 도시된 온도는 마늘편의 중심점에 상응하는 위치에서 측정된 결과이다. 마늘편의 두께가 얇을수록 측정점에서 온도가 상승하며,艾炷의 밀도가 커질수록 온도가 상승함을 볼 수 있다.

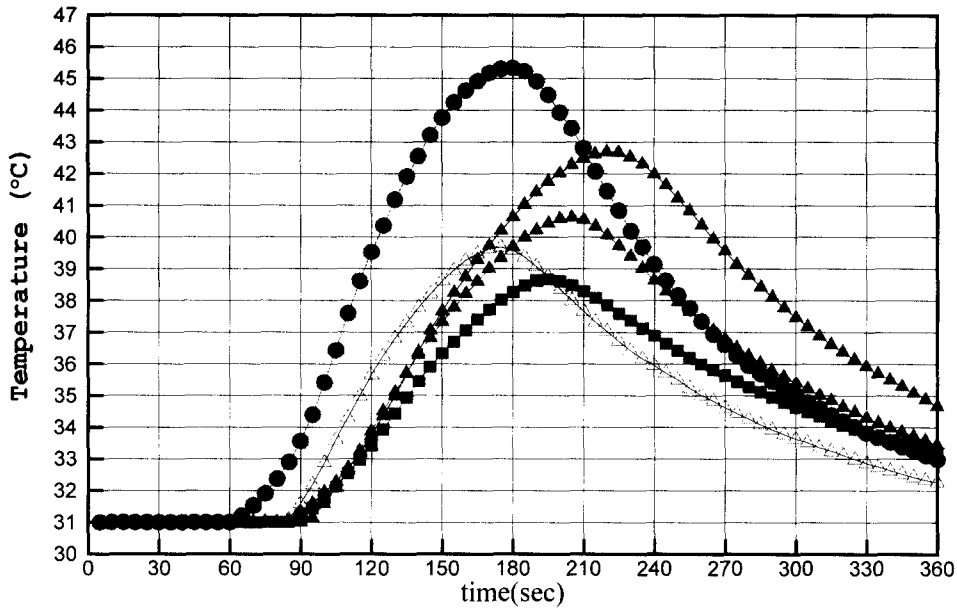


Fig. 4. Variation of temperature with respect to time in the Indirect moxibustion for garlic insulation without holes

- : m=100mg, t=3mm
- ▲ : m=120mg, t=4mm
- △ : m=80mg, t=4mm
- : m=100mg, t=5mm

Fig. 5는 구멍을 뚫은 마늘편 위에艾炷를 놓고 연소시켰을 때, 마늘편의 중심점에 대응되는 측정 점에서의 온도 변화를 보여주는 그림이다. 같은 조건하에서 마늘편의鍼刺에 따른 온도들의 변화를 고찰하기 위하여 Fig. 4와 같은 조건들에서 실험을 수행하였다. Fig. 4와 Fig. 5를 비교해보면 마늘편의鍼刺에 따라 주어진 모든 조건하에서 온도가 상승됨을 볼 수 있다. 이와 같이鍼刺된 마늘편을 사용하여 실험한 경우에 온도가 상승하는 이유는,艾炷 연소열이 마늘편을 거쳐 열전도로 열이 전달될 뿐만 아니라, 구멍을 통해 직접 열이 복사 또는 대류 형태로 전달되기 때문이다. 또한艾炷의 하단부가 연소될 때에는

마늘에서 액상의 물질이 구멍을 통해 마늘편 부착 부위로 이동하는 것이 관찰되었다. 따라서 마늘편에鍼刺하는 이유는 구멍을 연소열이 보다 강하게 전달되는 목적 이외에도 마늘에서 배출되는 유용한 물질이 피부에 직접 도달하기 위한 것이라고 추정된다.

본 연구에서는艾炷 연소시 마늘편의鍼刺 유무가 열역학적 특성에 미치는 영향이 유의하다고 판단하여,鍼刺된 마늘편과 그렇지 않은 마늘편에서 실험한 결과들을 모두 고려하여鍼刺 유무, 마늘편의 두께와艾炷의 밀도 변화에 따른 열역학적 특성을 고찰하였다.

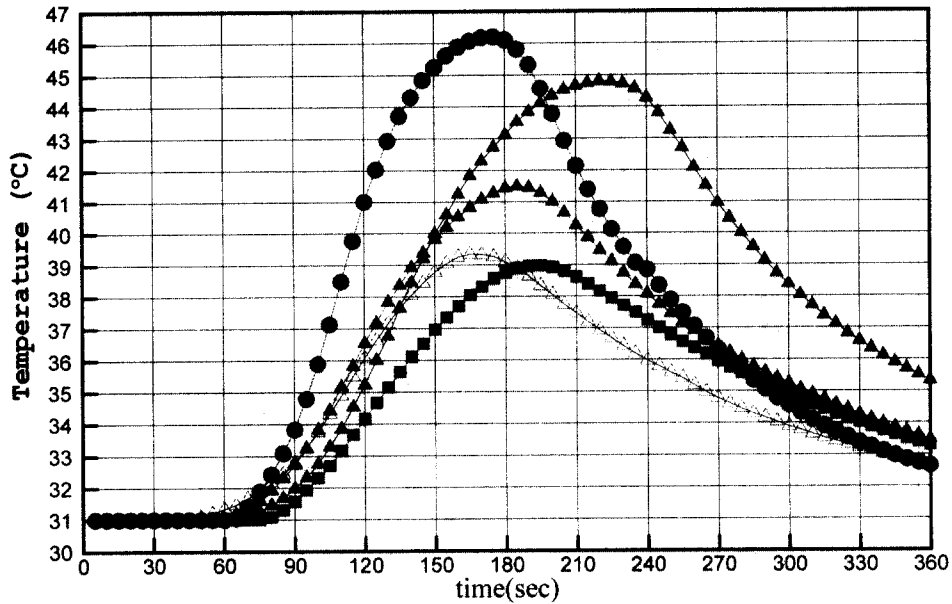


Fig. 5. Variation of temperature with respect to time in the Indirect moxibustion for garlic insulation with holes

- : m=100mg, t=3mm
- ▲ : m=120mg, t=4mm
- △ : m=80mg, t=4mm
- : m=100mg, t=5mm

2. 연소구간의 구분

본 연구는 격물구의 일종인 隔蒜灸의 정량화를 위한 연구이므로, 실험을 통해 얻어진 결과를 차³⁰⁾이 제안한 연소구간의 구분을 바탕으로艾炷의 연소시간을 예열기, 가열기, 보온기와 냉각기로 나누어 연소시간, 연소온도, 승온속도, 감온속도 등을 검토하였다. 연소구간의 구분은, 측정된 온도변화를 시간에 따라 미분하여 얻어지는 온도구배를 통하여 이루어진다. Fig. 6은 鍼刺된 마늘편에 대해, 여러 조건하에서 실험된 결과를 이용하여 계산된 온도구배를 도시한 그림이다. 이 온도구배를 계산하기 위해 사용한 측정온도는艾炷 중심점에 대응하는

점에서 측정된 온도이다. 이 그림에서 볼 수 있듯이 온도구배는 일정한 경향을 가지고 있다.艾炷를 점화하면 원추형艾炷의 상부에서부터 연소가 시작된다. 연소에 의해 발생하는 열이艾炷의 하단부와 격물인 마늘편을 통해 측정점까지 전열되기까지 일정한 시간이 필요하다.艾炷의 연소에 의해 측정점의 온도가 올라가기 시작하면 온도구배는 양의 값을 가지기 시작한다. 그림에서 볼 수 있듯이 마늘편이 얇은 경우와艾炷가 성기게 성형된 경우에, 양의 온도구배가 상대적으로 이른 시간에 나타난다. 점화시점부터 온도구배에 어떤 변화가 나타나는 시점까지가 예열기이다.

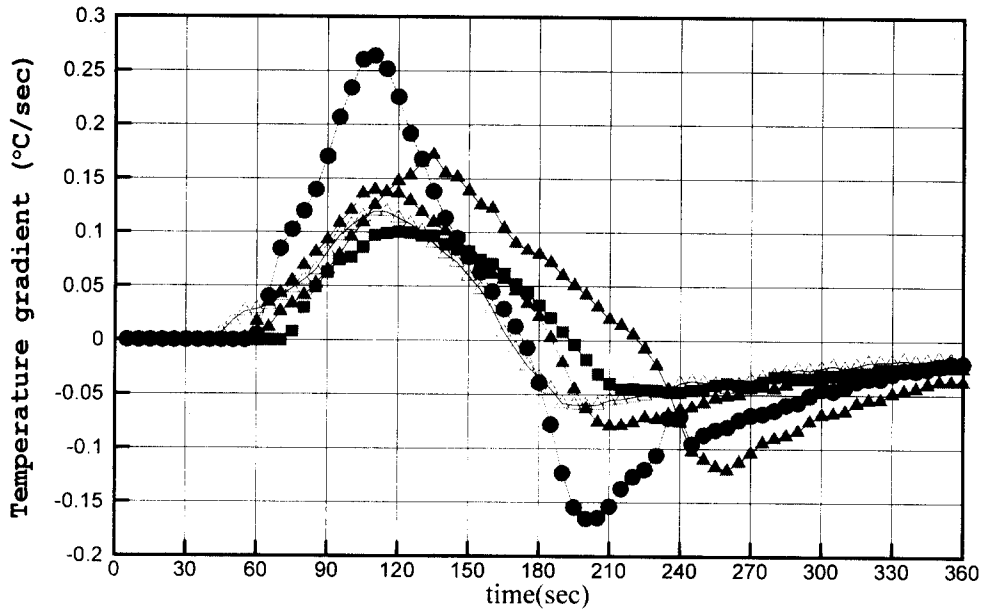


Fig. 6. Variation of Temperature gradient with respect to time in the Indirect moxibustion for garlic insulation with holes

- : m=100mg, t=3mm
- △ : m=80mg, t=4mm
- ▲ : m=100mg, t=4mm
- ▲ : m=120mg, t=4mm
- : m=100mg, t=5mm

이후 측정 점에서 온도는 상승하기 시작하며, 온도구배 역시 점증적으로 증가하여 어떤 시점에 이르면 온도구배는 최대값을 갖는다. 이후 온도는 상승하나 온도구배는 점차 작아지며 어느 시점에 온도구배가 0이 된다. 측정 점에서 얻어진 온도가 상승하는 시점부터 온도구배가 다시 0으로 되는 시점까지가 가열기이다. 가열기는 다시 온도 구배의 변화, 온도구배가 상승하는 구간인 상승과정 가열기와 온도구배가 하강하는 하강과정 가열기로 구분할 수 있다. 온도구배가 0인 시점을 지나면 온도구배는 점차 작아져 음의 값을 가지며, 어느 순간에 최저값을 보인 후 다시

상승하기 시작한다. 온도구배가 0인 시점부터 온도구배가 최저가 되는 시점까지를 보온기라 부르며, 이 이후는 냉각기로 구분된다.

Fig. 7은 구멍을 뚫지 않은 마늘편에 대해, 여러 조건하에서 실험된 결과를 이용하여 계산된 온도 구배를 도시한 그림이다. 전체적인 온도구배의 변화 경향은 Fig. 6의 鍼刺된 마늘편에서 실험한 경우와 유사하나, 크기와 변화시점이 다르다는 것을 알 수 있다. 구멍을 뚫지 않은 경우에 대해서도 鍼刺된 경우와 마찬가지로 연소구간을 구분하여, 열역학적 특성을 분석하였다.

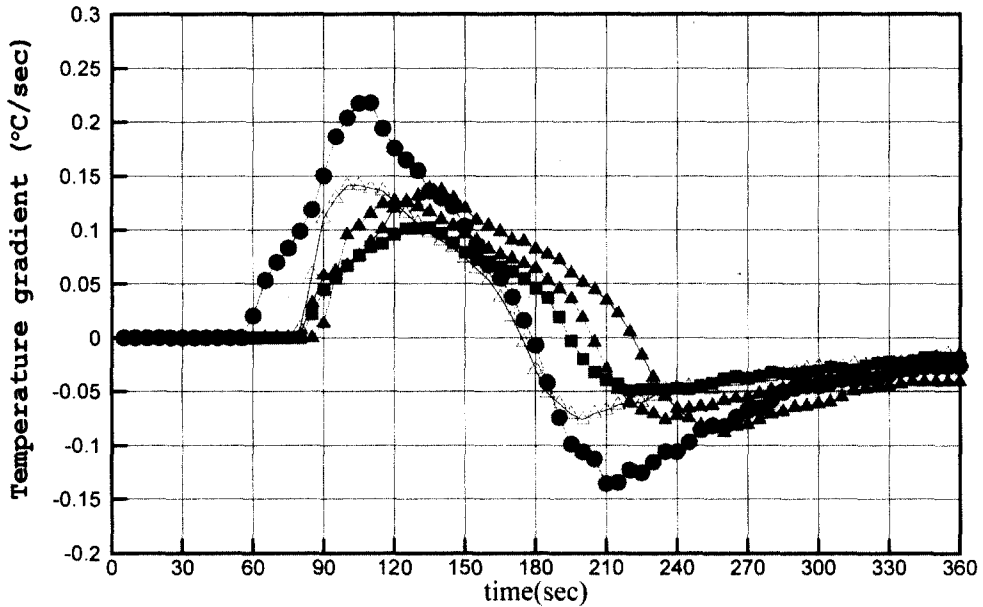


Fig. 7. Variation of Temperature gradient with respect to time in the Indirect moxibustion for garlic insulation without holes

● : m=100mg, t=3mm △ : m=80mg, t=4mm ▲ : m=100mg, t=4mm
 ▲ : m=120mg, t=4mm ■ : m=100mg, t=5mm

3. 연소구간별 열역학적 특성

1) 예열기(Preheating period)

예열기는艾炷에 점화시킨 시점부터, 피시구자의 피부로 연소열이 전달되는 시점까지이다. 원추형艾炷의 꼭지점 부위에 점화시키므로,艾炷는 상부에서 하부로, 외부에서 내부로 화염이 전파된다. 일반적으로 연소과정에는 산소가 필요하며, 적절한 산소의 공급이 이루어지면艾絨이 타게 된다.艾炷가 연소하게 되면, 고온의 열이 발생하며 이 열은 대류나 복사형태로 주위 공기로 전달되면서 일부 열은 전도 방식으로艾炷로 전달되게 된다.艾炷와 접촉되어 있는 마늘편에 열이 전달되며, 이 열은 마늘편을 지나 피

시구자의 피부로 열이 전달되게 된다. 이때 전해진 열에 의해 피부에 자극이 이루어지며, 이 자극으로 치료가 이루어지는 것이 애구법의 물리적 자극의 관점이다. 그러므로 예열기는 환자의 피부에 아무런 열 자극이 일어나지 않는 연소구간이다.

Table 3은 여러 조건하에서 예열시간을 보여주는 표이다. 마늘편의 두께가 얇을수록 예열시간이 짧아지는 것을 볼 수 있으며, 이는 일반적인 열전달 체계와 동일한 현상이다.

본 실험에 사용된 원추형艾炷는 그 크기와 형상은 동일하며,艾絨의 질량은 3가지 경우를 고려하였다. 밑면의 직경이 8mm이고 높이가 10mm인 원추형艾炷를 성형하는데 있어서, 100mg을 사용하면 비교

적 치밀한 艾炷를 제작할 수 있었다. 이보다 작은 질량(80mg)을 사용하여 艾炷를 제작하면 다소 성긴 형태의 艾炷가 성형되며, 120mg의 艾絨을 사용하여 艾炷를 제작하면 매우 치밀한

艾炷가 성형된다. 밀도가 다른 艾炷를 성형하면 그 연소 특성도 당연히 달라지는 이유는, 연소에 필요한 공기가 얼마나 잘 전달되느냐와 깊은 관련성이 있기 때문이다.

Table 3. Combustion times in the preheating period

Thickness(mm)	with holes					without hole				
	3	4			5	3	4			5
mass of moxa cone(mg)	100	80	100	120	100	100	80	100	120	100
combustion time(sec)	50	44	55	62	78	51	43	56	60	74

Table 3에서 볼 수 있듯이 艾炷에 사용된 艾絨의 질량에 따라 예열기의 시간이 비례한다. 질량 80mg을 사용한 경우가 가장 짧은 예열기를 보이는 반면, 질량 120mg을 사용한 실험에서 예열기가 가장 길게 나타났다. 성긴 형태의 艾炷는 보다 치밀하게 성형된 艾炷에 비해 공기의 전달이 용이하기 때문에 빠르게 연소되며 따라서 피부로의 열전달이 빠르게 진행됨을 보여준다.

鍼刺 유무에 따른 예열기의 시간은 유의할 만한 변화를 보이지 않는다. 예열기는 艾炷 상부 일부만이 연소되는 시점이며 따라서 전달되는 열량이 미미하기 때문에 마늘편의 구멍에 의한 열역학적 변화는 보이지 않는다.

2) 가열기(Heating Period)

가열기는 임상에서 쑥뜸 施灸時 피시술자가 최초로 열감을 느끼는 시점에서부터 열적 통감을 최대로 느끼는 시점까지이며, 이 시기는 보온기와 더불어 치료 효과가 발생하는 기간으로 파악된다. 애구요법은 온열적 자극과 화학적 자극으로 치료가 이루어지는 일종의 자극요법으로 자극의 내용은 艾炷의 연소 특성과 격물구의 성질과 밀접한 관계가 있다.

자극량은 환자의 나이, 체질, 病情, 질환별로

나누어 施灸하여 왔다. 자극량 뿐만 아니라 자극의 질 또한 중요한 자극요법의 내용이므로, 쑥뜸의 치료 효과와 관련된 가열기의 열적 특성으로는 연소시간, 평균온도와 최고온도 등을 검토해야 하며, 동시에 가열기의 온도 구배의 변화는 자극요법인 쑥뜸의 치료 효과와 관련된 중요한 열적 특성이므로 평균 승온속도와 최대 승온속도 및 최대 승온속도 시점에 대한 검토가 필요하다.

(1) 가열기의 연소시간

가열기에 있어서 연소시간은 온도 구배가 상승하는 구간과 온도 구배가 하강하는 구간으로 나누어 연소시간을 검토하였다. 온도구배가 상승하는 가열기에서 피시술자는 상대적으로 낮은 온도이기 는 하지만, 열감이 보다 자극적인 연소 구간이다. 반면에 온도구배가 하강하는 가열기에서, 피시구자는 높은 온도의 강한 자극을 받지만 상대적으로 온화한 열감을 인지하게 된다. 이는 급격한 온도가 상승하는 시기에 피시구자가 열에 대한 내성을 갖게 되며, 이후 온도가 비교적 완만하게 상승하게 되면 열에 적응된 피부가 자극에 둔감하게 반응하기 때문이다.

Table 4. Combustion times in the heating period

Thickness(mm)	with holes					without hole				
	3	4			5	3	4			5
mass of moxa cone(mg)	100	80	100	120	100	100	80	100	120	100
combustion time in a ascending process(sec)	60	65	56	72	52	36	58	63	76	51
combustion time in a descending process(sec)	62	53	74	88	71	69	73	85	88	59
combustion time(sec)	122	118	130	160	123	105	131	148	164	110
combustion time per mass(sec/mg)	1.22	1.48	1.30	1.33	1.23	1.05	1.64	1.48	1.37	1.10

隔蒜灸에 사용된艾炷의 밀도가 큰艾炷일수록 가열기의 연소시간이 길어진다. 이에 비해 마늘편의 두께와 연소시간 간에 비례하는 관계가 보이지 않는다. 마늘편의 구멍 유무에 상관없이 두께가 4mm인 마늘편을 사용한 경우에 가열기 연소시간이 가장 길게 나타났다. 이와 같은 실험결과는艾炷의 밀도와 마늘편의 두께에 따라 복합적인 요인이 동시에 반영된 특수한 경우라고 추정된다.

마늘편의 鍼刺 유무에 따라서는 구멍이 없는 마늘편을 사용한 경우에서 긴 가열기 연소시간이 나타났다. 온도구배 상승구간과 하강구간 간의 길이 변화는 두께가 두꺼울수록, 밀도가 조밀해질수록 온도구배 하강구간이 길어지는 경향을 보이며, 이 현상은 마늘편 鍼刺 유무와 관계없이 같은 경향을 보여준다. 이러한 열역학적 특성은艾炷의 연소과정과 직접적인 관계가 있으며,艾炷의 형상

이 원추형이므로, 불꽃이艾絨에 점화되는 구조로 설명될 수 있다.

단위 질량당 가열기의 연소시간은 마늘편의 두께가 비례하는 관계는 보이지 않으며, 구멍이 없는 경우는 거의 유사한 경향으로 나타났다. 그러나艾炷의 밀도 변화에 따라서는 높은 밀도에서 보다 효율적으로 나타났다.

(2) 가열기의 연소온도

가열기와 보온기에서 치료를 위한 열자극이 주로 가해지기 때문에 가열기에서의 자극온도는 매우 중요한 의미가 있다. Table 5에서는 마늘편의 두께가 얇을수록 측정 점에서의 온도가 높게 나타나며, 평균온도나 최고온도에서도 그 경향은 동일하다. 또한艾炷의 밀도가 커질수록 측정 온도는 보다 높은 경향을 보이고 있다.

Table 5. Temperatures in the heating period

Thickness(mm)	with holes					without hole				
	3	4		5	3	4		5		
mass of moxa cone(mg)	100	80	100	120	100	100	80	100	120	100
Average temperature(℃)	38.5	35.2	36.6	37.8	35.1	38.2	35.2	36.2	36.9	34.6
Maximum Temperature(℃)	46.2	39.3	41.5	44.8	39.0	45.3	39.6	40.6	42.7	38.7

정량적으로 온도를 살펴보면, 구멍이 있고 두께 3mm의 마늘편과 질량이 100mg인 경우에는 최고온도가 46.2℃로 가장 높게 나타났으며, 구멍이 없고 두께 5mm의 마늘편과 질량이 100mg인 경우에 최고온도가 38.7℃로 가장 낮게 나타났다. 유효한 열자극에 필요한 온도가 정확히 얼마인지에 대한 연구결과는 아직까지 없으나, 환자의 감수성이나 施灸되는 신체 부위에 따라 달라진다. 기존의 여러 연구 결과에 의하면 간접구 施灸時 유용한 자극온도를 42~45℃ 정도로 제시하고 있다. 이 온도에서 환자는 감수성에 따라 극심한 통증을 느끼는 경우도 있지만, 화상의 위험을 피할 수 있는 범위로 알려져 있다.

따라서 본 연구의 실험 조건 내에서 얻어진 결과를 검토해 보면, 두께 5mm의 마늘편 또는 질량이 80mg인 艾炷를 사용한 경우에는 유효한 자극을 얻을 수 없는 조건이다. 두께 4mm인 마늘편과 100mg의 艾絨을 사용한 경우는 다소 낮은 온도를 보여 주고 있다.

앞서 설명한 바와 같이 본 실험에서 사용한 艾炷의 크기는 문헌에서 나타나는 蠟燭 크기의 艾炷이며³⁰⁾, 이 艾炷를 성형하기에 적합한 艾絨의 밀도는 100mg 정도이다. 이러한 크기의 조밀한 艾炷를 사용하기 위해서는 3~4mm 사이의 마늘편을 사용하는 것이 타당하다고 보인다. 보다 자세한 정보를 얻기 위해서는 3~4mm의 마늘편에 대해 상세한 실험이 필요하다고 판단된다.

마늘편의 鍼刺 유무에 따른 가열기 온도는 구멍이 뚫린 마늘편에서 약 1℃ 높게 나타났다. 이런 현상은

마늘편에 뚫린 구멍을 통해 艾炷의 연소열이 대류 또는 복사 형태로 피부에 전달되는 것을 의미한다. 앞 절에서 가열기의 연소시간을 비교한 경우에는 구멍이 없는 마늘편의 경우에 상대적으로 긴 가열기 연소시간이 측정된 부분과 연결하여 설명될 수 있다. 즉, 鍼刺된 마늘편의 구멍을 통해 피부로의 열전달이 용이하기 때문에, 피부에서 측정되는 온도는 보다 높게 측정되나 온도구배의 변화는 온도차와 상관관계(대류열전달인 경우 온도차에 비례하며, 복사 열전달은 온도의 4승에 비례)가 있으므로 온도상승이 빠르게 이루어지는 열전달 특성을 잘 반영한 것으로 판단된다.

(3) 가열기의 승온속도

艾炷施灸와 관련된 자극요법에 있어서 그 효능은 자극의 양과 질 및 피시술자의 감수성에 의해 영향을 받는다. 이 중 피시술자의 감수성을 주관적이므로 이를 배제하면, 객관적인 판단 기준은 자극의 양과 질이 그 결과를 결정해주는 중요한 요인이 된다. 자극의 양은 온도와 자극시간에 비례하다고 설명될 수 있으며, 자극의 질은 가열기의 승온속도와 밀접한 관련이 있다. 따라서 쑥뜸과 관련된 자극의 질을 정량적으로 파악하기 위해 가열기의 평균 승온속도와 최고 승온속도를 검토하였다.

본 실험에서 검토한 실험조건 하에서 쑥뜸의 평균 승온속도는 0.0557~0.176℃/sec이다. 마늘편의 두께가 얇을수록 평균 승온속도가 증가하며, 艾炷의 질량

변화에 대해서는 일반적인 경향이 보이지 않는다. 최대 승온속도는 0.102~0.264℃/sec 이며, 마늘편의 두께와艾炷의 밀도 변화에 따른 영향은 평균 승온속도와 같은 경향을 보인다. 최대 승온속도에 도달하는 시점은 마늘편이 얇을수록,艾炷의 밀도가 작을수록 빨라진다.

어느 정도의 승온속도가 적합한 지에 대한 정

보나 어떤 승온속도에 대해 피시술자가 느끼는 열감 또는 자극의 질에 대한 자세한 정보는 보고된 바 없다. 그러나 상업용 소형 뜸의 열역학적 연소 특성을 조사한 이²²⁾의 연구에 따르면, 평균 승온속도가 0.08~0.1℃/sec임을 제시하고 있다. 이와 비교하면 隔蒜灸와 관련된 본 연구 결과는 유사하게 나타남을 알 수 있다.

Table 6. Temperature gradients in the heating period

Thickness(mm)	with holes					without hole				
	3	4			5	3	4			5
mass of moxa cone(mg)	100	80	100	120	100	100	80	100	120	100
Average ascending temperature gradient(℃/sec)	0.176	0.0557	0.0751	0.107	0.0730	0.130	0.117	0.0925	0.106	0.0762
Maximum ascending temperature gradient(℃/sec)	0.264	0.119	0.140	0.172	0.101	0.218	0.141	0.127	0.139	0.102
Time at a maximum temperature gradient(sec)	112	109	111	134	122	109	101	119	136	124

일반적으로 피시술자의 입장에서 승온속도가 크다는 것은 상대적으로 날카로운 열자극이 가해지는 것을 의미하며, 승온속도가 작아짐에 따라 온화한 열자극을 느끼게 되며, 이는 수치 이하의 승온속도에서는 둔감한 열자극을 체감하게 될 것이다. 이러한 측면을 고려하면 보다 적합한 승온속도를 찾기 위해서는 임상적인 연구가 필요하며, 본 연구 결과는 임상연구의 기초로 활용되리라 기대된다.

3) 보온기(Retaining Period)

보온기는 임상에서 뜸시술시 환자가 최대 열적 통감을 느끼는 시점에서부터 점차 완화되는 열적 자극을 받는 구간으로, 가열기와 더불어 실제적인

치료효과가 이루어지는 기간으로 파악된다. 쑥뜸의 치료효과와 관련된 보온기의 열적 특성으로는 연소시간, 평균온도와 최저온도 등이 있다. 가열기와 마찬가지로, 온도구배의 변화가 자극요법인 쑥뜸의 치료효과와 관련된 중요한 열적 특성이므로 보온기의 평균 감온속도와 최저 감온속도 및 최저 감온속도시점에 대한 검토가 필요하다.

(1) 보온기의 연소시간

마늘편의 두께가 두꺼울수록 보온기 시간이 길어지며, 같은 두께의 마늘편을 사용한 경우에는 질량이 큰艾炷일수록 길어진다. 이런 경향은 구멍이 있는 마늘편을 사용한 경우에 두드러지며, 구멍이 없는 경우에는 작은 변화만이 나타났다.

본 실험 조건 하에서 보온기의 연소시간은 25~39sec이다. Table 4에 제시된 가열기의 연소시간이 105~164sec인 점과 비교하면 가열기의 연소시간에 비해 수배 이상 짧은 시간 내에 보온기가 종

료되는 것을 알 수 있다. 가열기의 연소시간은 구멍이 없는 경우 마늘편을 사용한 경우에 보다 길게 나타나는 반면, 보온기는 구멍이 있는 마늘편에서 보다 긴 연소시간이 측정되었다.

Table 7. Combustion times in the retaining period

Thickness(mm)	with holes					without hole				
	3	4			5	3	4			5
mass of moxa cone(mg)	100	80	100	120	100	100	80	100	120	100
combustion time(sec)	29	28	35	38	39	30	25	30	35	33
combustion time per mass(sec/mg)	0.29	0.35	0.35	0.32	0.39	0.30	0.31	0.30	0.29	0.33
combustion time(sec)	122	118	130	160	123	105	131	148	164	110

(2) 보온기의 연소속도

보온기에서 측정점에서 얻어진 평균온도는 마늘편의 두께와艾炷의 밀도와 직접적인 관계가 있다. 마

늘편의 두께에 반비례해서 보온기 평균온도가 측정되었으며,艾炷의 밀도에 비례해서 보온기의 평균온도가 상승함을 보여주고 있다.

Table 8. Temperatures in the retaining period

Thickness(mm)	with holes					without hole				
	3	4			5	3	4			5
mass of moxa cone(mg)	100	80	100	120	100	100	80	100	120	100
Average temperature(℃)	45.3	39.1	41.3	44.8	38.6	44.1	39.0	40.2	42.6	38.5
Minimum Temperature(℃)	43.8	38.1	40.3	42.1	37.7	42.8	38.4	39.7	40.8	37.9

본 실험 조건하에서 보온기의 평균온도는 39.0~45.3℃이며, 이는 상업용 소형 뜸의 열역학적 연소 특성을 조사한 이²³⁾의 연구 결과인 36.8~37.8℃와 비교하면 상당히 높은 온도를 보이고 있다. 이는 보온기의 연소시간과 깊은 연관성이 있는 것으로 판단된다. 상업용 소형 뜸의 보온기 연소시간은 100~274sec로

본 연구 결과와 비교하면 수배 이상 길다. 이러한 차이가 나타나는 이유는 뜸쪽의 성형 과정과 깊은 연관성이 있다. 상업용 소형 뜸쪽은 원통형으로 제작되는 반면, 본 연구에서는 원추형艾炷를 사용하였기 때문에 불꽃이艾炷의 하단 부까지 이동하여 연소가 일어나면 보다 넓은 범위에서 연소가

일어나기 때문에 보온기가 짧아지는 것으로 추정된다.

상업용 소형 뜸에서는 가열기의 연소시간이 보온기의 연소시간에 비해 0.8~2.1배 이나, 본 실험 결과에서는 4~5배에 달하는 점이 보온기의 평균온도가 상대적으로 높은 이유라고 하겠다. 보온기가 끝나는 시점에서의 보온기 최저 온도는 마늘편의 두께에 따라 낮아지며,艾炷의 밀도가 높을수록 최저 온도는 낮아진다.

(3) 보온기의 감온속도

보온기에서 열적 변화를 정량적으로 이해하기 위해 감온속도를 검토하였다. 본 연구 조건 하에서 평균 감온속도는 $-0.0305 \sim -0.0962^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 로, 가열기의 평균 승온속도와 절대값 기준으로 비교하면 다소 작게 나타났다. 또한 최저 감온속도 역시 가열기에 비해 작은 것으로 나타났다. 가열기와 보온기에서 이러한 차이가 발생하는 이유는艾炷의 형상과 밀접한 관련이 있다고 판단된다.

Table 9. Temperature gradients in the retaining period

Thickness(mm)	with holes					without hole				
	3	4			5	3	4			5
mass of moxa cone(mg)	100	80	100	120	100	100	80	100	120	100
Average descending temperature gradient($^{\circ}\text{C}/\text{sec}$)	-0.0962	-0.0372	-0.0536	-0.0752	-0.0305	-0.0872	-0.0430	-0.0453	-0.0582	-0.0319
Minimum descending temperature gradient($^{\circ}\text{C}/\text{sec}$)	-0.165	-0.0597	-0.0788	-0.120	-0.0476	-0.136	-0.0760	-0.0773	-0.0884	-0.0496

마늘편의 두께가 얇을수록 감온속도의 절대값은 커지며,艾炷의 질량이 증가함에 따라 감온속도의 절대값이 커지는 것으로 나타났다. 마늘편의 두께가 얇으면, 전열이 빠르게 일어나기 때문에 일반적인 전열 특성이 隔蒜灸에서도 나타나는 것이다. 이에 비해 질량이 큰 경우에 감온속도의 절대값이 커지는 것은艾炷의 연소과정과 밀접한 관련이 있다.

자극의 질적인 측면에서 감온속도를 정량적으로 검토할 수는 있으나, 승온속도와 마찬가지로 어느 정

도의 값이 적절한지를 단정해서 말할 수는 없다.

4. 냉각기(Cooling period)

냉각기는 쑥뜸의 연소가 끝난 후 남아있는 열이 점차 외기로 방출되어 주변 온도와 같아지는 시점까지의 구간이다. 이 구간은 치료 효과가 발생하지 않는 구간이지만 쑥뜸의 열적 특성을 알아보기 위해 냉각기 연소시간과 냉각기가 끝나는 시점을 검토하였다.

Table 10. Combustion times in the cooling period

Thickness(mm)	with holes					without hole				
	3	4		5	3	4		5		
mass of moxa cone(mg)	100	80	100	120	100	100	80	100	120	100
Time at a start of cooling period(sec)	203	203	210	263	232	208	199	234	259	227

마늘편의 두께에 따른 냉각기의 시점은 마늘편의 두께가 두꺼울수록 길어지나, 다른 열역학적 특성에 비해 그 편차가 매우 좁은 편이다. 이와는 달리艾炷의 밀도에 따른 냉각기의 시점은 다소 편차가 있다.艾炷에 사용된艾絨의 질량에 비례하여 냉각기의 시점이 늦어는 것으로 나타났다. 본 실험의 모든 조건하에서 냉각기는 4~5분 이내에 나타나며, 이는 이²²⁾ 등의 실험 결과에서 제시된 결과 범위 내에 포함된다.

본 실험에서 사용한 밑면의 직경이 8mm 이고 높이가 10mm인 원추형艾炷는 기존 문헌에서 나타나는蠟燭의 크기와 유사하며³⁰⁾, 과거 대형艾炷를 이용한隔蒜灸 施灸時 施灸 시간이 4분 내외이었음을 본 실험으로 통해 추정할 수 있다.

5. 유효 연소기(Effective combustion period)

Table 5에서 가열기의 평균온도는 346~385°C로, 일부 조건하에서는 인간의 평균체온에 미치지 못하며, Table 8에서 보온기 종료시점의 온도는 37.7~43.8°C로 모든 실험 조건하에서 인간의 평균체온 이상이다. 이런 측면에서隔蒜灸의 치료효과를 가열기

와 보온기로 국한에서 검토하는 것은 다소 문제가 있다.

앞서 설명한 바와 같이艾炷의 연소구간을 4구간으로 구분한朴³⁾ 등의 실험에서는 격물구가 아닌艾炷 하단부에서의 온도 측정이었음을 상기하면 본 연구와 같은 간접구에서는 다른 연소구간의 정의가 필요하다. 물론 열역학적 분석만을 고려하면朴³⁾의 연소구간 구분은 타당하나, 치료효과를 동시에 고려하기 위해서는 인간의 평균체온 이상의 온도가 측정되는 연소시간에 대한 정의가 필요하다. 이와 관련해서 손²²⁾ 등은 유효 연소구간에 대한 정의를 제시한 바 있으며, 본 연구에서도 유효 연소구간을 기준으로 열역학적 분석을 하였다.

Table 11에서 유효 연소기의 시간과 가열기와 보온기의 시간의 합을 비교하여 제시하였다. 가열기와 보온기의 시간의 합은 실험한 모든 조건하에서 135~199sec이었으며, 유효 연소기의 시간은 76~177sec로 나타났다. 즉 4구간 구분법에 의한 치료시간은 조건에 따라 최대 64sec의 차이만이 보이나, 유효 연소기 관점에서는 최대 101sec가 나타났다. 마늘편의鍼刺 유무에 따른 변화도 상대적으로 큰 편차를 보여주고 있다.

Table 11. Combustion times in the effective combustion period

Thickness(mm)	with holes					without hole				
	3	4		5	3	4		5		
mass of moxa cone(mg)	100	80	100	120	100	100	80	100	120	100
Time at an start of effective combustion period(sec)	107	134	127	135	157	109	137	152	149	166
combustion time(sec)	148	76	123	177	77	149	76	107	150	50
combustion time per mass(sec/mg)	1.48	0.95	1.23	1.48	0.77	1.49	0.95	1.07	1.25	0.59
combustion time in the heating and retaining period(sec)	151	146	165	198	162	135	156	178	199	143

따라서 유효 연소기를 기준으로 정량적인 隔蒜灸를 이해하면 보다 타당한 결과를 유출해 낼 수 있다. 유효한 열자극 시간을 늘리기 위해서는 밀도가 큰艾炷를 사용하는 것이 바람직하며, 마늘편의 두께는 4mm이하로 성형하여 임상에 적용되어야 함을 알 수 있다. 그러나 너무 얇은 마늘편을 사용하면 피사술자가 참을 수 없는 고온까지 올라갈 수 있으며, 화상의 위험이 수반될 가능성이 있다.

IV. 考 察

임상에서艾灸를 시술할 경우 쑥의 연소시 발생하는 다량의 연기, 부산물의 악취, 피부 화상과 애구의 재료를 교체하기 위하여 시술자가 자리를 지켜야 하는 등의 문제점으로 사용이 제한을 받고 있다²²⁾. 따라서 이러한 문제점들을 해결하고 임상적으로灸法을 원활히 활용되도록 하기 위해艾灸와 동일한 효능을 가진 새로운 뜸의 개발이 요구되어 왔다.

기존의 전기뜸^{1, 2, 19, 23, 24)}을 살펴보면 전기뜸은 열원으로서艾絨 대신 전기를 이용하는 온열기구로 온도

조절이 자유롭고 흉터를 남기지 않는 등의 장점이 있으나,艾灸와 같은 치료효과가 인정되고 있지 않고, 특제 기구가 필요하기 때문에 널리 응용되지 못하며, 치료효과에 대한 상세한 설명이나 특제 기구의 임상적 효능 검토에 대한 설명도 충분치 않은 실정이다²²⁾.

灸法은 현대적인 관점에서 볼 때 유관부위나 穴位에 施灸할 물질을 연소시킬때 發生되는 溫熱자극과 연소시 용출되는 津液의 화학적 자극을 이용하여 질병을 치료하고 예방하는 일종의 자극요법으로서, 자극조건에 따라 치료효과에 상당한 차이가 發生되므로,灸療法의 치료효과는 선택된 俞穴의 특성, 환자의 기능상태 및 病情과 자극의 質과 量에 의해 결정된다고 하였다^{25, 27)}.

許³⁰⁾는 “人之骨強筋弱肉緩 皮膚厚者耐痛……黑色而美骨者耐火熇……堅肉薄皮者不耐針石之痛”이라 하여 체질에 따른 감수성 차이를 보이며, 野呂³¹⁾ 등은 隔物灸 시술시 개체에 따른 효과 차이를 보고하였다. 하지만, 환자의 주관적 감수성 문제를 배제하고 객관적인 자극 질과 양만을 생각할 때 자극요법에서 자극의 輕重과 強弱은 자극의 강도를 의미하고, 자극량은 자극강도와 자극시간의 乘積에 해당한다. 따라서 자극강도는 자극량과 자극시간을 기준으로 제고되어져야 할 것이라 하였고³¹⁾,灸療法에 있어서 자극강도

는 艾灸 연소시 최고온도, 연소시간, 연소속도 등의 연소특성이 변수로 작용한다고 하였다¹⁷⁾.

杵³¹⁾ 등의 연소과정 분류에 따르면, 예열기와 가열기로 구성된 입열기는 적극적인 가열 자극기에 해당하며 피시술자가 급격한 열자극을 느끼게 되어 온열 자극의 실질적인 역할을 담당하는 구간이고, 보온기와 냉각기로 구성된 출열기는 소극적인 가열자극기로 艾柱가 연소 후 방출되는 열이 灸에 의해 억제되어 완만한 온열자극의 실질적인 역할을 담당하는 구간으로, 두 구간이 유효한 효과가 발생하는 구간이라고 하였다.

艾柱는 소형, 중형, 대형으로 분류^{1, 2, 12, 23, 30)}하여 크기에 따라 소형은 주로 직접구에 사용되며, 중형과 대형은 간접구에 적용하였다고 보인다. 기존 문헌에서 제시되는 艾柱의 크기는 콩이나 기타 식물의 씨 또는 열매에 비교하여 설명하고 있어, 오늘날 단위로 정확히 환산하는 것은 어려우나 근사 값으로 추정할 수는 있다. 따라서 隔物灸에 사용할 대형 圓錐形 艾柱를 다음과 같은 크기로 제작하여 실험에 사용하였다.

艾柱의 밀도에 대한 설명은 고문헌에서 전혀 찾아볼 수 없고 鍼灸集錦²¹⁾과 杵³¹⁾ 등의 연구에서 제시된 바를 근거로 80mg, 100mg, 120mg으로 변화시켜 3가지 밀도에 대해 실험하였다. 성형틀(내경 8mm, 높이 10mm)을 제작하고, 정해진 질량에 해당하는 艾絨을 성형틀에 밀어 넣어 압착하여 일정한 형상의 원추형 艾柱를 성형하였다.

마늘을 직경 16mm의 원통으로 자르고, 원형단면의 중심점과 중심점에서 반경방향으로 2mm 떨어진 지점에 대칭으로 4개의 지점에 직경 1mm의 바늘을 사용하여 5개의 구멍을 뚫었다. 바늘로 구멍을 뚫으면 구멍의 크기는 다소 작아지나, 더 이상의 가공은 없이 그 상태에서 실험을 수행하였다. 마늘 조각의 두께에 따라 열자극의 특성을 비교하기 위해, 두께를 3, 4, 5mm로 변화시켜 실험을 수행하였다.

마늘편 鍼刺 유무에 따른 연소특성을 보면, 마늘편의 두께가 얇을수록 측정점에서 온도가 상승하며,

艾柱의 밀도가 커질수록 온도가 상승함을 볼 수 있다. 마늘편의 鍼刺에 따라 주어진 모든 조건하에서 온도가 상승됨을 볼 수 있다. 이와 같이 鍼刺된 마늘편을 사용하여 실험한 경우에 온도가 상승하는 이유는, 艾柱 연소열이 마늘편을 거쳐 열전도로 열이 전달될 뿐만 아니라, 구멍을 통해 직접 열이 복사 또는 대류형태로 전달되기 때문이다.

연소구간은 점화시점부터 온도구배에 어떤 변화가 나타나는 시점까지가 예열기이다. 이후 측정점에서 온도는 상승하기 시작하며, 온도구배 역시 점증적으로 증가하여 어떤 시점에 이르면 온도구배는 최대값을 갖는다. 이후 온도는 상승하나 온도구배는 점차 작아지며 어느 시점에 온도구배가 0이 된다. 측정점에서 얻어진 온도가 상승하는 시점부터 온도구배가 다시 0으로 되는 시점까지가 가열기이다. 가열기는 다시 온도 구배의 변화, 온도구배가 상승하는 구간인 상승과정 가열기와 온도구배가 하강하는 하강과정 가열기로 구분할 수 있다. 온도구배가 0인 시점을 지나면 온도구배는 점차 작아져 음의 값을 가지며, 어느 순간에 최저값을 보인 후 다시 상승하기 시작한다. 온도구배가 0인 시점부터 온도구배가 최저가 되는 시점까지를 보온기라 부르며, 이 이후는 냉각기로 구분된다.

예열기에 마늘편의 두께가 얇을수록, 艾柱에 사용된 艾絨의 질량에 따라 예열기의 시간이 비례한다. 성긴 형태의 艾柱는 보다 치밀하게 성형된 艾柱에 비해 공기의 전달이 용이하기 때문에 빠르게 연소되며 따라서 피부로의 열전달이 빠르게 진행됨을 보여준다. 鍼刺 유무에 따른 예열기의 시간은 유의할만한 변화는 보이지 않는다. 예열기는 艾柱 상부 일부만이 연소되는 시점이며 따라서 전달되는 열량이 미미하기 때문에 마늘편의 구멍에 의한 열역학적 변화는 보이지 않는다.

가열기의 연소시간은 艾柱의 밀도가 클수록 길어지나, 마늘편의 두께와 연소시간 간에 비례하는 관계가 보이지 않는다. 마늘편의 구멍 유무에 상관없이 두께가 4mm인 마늘편을 사용한 경우에 가열기 연소

시간이 가장 길게 나타났다. 이와 같은 실험결과는艾柱의 밀도와 마늘편의 두께에 따라 복합적인 요인이 동시에 반영된 특수한 경우라고 추정된다. 마늘편의 鍼刺 유무에 따라서는 구멍이 없는 마늘편을 사용한 경우에서 보다 긴 가열기 연소시간이 나타났다.

가열기의 연소온도는 마늘편의 두께가 얇을수록,艾柱의 밀도가 커질수록 측정 온도는 보다 높은 경향을 보이고 있다.艾柱의 크기는 문헌에서 나타나는 蠶豆 크기의艾柱이며²⁰⁾, 이艾柱를 성형하기에 적합한艾絨의 밀도는 100mg 정도이다. 이러한 크기의 조밀한艾柱를 사용하기 위해서는 3~4mm 사이의 마늘편을 사용하는 것이 타당하다고 보인다. 보다 자세한 정보를 얻기 위해서는 3~4mm의 마늘편에 대해 상세한 실험이 필요하리라 사료된다.

마늘편의 鍼刺 유무에 있어 구멍이 뚫린 마늘편에서 약 1℃ 높게 나타났다. 이런 현상은 마늘편에 뚫린 구멍을 통해艾柱의 연소열이 대류 또는 복사 형태로 피부에 전달되는 것을 의미한다.

가열기의 최대 승온속도에 도달하는 시점은 마늘편이 얇을수록,艾柱의 밀도가 작을수록 빨라진다. 마늘편의 두께가 얇을수록 평균 승온속도가 증가하며,艾柱의 질량 변화에 대해서는 일반적인 경향이 보이지 않는다.

보온기의 연소시간은 마늘편의 두께가 두꺼울수록 길어지며, 같은 두께의 경우에는 질량이 큰艾柱일수록 길어진다. 이런 경향은 구멍이 있는 마늘편을 사용한 경우에 두드러지며, 구멍이 없는 경우에는 작은 변화만이 나타났다. 가열기의 연소시간은 구멍이 없는 경우 마늘편을 사용한 경우에 보다 길게 나타나는 반면, 보온기는 구멍이 있는 마늘편에서 보다 긴 연소시간이 측정되었다.

보온기의 연소온도는 마늘편의 두께에 반비례해서 측정되었으며,艾柱의 밀도에 비례해서 보온기의 평균온도가 상승함을 보여주고 있다. 상업용 소형 뜸의 열역학적 연소 특성을 조사한 이²³⁾의 연구 결과인 36.8~37.8℃와 비교하면 상당히 높은 온도를 보이고 있다. 이는 보온기의 연소시간과 깊은 연관성이 있는

것으로 판단된다. 상업용 소형 뜸의 보온기 연소시간은 100~274sec로 본 연구 결과와 비교하면 수배 이상 길다. 이러한 차이가 나타나는 이유는 뜸쑥의 성형 과정과 깊은 연관성이 있다. 상업용 소형 뜸쑥은 원통형으로 제작되는 반면, 본 연구에서는 원추형艾柱를 사용하였기 때문에 불꽃이艾柱의 하단 부까지 이동하여 연소가 일어나면 보다 넓은 범위에서 연소가 일어나기 때문에 보온기가 짧아지는 것으로 추정된다.

보온기의 감온속도는 마늘편의 두께가 얇을수록 절대값은 커지며,艾柱의 질량이 증가함에 따라 절대값이 커지는 것으로 나타났다.

두께에 따른 냉각기의 시점은 마늘편의 두께가 두꺼울수록 길어지나, 다른 열역학적 특성에 비해 그 편차가 매우 좁은 편이다. 이와는 달리艾柱의 밀도에 따른 냉각기의 시점은 다소 편차가 있다.

치료효과를 고려하기 위해서는 인간의 평균체온 이상의 온도가 측정되는 연소시간에 대한 정의가 필요하다. 이와 관련해서 이²²⁾는 유효 연소구간에 대한 정의를 제시한 바 있으며, 본 연구에서도 유효 연소구간을 기준으로 열역학적 분석을 하였다.

유효 연소기의 시간과 가열기와 보온기의 시간의 합을 비교하여 제시하였다. 가열기와 보온기의 시간의 합은 실험한 모든 조건하에서 135~199sec 이었으며, 유효 연소기의 시간은 76~177sec로 나타났다. 즉, 4구간 구분법에 의한 치료시간은 조건에 따라 최대 64sec의 차이만이 보이나, 유효 연소기 관점에서는 최대 101sec가 나타났다. 마늘편의 鍼刺 유무에 따른 변화도 상대적으로 큰 편차를 보여주고 있다.

따라서 유효 연소기를 기준으로 정량적인 隔蒜灸를 이해하면 보다 타당한 결과를 유출해 낼 수 있다. 유효한 열 자극 시간을 늘리기 위해서는 밀도가 큰艾柱를 사용하는 것이 바람직하며, 마늘편의 두께는 4mm이하로 성형하여 임상에 적용되어야 함을 알 수 있다. 그러나 너무 얇은 마늘편을 사용하면 피시술자가 참을 수 없는 고온까지 올라갈 수 있으며, 화상의 위험이 수반될 가능성이 있다.

V. 結 論

간접구의 일종인 隔蒜灸의 작용 기전과 효능을 체계적이고 객관적으로 규명하고 정량적인 열적 특성을 이해하기 위해 기존 문헌을 바탕으로 격물인 마늘편을 제작하고, 艾絨을 원추형 艾柱로 성형하여 연소실험을 수행하여 뜸의 연소와 관련된 열역학적 특성을 검토한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다

1. 마늘편 성형시 구멍이 없는 경우와 구멍이 있는 경우를 비교하기 위한 실험을 수행한 결과, 구멍의 유무에 따른 열역학적 특성에 차이가 있었으며, 구멍을 통한 열전달이 이루어져 측정점에서 온도가 보다 높게 나타났으며, 艾柱의 연소에 미치는 영향은 없는 것으로 나타났다.
2. 본 실험 조건하에서 예열기의 시간은 1분 내외이며, 鍼刺 유무와 마늘편의 두께 그리고 艾柱의 밀도에 따라 다소 간의 차이가 있었다.
3. 가열기에서 최고 측정된 온도는 38.7~46.2°C 이었으며, 가열기 유지 시간은 118~164sec이었다. 최고 승온속도는 0.102~0.264°C/sec 이었으며, 이는 상용 소형 뜸과 비교하면 유사한 특성을 보였다.
4. 보온기는 가열기에 비해 상대적으로 짧았으며, 대부분의 경우 보온기 종료시점에서 측정 온도가 체온보다 높게 나타나 보온기 이후에도 열 자극이 계속되는 것을 알 수 있었다.
5. 측정 온도가 체온이상의 온도가 측정되는 구간을 유효 연소기로 보고, 이 기간에 열역학적 특성을 고찰하였다. 유효 연소기가 유지되는 시간은 76~177sec로 실험 조건에 따라 그 변화가 다양함을 알 수 있었다.

본 실험조건을 기준으로 隔蒜灸를 설계하면, 구멍이 뚫은 마늘편을 사용하며 마늘편의 두께는 3.5~

4mm가 적합하다. 또한 艾柱는 밑면의 직경이 8mm, 높이가 10mm인 원추형으로 제작하며 艾柱의 밀도는 600~650mg/cm²으로 하면, 유효 연소기는 약 120sec, 최고온도는 42~44°C이고 최고 승온0.14~0.16°C/sec의 열역학적 특성을 갖는 隔蒜灸를 설계할 수 있다고 예측되어진다. 그러나 보다 정확한 정량적 기준을 설정하기 위해서는 추가적인 연구와 임상연구가 필요하다.

VI. 參考文獻

1. 全國韓醫學科大學 鍼灸·經穴學教室 編著. 鍼灸學(下). 서울: 集文堂. 1991: 1051-1057.
2. 정위택. 뜸으로 병을 고치는 책. 서울: 과학백과사전 종합출판사 편. 1993: 25, 30-43.
3. 楊維傑. 黃帝內經靈樞經譯解. 臺聯國風出版社印(修訂第六版). 中華民國 65年: 364, 543.
4. 蔡植. 傷寒論譯解. 서울: 高文社. 1991: 207, 213, 230, 245.
5. 李旻. 編註 醫學入門. 서울: 大星文化社. 1981: 528.
6. 葛洪. 肘後備急方. 北京: 人民衛生出版社. 1985: 95.
7. 劉武軍. 中國灸療集要. 南昌: 江西科學技術出版社. 1991: 377-378.
8. 邵虹. 灸의歷史研究. 新中醫. 1983; 12(4): 36-39.
9. 辛民教. 原色臨床本草學. 서울: 圖書出版 永林社. 1991: 443-444.
10. 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.
11. 朴英培, 姜成吉, 高炯均, 吳煥燮. 艾灸의 燃燒

- 시간에 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.
12. 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.
 13. 林聖澤, 金慶鎬, 金甲成. 艾灸의 物理的 特性에 關한 研究. 大韓鍼灸學會誌. 1994 ; 11(1) : 327-336.
 14. 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.
 15. 李建穆 外. 온도측정을 통한 상용 쑥뜸의 자극 효과에 대한 실험적 연구-연소시간 및 연소온도를 중심으로. 대한침구학회지. 2002 ; 19(2) : 114-127.
 16. 李建穆 外. 온도측정을 통한 상용 쑥뜸의 자극 효과에 대한 실험적 연구-승온속도 및 유효 자극기를 중심으로. 대한침구학회지. 2002 ; 19(3) : 64-76.
 17. 艾柱의 용량이 혈청중산소화합성에 미치는 연구. 원광대. 학위논문. 1980.
 18. 金容苑. 隔薑灸의 연소특성에 關한 연구. 경희한의대논문집. 1997 ; 20(1) : 289-307.
 19. 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.
 20. 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. 慶熙韓醫人論文集. 1994 ; 17(1) : 191-199.
 21. 鄭魁山 編著. 鍼灸集錦. 서울 : 醫聖堂. 1994 : 198.
 22. 李建輝 外. 상용 소형 쑥뜸의 열역학적 특성에 대한 실험적 연구. 대한침구학회지. 2001 ; 19(2) : 171-187.
 23. 成樂箕. 現代鍼灸學. 서울 : 杏林出版. 1987 : 55-56, 58.
 24. 崔周若. 鍼灸臨床實際. 서울 : 杏林書院. 1974 : 33.
 25. 劉農虞. 不同灸質. 灸量對動物血中5-羥色胺 組織胺含量的影響. 中國針灸. 1996 ; 15(5) : 29-30.
 26. 張京英. 不同灸法. 灸量對家兔全血組胺含量的影響及其意義. 中國針灸. 1994 ; 14(6) : 27-29.
 27. 閔庚玉, 李泰鎔. SSP요법. 서울 : 현문사. 1991 : 29.
 28. 許浚. 東醫寶鑑. 서울 : 남산당. 1987 : 755.
 29. 野呂信全 外. 隔物灸의 燃燒溫度(第1報). 全國東洋醫學學校協會學會誌. 1984 ; 8 : 58-61.
 30. 馮天蔭. 補瀉的新概念. 中國針灸. 1987 ; 7(1) : 27-28.
 31. 朴英培, 姜成吉, 金昌煥, 高炯均, 吳煥燮, 許雄. 艾柱의 形態別 燃燒特性에 대한 研究-燃燒溫도의 類型을 中心으로. 大韓韓醫學會誌. 1995 ; 16(1) : 370-378.