

접착식 간접구의 연기 밀도 및 유해가스 발생 확인 연구

김은정, 김유종, 황지후, 조현석, 김경호, 이승덕, 김갑성
동국대학교 한의과대학 한의학과 침구학교실

Study of the Density of Smoke and Harmful Gases of Adhesive Indirect Moxibustion

Eun-Jung Kim, Yu-Jong Kim, Ji-hoo Hwang, Hyun-Seok Cho, Kyung-Ho Kim,
Seung-Deok Lee, Kap-Sung Kim

Dept. of Acupuncture & Moxibustion, college of Oriental Medicine, Dongguk University

Objectives: We measured the density of smoke and harmful gases emitted from burning adhesive indirect moxa. Through the test we aimed to find out if there was an excessive amount of smoke emitted and if it included harmful gases.

Methods: 9 types of adhesive indirect moxa were chosen. The buffer layers which do not burn during treatment were removed and 10g of each moxa were made into powder and put into a holder. A smoke density chamber (Smoke Density Chamber FTT. U.K) and Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR I 4001. MIDAC U.S.A.) were used to measure the density of smoke and harmful gases emitted from burning moxa by ISO 5659-2 test.

Results: The result of measuring maximum smoke density showed that the regular indirect adhesive moxa (A-F) emitted high density smoke of 172.1-291.4Ds. The smokeless moxas, Seoam moxas, emitted the least amount of 3.4-5.5Ds. Concentrations of 7 typical harmful gases (CO, HCl, HCN, HBr, HF, SO₂, NO_x) were measured and all of the moxas emitted CO due to incomplete combustion. 4 types of moxa emitted NO_x and all smokeless moxas emitted NO_x. HBr, HCN, HCl, HF, SO₂ were not found in any of the moxas.

Conclusions: The amount of harmful gases emitted from burning moxa was much lower than short-term exposure standards of chemical and physical factors (Ministry of Labor 2010-44). Further experiments measuring gases from moxa combustion should be done in larger environments similar to normal medical clinics.

Key Words : Moxibustion, smoke density, harmful gases

서론

灸法은 쑥뜸을 병증에 상응하는 체표의 혈위 상에 부착하고 태움으로써 얻어지는 온열자극과 화학물질을 피부에 투입시켜 경락의 작용을 원활하게 소통시켜 자연 치유능력을 강화시키고 인체의 여러 가지 기능을 조정하는 한의학에서 침, 한약등과 더불어 중요한 치료기술이다¹⁾.

쑥뜸은 쑥을 태움으로 인해 필연적으로 연기를 발생시킨다. 선행 연구 조사²⁻³⁾에서 많은 수의 한의사가 시술 과정에서 발생하는 연기와 냄새를 쑥뜸 시술시 발생하는 불편함 및 부작용 1순위로 선택하였다. 이처럼, 쑥뜸 시술시 발생하는 연기와 유해가스는 시술과정에서 발생하는 공통적인 문제점 중 하나이다. 또한 고농도의 자극성 가스, 연기, 연무 및 증기 등으로 인해 반응성 기도과민 증후군⁴⁾이 유발

• Received : 4 October 2011

• Revised : 4 November 2011

• Accepted : 9 November 2011

• Correspondence to : 김갑성(Kap-Sung Kim)

경기도 고양시 일산동구 식사동 814 동국대학교 부속한방병원 침구과

Tel : +82-31-961-9121, Fax : +82-31-961-9009, E-mail : kapsung@unitel.co.kr

되거나 공기오염으로 인해 천식이 악화⁵⁾될 수 있다는 의학적인 문제와, 최근 실내 공기 질에 대한 현대인들이 높은 관심⁶⁾ 및 실내 공기 질에 대한 법률 제정⁷⁻⁸⁾ 등의 상황에서 뜸으로 인한 연기와 유해 여부에 대해서는 뜸의 안전성과 과학화를 위하여서도 관심을 가지고 시급히 연구해야 할 분야이다.

이에 본 연구진은 임상에서의 사용 빈도가 가장 많은 접촉식 간접구를 대상으로, 연소 과정에서 과도한 양의 연기 발생 여부 및 발생 연기에 인체유해가스가 포함되었는지 여부를 확인하기 위하여, 연소 시 발생하는 연기밀도 및 유해가스를 측정하여 관찰한 결과 유의한 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

실 험

1. 재료 및 방법

1) 재료

(1) 쑥뜸의 선정

시판 중인, 구입 가능한 접촉식 간접구 중 미니뜸, 알뜸, 쑥뜸 및 서암뜸 4개 품목의 대표적인 9종의 간접구를 선택하여 실험을 진행하였다.

미니뜸(A, B, C)(A: 강화미니뜸-강, 이화당, 한국 B: 동방미니뜸-강, 동방, 한국 C: 동서미니뜸-약, 동서, 한국)은 속이 빈 원통형 쑥관(높이: 19.64±1.91mm, 직경: 6.00mm)과 이를 지지하는 원통관(높이: 10.55±0.69mm, 직경: 10.00mm)으로 구성되었다. 원통형 쑥 부분은 미세하게 분쇄된 애용에 첨가물(접착

전분)을 사용하여 딱딱한 관형으로 제작되어 있으며 쑥관의 하단에는 두꺼운 종이로 제작된 원통 지지부가 쑥관을 감싸는 형식으로 연결되어 있다. 쑥관과 지지부는 일부 겹쳐 있으며, 지지부의 하단에는 반원 모양의 구멍이 뚫려 있어, 쑥관의 연소 시 연통구실을 하여 연소를 촉진시키는 역할을 한다. 빈 공간을 격물(buffer layer)로 사용되며 구조상 대류열, 복사열을 이용하는 형태이다.

알뜸(D, E, F)(D: 구알뜸, 고려수지침, 한국 E: 알뜸덕용, 행림, 한국 F: 태양알뜸, 태양산업제품, 한국)은 상부는 원통형 애용(높이: 8.78±0.44mm, 직경: 7.33±0.5mm)으로 얇은 종이로 둘러 싸여 있으며 하부는 얇은 종이를 수십 장 겹친 뒤 압축해서 만든 원관형(높이: 3.34±0.66mm, 직경: 11.72±0.67mm)이다. 종이 원관이 격물로 사용되며 구조상 전도열을 주로 이용하는 형태이다.

쑥뜸(G, H)(G: 동방 미니무연뜸, 동방, 한국 H: 태양 미니무연뜸, 태양, 한국)은 미니뜸 제품과 유사한 형태(쑥관 높이: 15.20±0.92mm, 직경: 6.00mm, 원통관 높이: 10.70±0.48mm, 직경: 10.00mm)를 지나 연소 중에 연기가 나지 않도록 고안된 쑥관을 사용하는 무연구이다.

서암뜸(I)(특상 신 서암뜸, 고려수지침, 한국)은 상기 3가지 미니뜸, 알뜸, 쑥뜸의 요소가 혼재된 형태이다. 상부는 연기가 나지 않도록 고안된 속이 빈 원통형 쑥관(높이: 8.50±2.12mm, 직경: 4.00mm)으로, 하부는 알뜸과 같은 원관형(높이: 3.00mm, 직경: 11.5±0.70mm)으로 이루어져 있다(Table 1, Fig. 1).

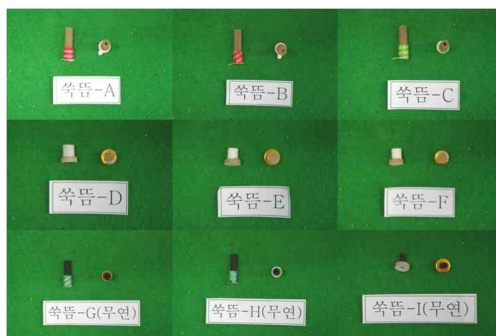


Fig. 1. Adhesive indirect moxa samples

Table 1. Shape and Apparent Density of Adhesive Indirect Moxa Samples

Sample	Moxa type	Shape	Apparent density(mg/cm ³)
A	mini moxa	pipe type	677
B	mini moxa	pipe type	744
C	mini moxa	pipe type	664
D	ball moxa	cylindrical type	416
E	ball moxa	cylindrical type	335
F	ball moxa	cylindrical type	400
G	smokeless moxa	smokeless pipe type	983
H	smokeless moxa	smokeless pipe type	998
I	seoam moxa	smokeless pipe type	987

(2) 싹뚝의 전처리

일반적인 뜸 시술시 타지 않는 격물(Buffer layer) 부분인 종이 등을 제거한 후 10g씩을 정량하여 분말 형태로 만들었다. 이 분말형태 시료를 75*75 mm 홀더에 담아 연소를 준비하였다(Fig. 2).

2) 방법

(1) 기기

연기밀도 및 유해가스 확인 시험은 연기밀도 시험 장치(Smoke Density Chamber FTT. U.K.)와 FT-IR(Fourier transform infrared spectroscopy) (FT-IR I 4001. MIDAC U.S.A.)을 사용하였다. 본 연구에서 사용한 기기의 연소챔버의 크기는 914*914*610(mm)이며 FT-IR의 Cell 길이는 10m였다. 연소방법은 ISO 5659-2에 따라 전문기관인 방재시험연구원에 의뢰하여 각 시료당 1회 진행하였다(Fig. 3).

(2) 측정

- ① 가열모드는 25 kW/m² (without pilot flame)을 택하여 Heat flux meter로 Cone heater의 조사 열량을 맞추었다.
- ② 준비된 실험체 홀더의 연소 전 무게를 측정하였다.
- ③ 실험체 홀더를 Cone heater 하부 틀에 장착한 후 챔버를 닫고 가열 시작하여 최저 광투과율에 (최대 20분)까지 열량을 가한 후 연기밀도(Ds)를 구하였다.

$$D_{s,max} = 132 \log_{10} \left(\frac{100}{T_{min}} \right)$$

- ④ 시간 경과 후 포집된 연기를 FT-IR 샘플라인으로 주입시켜 가스 분석을 시행하였다.

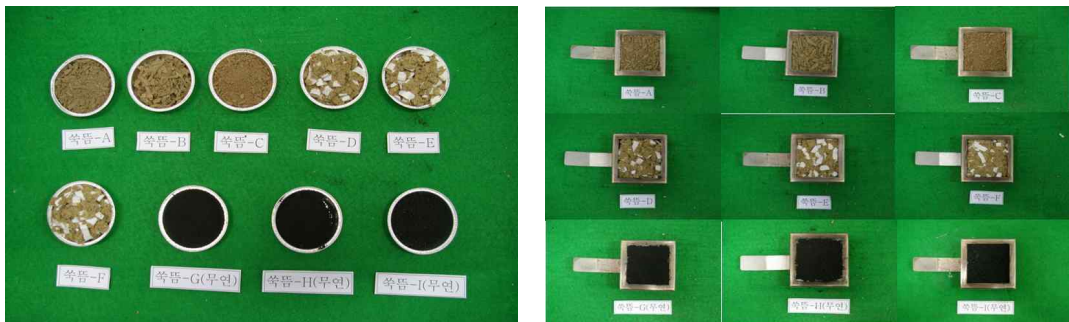


Fig. 2. Preprocessing of samples



Fig. 3. Smoke density chamber(left) and Fourier transform infrared spectroscopy(FT-IR)(right)

결과

1. 최대 연기 밀도 측정(Ds, corrected)

연기밀도(Ds, Density of smoke)라 함은 시료의 연소시 발생하는 연기의 양을 빛의 투과율 변화를

이용하여 측정된 값을 말한다.

일반 접착식 간접구(A-F)가 10g 연소당 172.1-291.4 Ds의 높은 연기 밀도를 보인 반면 무연땀 및 서암땀(G,H,I)은 연소시 3.4-5.5Ds의 낮은 연기밀도가 관찰되었다(Fig. 4, Table 2).

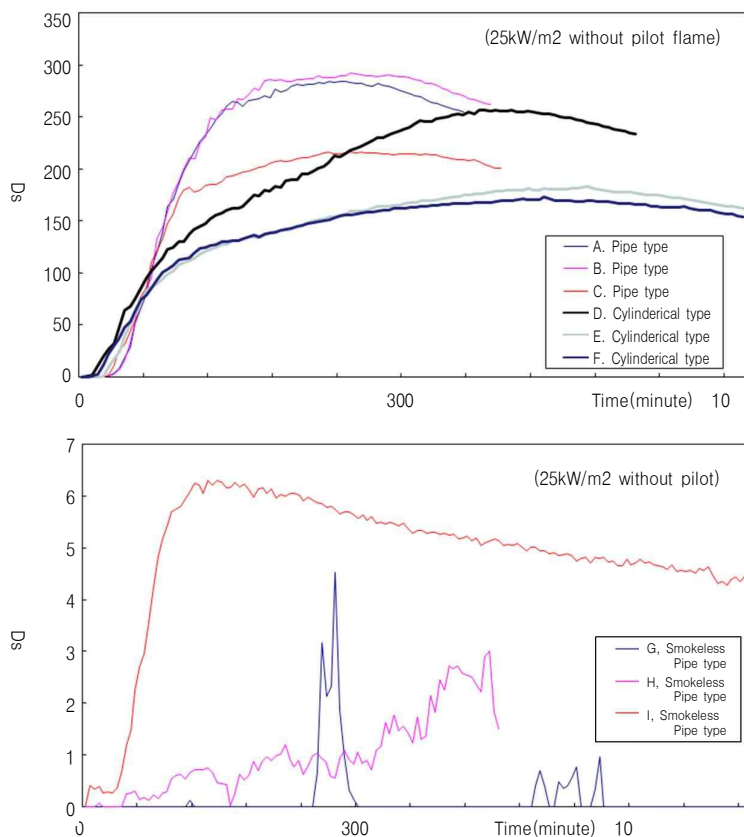


Fig. 4. Density of smoke of adhesive indirect moxa combustion

Table 2. Density of Smoke of Adhesive Indirect Moxa Combustion

Sample	Density of smoke/10g	g/1 moxa*	Density of smoke/1 adhesive indirect moxa
A	283.4	0.23	6.52
B	291.4	0.35	10.20
C	217.4	0.22	4.78
D	256.6	0.16	4.10
E	182.6	0.09	1.64
F	172.1	0.11	1.89
G	4.5	0.39	0.18
H	3.4	0.31	0.11
I	5.5	0.15	0.08

* g/1 moxa : mean value of 5 adhesive indirect moxa of each samples

2. 유해가스 측정

FT-IR을 이용하여 접촉식 간접구 연소시 7가지 대표적 인체유해가스(CO, HCl, HCN, HBr, HF, SO₂, NO_x)의 발생 농도를 측정된 결과 모든 종류의 뜸에서 불완전연소로 인한 CO가 발생하였다. 뜸 4 종류에서 질소산화물이 검출되었으며 특히 무연뜸 3종에서는 모두 질소산화물이 검출되었다. HBr, HCN, HCl, HF, SO₂는 모든 종류의 뜸에서 검출되지 않았다(Table 3-1,2).

고 찰

灸法은 애엽을 사용하여 인체피부상의 일정 부위

에 점화연소시켜 애엽 특유의 방향을 발생하게 하여, 온열 자극으로 각종 기능을 조절하고 신체 건강을 증진시켜 질병치료와 防痛, 緩和, 回復, 豫防의 목적이 있는 시술방법이다⁹⁾. 灸法은 《左傳》에 이에 관한 기록이 있을 만큼 이미 春秋戰國時代부터 보편적으로 사용된 오랜 역사를 갖는 치료방법이다¹⁰⁾.

2008년 한국한의학연구원 전화설문 결과²⁾ 환자 치료 시 뜸 요법을 사용하는 한의사의 추정 비율은 66.9%이며, 2010년 동국대학교 한의과대학 침구학교실과 동국대학교 통계학과의 공동 연구에서 전화조사 설문결과³⁾ 나타난 뜸 요법 사용 한의사는 전체의 69.0%에 달하는 것으로 조사되었다. 그러나 빈도 높게 사용되는 뜸 시술이 실제로는 뜸 시술 과정

Table 3-1. Amount of Harmful Gases Emitted When Burning Adhesive Indirect Moxa

(/10g)(Unit: ppm)

	CO	HBr	HCN	HCl	HF	NO _x	SO ₂
A	805.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND
B	835.9	ND	ND	ND	ND	16.0	ND
C	914.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND
D	918.7	ND	ND	ND	ND	ND	ND
E	943.4	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F	939.6	ND	ND	ND	ND	ND	ND
G	1051.6	ND	ND	ND	ND	18.5	ND
H	783.7	ND	ND	ND	ND	11.3	ND
I	579.8	ND	ND	ND	ND	11.2	ND

* N.D : Not detected

Table 3-2. Amount of Harmful Gases Emitted When Burning Actual Amount of 1 Adhesive Indirect Moxa (/1 moxa)(Unit:ppm)

	CO	HBr	HCN	HCl	HF	NOx	SO ₂
A	18.53	ND	ND	ND	ND	ND	ND
B	29.26	ND	ND	ND	ND	0.56	ND
C	20.11	ND	ND	ND	ND	ND	ND
D	14.70	ND	ND	ND	ND	ND	ND
E	8.49	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F	10.34	ND	ND	ND	ND	ND	ND
G	41.01	ND	ND	ND	ND	0.72	ND
H	24.29	ND	ND	ND	ND	0.35	ND
I	8.70	ND	ND	ND	ND	0.17	ND

* N.D : Not detected

에서의 불편함과 시술 시 나타나는 애로사항으로 어려움을 겪는 것으로 조사되었다. 이와 관련한 여러 조사^{2,3)}에서 냄새와 연기가 1순위로 나타나 뜸 연소 시 발생하는 연기와 유해가스가 한의사들의 공통적인 애로 사항인 것을 알 수 있다.

또한 고농도의 자극성 가스, 연기, 연무, 증기 등으로 인해 반응성 기도과민 증후군⁴⁾이 유발되거나 천식⁵⁾, 기침¹¹⁾ 등이 악화될 수 있음이 알려지고, 아로마테라피에서 에센셜 오일의 사용이 독성작용 - mammalian cell에 감염, 산화스트레스, 식세포 작용 장애를 일으킴-이 있는 이차 유기 에어로졸(SOA: Secondary Organic Aerosols)을 발생시킨다고 보고¹²⁾ 되었다. 이런 연구결과와 최근 실내 공기 질에 대한 현대인들의 관심⁶⁾이 높아지면서, 뜸의 시구 시 발생하는 연기와 발생 가스에 대한 유해여부도 관심 대상이 될 수 있으므로 이와 관련한 객관적이고도 과학적인 규명이 요구되고 있다.

이에 본 연구에서는 9종의 접착식 간접구의 연소 시 발생하는 연기 밀도 및 유해가스 측정을 통해 연소 과정에서 과도한 양의 연기가 발생하는지 여부와 동시에 발생연기에 인체에 유해한 가스가 포함되었는지 여부를 확인하고자 하였다.

본 연구에서는 현재 사용 중인 뜸 종류 중 그 대상을 개량 뜸인 접착식 간접구 9종에 한하여 진행하였다. 접착식 간접구를 사용한 이유는 2010년 설문

조사 결과¹⁾ 환자 치료시 가장 빈용(54%)되는 뜸으로 나타났기 때문이다. 또한 접착식 간접구 내에서도 미니뜸, 알뜸, 무연뜸, 서암뜸 4종류의 다양한 접착식 간접구가 모두 포함될 수 있도록 재료를 선정하였다. 최대연기밀도(Ds)는 일정공간인 chamber내에서 시료가 수직으로 열원에 노출되었을 때 발생하는 연기의 양을 측정하는 것으로 광원과 광량 감지기 사이에 연기가 통과하는 공간을 두어 연기에 의해 차단되는 광투과율을 측정하는 방법¹³⁾으로 각종 산업분야에서 오랫동안 사용되어 왔다.

최대 연기밀도 측정 결과 미니뜸, 알뜸의 접착식 간접구(A-F)가 무연뜸, 서암뜸(G,H,I)에 비해 높은 연기 밀도를 나타내었다. 의료기기 중 한의학 치료 방법인 뜸과 같이 다량의 연기를 발생시키는 타 의료기기는 발견할 수 없었다. 따라서 의료계통에서 연기 밀도에 관한 비교 기준의 대상을 찾기 어려웠다. 직접적인 비교는 어렵지만, 선박 내장재에 대한 연기밀도 기준¹⁴⁾의 격벽, 내장재 및 천정재의 표면의 최대 허용 기준이 본 연구의 10g의 뜸의 연소시 발생하는 연기량과 유사하였으며, 건축 재료의 경우 12mm의 소나무 403Ds, 12mm 마분지 411Ds, 4.2mm 합판 25Ds 결과와 비교하여 본 연구의 결과는 낮은 것으로 나타났¹⁵⁾.

이와 동시에 본 연구에서는 접착식 간접구 연소 시 발생하는 7가지 대표적 인체유해가스(CO, HCl,

HCN, HBr, HF, SO₂, NO_x)의 농도를 FT-IR을 이용하여 측정하였다.(7가지 유해가스의 내용과 그로 인한 증상은 [별첨¹⁶]에 기재함)

연구 결과 불완전연소로 인하여 모든 뜬에서 CO가 발생하였다. 전체 9종 중 뜬 4종에서 질소산화물이 검출되었으며 특히 무연뜸 종류에서는 모두 질소산화물이 검출되었다. 하지만 이는 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준(노동부 고시 2010-44호)^{17*}의 시간가중평균노출기준인 이산화질소 3 ppm, 일산화질소 25 ppm에 비해 매우 낮은 수치이다. 따라서 뜬 시술 후 적정한 환기가 이루어진다면 CO와 질소산화물은 인체에 해를 끼치지 않을 것으로 사료된다. 이 외의 유해가스인 HBr, HCN, HCl, HF 및 SO₂는 실험 대상인 모든 종류의 뜬에서 검출되지 않았다.

본 연구의 실험결과는 최소한의 기준에 적합한지 여부를 확인할 수 있는 것으로서, 특히 시험방법인 ISO 5659-2는 밀폐된 작은 공간(Chamber)내에서 간접구를 모두 연소시켜 발생한 연기의 양을 측정하는 것으로 그 측정상 화재상황 같은 극한의 상황을 가상으로 한 실험방법이다. 또한 FT-IR은 인체유해가스 중 7가지(CO, HCl, HCN, HBr, HF, SO₂, NO_x)만을 직접적인 튜브를 통해 기구에 주입, 발생 농도를 측정하는 방법이다. 따라서 본 실험의 결과를 실제 의료 상황에 직접 대입하기에는 많은 한계를 가진다.

그러므로 연구의 발전적인 방향으로 한의원이나 한방병원의 일반적인 의료 환경과 유사한 넓은 실내 공간에서 쑥뜸을 연소하고, 그 공간내로 쑥뜸의 연기가 흩어지는 상황에서의 측정이 본 연구의 결과를 참고로 하여 향후 시행되어야 할 것으로 사료된다. 실내에서의 공기 채취 방법과 그 유해 기준에 대해서는 <다중이용시설 등의 실내공기질 관리법^{7**}>과 <화학물질 및 물리적 인자의 노출기준¹⁷>을 근거로 하여 정밀한 절차로 반복 측정되어야 할 것으로 사료된다. 향후 연구 시에는 본 연구에서 질소화합물을 발생시켰던 무연 뜬에 대한 연구에 대해서 보다 세밀한 연구가 이루어져야 할 것이다. 또한 본 연구에서 측정하지 못했던 미세먼지 농도와 쑥뜸과 격물(Buffer layer)의 부착에 사용된 접착제로 인한 포름알데히드의 발생여부에 대한 확인이 특히 필요하다고 사료된다.

결론

본 연구진은 접착식 간접구를 연소시켜 발생한 연기의 밀도 및 유해 가스 포함 유무를 관찰하기 위하여 2010년 현재 시판되고 있는 총 9종의 접착식 간접구를 재료로 선택하여 연기밀도 시험 장치와 FT-IR을 이용 측정하였으며, 연소방법은 ISO 5659-2에 따라 세부 실험은 전문기관인 방재시험연구원에

* 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준(노동부 고시 2010-44호)

	CO	HBr	HCN	HCl	HF	NO ₂	NO	SO ₂
TWA	30	c 2	c 4.7	1	0.5	3	25	2
STEL	200	-	-	2	c 3	5	-	5

▲ 시간가중평균노출기준 (TWA: Time Weighted Average): 1일 시간가중평균노출기준

▲ 단시간 노출 기준 (STEL: Short Term Exposure Limit):1회에 15분간 노출 기준, 1회 노출간격이 1시간 이상인 경우 1일 4회까지 노출 허용

▲ 최고노출기준 (C: ceiling): 최대농도기준으로 산출한 허용수치

▲ 본 실험에서 측정하지 않은 포름알데히드의 경우 노출기준이 0.75mg/m³ (TWA), 1.5mg/m³ (STEL) 임.

▲ 시료 채취 방법: 가스상 물질의 측정은 개인시료채취기(개인시료채취기를 이용하여 가스증기분진흡(fume)·미스트(mist) 등을 근로자의 호흡위치(호흡기를 중심으로 반경 30인 반구)에서 채취하는 것)또는 이와 동등 이상의 특성을 가진 측정기기를 사용하여, 제2조제1항 각 호의 채취방법에 따라 시료를 채취한 후 원자흡광분석, 가스크로마토그래프분석 또는 이와 동등 이상의 분석방법으로 정량분석

** 다중이용시설 등의 실내공기질 관리법의 실내공기질 유지기준 및 권고기준

오염물질항목 다중이용시설	PM10(μg/m ³)	CO2(ppm)	HCHO(μg/m ³)	총부유세균(CFU/m ³)	CO(ppm)
의료기관(유지기준)	100이하	1000이하	100이하	800이하	10이하
오염물질항목 다중이용시설	NO2(ppm)	Rn	VOC (μg/m ³)	석면	오존
의료기관(권고기준)	0.05이하	4.0이하	400이하	0.01이하	0.06이하

VOC : 휘발성 유기화합물

의료기관 : 연면적 2천제곱미터 이상(병상수 100개 이상)

의뢰하여 진행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 최대 연기밀도 측정결과 무연뜸, 서암뜸에 비해 일반 접촉식 간접구가 높은 연기 밀도를 나타내었다.
2. 유해가스 측정의 경우 불완전연소로 인하여 모든 뜸에서 일산화탄소가 발생하였다. 뜸 4종류에서 질소산화물이 검출되었으며 특히 무연뜸 모든 종류에서는 질소산화물이 검출되었다. 하지만 이는 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준(노동부 고시 2010-44호)의 시간가중 평균노출기준에 비해 매우 낮은 수치였다. HBr, HCN, HCl, HF 및 SO₂는 모든 종류의 접촉식 간접구에서 검출되지 않았다.

감사의 글

본 연구는 2010년도 대한한의학회 연구용역사업의 일환으로 이루어졌습니다.

참고문헌

1. Lee YR, Kim EJ, Cho HS, Lee SD, Kim KS, Kim KH. Interview Survey Methods for Moxibustion Treatment of Knee Pain, Neck Pain and Back Pain: Subject to Oriental Doctors in Seoul. *The Journal of Korean Acupuncture & Moxibustion Society*. 2011;28(2):1-11.
2. Han CH, Shin MS, Shin SH, Kang KW, Park SH, Choi SM. Telephone survey for grasping clinical actual state of moxibustion therapeutics in Korea. *Journal of Meridian & Acupoint*. 2007; 24(3):17-31.
3. Kim SW, Hong SJ, Park SH, Jung CY, Yoon EH, Lee SD. Some Results from a Sample Survey on the Use of Moxibustion Therapeutics in Korea. *The Journal of Korean Acupuncture & Moxibustion Society*. 2010;27(2):115-121.
4. Park SY, Lee JS, Kim BW, Lee JO, Park KC, Choi BS. A Case of Reactive Airways Dysfunction Syndrome in a Synthetic Resin Manufacturing Factory *Korean J Occup Environ Med*, 2008; 20(4):372-378.
5. Moon HB. Air pollution and bronchial asthma. *J Korean Med. Assoc*. 1990;33(3):244-248.
6. Choi JH, Kim HJ, Lee YK, Jung HS, Hong KS. Environmental Nanotechnology for the Control of Indoor Air Quality. *Polymer Science and Technology* 2004;15(2):191-197.
7. 다중이용시설 등의 실내공기질 관리법. Available at:URL:http://likms.assembly.go.kr/law/jsp/Law.jsp?WORK_TYPE=LAW_BON&LAW_ID=A0144&PROM_NO=10789&PROM_DT=20110607&HanChk=Y Accessed Oct 3, 2011.
8. 서울특별시 환경기본조례 16조. Available at: URL:http://green.smc.seoul.kr/program/bill/bill_read.jsp?back_location=bill_new_list&bill_no=00240&bill_num=1&bill_type_cd=1&checkPage=1&generation_num=007&menuID=010004001&prop_type_cd=01. Accessed Oct 3, 2011.
9. Lim HJ, Yoon JH. An historic study on the school that attached importance to moxibustion. *The Journal of Korean Acupuncture & Moxibustion Society*. 2000;17(2):53-68.
10. 대한침구학회 교재편찬위원회 편저. 침구학(중). 집문당. 2008:504.
11. Ji YG. The diagnosis and treatment of chronic cough in primary care. *J Korean Acad Fam Med*. 1996;17(11):1038-1043.
12. Hsu DJ, Huang HL, Sheu SC. Characteristics of Air Pollutants and Assessment of Potential Exposure in Spa Centers During Aromatherapy. *ENVIRONMENTAL ENGINEERING SCIENCE*. 2012. 29(2):1-7.
13. Lee DH, Lee CK, Jung WS, Kim SO. Smoke density values to the variance of test conditions. *Spring Conference of the Korean Society for Railway*. 2004.
14. 김성윤, 김동석, 안병호, 광지현. 선박의 격벽, 천

- 정, 내장재 및 표면바닥재의 화재안정성 평가방법. 한국화재소방학회 2008년도 춘계학술논문발표회 논문집. 2008:117-119.
15. 한국화재보험협회(방재시험연구원). 부속서 B 단일 연소 체임버 시험으로 측정한 비광학 밀도의 편차. M ISO 5659-2 : 2002; 21-22.
 16. 국립환경과학원 화학물질안전관리센터 유해화학물질정보 Available at:URL: <https://ccsms.nier.go.kr/> Accessed Oct 3, 2011.
 17. 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준(노동부 고시 2010-44호). Available from: URL: <http://www.laborworld.or.kr/maybbs/pds/laborworld/pds1/%B3%EB%C3%E2%B1%E2%C1%D8%B0%B3%C1%A4%C0%AF%C0%CE%BF%EB.pdf> Accessed Oct 3, 2011.

[별첨] 본 시험의 7가지 유해가스의 내용 및 독성 반응¹⁶⁾

CO (일산화탄소)	일산화탄소는 무색, 무취의 기체로서 산소가 부족한 상태로 연료가 연소할 때 불완전연소로 발생. 일산화탄소의 인체에서 작용은 그 자체로 독성이 있는 것이 아니고, 폐에서 혈액중의 헤모글로빈(Hb)과 결합하여, Hb본래의 기능인 체내로의 산소공급능력을 방해하여, 체내조직세포의 산소부족을 불러오는 결과로서 중독증상(두통, 현기증, 이명, 가슴두근거림, 맥박증가, 구토 등)이 나타남
HBr (브롬화수소)	노출경로는 증기흡입, 눈, 피부접촉임. 눈, 피부, 목, 호흡계(코, 기관지, 폐)에 매우 자극적이며, 피부조직과 접촉하면 부식, 화상, 탈저(脫疽, necrosis)가 생긴. 눈에 들어가면 조직을 파괴하며 실명할 수 있음. 반복적이고 장기적인 노출은 기침, 만성소화장애, 코기능 손상, 신경장애, 혈구손상, 폐부종 및 사망에 이를 수 있음. 접촉이나 흡입에 의한 증상은 시간이 경과한 후에 나타날 수 있음.
HCN (사이안화수소)	눈, 호흡기를 자극하며, 물질은 중추신경계에 영향을 줄 수 있어 호흡기 및 순환계 손상을 초래(졸음, 두통, 메스꺼움, 습침, 의식불명 초래 가능) 노출되면 사망할 수 있음
HCl (염화수소)	단기간 노출시 눈, 피부, 호흡기에 부식성을 나타내며, 고농도 가스 흡입시 폐수종 또는 접촉시 피부부염, 궤양, 수종 및 화상을 일으킬 수 있음(그 영향이 늦게 나타날 수 있음) 장기간 노출되면 폐에 영향을 주고, 결과적으로 만성 기관지염을 야기함. 이 물질은 치아에 영향을 주어 침식시킴. 노출시 구토, 메스꺼움, 갈증, 설사, 근육이완, 위출혈, 유년증, 부종, 질식, 쇼크, 탈저, 폐수종 및 사망을 일으킬 수 있음
HF (플루오르화수소)	흡입했을 때는 호흡기관과 식도를 심하게 자극하고 자각증상없이 1~2일후에 고열, 오한, 흉곽압박감, 수포음, 청색증 등의 증상을 유발함. 단기간 노출시 눈, 피부, 호흡기에 부식성을 나타내고, 가스 흡입시 폐수종을 일으킬 수 있음 석회질 및 칼슘 등에 영향을 줄 수 있어 심장 또는 신장의 기능 감퇴를 초래 작업중 노출한도(OEL) 이상 노출되면 사망할 수 있음.
NO ₂ (이산화질소)	타는 느낌, 인후염, 기침, 현기증, 두통, 호흡곤란, 메스꺼움, 구토, 짧은 호흡, 약해짐, 식은땀
SO ₂ (이산화황)	호흡기와 비인강 점막 자극, 기침, 재채기, 혈떡임, 호흡곤란, 청색증, 흉통, 폐렴, 상기도 부종, 기관지 수축, 습막힘