

미용실 작업자의 화학물질에 대한 직업적인 노출과 실내공기오염 수준

윤정순¹ · 한돈희^{2*}

¹인제대학교 보건학과 · ²인제대학교 보건안전공학과

Occupational Exposure to Chemicals for Workers and Levels of Airborne Chemicals in Hairdressing Salon

Jung Soon Yoon¹ · Don-Hee Han^{2*}

¹Department of Public Health, Inje University, Gyeongnam, Korea

²Department of Health and Safety Engineering, Inje University, Gyeongnam, Korea

Hairdressers may be exposed to many chemicals from hair dye, permanent, shampoo, hair spray and so on. The study was conducted to evaluate occupational exposure to 8 chemicals (isopropanol, ethanol, xylene, toluene, ethylbenzene, acetone, ammonia and formaldehyde) for workers and levels of these materials in airborne of a hairdressing salon. Since compared to ACGIH TLVs these 8 chemicals were very low, it is thought that there has no problem to occupational exposure to these chemicals. Even if hairdressing salon is not enforced on Korean Standards for Indoor Air Quality, level of TOVC was thought to be below the standards. At the aspect of indoor air quality formaldehyde needs to be controlled in the future. The results imply that emission of isopropanol, ethanol, acetone and

ammonia are related with hairdressing job, but emission of xylene, toluene and ethylbenzene is more related with traditional indoor air pollution than hairdressing job. Sources of formaldehyde is thought to be little related with hairdressing job. HVAC system was a little effective on general ventilation.

Key Words : Hairdressing salon, TVOC, Isopropanol, Ammonia, Acetone, Formaldehyde

I . 서론

최근 미용실 작업은 전통적인 컷팅과 세척작업에 덧붙여 컨디션닝, 염색, 탈색 및 머릿결의 웨이빙(펌: permanent) 작업으로 확대되었다. 이 과정에서 미용실 작업은 물리, 화학, 생물학 및 인간공학적인 유해인자 즉, 직업적인 유해인자에

쉽게 노출 가능성이 있다. 이중에서도 화학적인 인자의 노출은 매우 복잡한데 이는 염모제, 탈색제, 샴푸, 머리 컨디션너, 펌 웨이브 용액, 머리 완화제(relaxer) 등에서 다양한 형태의 화학물질이 노출되기 때문이다.

산화염색제로 알려진 펌 염모제(permanent hair dye)는 염모제 시장에서 가장 큰 비중을 차지한다. 펌 염모제의 주요성

접수일 : 2006년 9월 4일, 채택일 : 2006년 11월 30일

* 교신저자 : 한돈희 (경남 김해시 어방동 인제대학교 보건안전공학과,
Tel: 055-320-3285, E-mail: dhan@inje.ac.kr)

분은 phenylenediamines (meta와 para), diaminotoluene, diaminophenol, resorcinol, hydroquinone, ammonium, ethanol, isopropanol 등이다. 폼 웨이브 전처리 과정에서는 ammonium thioglycolate, ammonia와 hydrogen peroxide 등이다(류은주와 윤홍숙, 2004; Hollund와 Moen, 1998). 일반적인 세척제에는 isopropanol과 ethanol을 함유하고 있으며 ethanol은 헤어스프레이와 로션을 바를 때 노출된다. 결과적으로 미용실 종사자들은 유기휘발성화합물질(VOCs), phenylenediamine류, diaminotoluene, ammonia에 쉽게 노출될 수 있다. 이들 물질 중에는 알레르기 의심물질, 발암성 의심물질들이 있어서 미용실 종사자들이 이들 물질에 다량 노출되었을 때에는 바람직하지 않은 건강상 부작용을 유발할 수 있다(IARC, 1993).

특히, 미용사들은 다양한 화학물질을 직접 접촉하기 때문에 직업적인 피부염을 앓을 수 있다. 그래서 최근 폼 염모제와 미용사들의 피부염과 관련된 연구가 진행되었다(Lind 등, 2004; Lind 등, 2005) 또 공기 중에 오염물질에 대해 환기효과를 보기 위한 연구도 진행되었다(Hollund와 Moen, 1998). 국내에서는 실내 공기오염적인 측면에서 미용실 오염물질의 실내·외 농도 비교를 하기도 하였다(송미라 등, 2005). 그러나 국내에서는 아직 여러 화학물질에 대한 직업적 노출 측면에서 평가한 연구는 부족한 형편이다.

한편, 미용실 이용자들은 많은 시간을 미용실 내에서 머문다. 특히, 펌이나 염색을 하는 경우에는 적어도 1시간 이상 많게는 2-3시간을 미용실에서 머물게 된다. 현재 2004년부터 시행되고 있는 환경부의 『다중이용시설 등의 실내공기질 관리법』(환경부, 2004)에 미용실은 적용되지 않고 있으나 많은 사람들이 이용하고 장시간 머무기 때문에 앞으로 적용 가능성이 있다고 할 수 있다. 따라서 실내 공기오염적인 측면에서도 미용실 공기 중 유해물질의 평가는 중요하다.

한편, 보건복지부는 2005년 6월 30일 현재 미용업과 이용

업을 비롯한 9개 공중위생업소 현황을 조사해 발표하였는데 『공중위생관계 업소 실태보고』통계에 따르면 전국 미용업소는 7만9769개에 이르는 것으로 나타났다(보건복지부, 2005). 또 정확한 통계는 없으나 미용사협회에 따르면 미용업소에서 근무하는 종사자들은 대략 70만 명으로 추산하고 있어 매우 많은 사람들이 미용업에 종사하고 있음을 알 수 있다.

본 연구의 목적은 모 미용실에서 미용실 종사자들이 공기 중 유해물질에 직업적으로 얼마나 노출되고 또 이용자들을 위해서는 실내공기오염 측면에서 미용실 공기가 어느 정도 오염되었는지를 평가하여 앞으로 미용실 실내 및 작업환경 개선에 도움을 주고자 함이다.

II. 연구방법

1. 연구대상 미용실

연구대상 헤어샵으로는 부산광역시 소재 종업원 수가 20명에 이르는 비교적 대형 미용실이다. 미용실의 크기는 가로×세로×높이가 23.85m×8.55m×2.30m이며 실제 사용하는 바닥의 평수는 75평이다. 내부 인테리어 공사는 5-6년 전에 마쳤으며 최근에는 내부 공사를 하지 않았다. 환기장치는 국내 대부분의 미용실과 같이 국소배기장치가 없었으며 일반 사무실처럼 HVAC 시스템이 설치되어 있었다. 천장에 환풍기(직경 25cm 환풍기 8개)가 있어 환풍기를 가동하면 전체 환기가 이루어지고 있었으나 국소배기장치가 전혀 없어 충분한 환기는 이루어지지 않았다.

전반적으로 대상 미용실은 대형 미용실에 속하며 환기는 HVAC을 이용하고 있었고 소형 미용실에 비해 잘되는 편이나 다른 미용실처럼 국소배기장치는 없었다.

Table 1. Sampling and analytical methods

Chemicals	Sampling method	Flowrate (L/min)	Sampling time (min)	Volume (L)	Analytical methods
Ammonia	0.5% boric acid solution	0.7	30	21 L	UV/VIS Spectrophotometry
Isopropanol Ethanol	Activated carbon short tube	0.1	30	3 L	GC/MS
Xylene Toluene Ethylbenzene	Activated carbon long tube	0.1	30	3 L	GC/MS
Acetone Formaldehyde	DNPH-Cartridge	0.5	30	15 L	HPLC

Table 2. Condition of analytical condition and analytical or sampling instruments

Xylene, Toluene, Ethylbenzene			
TDS		GC/MS	
Model	GERSTEL TDS-2	Model	Agilent 5973N/6890N
Valve temp	200℃	Detector	MS
Transfer-line temp	200℃	Column	HP－5MS(60m×0.25mm×0.1μm)
Desorb temp	300℃	Carrier gas	He(99.999%)
Desorb flow	8 ml/min	Carrier gas flow	0.8 ml
Cold trap temp	－50℃~300℃	Temperature	40℃(10min)→130℃(30min)→
(low~high)		program	200℃(7min)→280℃(5min)
Cold trap hold time	10 min	Mode	EI(Electron ion)
Split mode	split	Electron energy	70ev
Outlet split flow	8 ml/min	Detection mode	TIC(scan), m/z:35~400
Isopropanol, Ethanol			
TDS		GC/MS	
Model	Perkin elmer ATD 400	Model	Shimadzu QP 2010A
Valve temp	200℃	Detector	MS
Transfer-line temp	200℃	Column	AT－1(60m×0.32mm×1μm)
Desorb temp	300℃	Carrier gas	He(99.999%)
Desorb flow	8 ml/min	Carrier gas flow	0.8 ml
Cold trap temp	－30℃~340℃	Temperature	35℃(10min)→120℃(10min)→
(low~high)		program	180℃(7min)→230℃(10min)
Cold trap hold time	5 min	Mode	EI(Electron ion)
Split mode	split	Electron energy	70ev
Outlet split flow	8 ml/min	Detection mode	TIC(scan), m/z:20~350
Formaldehyde, Acetone			
Instrument		Analysis Condition	
HPLC (HPLC 1100 series, Agilent)		Detector : UV/vis, 360nm	
		Column : ZORBAX SB-C18 4.6×250mm(Agilent, U.S.A)	
		Mobile Phases : Acetonitrile/Water(60/40, v/v)	
		Analysis Time : 15min	
		Injection Volume : 20μm	
		Flow rate : 1.0ml/min	
Ammonia			
Analytical Method		Indophenol method	
Sampling Instrument		SIBATA minipump MP-Σ3000 (Japan)	
Analytical Instrument		Hansol Technology UV/VIS Spectrophotometer	

2. 시료채취

시료채취기간은 2006년 7월 21일(금)부터 7월 26일(수)까지이며 7월 24일(월)은 종업원이 쉬는 관계로 시료채취를 실시하지 않아 총 5일간이었다.

연구대상물질로는 미용작업과 관련한 오염물질의 발생과 실내공기오염과 관련한 오염원을 고려하여 Isopropanol, Ethanol, Xylene, Toluene, Ethylbenzene, Acetone, Formaldehyde, Ammonia의 8개 물질을 선정하였다(Hollund와 Moen, 1998; 송미라 등, 2005).

시료채취방법은 Isopropanol, Ethanol은 EPA TO-17법(1999), Xylene, Toluene, Ethylbenzene은 환경부의 실내공기질 공정시험법(2004), Acetone, Formaldehyde은 EPA TO-11A법(1999), Ammonia는 악취공정시험법(2005)을 따랐다. 암모니

아는 미용실의 중앙에 임편저를 이용하여 지역시료를 실시하였고 나머지는 모두 개인시료 채취방법을 사용하였다. 개인시료 채취는 작업자에게 공기시료채취기를 채우고 호흡영역에서 실시하였으며 지역시료는 작업자의 호흡높이인 바닥으로부터 1.5m높이에서 실시하였다. 시료는 전처리 및 분석의 용이성을 감안하여 Isopropanol과 Ethanol을 한 샘플러로, Xylene, Toluene, Ethylbenzene을 한 샘플러로, Acetone, Formaldehyde를 한 샘플러로 그리고 암모니아는 따로 한 샘플러로 채취하였다. 시료의 채취시간은 제조업장과 같이 6시간 이상을 채취시간으로 채택하지 않고 실내공기오염을 측정하는 것과 같이 30분으로 하였다.

하루 중 개인시료 채취 수는 이용자가 가장 많은 오후 1시에서 3시 사이에 한 물질 당 2개, 4시에서 6시 사이에 다시 2개씩 총 4개이었다. 또 첫날 미용실을 열기 전 background 농

Table 3. Job types of workers during sampling

Date and day	Job types	Time		
		1:00 - 3:00 PM	4:00 - 6:00 PM	Subtotal
21 July (Fri)	Sampoo	20	18	38
	Permanent	10	12	22
	Dye	3	2	5
	Dry	6	4	10
	Subtotal			75
22 July (Sat)	Sampoo	30	28	58
	Permanent	13	12	25
	Dye	6	5	11
	Dry	6	6	12
	Subtotal			106
23 July (Sun)	Sampoo	3	4	7
	Permanent	4	5	9
	Dye	2	4	6
	Dry	0	2	2
	Subtotal			24
25 July (Tue)	Sampoo	22	15	37
	Permanent	8	9	17
	Dye	1	2	3
	Dry	9	2	11
	Subtotal			68
26 July (Wed)	Sampoo	24	25	49
	Permanent	8	12	20
	Dye	3	5	8
	Dry	5	6	11
	Subtotal			88

도를 측정하기 위해 물질별로 2개씩 채취하였기 때문에 한 물질에 대한 개인시료 채취 수는 총 22개이었다. 그러나 암모니아는 지역시료 채취를 하였기 때문에 1시에서 3시 사이에 한 개, 4시에서 6시 사이에 한 개씩 하루에 2개와 첫날 background 값을 알기 위해 미용실을 열기 전 한 개를 합하여 총 11개의 시료를 채취하였다.

자세한 시료채취방법은 Table 1에 정리하였다.

3. 분석방법

분석방법 역시 시료채취방법과 동일하게 Isopropanol, Ethanol은 EPA TO-17법(1999), Xylene, Toluene, Ethylbenzene은 환경부의 실내공기질 공정시험법(2004), Acetone, Formaldehyde은 EPA TO-11A법(1999), Ammonia는 악취공정 시험법(2005)을 따랐다. 암모니아는 UV/VIS spectrometer 방법을, Acetone과 Formaldehyde는 HPLC 방법을 그리고 나머지는 GC Mass 방법을 이용하였다.

자세한 분석방법과 분석 시 기기의 종류와 기기조건은 Table 1과 Table 2에 정리하였다.

4. 환기조건

환기장치가 충분하지는 않았으나 HVAC 시스템인 천장의 송풍기시설이 전체환기의 개념으로 생각하여 환기의 영향을 알아보고자 송풍기의 가동여부를 체크하였다. 7월 21일(금)에는 모든 송풍기의 가동을 중단하고 시료를 채취하였고 나머지 4일은 정상적으로 가동하였다.

5. 시료채취 중 작업 형태

시료를 채취하는 동안 미용작업 형태는 Table 3과 같다.

토요일에 106건으로 가장 많았으며 일요일에 24건으로 가장 적었다. 기타 평일에는 대략 70-90건 정도이었다. 일요일은 작업건수가 매우 적어 토요일의 1/5, 평일의 1/3 혹은 1/4 수준이었다. 작업의 형태로는 샴푸가 189건으로 가장 많았으며 염색은 33건으로 가장 적었다.

III. 결과 및 고찰

1. 연구 대상자의 일반적 특성

각 물질의 시료별 농도는 Table 4이며 Table 4의 데이터를 통계적으로 분석한 값은 Table 5이다.

각 물질의 작업자들에 대한 직업적인 노출을 비교하기 위하여 미국 ACGIH(2006)의 TLV와 비교하여 보았다. Table 5에 있는 TLV의 단위는 휘발성유기화합물(VOCs)의 경우 단위가 원래는 ppm으로 되어 있으나 측정 당시의 온도를 감안하여 mg/m^3 으로 환산한 것이다. Table 5에서 보는 바와 같이 측정치의 단위는 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 인 반면 TLV-TWA는 mg/m^3 으로 되어 있어서 산술평균(AM)과 기하평균(GM)은 물론 최대값조차 ACGIH의 TLV와 비교되지 않을 정도로 낮은 값들이었다. 암모니아는 염색 후 중화제로 많이 사용하기 때문에 많은 양의 노출을 예상하였으나 40-500배 정도로 낮게 검출되었다. 포름알데히드는 측정치의 최대값이 TLV-Ceiling($370 \mu\text{g}/\text{m}^3$)보다 약 5배 정도 낮게 검출되었다. 따라서 본 연구결과 미용실 종사자들의 화학물질에 대한 직업적인 노출은 그다지 큰 문제가 된다고 볼 수 없었다.

그러나 미용실은 많은 사람들이 이용하고 또 염색이나 퍼머를 할 때 장기간 기다린다고 볼 때 실내공기오염문제를 간과할 수 없다. 현재 미용실은 환경부의 다중이용시설 등의 실내공기질 관리법(2004)에 포함되지는 않으나 앞으로 포함될 가능성을 염두에 두고 실내공기질을 이 법의 기준치와 비교하여 보았다. TVOC의 기준치는 $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 인데 Xylene, Toluene, Ethyl benzene 3가지 물질의 합은 산술평균은 $163.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 기하평균은 $114.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 모두 기준치를 넘지 않았다. 기타 측정하지 않은 VOC가 있어 TVOC가 어떻게 변할지는 정확하게 알 수 없으나 이 세 가지 물질만 보았을 때는 실내공기질 기준보다는 매우 낮은 수준이었다. 현재 이 법에 적용을 받고 있는 포름알데히드의 농도는 최대값조차도 기준치($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$)의 1/2 수준이었다.

이상의 결과를 정리할 때 미용실 종사자에 대한 공기 중 화학물질의 노출수준은 직업적인 노출을 우려할 수준은 아니며 현재 시행 중에 있는 다중이용시설 등에 관한 실내공기질 관리법을 적용할 경우에도 실내공기의 오염수준은 낮은 것으로 판단된다.

2. 각 물질의 농도 특성

각 물질의 산술평균과 기하평균을 비교해 한 것은 Table 5와 Figure 1이다. 8가지 물질 중 가장 많이 검출된 물질은 산술평균으로는 Acetone이고 기하평균으로는 Ammonia이다. Acetone이 Ammonia에 비해 산술평균이 높고 기하평균은 낮은 것은 Acetone이 최고치와 두 번째, 세 번째가 매우 높은 값으로 검출되었고 편차가 매우 심하여 높은 값에 치우쳐져 있

고 이에 비해 상대적으로 Ammonia는 큰 값에 치우침이 적기 때문이다.

비록 측정수가 적기는 하지만 모든 물질에서 이와 같이 산술평균이 기하평균보다 높게 나온 것은 높은 값에 영향을 받아 치우쳐져 있기 때문이다. 이상과 같은 특성 때문에 작업환경측정에서는 산술평균보다는 기하평균을 대표치로 사용하는데 연구결과 미용실의 공기오염물질도 대표 통계치는 앞으로 산술평균이 아닌 기하평균을 적용해야 할 것이다.

1) Isopropanol과 Ethanol

Isopropanol과 Ethanol은 헤어스프레이, 로션, 퍼머 염색제에 들어있어 미용실에 공기 중에 흔히 발견되는 물질이다

(Hollund와 Moen, 1998; 류은주, 윤홍숙, 2004). 에탄올은 미용실에서 가장 흔히 발견되는 용제이기 때문에 네덜란드에서는 일반적으로 미용실의 용제노출의 지표로서 사용되었다 (van Muiswinkel 등, 1997). 직업적인 노출권고기준인 ACGIH의 TLV와 비교하면 Isopropanol과 Ethanol 모두 거의 20,000–30,000배 정도 낮게 검출되었기 때문에 직업적인 노출로 인한 문제는 전혀 없다고 판단된다. 이용자가 평일의 1/3–1/4 수준에 그쳤던 일요일에는 Ethanol의 경우 4개 시료 중 3개 시료에서는 검출되지 않았고 한 개 시료에서만 7.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났고 Isopropanol의 경우도 평일에 비해 현격한 차이로 낮게 나타나($P<0.01$) 이들 물질들이 미용작업에 의해 크게 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다.

Table 4. Airborne Concentrations of chemicals sampled by personal or area sampling

Date Sample No.	Sampling type	Iso- propanol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ethanol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Xylene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Toluene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ethyl benzene	Ammonia (ppm) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Acetone ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Form- aldehyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
7/21(Fri) B-1	Area	4.4	30.8	12.1	23.7	6.3	0.05	9.1	31.3
7/21(Fri) B-2	Area	16.3	45.2	23.3	427.7	15.9	(35.0)	305.1	31.5
7/21(Fri) 1-1	Personal	42.1	120.0	152.3	298.0	90.9	0.20	636.4	55.1
7/21(Fri) 1-2	Personal	25.8	80.1	104.6	195.4	59.2	(140.2)	619.3	44.6
7/21(Fri) 2-1	Personal	80.8	238.9	85.3	157.8	46.8	0.06	624.0	51.2
7/21(Fri) 2-2	Personal	ND	ND	64.3	131.9	31.6	(420.6)	235.4	67.8
7/22(Sat) 1-1	Personal	8.7	8.4	15.4	22.4	8.1	0.50	18.6	62.6
7/22(Sat) 1-2	Personal	13.4	15.9	29.1	85.6	17.1	(350.4)	69.1	58.8
7/22(Sat) 2-1	Personal	51.4	52.3	87.6	127.5	62.3	0.44	156.6	57.7
7/22(Sat) 2-2	Personal	16.2	27.6	67.4	95.2	41.5	(308.4)	2763.4	54.2
7/23(Sun) 1-1	Personal	7.8	ND	32.4	85.1	15.6	0.43	17.6	54.6
7/23(Sun) 1-2	Personal	1.00	ND	20.8	58.8	11.5	(301.4)	18.0	46.5
7/23(Sun) 2-1	Personal	8.2	ND	28.7	36.8	13.7	0.15	14.6	34.7
7/23(Sun) 2-2	Personal	5.3	7.2	16.6	50.9	11.4	(105.1)	2224.0	39.9
7/25(Tue) 1-1	Personal	14.4	37.5	10.9	25.7	6.5	0.28	26.2	47.6
7/25(Tue) 1-2	Personal	18.2	36.6	15.1	17.3	10.4	(196.2)	47.7	56.5
7/25(Tue) 2-1	Personal	5.8	1.7	27.1	21.9	20.6	0.64	22.7	48.8
7/25(Tue) 2-2	Personal	72.2	25.6	37.4	66.1	21.7	(448.5)	58.5	57.6
7/26(Wed) 1-1	Personal	49.9	400.7	17.3	20.0	11.3	0.20	43.3	48.9
7/26(Wed) 1-2	Personal	6.4	50.0	19.9	69.2	13.9	(140.2)	1233.0	54.8
7/26(Wed) 2-1	Personal	21.8	111.8	17.4	66.0	11.8	0.45	817.8	52.9
7/26(Wed) 2-2	Personal	28.2	156.6	16.3	63.7	10.9	(315.4)	332.5	59.7

2) Xylene, Toluene 그리고 Ethylbenzene

이들 물질들은 여러 가지 용도로 실내공간에서 사용되기 때문에 실내공기에서는 흔히 검출되는 물질들이다(Godish, 2001). 이들 물질들은 미용실에서는 네일 에나멜, 세제, 샴푸 등에 일부 들어있을 수 있다.

Xylene의 실내 오염원은 페인트나 락카 등 건축자재에 많이 들어있어 새로 지은 건물일수록 오염도는 심하다. 본 연구 결과 5일 동안의 기하평균은 $30.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 산술평균은 $41.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타나 송미라 등(2005)의 연구결과와 매우 흡사하였다. Toluene은 네일 에나멜, 베이스 코트, 탑 코트에 들어있는 성분으로 미용실에 쉽게 노출될 수 있으며 일반 실내에도 각종 접착제나 건축물에서 노출될 수 있다. Toluene의 5일 동안의 기하평균은 $65.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 산술평균은 $97.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 검출되었으며 이는 Hollund and Moen(1998)의 연구결과와 비슷하였으나 송미라 등(2005)의 결과치보다는 높게 검출되었

다. Ethylbenzene 역시 접착제 등 실내공기 오염의 주 오염원으로 5일 동안의 기하평균은 $18.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 산술평균은 $24.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 검출되었다.

측정치의 최고치를 ACGIH의 TLV-TWA와 비교하였을 때 Xylene 약 3000배, Toluene 약 450배, Ethylbenzene 약 5000배 낮게 검출되었기 때문에 종업원의 직업적인 노출은 전혀 문제가 없는 것으로 사료된다.

이들 세 물질들의 주 발생원이 미용작업인지 아니면 일반 실내공기오염에 의한 것인지를 알기위하여 일반 실내공기오염도와 비교하여 보았다. 국내 신축 공동주택의 실내공기오염도를 보면 Xylene의 산술평균치 $59.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Toluene $127.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 그리고 Ethylbenzene $30.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났다(장성기 등, 2004). 본 연구의 측정치들이 신축 공동주택의 공기오염도보다 모두 낮은 것으로 나타났다. 또 독일의 230개 주택을 대상으로 한 실내공기오염도를 보면 Xylene의 산술평균치 $30.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Toluene $76.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 그리고 Ethylbenzene $10.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나

Table 5. Statistical data of concentrations of airborne chemicals

(unit: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Isopropanol	Ethanol	Xylene	Toluene	Ethylbenzene	Acetone	Ammonia	Formaldehydes
21 Jul (Fri)								
(before open)	10.3 ± 8.4	38.0 ± 10.2	17.7 ± 7.9	225.7 ± 285.7	11.1 ± 6.7	157.1 ± 209.3	35.0	31.3 ± 0.3
21 Jul (Fri)	49.6 ± 28.2	146.3 ± 82.6	101.6 ± 37.6	195.8 ± 72.9	57.1 ± 25.2	528.8 ± 195.7	280.4 ± 198.3	54.6 ± 9.8
22 Jul (Sat)	22.4 ± 19.5	26.0 ± 19.2	49.9 ± 33.4	82.7 ± 44.0	32.3 ± 24.5	751.8 ± 1342.3	329.4 ± 28.0	58.2 ± 3.3
23 Jul (Sun)	5.6 ± 3.3	1.8 ± 3.6	24.6 ± 7.2	57.9 ± 20.3	13.0 ± 2.0	568.6 ± 1103.6	203.2 ± 140.2	43.9 ± 8.6
25 Jul (Tue)	27.6 ± 30.1	25.3 ± 16.7	22.6 ± 12.0	32.7 ± 22.5	14.8 ± 7.5	38.8 ± 17.2	322.4 ± 175.2	52.7 ± 5.1
26 Jul (Wed)	26.6 ± 18.1	179.8 ± 153.6	17.7 ± 1.5	54.7 ± 23.3	12.0 ± 1.3	606.7 ± 525.8	231.3 ± 126.1	54.1 ± 4.5
Total Max	80.8	400.7	152.3	427.7	90.9	2763.4	448.5	67.8
Min	1.0	1.71	10.9	17.3	6.3	9.1	35.0	31.1
AM	23.7	80.4	41.0	97.6	24.5	467.8	251.0	50.6
ASD	22.7	100.6	37.1	100.1	22.1	737.8	135.3	9.7
GM	14.9	40.6	30.1	65.8	18.1	127.8	205.4	49.8
GSD	2.93	3.76	2.14	2.45	2.12	6.02	2.14	1.24
TLV-TWA (mg/m ³)	491	1884	434	188	434	1187	17.5	C 370 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Standard (Indoor)	—	—	TVOC 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			—	—	120 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

*Max: Maximum, Min: Minimum, AM: Arithmetic Mean, ASD: Arithmetic Standard Deviation, GM: Geometric Mean, GSD: Geometric Standard Deviation

*Each cell was calculated for 4 samples.

*TLV[®]-TWA(2006) in ppm was calculated to TWA in (mg/m^3).

타났다(Godish, 1990). 본 연구의 측정치들이 독일의 일반 주택들과 매우 유사한 값으로 검출되었다. 본 연구결과를 신축 공동주택이나 독일 일반 주택의 공기오염도와 비교하는 것이 무리가 있을 수 있으나 적어도 이들 세 물질들은 미용작업에 의해 발생하였다고 보다는 일반 실내공기오염에 의한 것으로 추정할 수 있다. 또 이용자수가 1/3-1/4 수준으로 떨어진 일요일 이들 세 물질의 농도치가 다른 요일과 비교하여 유의하게 떨어지지 않은 것도 이 물질들이 미용작업에 의해 발생한 것이 아님을 추정할 수 있다(Xylene p-value=0.947, Toluene p-value=0.625, Ethylbenzene p-value=0.578). 그러나 반대로 이용자수가 가장 많았던 토요일의 경우(환기장치를 가동하지 않았던 금요일은 제외) Xylene과 Ethylbenzene의 농도치가 다른 3일과 비교하여 유의하게 높았다는 점을 감안하면 위의 가정이 논리에 맞지 않는다(Xylene p-value=0.029, Ethylbenzene p-value=0.041, Toluene p-value=0.189). 따라서 결론적으로 이 세 물질들의 주 발생원이 미용작업에 의한 것인지 외부 공기에 의한 것인지 일반 실내 공기오염에 의한 것인지 본 연구에서는 명확하지 않다.

3) Acetone

Acetone은 네일의 에나멜을 지우는데 주로 사용하는 물질이다. 몇몇 시료에서 특별히 높고 또 변이가 큰 것을 보면 이

작업을 하는 순간 급격하게 높아졌다는 것을 추정할 수 있다. 산술평균치는 $224.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며 표준편차는 $737.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. 기하평균은 $127.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으나 기하표준편차는 6.02에 이르렀다. 네일 에나멜 제거작업에서 Acetone 많이 증발된다고 하나 본 연구결과 TLV-TWA보다 약 400배 적게 검출되어 직업적인 노출이 문제되지는 않는다고 판단된다.

4) Ammonia

Ammonia 성분은 일부 폼 용제에 광범위하게 사용되고 있어 미용실에 많이 노출되는 대표적인 화합물이다(한국모발학회, 2006). 작업 전 농도가 0.05 ppm ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$)이었던 것이 작업이 시작되면서 이보다 약 열 배 이상 증가한 것을 알 수 있다. 그러나 다른 물질과 마찬가지로 ACGIH의 TLV-TWA인 25 ppm ($17.5 \text{mg}/\text{m}^3$)에 비교하면 측정 최고치가 약 40배 정도 낮게 검출되어 직업적인 노출은 크게 문제가 되지 않는다고 판단된다. 이용자가 적었던 일요일에도 다른 요일과 통계적으로 유의한 차이가 나지 않았던 것은 일요일에도 폼을 했던 사람이 9명이나 되었기 때문이라고 사료된다.

5) Formaldehyde

다른 화학물질과는 달리 Formaldehyde는 모든 샘플에서 거의 비슷한 수준으로 검출되었다. 또 다른 물질들과는 달리

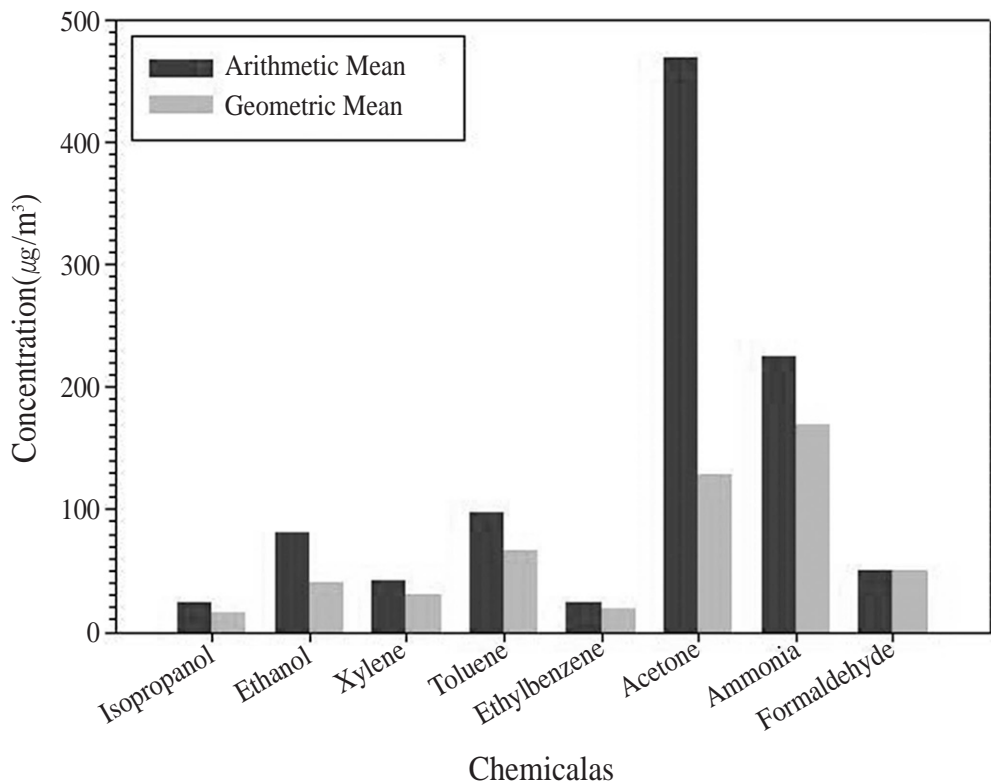


Fig. 1. Comparison between arithmetic means and geometric means of chemicals.

편차가 가장 적었으며 산술평균($50.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$)과 기하평균($49.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$)이 거의 동일하였다. 작업 전 농도는 다른 농도치보다 적게 검출되었으나($p\text{-value}=0.001$) 이용자 수가 적었던 일요일의 농도는 다른 요일과 유의한 차이를 보이지 않았다($p\text{-value}=0.121$). 이와 같이 Formaldehyde가 큰 편차가 없고 이용자수에 관계없이 요일 간 큰 차이가 없었던 것은 이 물질의 발생원이 가구 등 건축자재에서 나오는 실내공기오염 물질이지 미용작업과는 크게 관련이 없음을 보여주는 증거이다. 직업적인 노출로는 ACGIH의 TLV-TWA가 없어 TLV-Ceiling으로 비교하였을 때 측정 최고치는 TLV-Ceiling치의 약 5배 정도 낮았다. Formaldehyde의 국내 실내공기 기준치인 $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 에 비교했을 때는 측정 최고치가 약 1/2 수준이었다. 따라서 직업적인 노출로는 크게 문제가 되지 않으나 실내공기오염 측면에서는 오염도가 상승하면 앞으로 관리가 요망된다.

3. 환풍기 가동 효과

천장에 설치된 환풍기의 가동을 전체환기라고 가정했을 때 이 효과가 있는지 확인하여 보았다. 7월 21일(금)에는 모든 환풍기의 가동을 중단하고 오염물질의 농도를 측정하였으며 나머지 4일은 환풍기를 가동한 상태에서 시료를 채취하였다. 7월 21일 농도치가 다른 날에 비해 가장 높았던 물질로는 Isopropanol, Xylene, Toluene, Ethylbenzene이었으며 이 중 Isopropanol을 제외한 나머지 3개 물질은 통계적으로 유의하였다(Xylene $p\text{-value}=0.0002$, Toluene $p\text{-value}=0.0007$, Ethylbenzene $p\text{-value}=0.0007$).

따라서 HVAC 시스템을 이용하여 비록 충분한 환기는 이루어지지 않더라도 HVAC 시스템의 가동이 오염물질의 배출에 도움을 준다는 것을 확인하였다.

IV. 연구의 제한점

본 연구의 목적은 미용실 종사자들이 주요 화학물질에 직업적으로 얼마나 노출되는지를 알기 위하여 한 미용실을 5일에 걸쳐 연속적으로 측정한 것이다. 그러나 측정결과 직업적인 노출로 보기에는 너무 적은 양의 화학물질에 노출되었다. 반면 실내공기질 측면에서 보면 보다 많은 시료수를 채취하는 것이 연구의 신뢰성을 높였을 것으로 사료되어 본 연구의 제한점으로 지적하고자 한다.

V. 결론

미용실 종사자들이 주요 화합물질에 직업적으로 어느 정도 노출되는지를 파악하고 실내공기오염 수준으로서는 어느 정도인지를 평가하고자 본 연구를 실시하였다. 공기 중 8가지 주요 화학물질의 농도를 ACGIH의 TLV와 비교해 본 결과 매우 낮아 이들 물질에 대한 직업적인 노출은 크게 문제가 되지 않는 것으로 판단되었다. 또 실내공기오염적인 측면에서 Xylene, Toluene, Ethyl benzene의 세 물질의 합을 실내공기질 기준인 $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 비교했을 때 매우 낮은 수준으로 검출되었다. Formaldehyde의 경우 직업적인 노출은 크게 문제가 되지 않았으나 실내공기오염 측면에서는 앞으로 관리가 필요할 것으로 사료되었다. Isopropanol, Ethanol, Acetone 및 Ammonia의 주발생원은 미용작업과 관련이 있으나 Xylene, Toluene, Ethylbenzene의 주 발생원의 상당부분은 미용작업 이외의 것으로 판단된다. Formaldehyde는 미용작업과는 관련이 적은 것으로 판단된다. 부족하지만 송풍장치의 가동은 전체 환기에 영향을 주었다.

감사의 글

시료의 채취와 분석을 담당해 주신 『제시엔』연구소의 연구원들에게 심심한 감사의 말씀을 드립니다.

REFERENCES

- 국립환경연구원. 악취공정시험법, 국립환경연구원 고서 제 2005-4호, 2005.
- 보건복지부. 공중위생관계 업소 실태보고, 보건복지부, 2005.
- 류은주, 윤홍숙. 염·탈색 이론 및 실기, 도서출판 이화 2004:16-17.
- 송미라, 손부순, 김한식, 이진옥, 나상오, 양원호. 미용실 실내·외 공기오염물질 및 개인 노출농도, 한국실내환경학회지 2005;1(2):135-143.
- 장성기, 이석조, 유승화, 정경미, 류정민. 전국 신축공동주택의 실내 공기질 실태, 한국실내환경학회지 2004;19(1):12-24.
- 한국모발학회. 펴 메커니즘, 도서출판 이화 2006:84-85.
- 환경부. 다중이용시설 등의 실내공기질 관리법(2004), 환경부고시 제2004-80호, 환경부, 2004.
- 환경부. 실내공기질 공정시험법, 환경부고시 제2004-80호, 환

- 경부, 2004.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Threshold Limit Values (TLV[®]) for chemical substances and physical agents & Biological Exposure Indices (BEI). Cincinnati OH, USA: ACGIH, Inc, 2006.
- Godish T. Indoor Air Pollution Control, Lewis Publishers, CRC press 1990:45-47.
- Godish T. Indoor Environmental Quality, Lewis Publishers, CRC press 2001:108-112.
- Hollund BE and Moen BE. Chemical Exposure in Hairdresser Salons: Effect of Local Exhaust Ventilation, Ann. Occup. Hyg. 1998;42(4):277-281.
- IARC. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Occupational Exposures of Hairdressers and Barbers and Personal Use of Hair Colourants; Some Hair Dyes, Cosmetic Colourants, Industrial Dyestuffs and Aromatic Amines, Volume 57, WHO International Agency for Research on Cancer 1993.
- Lind MO, Boman A, Surakka J, Sollenberg J, Meding B. A Method for Assessing Occupational Dermal Exposure to Permanent Hair Dyes, Ann. Occup. Hyg. 2004;48(6):533-539.
- Lind MO, Boman A, Sollenberg J, Johnsson S, Hagelthorn G, Meding B. Occupational Dermal Exposure to Permanent Hair Dyes Among Hairdressers, Ann. Occup. Hyg. 2005;49(6):473-480.
- US EPA. Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air, 2nd Ed., Compendium Method TO-11A, Determination of Formaldehyde in Ambient Air Using Adsorbent Cartridge Followed by High Performance Liquid Chromatography (HPLC), US EPA, Cincinnati, OH 45268, 1999.
- US EPA. Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air, 2nd Ed., Compendium Method TO-17A, Determination of Volatile Organic Compounds in Ambient Air Using Active sampling Onto Sorbent Tubes, US EPA, Cincinnati, OH 45268, 1999.
- van Muiswinkel W-J, Kromhout H, Onos T and Kersemaekers W. Monitoring and Modeling of Exposure to Ethanol in Hairdressing Salons, Ann. Occup. Hyg. 1997;41(2):235-247.