

네일샵 종사자의 휘발성유기화합물 노출실태와 건강에 미치는 영향

김난희^{1*} · 민경우¹ · 조광운¹ · 서동주¹ · 임경훈¹ · 정원삼¹ · 조영관¹ · 양진석²

¹광주광역시보건환경연구원, ²대한산업보건협회 광주보건센터

Health effects on workers and actual exposure of VOCs in the nail shops

Nan-Hee Kim^{1*} · Kyoung-Woo Min¹ · Gwang-Woon Cho¹ · Dong-Ju Seo¹ ·
Kyeong-Hun Im¹ · Won-Sam Jeung¹ · Young-Gwan Cho¹ · Jin-Seok Yang²

¹Public Health & Environment Research Institute of Gwangju

²Korea Industrial Health Association

ABSTRACT

Objectives: The objective of this study is to evaluate the exposure of VOCs and effects of the chemicals on the nail technicians whose works in a nail shop.

Methods: For four month from May to August in 2016, we measured twenty-two kinds of VOCs in ten nail shops and carried out health examinations on thirty-four workers in there.

Results: The TVOC concentration in indoor air of nail shops is 0.487 mg/m³ at a minimum and 33.236 mg/m³ at a maximum where it consists of 70.5% of Ketones, 25.4% of Alcohols, 2.6% of Esters, 0.8% of Aldehydes and 0.7% of Aromatics. The VOCs concentration during nail art works shows an increase in average ratio 1.8 compared to the concentration of indoor air quality and also the concentration of Isopropanol rose with 3.2 of the highest ratio.

The results of Spearman correlation between TVOC concentration in indoor air and environmental factor was like that has significance level of correlation($\rho < 0.05$, $r = 0.682$) in case of number of customers per day, but the other factors were not meaningful in correlation. Correlation between VOCs and medical check-up items was like that has positive significance level($\rho < 0.01$, $r = 0.638$) between isopropanol and GPT, but the others have not meaningful. The exposure level of VOCs was not exceed the criteria exposure level 1 of working environment measuring method which announced by labor ministry in all ten nail shop indoor air quality.

Conclusions: In this study although it was not significant correlation between harmful substances and medical check-up items in the nail shop indoor air quality, it is necessary to do more ventilation and to install exhaust facilities because of existing high VOCs concentration in the nail shop indoor air.

Key words: exposure level, health check-up, indoor air quality, nail shop, VOCs

I. 서 론

미용 산업은 물리적 풍요와 대중매체의 발달로 세분화되고 전문화되면서 영역을 넓혀가고 있으며 피부미용, 화장품, 헤어, 네일아트 등 미용산업 고객이 중산층에 이어 대중으로 확대되면서 산업계 전반에

서 관심이 폭증되고 있는 것으로 나타났다. 특히 네일 관련 분야는 국내에 도입된 후 서비스 산업의 발달과 함께 빠른 성장을 보여 2008년 전국 네일업소 수는 3,715개, 종사자 수는 15,064명, 매출총액은 약 4,830억원 규모의 시장을 형성하였다(KHIDI, 2009). 그러나 네일아트 종사자들은 현장에서 사용되는 미

*Corresponding author: Nan Hee Kim, Tel.: 062-613-7591, E-mail: knhee68@korea.kr

Public Health & Environment Research Institute of Gwangju, 149 Hwajeong-ro, Seogu, Gwangju city, 61986

Received: February 28, 2017, Revised: March 20, 2017, Accepted: March 23, 2017

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

용제품들의 성분이나 화학물질에 대한 안전관련 교육 등 전문적 이론교육은 받지 못하고 기술적인 부분만을 교육받은 상태로 산업현장에 투입되고 있는데 직업적으로 다양한 화학제품들을 사용하게 됨에 따라 많은 유해물질, 특히 저농도의 유기용제에 반복적으로 노출되고 있는 실정이다(Cho, 2007). 또한 여러 가지 화학물질을 취급하지만 산업안전보건법의 물질안전보건자료(Material Safety Data Sheets, MSDS)의 게시 의무 대상에서 제외되어 있어 사업장내에 화학물질 취급주의 경고 및 표지를 부착한 곳은 찾아보기 힘든 실정이다(Yang & Cho, 2008). 네일샵에서 사용되는 화학제품들에 함유되어 있는 아세톤, 에틸아세트산, 톨루엔 등의 성분들은 장기간 피부에 직접 닿을 경우 피부를 부식시킬 수 있으며 유기용매는 기화된 상태로 장기간 흡입할 경우 어지러움증, 구토뿐 만 아니라 호흡기 계통의 장애를 일으킬 수 있다. 이러한 유해물질로 오염된 실내공기는 종사자들 뿐만 아니라 서비스를 제공받는 고객들의 건강에도 악영향을 미칠 수 있을 것이다. 미국의 NIOSH(National Institute for Occupational Safety and Health)는 지난 10년 동안 네일아트업계 종사자들이 노출되어 온 아크릴레이트, 유기용제, 먼지와 증기형태의 생물학적 인자 등에 대한 여러 건강위해도 평가를 실시한 결과 네일샵에서 일하는 종사자의 피부를 자극하거나 알레르기 등을 발생시키기에는 유해물질 등의 노출량은 소량이지만 관련 직업병의 발생을 예방하는 것이 가장 최선의 방법이라고 권고하고 그 예방책을 제시한 바 있다(Jang, 2009). 그러나 우리나라에서는 아직 네일샵과 관련한 보건·환경 기준이 설정되어 있지 않은 상태 즉 법적인 관리가 이뤄지지 않는 상황에서 휘발성 화학제품을 자주 사용할 수밖에 없는 네일샵은 화학물질에 의한 실내공기 오염의 가능성이 매우 높을 것이다(Lee, 2014). 그러므로 네일업계 종사자들에게 흡입성 화학독성물질에 대한 위험성을 인지시키고 주기적인 실내환기와 환기시설 설치, 화학제품의 안전한 사용 및 관리 방법 등을 숙지시키

는 것이 매우 중요한 과제인데 이를 위해서는 무엇보다 네일샵 작업환경 요인들의 파악과 네일샵 종사자들의 화학물질에 대한 노출실태와 이로 인한 건강에 대한 영향이 조사되어야 할 것이다. 그러나 아직까지 노출실태에 대한 조사와 건강검진이 함께 실시된 경우는 매우 드물다.

따라서 본 연구에서는 네일샵 실내공기 중의 휘발성 유기화합물의 농도를 조사하여 화학물질 노출실태를 파악하고 종사자들의 특수건강검진을 실시하여 화학물질에 대한 노출이 종사자 건강에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 뿐만 아니라 네일샵 작업환경 요인들을 조사하고 서로간의 상관관계를 살펴봄으로써 작업환경 요인의 개선방안 마련에 기여하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구기간 및 대상

광주 시내 네일샵 10개소를 선정하여 2016년 5월부터 8월까지 네일샵에서 사용되는 네일제품에 포함되었다고 보고된(Park, 2013; Choi et al., 2015) 화학물질 중 아세톤 등 가스크로마토그래피/질량분석기로 동시분석이 가능한 휘발성유기화합물 22종에 대해 농도를 측정하였다. 네일샵은 주변에서 쉽게 찾아볼 수 있는 도로변에 위치한 가게를 선정하였고, 측정결과 검출된 물질 중 산업안전보건법 시행규칙 별표에 특수건강진단 대상 유해인자로 지정되어 있는 acetone, isopropanol, methyl ethyl ketone, n-hexane, butanol, benzene, toluene, ethylbenzene, xylene, formaldehyde, acetaldehyde에 대한 특수건강진단을 제1차 검사항목에 대해 실시하였다. 건강진단 대상자는 여자 34명으로 네일샵 종사자 24명과 대조군으로 관내 신설 중학교에 근무하는 여교사 10명을 검진하였는데 연령과 경력은 Table 1과 같다. 또한 실내공기질 농도에 영향을 미칠 수 있는 환경요인으로 작업장 체적, 환기시간, 환기설비 유무, 조사당일 고객수 등에 대한 정보도 조사하였다.

Table 1. Age and career of the nail technicians and control group

No.	Age				Period of work(years)			
	20 -	30 -	40 -	50 -	Less than 1	1-5	over 5	
Nail shop workers	24	12	6	5	1	6	13	5
Control Group	10	3	6	1	0	1	3	6

2. 시료채취 및 분석방법

본 연구의 시료채취는 네일샵별로 1일씩 이뤄졌으며 2가지 방법으로 동시에 실시하였다. 첫번째 방법은 설정된 시간동안 자동으로 흡착관에 시료를 흡착시키는 autosampler(sequential tube sampler, STS 25, Perkin-Elmer, UK)를 이용하여 네일샵 중앙 부분에서 영업 시작시간부터 끝나는 시간까지 흡착관 1개당 60분씩 연속적으로 채취하여 네일샵 실내공기 중 VOCs 농도를 측정하였다. 또 한가지 방법은 각 손님에게 네일아트를 실시하는 동안에 개인시료채취기(Gilian LFS-113DC)에 연결된 시료채취용 흡착관을 종사자에게 직접 장착하지는 않고 최대한 종사자 호흡기에 근접하게 설치하여 네일아트 작업이 이뤄지는 동안 연속적으로(30~120분) 채취하여 네일아트 시술 중에 발생하는 VOCs 농도를 측정하였다. 실시한 2가지 방법 모두 시료채취 유량은 0.1 L/min으로 하였으며 휘발성유기화합물은 스테인레스스틸 재질의 air toxics 흡착관(1/4 inch O.D. × 3 1/2 inch long)에, 알데하이드류는 2.4-DNPH 코팅 실리카겔 카트리지(DNPH 충전량 1 mg)에 60분 동안 흡착시켰다. 시료채취 후 시료는 반드시 PTFE 패럴을 이용하여 밀봉한 후 운반하여 분석전까지 냉장보관(4℃이내)하였다.

휘발성유기화합물 분석은 자동열탈착장치(Turbomatrix 650, Perkin-Elmer, UK)가 정착된 가스크로마토그래

피/질량분석기(GC/MS, Clarus 680/Clarus SQ 8T, Perkin-Elmer, UK)를 사용하여 분석하였으며, 알데하이드류는 고성능액체크로마토그래피(1100 GPC System, Agilent, U.S.A)를 이용하여 분석하였다. 자동열탈착장치와 GC/MS의 운전조건은 Table 2과 같다.

VOCs는 표준물질(50 ng, 100 ng, 250 ng, 500 ng, 1,000 ng)을 이용하여 검량선을 작성하였으며 결정계수(R²)는 0.99이상이었다. GC/MS에 의한 VOCs의 재현성은 머무름 시간에 대한 상대표준편차가 0.2% 이하, 피크면적에 대한 상대표준편차는 10.0% 이하로 양호한 재현성을 보였으며 방법검출한계는 0.23~3.41 µg/m³로 분석되었으며, 자동열탈착장치의 회수율도 90~100%로 양호하게 나타났다.

3. 건강진단 및 분석방법

유해항목에 대한 임상검사 분야는 조혈기계와 간담도계 그리고 비노기계로 혈액과 소변을 이용하여 검사하였다. 간담도계 검사항목인 GOT, GPT, r-GPT는 혈액 채혈 후 응고시켜 3000 rpm으로 10분동안 원심분리하여 전처리 된 혈액 상층의 혈청으로 임상화학 자동분석장비(AU2700 Olympus, Beckman Coulter, Japan)를 사용해 비색법(광전비색법)으로 측정하였고 조혈기계 항목은 혈액이 응고되지 않도록 EDTA가 포함된 Tube에 채혈을 하여 수회 mix한 후 자동혈구

Table 2. The analysis conditions of TD and GC/MS

	Parameters	Conditions
TD	Desorption temperature	290℃
	Desorption time	8 min
	Cold trap	Air Toxics(Carbopack/Carboxen 1000)
	Cold trap low temperature	-30℃
	Cold trap high temperature	305℃
	Cold trap hold time	3 min
	Transfer line temperature	250℃
	In split	5 : 1
	Agilent GC/MS	Column
Carrier gas and flow		He (99.999%), 1.5 mL/min
GC temperature program		40℃(5min) → 5℃/min → 250℃(5min)
Detector type		El(quadrupole)
MS source temperature		250℃
Electron energy		70 eV
Mass range		35~350 amu

계산장비(XE-2100D, Sysmex, Japan)를 이용해 측정하였다. 비노기계 항목은 시험지(Urine Test Strip)를 이용하여 실시하였고, 생물학적 노출지표 항목인 소변 중 마노산(hippuric acid)과 메틸마노산(methyl hippuric acid), 2,5-헥사디온(2.5-hexaneDione)은 고속액체크로마토그래프(HPLC, Dionex U-3000, USA)을 이용해 측정하였다. 이상의 건강진단은 대한산업보건협회 광주산업보건센터에서 수행하였으며 그 결과를 본 연구논문에 이용하고자 하는 바를 사전에 대상자들에게 공지하고 동의를 얻은 상태에서 진행하였다.

4. 자료분석

휘발성유기화합물 농도의 자료 정리 및 통계분석은 SPSS(ver. 18.0)을 이용하였다. 휘발성유기화합물 농도는 기하평균으로 나타내었고 총휘발성유기화합물(TVOC) 농도는 22종 휘발성유기화합물질의 각 농도 합으로 TVOC를 산출하여 분석하였다. 또한 휘발성유기화합물과 환경요인들과의 관계를 분석하기 위해 상관분석과 회귀분석을 실시하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 네일샵의 환경요인

네일샵 10개소(A~J)의 1일 고객 수, 사업장 크기, 작업시간, 출입문을 포함한 창문갯수, 환기시간, 위치한 층수, 사업기간을 조사하여 Table 3에 나타냈

다. 고객수는 조사당일 최소 1명에서 최대 12명, 네일샵 크기는 57.8~189.8 m³, 작업시간은 8~11시간 내외였다. 사업장 환기는 출입문이나 창문, 공기청정기, 환풍기나 배기시설을 통해 이뤄졌는데 환풍기 이외의 배기시설을 한 사업장은 1곳에 불과하였고 작업대에 국소배기시설이 되어있는 곳은 한군데 없었다. 그리고 출입문 이외의 창문이 없는 사업장도 4곳이었고 공기청정기는 5곳에서 사용하였으며, 환풍기는 대부분 설치되어있으나 소음 등의 이유로 사용하지 않는 경우도 많았다. 이를 모두 합해 총 환기시간으로 나타내면 0.8~12.5시간으로 평균 5.7시간 환기를 실시하는 것으로 나타났다. 그러나 이 결과는 조사시기인 5월에서 8월의 평균기온이 21.5~28.6℃로 출입문이나 창문을 열어 놓고 작업할 수 있었기 때문으로 판단되며, 냉방과 난방이 필요한 여름철과 겨울철에는 이보다 환기시간이 훨씬 줄어들 것으로 예상되고 따라서 VOCs 배출농도에도 영향을 미칠 것으로 판단된다.

2. 네일샵의 VOCs 배출 특성

1) 실내공기 중의 VOCs 농도 분포

네일샵 10개소의 실내공기 중 VOCs 농도를 산술평균과 기하평균하여 Table 4에 나타냈다. 물질들 중 acetone, ethanol, isopropanol, n-butyl acetate, ethyl acetate, formaldehyde, toluene 순으로 높게 나타났고, acetone을 포함한 ketone류 2가지 물질의 농도가 TVOC 농도의 70.5%, ethanol 등의 alcohol류가 25.4%,

Table 3. Environmental factors of nail shops

Site	No. custom-ers /day	Nail shop size (m ³)	Working time (hour)	No. Door and window	Ventilation time(hour)			Location (Floor)	Business period (year)	
					Door, window	Air cleaner	Ventilator, exhaust device			
A	4	148.5	8	3	0.0	6.0	0.0	6.0	1	5
B	10	148.5	10	6	0.6	8.0	0.0	8.6	1	2
C	12	57.8	10	1	0.0	2.8	0.5	3.3	1	3
D	11	105.6	10	1	0.8	0.0	0.0	0.8	1	1.4
E	5	123.8	11	1	0.0	0.0	8.5	8.5	1	1
F	5	82.5	11	8	2.4	0.0	0.0	2.4	2	2.3
G	1	99.0	9	1	4.1	0.0	0.0	4.1	1	1
H	5	189.8	10	4	4.5	8.0	0.0	12.5	2	0.6
I	2	82.5	10	2	7.0	0.0	0.0	7.0	1	2.4
J	5	82.5	10	2	1.3	0.0	2.0	3.3	1	1.4

Table 4. Concentration of VOCs in indoor air of nail shops

(unit : mg/m³)

Items	AM*	SD†	GM‡	GSD§	Range	KOEL¶	No.(%)**
Ethanol	2.941	3.169	0.645	7.08	0.022 ~ 6.031	1900	77(100)
Acetone	11.602	10.216	4.773	4.68	0.287 ~ 27.255	1188	77(100)
Isopropanol	1.212	2.003	0.181	4.57	0.023 ~ 4.103	480	77(99)
Methyl acetate	0.016	0.012	0.014	1.55	0.007 ~ 0.033	610	77(96)
Methyl ethyl ketone	0.002	0.002	0.002	3.47	ND¶ ~ 0.020	590	77(65)
Ethyl acetate	0.203	0.209	0.086	5.01	ND ~ 0.324	1400	77(99)
Methyl acrylate	0.002	0.002	0.002	1.78	ND ~ 0.005	7	77(58)
n-Hexane	0.004	0.003	0.006	1.82	ND ~ 0.009	180	77(79)
Butanol	0.018	0.018	0.013	1.74	0.006 ~ 0.043	60	77(96)
Benzene	0.001	0.002	0.001	3.63	ND ~ 0.004	3	77(62)
Methyl methacrylate	0.003	0.002	0.003	1.91	ND ~ 0.007	205	77(74)
Isobutyl acetate	0.002	0.003	0.004	1.99	ND ~ 0.009	700	77(57)
Toluene	0.062	0.050	0.044	3.98	ND ~ 0.128	188	77(97)
n-Butyl acetate	0.193	0.257	0.064	6.92	ND ~ 0.493	710	77(96)
Ethylbenzene	0.007	0.006	0.004	3.63	ND ~ 0.016	435	77(100)
m,p-Xylene	0.021	0.260	0.012	2.45	0.003 ~ 0.073	435	77(100)
o-Xylene	0.014	0.015	0.009	2.40	0.002 ~ 0.044	435	77(100)
Limonene	0.018	0.026	0.010	2.24	0.004 ~ 0.072	-	77(100)
Biphenyl	0.001	0.002	0.004	1.91	ND ~ 0.008	1.5	77(66)
Butylated hydroxytoluene	0.002	0.004	0.012	2.82	ND ~ 0.012	2	77(22)
Formaldehyde	0.089	0.032	0.080	1.41	0.045 ~ 0.138	0.75	43(100)
Acetaldehyde	0.035	0.038	0.030	3.47	ND ~ 0.135	90	43(77)

* : arithmetic mean; † : standard deviation; ‡ : geometric mean; § : geometric standard; ¶ : Korea occupational exposure limit

‡ : not detected; ** : Total No. of samples(detection rate)

ethyl acetate 등의 ester류가 2.6%, formaldehyde 등의 aldehyde류가 0.8%, toluene 등 aromatic류가 0.7%를 차지하는 것으로 나타났다.

US EPA 가이드(Choi et al., 2015)에 의하면 두통, 어지러움, 피부·눈·목 등을 자극하고 중추신경계를 억제시키는 것으로 보고된 acetone이 평균 4.773 mg/m³로 가장 높게 나타났는데, Ha(2008)와 Park(2010, 2014)의 네일샵 혼합유기용제 노출량에 관한 연구에서도 아세톤이 가장 높은 농도를 보였으나 농도값은 더 높은 것으로 보고되었다. 그러나 Ha(2008)는 시료채취 흡착관으로 활성탄관을 사용하였고, Park(2010,2014)은 간이샘플러(OVM-3520;3M)를 이용하여 시료를 채취하는 등 시료채취와 분석방법, 조사한 시기 등이 본 연구와 달라 정확한 비교는 어려울 것으로 판단된다. 그러나 전반적으로 농도가 높게 검출된 것으로 보고된 물질들은 주로 ethanol, n-butyl

acetate, ethyl acetate, toluene 등으로 본 연구결과와 유사하였다. 이 물질들은 대부분 네일샵에서 사용되는 네일제품에 주로 함유되어 있는데 특히 성분들 중 ethyl acetate, butyl acetate, isopropanol, ethanol 등이 전체제품의 각각 72%, 72%, 56%, 45% 속에 포함되어 있으며 평균함유량이 각각 65%, 34%, 47%, 31%로 높은 농도로 함유되어 있는 것으로 조사되었다(Choi et al., 2015). 그리고 acetone과 toluene은 전체제품의 각각 12.4%, 1.5% 속에 포함되어 있는데 함유율은 대부분 각각 100%, 50%로 매우 높아 휘발량이 많은 것으로 판단된다(Choi et al., 2015).

각 물질별로 살펴본 결과 산업안전보건법 「화학물질 및 물리적 인자의 노출기준」의 1일 작업시간동안의 시간가중평균노출기준(time weighted average, TWA)을 초과한 경우는 없었다. 그러나 조사한 22개 전항목이 검출되어 다양한 물질들이 복합적으로 존재함을 알 수

Table 5. Comparison of VOCS concentration between indoor air and air during nail art work

(unit : mg/m³)

Items	VOCS of indoor air		VOCS of air during nail art work		
	GM*	GM	Range	VOCS ratio	No. of samples
Ethanol	0.645	1.216	0.030 ~ 21.496	1.9	51
Acetone	4.773	7.254	0.412 ~ 61.485	1.5	51
Isopropanol	0.181	0.588	0.024 ~ 26.966	3.2	51
Ethyl acetate	0.086	0.138	0.011 ~ 0.585	1.6	51
Toluene	0.044	0.050	0.006 ~ 0.134	1.1	51
n-Butyl acetate	0.064	0.085	0.006 ~ 0.488	1.3	51

*, geometric mean

$$\text{VOCS ratio} = \frac{\text{Conc. VOCS of air during nail art work}}{\text{Conc. VOCS of indoor air}}$$

있었으며 국제암연구소(international agency for research on cancer, IARC)의 발암물질 목록에 발암성 1A 물질로 분류된 formaldehyde도 검출되었다(IARC, 2015). 본 연구에서는 10개소 네일샵의 formaldehyde 평균농도가 0.080 mg/m³로 나타났는데 Jeong(2011)이 국내 공중위생업종별 실내 formaldehyde 농도를 측정한 결과 네일업의 농도가 0.117 mg/m³로 가장 높게 조사되었다고 보고된 바 있다.

2) 네일아트 시술 중의 VOCs 농도 분포

네일샵에 방문한 고객에게 네일아트를 시술할 때 측정된 VOCs 농도와 실내공기 중의 VOCs 농도를 비교하여 Table 5에 나타냈다. 네일아트 시술에는 여러 가지 종류가 있지만 본 연구에서는 별도로 구별하지 않고 모든 작업을 대상으로 시료채취하여 분석하였고 그 결과를 실내공기 중 VOCs 농도와 비교하면 평균적으로 1.8배 증가하였고 isopropanol이 3.2배로 가장 높은 비율로 증가하였다. 반면에 실내공기 중에 가장 높은 농도로 존재하는 것으로 나타난 acetone이나 ethanol은 1.5~1.9배로 보다 낮은 비율을 보였다. 이는 네일아트 시술이 없을 때에도 작업대 위의 제거제나 소독제 용기가 뚜껑이 열린채로 방치되고 있는 경우가 많아 휘발성물질들이 수시로 공기 중으로 배출되기 때문인 것으로 생각된다. 이처럼 네일아트 시술 중에 고농도의 VOCs가 공기 중으로 배출됨으로 네일샵 작업환경 개선을 위해서는 무엇보다도 네일아트 작업대에 국소배기시설을 설치해야 할 것으로 판단된다. 네일아트 시술 중의 VOCs

농도 분포에서도 실내공기 중에서도 동일하게 acetone, ethanol, isopropanol, ethyl acetate 순으로 높은 농도를 보였다. 실내공기 중 VOCs 농도와 네일아트 시술 중의 VOCs 농도간의 대응표본 t-test를 실시한 결과 통계적으로 유의한 수준의 차이가 없는 것으로 나타났다(P=0.191).

3. VOCs 복합노출지수와 환경요인 분석

네일샵 별로 검출된 휘발성유기화합물질의 농도를 합하여 TVOC를 산출하고, 물질별 농도를 바탕으로 복합노출지수를 산출하여 Table 6에 나타냈다. 노동부 산업안전보건법의 「화학물질 및 물리적인자의 노출기준」에 의하면 화학물질이 2종 이상 혼재하는 경우 혼재하는 물질간에 유해성이 인체의 서로 다른 부위에 작용한다는 증거가 없는 한 유해 작용은 가중되는 것으로 보고 노출기준을 산출하였을 때 그 결과가 1을 초과하지 않아야 한다. 조사결과 네일샵 10개소 모두 휘발성유기화합물의 복합노출지수는 1을 초과하지 않는 것으로 나타났으나, 미용실이나 세탁소를 대상으로 한 연구들(Ha, 2008; Park et al., 2016)에서 발표한 결과보다 높은 수치를 보였는데 이는 미용실이나 세탁소 보다 네일샵에서 화학제품을 보다 많이 사용하기 때문으로 판단된다. 네일샵에서 사용되는 화학제품이 500여종에 달하고 그 속에 함유된 성분의 종류 또한 120가지 이상인 것을 고려할 때 보다 많은 성분들을 분석한다면 휘발성유기화합물의 노출지수는 높게 나타날 것으로 판단된다(Choi et al., 2015).

Table 6. Comparison of TVOC concentration and exposure evaluation in nail shops

Site	Indoor air				Air during nail art work			
	Conc. TVOC (mg/m ³)		Exposure evaluationresult*	No. of samples	Conc. TVOC (mg/m ³)		Exposure evaluationresult*	No. of samples
	GM	Range			GM	Range		
A	6.812	4.515~10.359	0.210	8	13.181	11.169~17.286	0.224	4
B	9.028	1.773~22.009	0.105	8	12.802	2.869~17.960	0.105	8
C	33.236	4.803~66.456	0.145	8	111.137	33.449~350.512	0.224	10
D	21.909	0.425~8.675	0.210	8	23.083	13.756~43.935	0.216	8
E	0.848	0.503~2.541	0.098	7	1.660	1.636~1.695	0.099	4
F	5.888	0.529~51.269	0.099	5	7.144	0.435~54.192	0.103	5
G	6.935	2.745~45.301	0.171	8	17.303	17.303	0.191	1
H	8.558	1.483~24.345	0.114	8	11.652	1.773~53.554	0.127	5
I	0.487	0.288~0.857	0.068	7	1.403	0.096~22.808	0.075	2
J	32.301	0.347~50.742	0.142	7	50.346	36.372~68.729	0.156	4

* : $\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n}$ (C : Concentration each chemical, T : Exposure standard)

Table 7. Statistical analysis of environmental factors influencing TVOC concentration in indoor air of nail shop

Variable	Regression analysis		Correlation analysis			
	R ² §	p-value	Pearson		Spearman	
			r	p-value	r [†]	p-value
No. Customers / day	0.335	0.079	0.605	0.064	0.682	0.030*
Nailshop size (m ³)	0.011	0.771	-0.437	0.206	-0.160	0.659
No. Door and window	0.000	0.993	-0.306	0.390	-0.201	0.578
Ventilation time (hour) (total time)	0.193	0.204	-0.515	0.128	-0.328	0.354

§ : coefficient of determination; † : correlation coefficient

* : P<0.05

네일샵 10개소의 실내공기 중 TVOC 농도를 종속 변수로, Table 3의 1일 고객 수, 사업장 크기, 출입문을 포함한 창문 갯수, 환기시간을 각각의 독립변수로 하여 회귀분석과 상관분석을 실시하여 그 결과를 Table 7에 나타냈다. 회귀분석 결과 변수들 모두 실내공기 중의 TVOC 농도와 유의한 상관성을 보이지 않았다. 그러나 상관분석 중 스피어만 상관계수에서는 1일 고객수가 실내공기 중 TVOC 농도와 유의확률(p-value) 0.030으로 두 변수간에 단조(monotonic) 관계의 유의성이 있는 것으로 나타났다.

4. 종사자 건강에 미치는 영향

1) 건강진단 결과

유해인자인 acetone, isopropanol, methyl ethyl ketone, n-hexane, butanol, benzene, toluene, ethylbenzene,

xylene, formaldehyde, acetaldehyde의 임상검사 및 생물학적 지표 검사결과를 Table 8에 나타냈다. 표에는 나타내지 않았지만 신경계 및 눈·피부·비강·인두 항목은 증상 문진으로 검사 한 결과 모두 이상없음 소견을 보였고, 비노기계의 요당 등 11종에 대한 검사 결과는 모두 참고치에 적합한 결과를 보였다. 또한 생물학적 노출지표 검사인 마노산과 메틸마노산은 모두 정상범위로 검출되었고 2,5-헥산디온은 검출되지 않았다. 간담도계 검사 중 간기능검사 항목인 GPT, GOT, G-GTP 항목에 대한 검사결과 또한 모두 참고치에 적합한 결과를 보였다.

검진대상자 34명 중 네일샵 종사자 24명은 생물학적 노출지표 검사 시료채취기준 미준수 시기인 오전 영업시간 중 검사를 실시했을 때는 전원 정상이었으나, 시료채취기준 시기인 오후 작업시간에 재검사를

실시하였더니, 1명은 조혈기계 검사 항목인 백혈구수가 참고치 이하로, 2명은 백혈구수가 참고치 이상의 결과를 보였고, 1명은 빈혈검사인 혈색소 및 혈구용적치가 참고치 이하의 결과를 보였다. 그리고 2명이 백혈구백분율에서 참고치를 벗어나는 결과를 보였으며, 1명은 적혈구수가 참고치 이하의 결과를 보였다. 그리고 13명이 마노산과 메틸마노산의 검사결과가 소폭 증가하는 변화를 보였으나, 검진 결과에 영향을 줄 정도의 변화는 나타나지 않아 모두 참고치 범위내로 측정되었다. 조혈기계 검사항목에 대해서 7명이 재검사(R)판정을 받아 29.2%가 건강에 이상이 있는 것으로 나타났는데 참고치에서 벗어난 항목으로는 백혈구수 5명(20.8%), 혈색소 및 혈구용적치 1명(4.2%), 적혈구수 1명(4.2%)으로 나타났다. 모두 여성 대상자로 이들 중 1명은 20대, 5명은 30대, 1명은 40대 이상 이었다. 연령대 별로 살펴보면 건강 검진 결과 값들이 다양하게 분포되었지만 유의확률

이 높지 않았으나 근무기간은 백혈구백분율 중 seg와 lymph값에 유의한 결과를 나타냈다($P=0.012$). 백혈구수는 조혈기계 검사항목으로 benzene에 대한 유해인자의 영향을 보기 위한 항목이다. benzene에 만성적 노출은 재생불량성 빈혈, 급성 골수모구 백혈병, 적백혈병을 일으킬 수 있는 발암성 1A에 해당되는 물질이다(Choi, 2004).

검사 대조군으로 관련 유해물질을 전혀 취급하지 않는 중학교 여선생님 10명을 대상으로 동일한 검사를 실시한 결과 전원 마노산과 메틸마노산의 검사결과가 검출되는 결과를 보였으나 참고치 이내였다. 근무하는 학교가 2014년도 설립 인가된 신선헌교임을 감안한다면 유해물질 취급여부와는 별개로 새집증후군 영향을 보이는 것으로 판단된다.

2) VOCs와 건강인자의 상관관계

네일샵 공기 중의 휘발성유기화합물과 임상검사 항

Table 8. Summary statistics of physical tests of 24 peoples working in 10 nail shop

Items	Reference	Age					Period of work(years)				
		20 -	30 -	40 -	50 -	p-value	Less than 1	1-5	over 5	p-value	
No. of people	24	12	6	5	1		6	13	5		
No. of people exceeding reference values	7	1	5	1	0		3	2	2		
GOT	blow 40 U/L	18.1	22.0	19.0	23.0	0.355	19.0	20.8	16.6	0.432	
GPT	blow 35 U/L	12.9	16.0	11.2	11.0	0.411	13.7	13.3	12.6	0.060	
r-GTP	8-35 U/L	14.5	17.7	13.4	10.0	0.275	14.3	15.4	14.2	0.756	
Hemoglobin(Hb)	W12-15.5g/gL	13.2	13.3	12.3(1)*	13.3	0.900	13.2	12.9	12.9	0.506	
Hematocrit(Hct)	W 36-47%	39.1	38.7	36.0(1)*	38.0	0.441	39.0	37.7	39.0	0.821	
Red blood cell	440-560 ten thousands/mm ³	447	426(1)*	417	441	0.735	437	431	447	0.422	
White blood cell	4500-10000 /mm ³	7533	8467(3)*	6620	6400	0.283	8366	7423	6800	0.254	
Platelet	15-45 ten thousands/mm ³	28.8	25.3	23.4	26.0	0.406	25.5	26.8	27.6	0.282	
Differential white count	Mono	2-10 %	6.1	5.7	6.4	4.6	0.380	6.8	5.6	6.2	0.900
	Seg	40-80	57.2	60.5(3)	52.7	50.5	0.197	60.9	58.1	48.6	0.012
	Eosin	0-5	1.9	1.8	3.0	1.5	0.990	1.5	2.2	2.5	0.358
	Lymph	15-44	34.6(1)*	31.8(3)*	37.4	43.2	0.167	30.7	33.8	42.4	0.012
	Baso	0-3	0.2	0.3	0.5	0.2	0.925	0.2	0.3	0.3	0.712
Hippuric acid	0-2.5 g/g crea	0.2	0.2	0.2	0.2	0.579	0.1	0.2	0.2	0.835	
Methyl hippuric acid	0-1.5 g/g crea	0.0	0.0	0.0	0.1	0.156	0.0	0.0	0.0	0.229	
2.5-Nucleic acid Dion	0-5 g/g crea	0	0	0	0	1.000	0	0	0	1.000	

* : Values in parentheses indicate the number of people exceeding reference values specified by the hospital guideline

목에 대한 상관관계를 Table 9에 나타냈다. 특수건강 진단 항목에 따르면 benzene은 혈액소량 등 조혈기계 계통에 영향을 미치고 acetone, benzene, ethylbenzene은 신경계에 영향을 준다. 그리고 toluene, xylene은 간담도계와 생물학적 노출지표인 소변 중 마노산, 메틸 마노산에 영향을 미친다(MoGL, 2015). 본 연구의 검사결과 isopropanol이 GPT 항목과 유의한 수준의 양의 상관성(0.638, $P<0.01$)을 나타냈으며 TVOC는 임상검사 항목 중 조혈기계 계통의 r-GTP와 Hematocrit(Hct)에 유의한 결과($P<0.05$)를 보였으나 상관관계(r)는 크지 않는 것으로 나타났다. Lee et al.(2015)의 연구에서

는 작업환경 중 toluene 농도(0.38~301 mg/m³)와 종사자 요 중 마노산 농도의 상관계수가 $r=0.624(P<0.01)$ 로 비교적 높은 상관성을 보이는 것으로 발표했으나 Park et al.(2016)의 연구에서는 toluene 농도(0.016~0.035 mg/m³)와 종사자 요 중 마노산 농도간의 상관성이 보이지 않는다고 보고하였다. 본 연구에서도 유의한 상관성이 보이지 않았는데 이는 네일샵 실내공기 중의 toluene 농도가 ND~0.128 mg/m³로 비교적 낮기 때문으로 판단된다.

본 연구결과 네일샵의 실내공기 중에 다량의 휘발성유기화합물이 존재하는 것으로 나타났으며 종사자

Table 9. Correlation coefficient of indoor pollutant and health check up items

	TVOC	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U		
TVOC	1																							
A Acetone	.974**	1																						
B Benzene	-.214	-.248	1																					
C Isopropanol	.692**	.554**	-.263	1																				
D Toluene	.040	.130	.029	-.195	1																			
E Ethylbenzene	-.096	-.021	.069	-.032	.568**	1																		
F Xylene	-.002	.058	-.096	.081	.532**	.915**	1																	
G GOT	.051	-.058	-.006	.400	-.032	-.101	-.003	1																
H GPT	.372	.283	-.092	.638**	-.145	-.060	-.047	.523**	1															
I r-GTP	.416*	.410*	-.115	.371	.007	.010	.019	.199	.658**	1														
J Hb	.253	.236	-.317	.353	.110	.043	.094	.141	.115	-.138	1													
K Hct	.416*	.385	-.185	.211	.191	-.158	-.107	-.044	-.048	-.125	.673**	1												
L Redblood	.303	.267	.133	.192	.317	-.013	-.090	.033	.156	.014	.167	.435*	1											
M whiteblood	.061	-.017	-.154	.197	-.070	.037	.098	.142	-.004	.061	.150	.272	.063	1										
N Platelet	-.388	-.387	.122	-.229	-.202	-.066	-.037	.296	.073	-.256	-.132	-.377	-.433*	-.245	1									
O DWCMono	-.063	-.173	.047	.021	-.121	-.150	-.170	.033	-.151	-.054	-.313	-.122	.045	.409*	-.111	1								
P DWCSeg	.330	.226	.120	.318	-.316	-.307	-.407*	.121	.186	.091	-.070	.165	.382	.318	-.005	.278	1							
Q DWCEosin	-.051	-.033	-.044	-.057	.228	.125	.056	-.262	.053	-.058	-.342	-.250	-.016	-.273	.030	.186	.012	1						
R DWCLymph	.007	-.032	.041	.073	-.307	-.020	-.032	.249	.134	.178	.108	.041	-.142	.730**	-.135	.216	.241	-.308	1					
S DWCBaso	.104	.178	.140	-.177	.324	.263	.256	-.435*	-.331	-.230	-.322	-.134	.137	-.405*	-.001	.089	-.276	.321	-.603**	1				
T Hippuricacid	-.011	.018	-.060	-.044	.257	-.041	-.018	-.175	-.110	-.155	-.022	.013	.146	-.711**	.140	-.279	-.220	.145	-.979**	.474*	1			
U Methyl hippuricacid	-.188	-.114	.049	-.248	.355	.401	.481*	-.173	-.123	-.148	-.066	-.133	-.208	-.422*	.336	-.177	-.652**	.177	-.473*	.634**	.395	1		

** : $P<0.01$; * : $P<0.05$

들도 악품 냄새를 강하게 감지하고 있지만 이들 물질의 위해성이나 저감방안의 필요성에 대한 인식 수준은 높지 않아 적극적인 저감 및 방지를 위한 노력들은 찾아보기 힘들었다. 그러나 유해물질과 건강검진 항목간의 유의한 상관성은 나타나지 않았는데 이는 네일샵 종사자 대부분이 20~30대, 경력 5년 이하의 젊은 여성으로 유해화학물질 노출에 대한 영향이 적은 것으로 추정되나 향후 지속적인 추적연구가 필요할 것으로 사료된다. 또한 환기에 영향을 크게 미치는 계절별 비교연구가 필요할 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구는 2016년 5월부터 8월까지 광주광역시내 네일샵 10개소의 실내공기 중 VOCs 22종에 대한 조사와 종사자들의 특수건강검진을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 네일샵 실내공기 중 TVOC 농도는 최저 0.487 mg/m³에서 최고 33.236 mg/m³로 나타났고, acetone을 포함한 ketone류가 TVOC 농도의 70.5%, ethanol 등의 alcohol류가 25.4%, ethyl acetate 등의 ester류가 2.6%, formaldehyde 등의 aldehyde류가 0.8%, toluene 등 aromatic류가 0.7%를 차지하는 것으로 나타났다.

2. 네일아트 시술 중의 TVOC 농도를 실내공기 중 농도와의 비율로 살펴보면 평균적으로 1.8배 증가하였고 isopropanol이 3.2배로 가장 높게 증가되는 것으로 나타났다.

3. 네일샵 10개소 모두 실내공기 중 VOCs의 복합 노출지수는 노동부가 고시한 작업환경 측정방법에 따른 노출기준치 1을 초과하지 않았다. 실내공기 중 TVOC 농도와 환경요인의 상관분석 중 스피어만 상관계수에서 1일 고객수와 단조(monotonic) 관계의 유의성($p < 0.01$, $r = 0.682$)이 있는 것으로 나타났으나 나머지 요인들은 유의한 상관성을 보이지 않았다.

4. 종사자 건강검진 결과 검진대상자 34명 중 7명이 조혈기계 검사항목에 대해서 재검사(R)판정을 받아 29.2%가 건강에 이상이 있는 것으로 나타났으며 항목별로는 백혈구수 5명(20.8%), 혈색소 및 혈구용적치 1명(4.2%), 적혈구수 1명(4.2%)이었다.

5. VOCs와 건강검진 항목과의 상관성은 isopropanol

이 GPT 항목과 유의한 수준의 양의 상관성($r = 0.638$, $P < 0.01$)을 나타냈을 뿐 나머지 항목간에는 유의한 상관성이 보이지 않았다.

본 연구결과 네일샵의 실내공기 중 유해물질과 건강검진 항목간의 유의한 상관성은 나타나지 않았지만 휘발성유기화합물이 고농도로 네일샵 실내공기 중에 존재하므로 보다 적극적인 환기 활동과 배기시설 설치 등을 통해 실내공기의 지속적인 관리가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2016년도 환경부 환경분야 시험검사의 국제적 적합성 기반 구축사업과 광주녹색환경지원센터 지원에 의해 완성되었기에 감사드립니다.

References

- Choi YH. Estimation of emission amount and model evaluation of VOCs from the dry cleaning industry. Master's thesis, Kunkook University, Seoul. 2004. p. 3-17
- Cho JA. A study on the working safety recognition and chemical hazard recognition. J. Kor. Soc. Cosm. 2007;13(3):1028-1039
- Choi SJ, Park SE, Yoon CS, Kim SJ. Task-specific hazardous chemicals used by nail shop technicians. Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene 2015;25(2):446-464
- Ha JY. Exposure of organic solvent mixtures and subjective symptoms to nail-shop workers. Graduate School of Public Health Yonsei University, Seoul. 2008. p. 1-18
- IARC. Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1-112. Available from: URL:<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationAlphaOrder.pdf> [accessed 20 November 2015]
- Jang SH. Health hazard assessment of nail art workers in the United States. OSH research brief. 2009;21:67-70
- Jeong J. Study on managing hazardous substances in public hygiene sector. Korea Institute for Health and Social Affairs. Report No. Health promotion study Jeongcheck 11-11. 2011
- KHIDI. Study on the nail and makeup related beauty industry advancement. Ministry for Health, Welfare

- and Family affairs.; 2009. p. 27-31
- Lee IY. Beauty salon, nail shop multi use shop indoor air quality improvement measures needed. National affairs inspection press releases [cited 23 October 2014]. Available from: URL:<https://www.google.co.kr/liyostory.tistory.com/1650>
- Lee GY, Shin TS, Hong SP, Kim KY. Correlation of urinary hippuric acid concentration according to occupational exposure level of toluene and worker's characteristics. *J. Environ. Impact Assess* 2015;24(2):154-162
- Ministry of Government Legislation(MoGL). Industrial safety and health Act, Enforcement rule, Attached table 13. Available from: URL:<http://www.law.go.kr> [accessed 18 January 2015]
- National institute for occupational safety and health (NIOSH). Criteria for a recommended standard-occupational exposure to refined petroleum solvents. DHHS(NIOSH) Pub. NIOSH.; 1977. p. 77-192
- Park JE. Subjective health conditions of workers by organic solvents used in nail shops. Master thesis, Daegu Haany University, Daegu . 2010. p. 12-20
- Park SA. Exposure assessment of occupational hazardous agents for nail salon workers. Doctoral dissertation, Catholic University of Daegu, Daegu. 2013. p. 22-42
- Park SA, Gwak SY, Choi SJ. Assessment of occupational symptoms and chemical exposures for nail salon technicians in Daegu City, Korea. *Journal of Preventive Medicine & Public Health* 2014;47: 169-176
- Park OH, Lee KS, Min KW, Cho GW, Yoon KJ et al. Generating characteristics of VOCs in a commercial laundry shop and the effects on the health of workers. *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene* 2016;26(2):159-169
- U.S.EPA. Protecting the health of nail salon workers; 2007. Available from: URL:<http://www2.epa.gov/saferchoice/protecting-health-nail-salon-workers-0>[accessed 21 November 2015]
- Yang JH, Cho JA. A consideration on the influence of harmful chemicals contained in nail-care products on the human body. *J. Kor. Soc. Cosm.* 2008;14(2): 535-543