

일부 종합병원 조직검사실에서의 포름알데히드 노출에 관한 연구

서울대학교 보건대학원 환경보건학과

박 지 영 · 정 문 식

— Abstract —

A Study on Worker-Exposure to Formaldehyde in Some Histological Laboratories of Hospitals

Jiyoung Park, Moonshik Zong

Department of Environmental Health, School of Public Health, Seoul National University

This Study was conducted at nine Histological Laboratories in the hospitals located in Seoul from August 20 to October 10, 1996.

The main purpose of this study was to assess the TWA & STEL exposure to formaldehyde and to evaluate factors affecting formaldehyde concentration in Histological Laboratory.

With evaluated factors, proper improvement strategy to minimize exposure was suggested. The results are summarized as follows ;

1. The TWA concentrations of the personal samples ranged from 0.02 to 3.86 ppm and that of one laboratory out of nine was exceeding 0.75 ppm, USA OSHA standard.

The TWA concentrations of the area samples ranged from 0.08 ppm to 1.49 ppm and those of three laboratories out of nine were exceeding OSHA standard.

2. When measurement was conducted on the working tables, around Formaldehyde vessel, fixation container and storage cabinet, the geometric means of TWA concentrations were 0.62 ppm, 0.64 ppm, 0.58 ppm and 0.37 ppm respectively.

3. When overnight fixed specimens were examined, the STEL concentrations of personal samples ranged from 0.59 ppm to 5.01 ppm, those of three laboratories out of nine were exceeding 2 ppm, OSHA standard and the STEL concentrations of area samples ranged from 0.31 ppm to 3.08 ppm, those of four laboratories from nine were exceeding OSHA standard.

4. Factors affecting Formaldehyde exposure level were sanitation state of laboratory, volume of the room and opening state of fixation container & formaldehyde vessel($p < 0.05$).

Key Words : Formaldehyde, Histological laboratory, Exposure, TWA concentration, STEL concentration

I. 서 론

포름알데히드는 각종 합성수지의 원료, 계면활성제, 농약, 염료, 폭약, 식품, 피혁 등에 다양하게 이용되며(장미와 김현옥, 1996), 특히 병원에서는 소독제, 살균제, 조직의 고정액으로 이용되고 있다.

사람이 포름알데히드에 단기간 노출되면 눈, 코, 기관지에 심한 자극을 느끼며 두통, 어지러움, 눈물을 야기하고(이규태, 1993), 장기간 노출된 경우 피부에는 알레르기성 접촉성 피부염 및 습진을, 호흡기계에는 기침, 가래, 천식, 만성 기관지염 등의 폐쇄성 폐증상을 일으키며, 생식기계에 대한 영향으로 자연유산과 저체중아 출산, 임신중독증 등을 유발하게 된다(정규철, 1994). 또한 동물실험 결과 발암성(Godish, 1991)을 지니고 있다고 밝혀졌으며, 만성적으로 포름알데히드에 노출된 사람에서 구강암과 다발성골수종, 비강암과 부비강암의 이환율이 높다고 보고된 바 있다(이광목, 1995).

한편 미국정부산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH)의 TLV(Threshold Limit Value) 위원회에서는 포름알데히드를 1981년 발암성추정물질(Suspected Carcinogen, A2)로 제안한 이래 계속 그 기준을 낮추어 왔으며, 1989년 동물실험과 역학조사를 기초로 발암성 추정물질로 규정하고 천장값(Ceiling)을 0.3ppm(ACGIH, 1996)으로 하여 현재에 이르고 있다. 또 미국산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)에서는 잠재적 발암성 추정물질(Potential Occupational Carcinogen)로 시간 가중 평균치(Time Weighted Average, TWA)는 0.016ppm, 천장값은 0.1ppm으로 더 낮게 권고(NIOSH, 1994)하고 있으며, 1992년 미국산업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration, OSHA)에서는 허용기준을 시간 가중 평균치 0.75ppm, 단시간 노출 허용농도(Short Term Exposure Limit, STEL) 2ppm(OSHA, 1989)으로 낮추었다. 우리나라에서는 산업안전보건법상 발암성 추정물질로 되어 있으며, 특정화학물질 제 3류로 시간 가중 평균치 1ppm, 단시간 노출 허용농도 2ppm, 천장값

2ppm으로 규제하고 있다(노동부, 1991).

병원에서 포름알데히드에 노출이 이루어지는 곳은 조직검사실로 이곳에서는 조직표본을 만드는 일련의 과정 중 수술실이나 조직검사실에서 포르말린에 담겨져 오거나 하루동안 포르말린에 담가 고정시킨 조직들을 욕안으로 대강의 검사를 통해 병소부위를 절단하고, 남은 조직은 다시 포르말린에 담가 보관하는 과정이 이루어지고, 남은 조직을 약 2개월간 보관하는 보관장이 있어, 이곳에서 작업하는 의사들과 병리사들이 하루 중 일정시간씩 포름알데히드에 노출되고 있다.

이러한 노출을 줄이기 위해서는 우선 노출의 평가가 선행되어야 할 것이나 현재 우리나라에서는 병원의 조직검사실에서의 포름알데히드에 대한 노출평가가 미흡한 실정이며, 그 독성에 대한 올바른 인식조차 되어 있지 않은 상태이다. 따라서 병원의 조직검사실에서의 사용하는 포름알데히드에 대한 정확한 작업환경평가를 통해서 포름알데히드에의 노출 실태를 파악하고 그 결과를 토대로 작업환경에 대한 적절한 관리 및 개선대책을 수립하는 것이 요망된다.

따라서 본 연구는 일부 종합병원의 조직검사실을 대상으로 공기 중 포름알데히드의 농도를 측정하여 의사와 병리사들의 노출실태를 평가하고, 포름알데히드의 노출에 영향을 미칠 것으로 예상되는 환경요인과 공기 중 포름알데히드 농도와의 상관관계를 분석하여 노출을 줄일 수 있는 개선대책을 제시하고자 시도하였다.

2. 연구대상 및

1) 연구대상

본 연구는 1996년 8월 20일 부터 10월 10일까지 서울지역에 위치한 종합병원 9개소의 조직검사실을 대상으로 실시되었다.

9개 병원 조직검사실의 일반 현황은 표 1과 같으며, 병원의 규모에 따라 의사 1인이 작업하거나 병리사 1인과 함께 하는 경우가 대부분이었고 작업대는 거의 1대를 갖추고 있으나 큰 규모의 병원은 2대 이상을 비치해 작업량이 많은 날은 2인 이상의 의사가 검사에 참여하였다. 조직검사실은 모두 지상에 위치해 창문을 열어놓거나 혹은 다른 공간과 연결된 문을 열어놓고 작업하고 있어 밀폐된 검사

Table 1. General States of Histological Laboratoris

Hospital	No. of Workers	No. of Working Tables	Location (floor)	Volume (m ³)	Use Amount of Formalin (l/month)	Capture Velocity of Local Ventilation(m/s)	Working Period (hour)
A	2	2	3	137.8	60	0.237	8-9
B	2	1	2	17.8	8	0.322	2-3
C	4	3	3	91.5	40	0.191	8-9
D	2	1	1	97.8	20	없음	3-4
E	2	1	2	49.0	15	없음	2-3
F	2	2	5	80.2	22	0.235	6-7
G	2	1	2	62.4	35	0.220	4-6
H	1	1	6	49.9	4	0.197	1-3
I	2	1	1	20.8	5	0.254	2-3

실은 없었다. 포르말린의 사용량은 병원의 규모에 따라 다양했으며, D와 E 병원을 제외하고는 국소 환기장치가 장착된 작업대를 사용하고 있었고, 그 포집속도는 병원마다 크게 차이가 없었다. 하루 중 조직검사실에서 일하는 시간은 그날의 수술건수와 조직검사 건수에 따라 달랐으며 대체로 월요일이나 토요일은 작업량이 적고, 목요일이나 금요일에 많았다.

2) 연구방법

(1) 공기 중 시료의 채취 및 분석

시료의 채취와 분석은 Passive Bubbler Kit (SKC Inc.)를 이용하여 진행하였다. 이는 0.05 %의 3-methyl-2-benzothiazolinone hydrazone hydrochloride(MBTH) 5 ml가 담긴 vial에 포름알데히드의 확산속도를 일정하게 유지해주는 Knudsen diffusion disk를 장착해 시료를 포집한 후 0.6 % ferric chloride와 1.6 % sulfamic acid로 산화·발색시킨 후 비색계를 이용하여 628 nm에서 흡광도를 측정, 포름알데히드의 농도를 구하는 것이다(ASTM, 1990 ; Kollaman, 1994).

시간 가중 평균치를 구하기 위해 개인시료는 조직검사실에서 작업하는 의사와 병리사를 대상으로 하루 근무시간, 즉 8시간 동안 호흡기 영역인 왼쪽 가슴 부근에서 채취하였고, 장소시료는 주요 노출 원인으로 예상되는 작업대 위, 보관장 앞, 포르말린 용기 주변, 조직고정 용기 주변에서 8시간 동안 채취하였다.

그리고 고농도의 노출이 예상될 때, 즉 하루동안 포르말린에 고정된 조직을 꺼내어 검사하는 동안 개인시료는 호흡기 영역에서, 장소시료는 작업대 위에서 단시간 동안(15분간) 동시에 각각 채취하였다.

(2) 작업환경의 평가

포름알데히드의 노출수준에 영향을 미치는 요인을 찾아내기 위하여 다음과 같은 사항들을 조사하였다.

① 조직검사실의 일반 상태

검사실의 체적과 위치, 작업대의 수, 작업자의 수를 조사하고, 하루중 작업기간이 얼마나 되는지를 알아보았다. 또한 검사실내에서 이루어지는 작업들과, 배치상황과 함께 보관장의 개폐여부, 보관하고 있는 조직의 양, 조직을 고정할때 사용하는 용기의 개폐여부와 한달간 사용하는 포르말린의 양과 그 용기의 개폐여부를 파악하고, 더불어 검사실내의 위생상태를 청소상태와 작업대위의 정리상태, 보관조직이나 고정조직을 배치한 정도를 고려하여 0에서 4까지 점수화하여 평가하였다.

② 환기 상태

작업대에 국소배기장치가 장착되어 있는지 여부와 그 포집속도를 velometer (ALNOR, USA)를 이용하여 측정하였다.

③ 온도와 습도

Hygrometer를 이용하여 전체 작업시간동안 2시간마다 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

1) 조직검사실의 공기 중 포름알데히드의 노출 농도 분포 및 평가

일반적으로 작업환경 중 유해물질의 농도분포는 정규분포보다는 대수정규분포(lognormal distribution)를 하는 것으로 알려져 있다(ACGIH, 1989). 그림 1은 연구대상 조직검사실의 개인시료와 장소시료의 시간 가중 평균치를 대수누적분포로 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 본 연구에서도 포름알데히드의 농도분포가 근사적으로 대수정규분포를 하고 있음을 알 수 있다. 따라서 개인시료와 장소시료의 포름알데히드 평균 농도는 기하평균으로 평가하였다.

본 연구의 조사대상 사업장에서 측정된 공기 중 포름알데히드의 농도를 표 2에 나타내었다. 표 2는 병원의 조직검사실별로 검사에 참여하는 의사와 병리사에 대한 포름알데히드 농도의 실측 시간 가중 평균치를 구한 것이며, 작업대 위, 보관장 앞, 고정 용기 주변과 포름알데히드 용기 주변에서 포집한 장소시료에 대한 포름알데히드 농도의 실측 시간 가중 평균치를 구한 것이다. 각 조직검사실의 평균농도는 기하평균으로 계산하였다.

개인시료의 경우 TWA 농도 값이 0.02 ppm에서 3.86 ppm까지 다양하게 나타났으며, 미국산업안전보건청 (OSHA)의 허용기준농도인 0.75 ppm와 우리나라 노동부 허용기준농도인 1.0 ppm을 초과하

는 곳은 F병원 한 곳으로 나타났으며, 대개는 직접 조직을 다루는 의사들의 노출농도가 더 높았으나 병원별로 작업의 특징상 병리사들의 노출농도가 더 높은 곳도 있었다.

장소시료의 경우는 전체 평균 농도 0.61 ppm, 범위는 0.08 ppm에서 1.49 ppm까지로 미국산업안전보건청 (OSHA)의 허용기준농도를 초과하는 병

Table 2. TWA Concentrations of Formaldehyde by Hospital : Personal and Area Samples (unit : ppm)

Hospital	Personal Sample	Area Sample
A	0.33 (0.16-0.68)	0.42 (0.40-0.50)
B	0.06 (0.04-0.07)	0.76 (0.47-1.10)
C	0.33 (0.25-0.44)	0.52 (0.28-0.72)
D	0.30 (0.11-0.53)	0.39 (0.25-0.50)
E	0.38 (0.36-0.41)	0.55 (0.27-0.89)
F	1.23 (0.52-3.86)	0.62 (0.31-1.49)
G	0.42 (0.28-0.63)	0.79 (0.53-1.34)
H	0.04 (0.02-0.06)	0.25 (0.08-0.78)
I	0.19 (0.18-0.19)	0.75 (0.19-1.25)
Geometric Mean	0.31	0.61

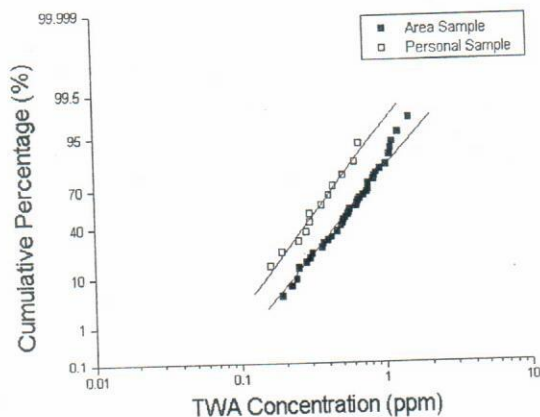


Fig. 1. Cumulative Distribution of Formaldehyde Concentrations by Type of Samples.

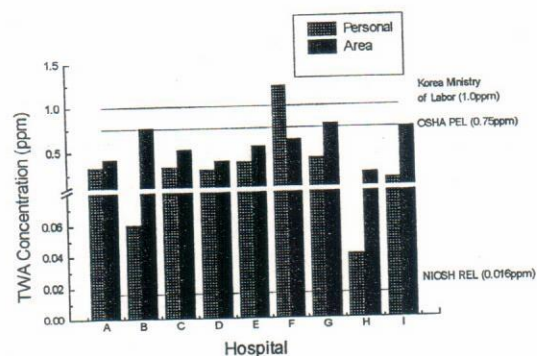


Fig. 2. TWA Concentrations of Formaldehyde by Hospital.

원은 B, G 및 I 세군데로 나타났으며, 감시농도 (Action Level)인 0.5 ppm을 초과하는 곳은 C, E 및 F병원까지 하여 총 6군데였다.

장소시료의 경우 계속 노출이 지속되는 검사실내

에서 8시간 동안 측정 한 것이며, 개인시료의 대상이 되는 의사나 병리사는 계속 검사실에 있는 것이 아니라 하루 일정시간만 검사실에 머물게 되므로 농도가 장소시료의 값보다 낮게 나타난 것으로 보인다.

Table 3. TWA Concentrations of Formaldehyde by Main Exposure Site (unit : ppm)

Hospital	Exposure Site			
	Working Table	Storage Site	Formalin Vessel	Fixation Container
A	0.42 (0.37-0.50)			0.40 (0.35-0.46)
B	0.86 (0.37-1.71)	1.10 (0.89-1.32)	0.47 (0.28-0.78)	
C	0.61 (0.51-0.69)	0.28 (0.15-0.37)	0.72 (0.54-0.89)	
D	0.49 (0.36-0.68)	0.25 (0.21-0.30)	0.50 (0.47-0.54)	0.37 (0.22-0.64)
E	0.27 (0.24-0.30)	0.62 (0.50-0.78)	0.63 (0.51-0.77)	0.89 (0.85-0.94)
F	0.54 (0.39-0.78)	0.31 (0.18-0.34)	1.49 (1.20-1.65)	
G	1.34 (0.89-2.63)	0.53 (0.43-0.66)	0.62 (0.36-1.12)	
H	0.78 (0.75-0.82)	0.08 (0.07-0.08)		
I	0.95 (0.30-1.27)	0.19 (0.17-0.21)	1.10 (0.83-1.37)	1.25 (1.14-1.35)
No. of Samples	9	8	8	3
Geometric Mean	0.62	0.37	0.64	0.58

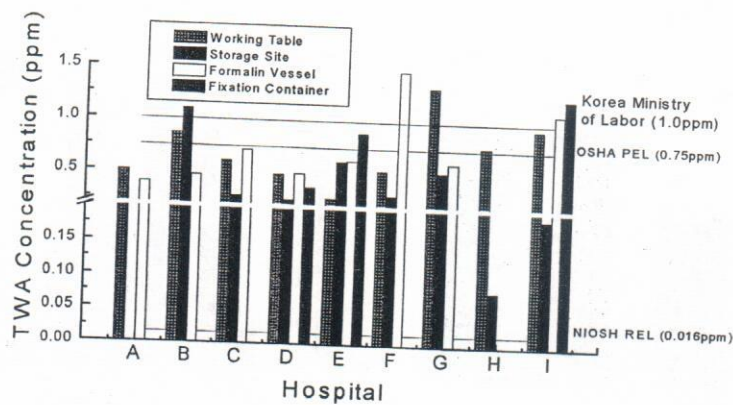


Fig. 3. TWA Concentrations of Formaldehyde by Main Exposure Site of Hospital.

표 3과 그림 3은 포름알데히드 주요 노출원별로 장소시료 농도를 제시한 것으로 B, G, H 및 I병원의 경우 작업대에서 그 농도가 미국산업안전보건청(OSHA)의 허용기준을 초과하고 있으며, 포르말린 용기 주변에서의 농도는 F와 I병원이 그 농도가 허용기준보다 높게 나타났는데, 이들 병원은 포르말린 용기의 마개를 열어놓은채로 작업하고 있었다. 고정 용기 주변의 농도는 E, I병원에서 허용기준보다 높게 나타나고 있는데, I병원의 경우는 마개를 하지 않은채로 조직을 고정시키고 있었다. 보관장에서의 농도는 대체적으로 허용기준 이하로 나타나고 있으나, B병원만이 이례적으로 높게 나타났다.

그림 4는 9개 병원 주요 노출원별로 장소시료의 시간 가중 평균치를 기하평균한 것으로 조직검사실의 전체적인 공기농도에 기여하는 경향을 알아볼 수 있다. 그림에서 보느바와 같이 주된 작업이 이루어지는 작업대와 수시로 포르말린 용액이 공기중으로 노출되는 포르말린 용기 주변, 고정용기 주변이 보관장 주변보다는 검사실 내 포름알데히드의 주요 노출원으로 나타났다.

표 4와 그림 5는 고농도 노출이 예상되는 하루동안 고정한 조직을 꺼내고 검사하는 단시간동안 작업대에서와 의사와 병리사에서 측정한 시료의 농도를 제시한 것이다.

개인시료의 경우 0.59 ppm에서 5.01 ppm까지의 농도범위를 나타내고 있으며, C, E 및 I병원에서 OSHA의 허용기준농도를 초과하여 각각 3.53 ppm, 3.41 ppm, 3.61 ppm을 나타냈다. 장소시

료의 경우 기하평균 1.42 ppm으로 1.88 ppm을 나타내는 개인시료의 농도보다 낮고, 전체적으로 0.31 ppm에서 3.08 ppm의 범위를 나타내며, B, D, E 및 I병원에서 OSHA의 허용기준농도보다 높게 나타났다.

Table 4. STEL Concentrations of Formaldehyde by Hospital : Personal and Area Samples (unit : ppm)

Hospital	Personal Sample	Area Sample
A	0.74 (0.59-0.94)	0.43 (0.31-0.54)
B	0.51 (0.36-0.75)	3.01 (2.91-3.08)
C	3.53 (2.49-5.01)	0.87 (0.54-1.19)
D	1.72 (1.43-2.05)	2.14 (2.01-2.36)
E	3.41 (0.75-4.28)	3.24 (2.83-3.70)
F	0.96 (0.61-1.81)	1.73 (1.21-2.10)
G	1.43 (1.04-2.02)	0.97 (0.81-1.16)
H	1.06 (0.81-1.23)	1.10 (0.74-1.43)
I	3.61 (3.41-3.82)	2.97 (2.08-4.24)
Geometric Mean	1.88	1.42

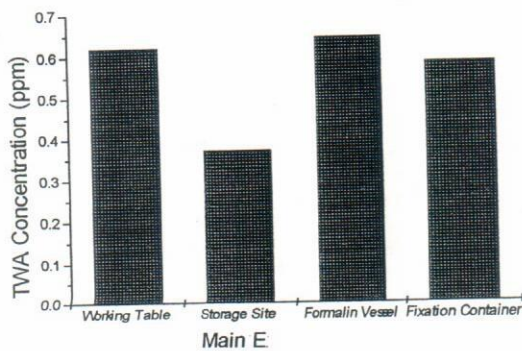


Fig. 4. TWA Concentrations of Formaldehyde by Main Exposure Site.

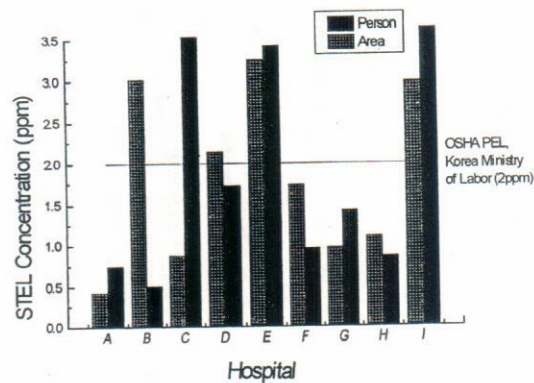


Fig. 5. STEL Concentrations of Formaldehyde by Hospital.

Table 5. Result of ANOVA Test for Identifying Factors Affecting TWA Concentrations of Area Samples

Type of Sample	Formaldehyde Concentrations by Hospital (ppm)									p-value
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
Personal Sample	0.33	0.06	0.33	0.30	0.38	1.23	0.42	0.04	0.19	
Area Sample	0.42	0.76	0.52	0.39	0.55	0.62	0.79	0.25	0.75	
Volume(m ³)	137.8	17.8	91.5	97.8	49.0	80.2	62.4	49.9	20.8	0.046
Sanitation(score)	2	3	2	4	2	0	1	2	1	0.028
Closure of fixation container	yes	yes	yes	yes	yes	no	no	yes	no	0.008
Closure of formalin vessel	yes	no	yes	yes	yes	no	no	yes	no	0.035
Closure of storage cabinet	no	yes	no	no	no	yes	no	no	yes	0.151
Amount of stored specimen(case)	500	1500	400	1600	3000	500	2500	1500	175	0.410
Capture velocity of local ventilation(m/s)	0.24	0.32	0.19	0	0	0.24	0.22	0.20	0.25	0.227

2) 포름알데히드 노출 농도에 영향을 미치는 요인

(1) TWA 노출 농도에 영향을 미치는 요인

포름알데히드에의 노출을 효율적으로 제어하기 위해서는 조직검사실에서 공기 중 농도에 영향을 미치는 요인들을 분석하는 것이 우선되어야 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 개인의 노출수준에 영향을 줄 수 있는 인자로서 검사실의 체적과 위생상태, 고정용기의 개폐여부, 포르말린 용기의 개폐여부, 보관장의 개폐여부, 보관조직의 양, 국소환기정도를 선정하여 각각의 요인에 대하여 개인시료와 장소시료의 농도를 분류하여 일원분산분석으로 통계분석을 실시하였다.

분석결과 각 요인들이 장소시료에 대해서만 유의한 영향요인으로 나타나 표 5에는 장소시료에 대한 분석결과만을 제시하였다. 각 요인에 따른 환경조건과 p-value이다.

① 조직검사실의 체적

검사실의 체적은 17.8 m³ 부터 137.8 m³까지 나타났다. 분산분석은 80 m³이하와 그 이상의 체적을 가진 검사실, 두 부류로 나누어 실시하였다. 장소시료와 개인시료에서 0.046, 0.324의 p-value를 나타내어 장소시료에서만 80 m³이하의 체적을 지닌

검사실에서 포름알데히드의 공기 중 농도가 그 이상의 체적을 지닌 검사실에서 농도보다 높게 나타났다(p < 0.05). 개인시료에서는 평균값의 차이가 있음에도 불구하고 그 분산이 크게 나타나 그것이 유의한 결과가 되지는 못하였다.

조사가간이 여름철이어서 건물 전체에 냉방시스템이 가동됨과 더불어 대부분의 검사실이 창문과 문을 열어놓고 있어 전체 환기량을 크게 증가시켜 공기 중 포름알데히드의 농도를 줄이는 요인으로 작용하였다.

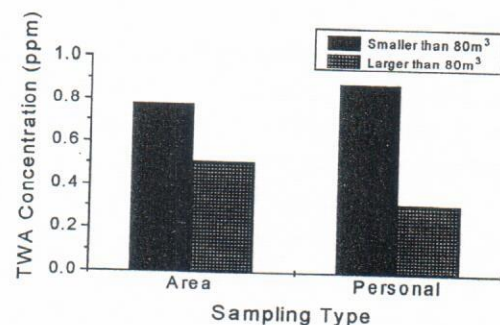


Fig. 6. TWA Concentrations of Formaldehyde in Personal and Area Samples by Volume of Room.

그러므로 문을 닫아놓고 난방시스템을 가동하는 겨울철에는 그 농도가 더욱 높아질 것으로 예상된다.

② 검사실의 위생상태

조직검사를 전후하여 작업대를 깨끗이 정리하여 남아있는 포르말데히드를 제거하는 것과 검사가 끝난 조직은 밀봉하여 보관장에 넣어두는 것, 고정을 위해 사용된 고정판을 깨끗이 물로 닦아 정돈하여 두는 일, 고정해야 할 조직들은 고정용기에 담아 두는 일, 검사실 전반에 걸친 청결여부는 공기 중 포르말데히드의 농도수준에 영향을 줄 수 있을 것으로 예상하고, 위생상태 0점과 1점은 불량한 것으로, 그 이상은 양호한 것으로 보아 장소시료와 개인시료에 대하여 분산분석을 실시하였다.

그림 7에서 보는 바와 같이 장소시료에 대해서만 위생상태가 불량한 경우 양호한 경우보다 포르말데히드의 공기 중 농도수준이 높게 나타났다($p < 0.05$).

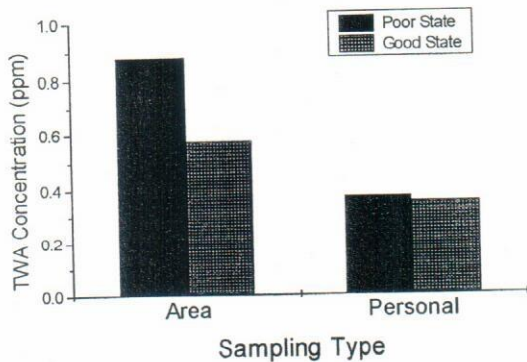


Fig. 7. TWA Concentrations of Formaldehyde in Personal and Area Samples by Sanitation State.

③ 고정용기의 개폐여부

수술후 인체에서 적출된 장기들은 하루동안 포르말린 용액에 담가 고정하는 과정을 거친 후 육안검사가 실시되고, 고정되어 있지 않은 생검조직들도 포르말린에 몇시간 동안 담아두게 되는데, 이 과정에서 고정용기를 마개로 닫는지 여부에 따라 공기 중 포르말데히드 농도와 분산분석을 실시하였다.

장소시료와 개인시료에서 각각 0.008, 0.186의 p-value가 나와 장소시료에서만 마개를 닫지 않은 검사실의 농도가 그렇지 않은 검사실의 농도보다 높게 나타났다($p < 0.05$). 개인시료는 두 경우의 평균

값의 차이가 크기는 하지만 용기의 마개를 열어놓은 경우 그 농도값의 분산이 크기 때문에 유의한 결과로 나타나지는 않았다.

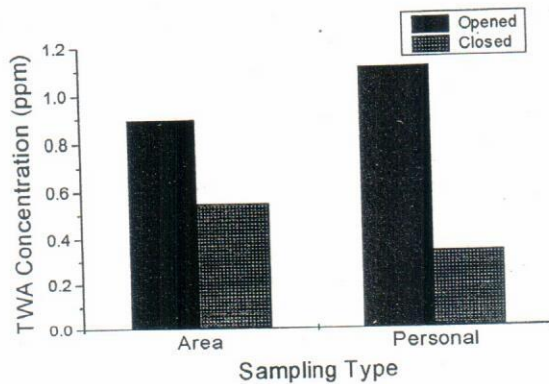


Fig. 8. TWA Concentrations of Formaldehyde in Personal and Area Samples by Opening State of Fixation Container.

④ 포르말린 용기의 개폐여부

포르말린 용기는 조직검사실내 포르말데히드 오염의 주된 원인이라 할 수 있는데, 이 용기는 대개의 병원에서 밀폐되어 있었으나, B, F, G 및 I병원에서는 마개를 열어놓고 사용하고 있었다.

장소시료에서만 마개를 열어놓고 사용하는 검사실에서의 포르말데히드의 농도가 닫아놓고 사용하는 곳의 농도보다 높게 나타났다($p < 0.05$).

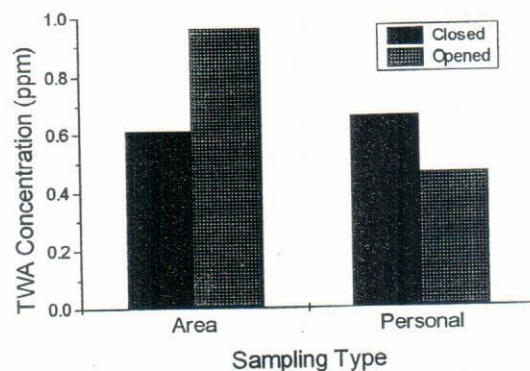


Fig. 9. TWA Concentrations of Formaldehyde in Personal and Area Samples by Opening State of Formalin Vessel.

⑤ 보관장의 개폐여부

검사가 끝난 조직들은 포르말린 용액에 담긴채로 플라스틱 용기에 넣어 마개를 닫은 후 장에 넣어 약 2개월간 보관을 하게 되는데, 대부분의 병원에서는 open system의 보관장을 사용하고 있었고, B, F 및 I병원만이 closed system의 보관장을 사용하고 있었다. 이에 따른 공기중 포름알데히드의 노출농도는 두 경우에 차이가 없는 것으로 나타났다.

⑥ 보관조직의 양

보관조직의 양은 적게는 175 건에서 많게는 3000 건까지 나타났으며, 이를 200 건 이하와 200 건에서 1000 건 사이, 1000 건 이상의 경우로 나누어 공기 중 포름알데히드의 농도와 상관관계를 살펴보았으나 장소시료와 개인시료에서 모두 차이가 없었다.

⑦ 국소환기의 정도

대개의 병원에서는 작업대에 국소환기 장치가 장착되어 있었지만 D, E병원의 경우는 국소환기장치 없이 병원 전체에서 제공되는 전체환기에만 의존하고 있는 실정이었고, 국소환기장치가 장착된 병원에서도 그 포집속도를 측정해본 결과 0.191 m/s에서부터 0.322 m/s까지 나타나 보통 검사실과 같은 환경에서 국소환기의 포집속도는 0.25 m/s에서 0.50 m/s 사이의 값으로 설정(ACGIH, 1995)되어 있는 것이 비하면 이를 만족하는 병원은 B와 I 병원에 지나지 않는다.

이를 국소환기속도에 따라 0 m/s, 0-0.2 m/s, 0.2 m/s이상으로 나누어 살펴본 결과 공기 중 포름알데히드의 농도에 유의한 차이를 나타내지 않았으며, 국소환기 장치 유무에 따라 살펴보았을 때도 차이는 나타나지 않았다. 이로 보아 본 연구에서 나타난 범위의 포집속도로는 공기 중 포름알데히드의 노출농도에 별 영향을 미치지 않는 것으로 보인다.

이상의 분석에서 포르말린의 노출 농도에 영향을 주는 것으로 나타난요인들이 장소시료에 대해서만 영향을 미치는 것은 개인시료의 대상자가 되는 의사나 병리사들은 병원에 따라 차이가 있기는 하지만 하루의 근무시간 전체동안 조직검사실에 머무는 것이 아니라 일정 시간씩만 출입하게 되므로 이들의 포름알데히드에 대한 노출정도는 이러한 환경요인보다는 작업시간의 길이에 따라 영향을 받는 것으로 보이며, 실제 작업시간과 개인의 노출정도를 분산분석 한 결과 작업시간이 4시간 미만인 경우와 그 이상인 경우

의 평균 TWA 농도 값이 0.26 ppm과 0.85 ppm으로 나타났으나, 4시간 이상 작업하는 경우의 분산이 커서 유의한 차이로 나타나지는 않았다.

(2) STEL 노출 농도에 영향을 미치는 요인

하루동안 포르말린 용액에 담가 고정시킨 조직을 꺼내고 검사하는 단시간 동안 이루어지는 고농도 노출에 영향을 줄 수 있는 요인으로 국소환기정도를 예상하였다.

국소환기의 포집속도를 0 m/s, 0-0.2 m/s, 0.2 m/s이상으로 나누어 공기 중 포름알데히드의 농도와 분산분석을 실시한 결과 장소시료와 개인시료에서 p-value가 각각 0.991과 0.850으로 나타나 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 1996년 8월 20일부터 10월 10일까지 서울 지역에 위치한 종합병원 9개소의 조직검사를 대상으로 공기 중 포름알데히드의 노출을 조사하고, 포름알데히드의 공기 중 농도에 영향을 미치는 요인들을 조사, 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 공기 중 포름알데히드의 농도는 대수정규분포하고 있었으며, 개인시료의 경우 TWA 농도 값이 전체 평균 농도 0.31 ppm으로 0.02 ppm에서 3.86 ppm까지 다양하게 나타났으며, 미국산업안전보건청 (OSHA) 의 허용기준농도인 0.75 ppm을 초과하는 곳은 한 곳으로 나타났다.

장소시료의 경우는 전체 평균 농도 0.61 ppm, 범위는 0.08 ppm에서 1.49 ppm까지로 미국산업안전보건청 (OSHA)의 허용기준농도를 초과하는 병원은 세군데로 나타났다.

2) 포름알데히드의 주요 노출원이 되는 작업대위와 포르말린 용기 주변, 고정용기 주변, 보관장 주변에서 측정한 장소시료 농도는 기하평균치가 각각 0.62 ppm, 0.64 ppm, 0.58 ppm, 0.37 ppm으로 미국 산업안전보건청 (OSHA)의 허용기준을 초과하는 곳은 없었으나 네군데 병원의 경우 작업대에서 그 농도가 OSHA의 허용기준을 초과하고 있으며, 포르말린 용기 주변에서의 농도는 두 병원에서 허용기준보다 높은 농도를 보였다. 고정용기 주변의 농도는 두곳에서 허용기준을 초과하고 있으며 보관

장에서의 농도는 대체적으로 허용기준 이하로 나타나 조직검사실의 포름알데히드의 주요 노출원은 작업대와 포르말린 용기 주변, 고정용기 주변으로 나타났다.

3) STEL 값은 개인시료의 경우 전체 기하평균 1.88 ppm으로 0.59 ppm에서 5.01 ppm까지의 농도범위를 나타내고 있으며, 세곳에서 OSHA의 허용기준농도를 초과하여 각각 3.53 ppm, 3.41 ppm, 3.61 ppm을 나타냈다. 장소시료의 경우 전체 기하평균 1.42 ppm으로 0.31 ppm에서 3.08 ppm의 범위를 나타내며, 네곳에서 OSHA의 허용기준농도를 초과하였다.

4) 작업시간동안 공기 중 포름알데히드의 농도에 영향을 미치는 요인으로서는 고정용기와 포르말린 용기의 개폐여부와, 위생상태, 검사실의 체적등이 있다($p < 0.05$).

REFERENCES

장미, 김현옥 : 능동포집과 확산포집법에 의한 일부합판제조업의 공정별 포름알데하이드 농도 비교, 한국산업위생학회지 1996;6(1):17-27

이규태 : 포름알데하이드에 노출된 근로자들의 자각증상에 관한 연구, 서울, 연세대학교 보건대학원, 1993

정규철 : 산업독성편람, 서울, 신평출판사, 1994, 442-445

노동부 : 유해물질의 허용농도, 노동부 고시 제 91-21호, 1991

이광목 : 포름알데하이드, 대한산업보건협회 21-23, 1995

T. Godish : Indoor Air Pollution Control, Michigan, Lewis Publishers, 1991, 37-41

American Conference of Governmental Industrial Hygienists : Threshold Limit Value & Biological Exposure Indices for 1995-1996, Ohio, ACGIH, 1995-1996, 26-34

National Institute for Occupational Safety and Health : NIOSH Manual of Analytical Methods 4th ed. Method No. 3500, Ohio, NIOSH, 1994

Occupational Safety and Health Administration : Analytical Method Manual ID.52, Utah, OSHA, 1989

American Society of Testing of Materials : ASTM D 5014-89 Standard Test Method for Measurement of Formaldehyde in Indoor Air (Passive Sampler Methodology) in 1991. Annual Book of ASTM Standards vol.11.03 Atmospheric Analysis : Occupational Health and Safety, Philadelphia, ASTM, 1990

J.R. Kollman : Field Evaluation of a Diffusive Sampler for Monitoring Formaldehyde in Air : A Comparison of Methods. Applied Occupational Environmental Hygiene 1994;9(4):262-266

American Conference of Governmental Industrial Hygienists : Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric contaminants 7ed, Ohio, ACGIH Inc, 1989, 74-75

American Conference of Governmental Industrial Hygienists : Industrial Ventilation 22nd ed, Ohio, ACGIH Inc, 1995, 123-124