

배기형 해부테이블과 급배기 장치를 설치한 해부실습실의 포름알데히드 농도 평가

서제훈¹, 현종아¹, 오민광¹, 김지영¹, 김용대², 김동운³, Alfreda Stadlin¹, 손현준¹, 이은영¹

¹충북대학교 의과대학 해부학교실, ²예방의학교실, ³내과학교실

(2016년 6월 22일 접수, 2016년 8월 12일 수정접수, 2016년 8월 18일 게재승인)

간추림 : 해부실습을 위한 시신의 방부처리에 사용하는 포름알데히드는 인체에 유해하다. 국내외에서는 산업 현장에서 근로자들의 건강을 보호할 목적으로 포름알데히드의 허용농도를 규정 또는 권고하고 있다. 고용노동부의 시간가중평균농도(time weighted average, TWA)의 허용범위는 0.5 ppm (0.75 mg/m³) 이하이고 단시간노출농도(short term exposure limit, STEL)는 1 ppm (1.5 mg/m³) 이하이며 미국과 유럽의 TWA는 0.3~2 ppm 사이이다. 이 연구는 배기형 해부테이블과 급배기 장치를 설치한 해부실습실에서 포름알데히드의 공기 중 농도를 측정하여 국내의 포름알데히드 기준 농도와 비교하였다. 배기형 해부테이블은 elevated dissection table을 채택하여 10대를 설치하였고, 급배기 장치는 천장에 급기구 18개와 해부실습실 양쪽 벽면 아래쪽에 배기구 5개씩 10개를 설치하였다. 포름알데히드 농도 측정은 이동식 측정기인 Formaldemeter로 바닥에서 1.5 m 높이에서 실내 5부위와 시신 바로 위에서 측정하였다.

해부실습실 실내 5부위의 포름알데히드 평균농도는 0.31 ppm (0.45 mg/m³)이었고, 0.21~0.41 ppm (0.26~0.51 mg/m³)의 분포를 보였다. 시신 바로 위에서의 포름알데히드 평균농도는 0.45 ppm (0.56 mg/m³)이었고, 0.31~0.64 ppm (0.39~0.80 mg/m³)의 분포를 보였다. 포름알데히드의 TWA는 5시간 기준으로 해부실습실 실내가 평균 0.19 ppm (0.24 mg/m³)이었고, 0.13~0.26 ppm의 분포를 보였다. 시신 바로 위의 TWA는 평균 0.28 ppm (0.35 mg/m³)이었고, 0.19~0.40 ppm의 분포를 보였다. 배기형 해부테이블과 급배기 장치를 설치한 해부실습실은 고용노동부의 포름알데히드 농도 기준을 충족하였고, 대부분의 외국 기준도 충족하는 수준이었다. 이 연구는 국내 의과대학의 해부실습실 환경 개선 선도 모델의 첫 공기 질 평가로서 다른 의과대학 해부실습실의 공기 중 포름알데히드 농도의 기준값으로 활용될 뿐만 아니라 환경 개선 공사를 위한 설계 및 시공의 참고자료로 활용될 것으로 기대된다.

찾아보기 낱말 : 해부, 카데바, 환기, 공기질, 고용노동부, 기준

서 론

해부학(anatomy)은 의학을 공부하는 학생이 필수적으로

이수해야 하는 의학 학습의 기초 과목이다. 해부학은 복잡한 인체 구조를 효율적으로 익히기 위하여 공간적 개념을 계통별, 부위별로 체계화한 학문이다. 해부학 교육의 수업 성과를 이루기 위한 가장 확실하고 효율적인 방법이 해부 실습이다. 사람 해부실습은 실습 준비가 번거롭고 실습에 많은 시간이 걸리는 단점이 있지만, 모형이나 동영상 시청을 통해서 인체의 복잡한 구조, 다양한 변이 및 정교한 질감까지 완벽하게 재현할 수 없기 때문에 사람 해부실습이 중요하다.

원활한 사람 해부실습이 이루어지기 위해서는 기증된

*해부실습실 환경개선공사는 2015년도 실험실 안전환경 시범 선도모델 사업의 지원에 의하여 이루어졌으며, 이 논문은 2014년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

저자(들)는 '의학논문 출판윤리 가이드라인'을 준수합니다.

저자(들)는 이 연구와 관련하여 이해관계가 없음을 밝힙니다.

교신저자 : 이은영(충북대학교 의과대학 해부학교실), 손현준(충북대학교 의과대학 해부학교실)

전자우편 : eylee@chungbuk.ac.kr, hjsohn@chungbuk.ac.kr

시신이 의과대학에 도착하자마자 시신에 혹시 존재할지 모르는 감염성 미생물을 사멸시키고, 실습이 진행되는 일정기간 동안 시신의 부패를 방지하기 위해 고정과 보존 처리 과정을 거치게 된다. 이때 사용되는 물질이 약 37% 포름알데히드(formaldehyde) 수용액인 포르말린(formalin)인데, 흔히 고정과 보존 처리를 위하여 10% 포르말린, 즉 3.7% 포름알데히드가 사용된다. 포름알데히드는 상온, 상압에서 무색의 기체로 분자량이 30.0으로 공기의 평균 분자량인 28.8보다 다소 무겁기 때문에 아래쪽으로 내려가려는 성질이 있다. 포름알데히드는 자극적인 냄새를 갖는 유독한 가스로서 인체 작용기전과 유해성은 오랜 기간 다각도로 연구되었다. 국내에서는 2005년 노동부의 화학물질에 의한 근로자 건강장해예방 연구용역사업으로 수행하였던 포름알데히드에 대한 화학물질 노출기준 개정 연구에서 상세히 조사된 바 있다[1]. 포름알데히드는 주로 코와 입으로 흡입되고, 피부로는 거의 흡수되지 않는다[2,3]. 흡입된 포름알데히드는 호흡관과 소화관에서 흡수되어 포름알데히드분해효소(formaldehyde dehydrogenase)에 의해 빠르게 포름산(formic acid)으로 대사된다[4]. 그러나 포름알데히드는 피부에 알러지원(allergen)으로 작용할 뿐만 아니라 호흡기에 자극원(irritant)으로 작용한다[5]. 단기간 2~3 ppm의 포름알데히드에 노출되면 눈, 코 및 상부 호흡관에 자극 증상이 생기고[6], 장기간 0.2~1.9 ppm에 노출된 병리기사들에서 두통, 메스꺼움, 구토, 어지러움 및 수면 장애가 생겼으며[7], 0.28~3.48 ppm에 장기간 노출된 합판 제작자들에게서 기침, 가래, 천식 및 기관지염이 생겼다는 보고가 있다[8]. 포름알데히드의 독성으로 주목할 점은 코인두암(nasopharyngeal cancer)과의 인과 관계이다. 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)는 코호트 연구(cohort study)와 메타분석(meta-analysis) 자료를 바탕으로 포름알데히드가 코인두암을 유발한다는 충분한 증거가 있다고 결론지었고, 백혈병(leukemia), 코안 및 코결막종양(sinonasal cancer) 유발 가능성도 있다고 보고 1급 발암물질로 규정하였다[9]. 우리나라는 고용노동부가 2013년에 개정, 고시한 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준(고용노동부고시 제2013-38호)을 통하여 포름알데히드를 발암성 1A 물질로 규정하고, 1일 8시간 작업을 기준으로 한 시간가중평균농도(time weighted average, TWA)의 기준값(threshold limit value, TLV)을 0.5 ppm (0.75 mg/m³), TLV-TWA를 초과하지만 1회 노출 지속시간이 15분 미만으로 1일 4회 이하로 발생할 경우 적용되는 단시간노출농도(short-term exposure limit, STEL)의 기준값(TLV-STEL)을 1 ppm (1.5 mg/m³)으로 정한 바 있다[10]. 고용노동부가 2015년에 개정, 고시한 사무실 공

기관리 지침에서는 포름알데히드의 TLV-TWA를 0.1 ppm (0.12 mg/m³)으로 정하고, 사무실 공기의 포름알데히드 농도가 그 이하로 유지되도록 사업주에게 지도, 권고하고 있다[11].

최근 안전에 대한 국민 관심이 전국으로 확산되면서, 정부 정책뿐만 아니라 대학 내 실험실습실 안전을 위한 재정 지원도 대폭 증가하였다. 이에 충북대학교 의과대학에서는 2015년도 교육부 지원 실험실 안전환경 시범 선도모델 사업과 충북대학교 안전 예산을 편성하여 기존의 노후한 해부실습실의 급배기시설을 포름알데히드의 분자적 특성을 충분히 고려한 새로운 설계에 맞추어 대폭 교체하였으며, 국내 최초로 배기형 해부테이블을 도입하여 포름알데히드의 인체 노출을 최소화하려고 시도하였다. 이 연구는 새로운 급배기 장치를 설치한 첨단 해부실습실을 소개하고, 해부실습 시 발생하는 포름알데히드의 공기 중 농도를 측정하여 그 측정값을 국내외 포름알데히드 기준농도와 비교하는 것을 목표로 하였다.

연구재료 및 방법

1. 해부실습실 급배기시설 설계

급배기시설은 해부실습실의 면적(16 m×9 m=144 m²)에 맞추어 천장의 급기장치와 양쪽 벽면의 배기장치를 고려하여 설계 및 시공하였다. 양쪽 벽면의 배기장치는 실습실 공기를 배기하는 배기관과 해부테이블에서 배기하는 배기관으로 나누어 설계 및 시공하였다. 설계는 실험실 급배기 설계 전문업체인 오리엔트바이오에서 담당하였고, 설계도에 맞춰 분야별 담당 전문업체에서 시공하였다.

급기구는 천장에 3열로 6개씩 해부테이블 사이에 위치되도록 2.3 m 간격으로 18개 설치하였고, 풍량은 각 급기구에서 385 m³/h가 되도록 하였다(Fig. 1). 배기구는 양쪽 벽면에 5개씩 2.3 m 간격으로 모두 10개를 설치하였고, 포름알데히드가 공기보다 무거운 성질을 고려하여 배기구는 바닥에서 약 10 cm 위에 설치하였다(Fig. 1). 실습실 각 배기구의 풍량은 500 m³/h가 되도록 하였다. 해부테이블 배기장치는 해부테이블 위치의 벽면에 각 1개씩 해부테이블의 높이와 동일하게 모두 10개를 설치하였다(Fig. 1). 각 해부테이블 배기구의 풍량은 500 m³/h가 되도록 하였다.

2. 배기형 해부테이블 설치

배기형 해부테이블은 미국 Mortech사의 Elevated dissection table (Cat# 6000024)을 채택하여 실습실 좌우의 배

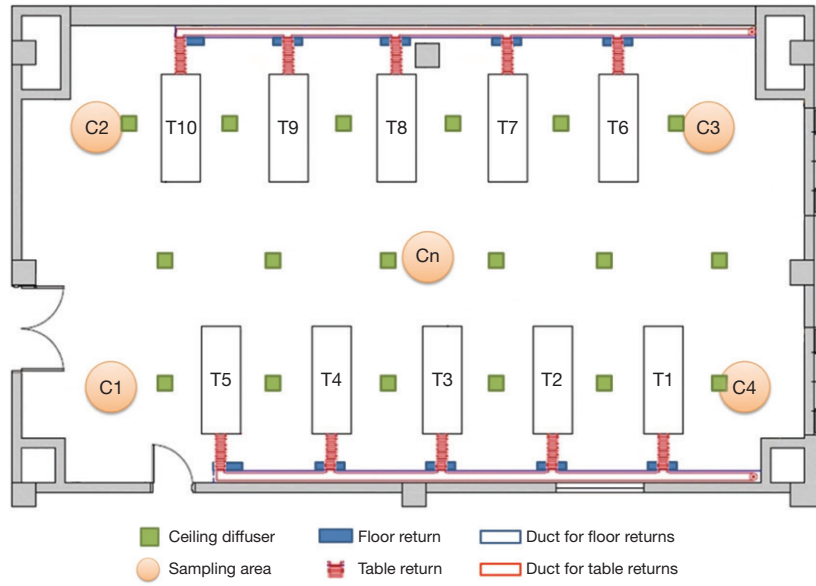


Fig. 1. The layout of the anatomy laboratory. Cn: center, C1-4: corners, T1-10: tables.



Fig. 2. Panorama image of the anatomy laboratory equipped dissecting tables with inbuilt exhaust and an air diffuser/return system.

기형 해부테이블 전용 배기구에 5대씩 연결하여 10대를 설치하였다(Figs. 1, 2).

3. 포름알데히드 농도 측정

포름알데히드의 농도는 이동식 측정기인 Formaldemeter (htV-m, PPM technology, UK)로 측정하였다(Fig. 3). 이 제품은 포름알데히드 측정농도 허용범위는 0~10 ppm, 최소 측정농도는 0.001 ppm이며, 측정 가능한 온도범위는 -40에서 +120°C이고 습도범위는 0~100%이다. 측정에 앞서 calibration을 통해 측정오차를 최소화하였고, 제품설명서에 따라 측정기의 흡입구에 페놀 필터(phenol filter)를 장착하여 공기 중에 섞여 있을 수 있는 페놀의 간섭에 의한



Fig. 3. Measuring instrument for formaldehyde concentration.

측정오차를 사전에 방지하였다.

포름알데히드 농도 측정은 먼저 실습실 실내의 전체 공기 질을 확인하기 위해 실습실 중앙과 구석 4부위에서 각각 4회씩 측정하였으며, 모두 방부처리된 시신에서 2m 미만의 거리였다. 실제 해부실습 중에 학생들이 포름알데히드에 가장 노출되기 쉬운 위치인 해부테이블의 시신 바로 위에서도 농도를 측정하였다. 중앙 2개의 해부테이블(Fig. 1의 T3, T8) 위에서 각각 3회씩 측정하였고, 나머지 8개의 해부테이블 위에서는 일회씩 측정하였다. 측정 높이는 모든 경우에서 사람의 코 높이에 해당하는 바닥에서 1.5m를 기준으로 정하였다.

TWA의 계산은 2016년도에 시행한 해부실습 1일 최장 시간인 5시간을 기준으로 계산하였다.

이 연구에서 3회 이상 측정된 후 제시한 수치는 평균±표준편차로 표시하였다.

결 과

1. 포름알데히드 농도

포름알데히드 농도는 4주간 진행된 몸통과 팔다리 해부 실습을 모두 마치고, 해부실습실에 아무도 없는 환경에서 10개 해부테이블 위에 각각 가슴과 배가 모두 열린 상태의 실습용 시신을 완전히 노출하여 포름알데히드 폭로가 가장 심한 환경을 조성한 후 측정하였다. 모든 측정은 급배기장치를 가동하고 1시간이 지난 후에 실시하였고, 농도

측정 직전, 중간, 직후에 온도와 습도도 함께 측정하였다. 해부학 실습실 중간에서 측정한 온도는 19.0~20.6°C 사이였고, 습도는 38.7~40.0% 사이였다.

실습실 실내 5부위의 포름알데히드 평균농도는 0.31±0.06 ppm (0.45±0.11 mg/m³)이었고, 0.21 ppm에서 0.41 ppm (0.26~0.41 mg/m³)의 분포를 보였다(Table 1). 구체적으로 실습실 중앙의 평균농도는 0.38±0.02 ppm (0.48±0.03 mg/m³)이었고, 실습실 구석의 평균농도는 0.29±0.05 ppm (0.36±0.06 mg/m³)이었다.

시신 바로 위에서의 포름알데히드 평균농도는 0.45±0.11 ppm (0.56±0.14 mg/m³)이었고, 0.31 ppm에서 0.64 ppm (0.39~0.80 mg/m³)의 분포를 보였다(Table 1). 구체적으로 3회 이상 측정된 중앙 2개 해부테이블의 경우에 포름알데히드 평균농도는 각각 0.46±0.12 ppm (0.57±0.14 mg/m³)과 0.46±0.03 ppm (0.58±0.04 mg/m³)이었고, 다른 8개의 해부테이블에서는 0.44±0.13 ppm (0.56±0.17 mg/m³)이었다.

2. 포름알데히드 시간가중평균농도(TWA)

하루 최대 노출시간을 5시간으로 하였을 때, 실습실 실내의 평균 TWA는 0.19 ppm (0.24 mg/m³)이었고, 0.13 ppm에서 0.26 ppm (0.16~0.32 mg/m³)의 분포를 보였다. 시신 바로 위에서 평균 TWA는 0.28 ppm (0.35 mg/m³)이었고, 0.19 ppm에서 0.40 ppm (0.24~0.50 mg/m³)의 분포를 보였다(Fig. 4).

Table 1. Formaldehyde concentration.

Measurement area	Number of measures	Concentration		Range		
		ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	
Anatomy Laboratory	Center	4	0.38*	0.48*	0.36~0.41	0.45~0.51
	Corner 1	4	0.32*	0.40*	0.29~0.34	0.36~0.43
	Corner 2	4	0.31*	0.38*	0.27~0.34	0.34~0.42
	Corner 3	4	0.31*	0.38*	0.24~0.37	0.30~0.47
	Corner 4	4	0.23*	0.29*	0.21~0.25	0.26~0.32
Above Cadaver	Table 1	1	0.64	0.80	—	—
	Table 2	1	0.60	0.76	—	—
	Table 3	3	0.46*	0.57*	0.39~0.59	0.49~0.74
	Table 4	1	0.31	0.39	—	—
	Table 5	1	0.31	0.39	—	—
	Table 6	1	0.37	0.46	—	—
	Table 7	1	0.54	0.68	—	—
	Table 8	3	0.46*	0.58*	0.44~0.50	0.55~0.62
	Table 9	1	0.37	0.46	—	—
	Table 10	1	0.40	0.50	—	—

Asterisks (*) indicate average values.

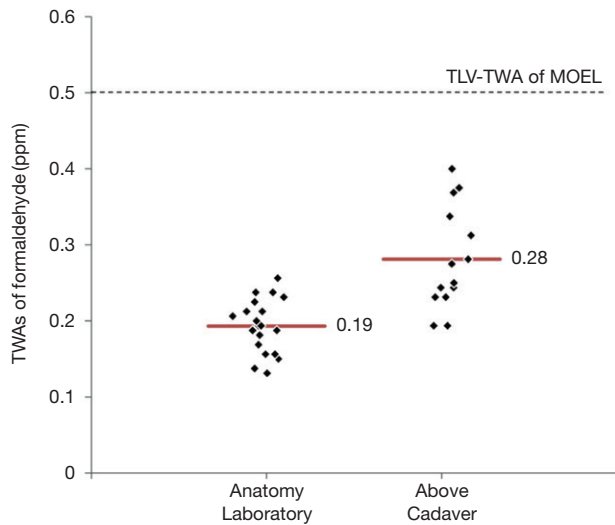


Fig. 4. TWAs of formaldehyde in anatomy laboratory and above cadavers.

고찰

해부실습실의 포름알데히드 노출 기준값이 규정되어 있는 나라는 전 세계에 없다. 대부분의 나라는 산업 현장에서 근로자들을 보호할 목적으로 포름알데히드의 노출 기준값을 제시하고 있다. 미국의 경우, 직업안전보건국(Occupational Safety and Health Administration, OSHA)은 포름알데히드의 TLV-TWA 0.75 ppm, TLV-STEL 2 ppm으로, 산업위생전문가협회(America Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH)는 기준값(TLV)을 0.3 ppm으로 규정하고 있다[12,13]. 일본산업위생학회(Japan Society for Occupational Health, JSOH)는 TLV-TWA와 유사한 기준인 평균노출제한농도(occupational exposure limit-mean, OEL-M) 0.1 ppm을 권고하고 있다[14]. 영국, 프랑스, 독일 등 유럽의 주요국도 TLV-TWA를 0.3~2 ppm 사이에서 규정 또는 권고하고 있다. 우리나라 고용노동부는 미국 ACGIH에서 매년 채택하는 기준값과 유럽, 일본의 예를 참고하여 TLV-TWA를 0.5 ppm으로 규정하고 있다[10].

이 연구에서 실습 진행 중인 해부실습실의 실내 포름알데히드의 평균 농도는 0.31 ± 0.06 ppm (0.45 ± 0.11 mg/m³), 포름알데히드 농도가 가장 높은 시신 바로 위에서도 평균 농도 0.45 ± 0.11 ppm (0.56 ± 0.14 mg/m³)을 보였는데, 이는 고용노동부에서 정한 TLV-STEL 0.75 ppm을 모두 충족하는 수치였다. 포름알데히드 TWA도 해부실습실 실내에서 0.19 ppm (0.24 mg/m³), 시신 바로 위에서 0.28 ppm (0.35 mg/m³)을 보였는데, 이 수치 또한 고용노동부에서

정한 TLV-TWA 0.5 ppm을 충족시켰으며, 일본을 제외한 대부분의 나라에서 채택하고 있는 TLV-TWA 기준도 충족하는 수치였다.

이번 측정 결과를 지난 1993년에 동일한 해부실습실에서 측정하였던 포름알데히드 농도와 비교해 보면 환경 개선 이후 더욱 뚜렷하게 공기의 질이 향상된 것을 확인할 수 있었다. 당시 연구결과, 시신으로부터 2m 이상 떨어진 곳은 1.10 ± 1.29 mg/m³, 시신 바로 위는 4.85 ± 3.52 mg/m³의 높은 포름알데히드 농도를 보였다[15]. 이 결과는 연구 당시의 노동부 기준 TLV-STEL 1.5 ppm (3 mg/m³)과 비교했을 때, 시신으로부터 2m 이상 떨어진 곳은 기준 미만의 농도였지만, 시신 바로 위는 기준을 훨씬 상회하는 높은 수치였다. 당시 해부실습 평균시간인 5시간으로 TWA를 계산해 보면 시신으로부터 2m 이상 떨어진 곳과 시신 바로 위가 각각 0.69 및 3.03 mg/m³이 되어, 시신 바로 위는 당시 TLV-TWA 1 ppm (1.5 mg/m³)을 훨씬 상회하는 높은 수치를 보였다. 강화된 현재의 고용노동부 기준과 비교해 보면, 시신에서 2m 이상 떨어진 곳이나 시신 바로 위에서 모두 TLV-STEL과 TLV-TWA를 상회하였다. 해부실습실 환경 개선 이전과 이후의 포름알데히드 농도를 비교해 볼 때, 흥미로운 점은 시신에서 2m 내외에서는 1.10 mg/m³에서 0.45 mg/m³으로 약 2.4배의 개선 효과가 있었지만, 시신 바로 위의 농도는 4.85 mg/m³에서 0.56 mg/m³으로 약 8.7배의 큰 개선 효과를 보였다는 점이다. 시신에서 약 2m 떨어진 실내의 공기 질도 향상됐지만, 학생들이 포름알데히드에 폭로되기 쉬운 시신 바로 위의 공기 질은 더욱 큰 폭으로 향상된 것은 시신 주변에서 강제적으로 포름알데히드 기체를 배기시키는 배기형 해부테이블이 큰 영향을 미쳤을 것으로 생각되었다.

이번 연구는 과거 연구와 비교했을 때, 포름알데히드 측정 방법에서 몇 가지 차이가 있었다. 첫째, 포름알데히드 측정 방법이 과거 연구와 동일하지 않았다. 과거 연구에서는 현재 표준방식인 미국국립산업안전보건연구원(National Institute of Occupational Safety and Health, NIOSH) 2016 방법이 개발되기 이전에 주로 사용하던 NIOSH 3500 방법으로 포름알데히드 농도를 측정하였다. 이 방법은 공기 포집기와 1% sodium bisulfite 용액이 담겨 있는 imprinter를 연결하여 적당한 위치에서 분당 1.1~1.2 L의 속도로 60~120분간 공기를 포집하고, 이를 1% chromotropic acid와 반응시켜 나타난 보라색을 spectrophotometer로 580 nm에서 흡광도를 측정하고, 표준곡선과 비교하여 계산하는 방법이다[15]. 이에 비해 이번 연구에 사용한 Formaldemeter (htV-M, PPM technology, UK)는 이동식 측정기로, 자체 내장된 펌프를 통해 10 mL인 적은 양의

공기를 흡입하여 그 속에 포함된 포름알데히드 농도를 측정하게 되어 있다. 이 제품은 상대적으로 적은 양의 공기로 포름알데히드 농도를 측정하지만, 측정값을 표준방식인 NIOSH 2016 방법의 측정값과 비교해 보면 통계적 차이가 없고, 서로 높은 상관관계를 보이는 것이 밝혀진 바 있다 [16]. 더욱이 이번 실험에서는 한 부위에서 3번 이상 측정하여 평균값을 구함으로써 측정 오차를 최소화하였기 때문에 과거 측정값과의 실험오차는 크지 않았을 것으로 판단된다. 둘째, 측정 위치와 높이가 과거 연구에서 명확하게 기술되어 있지 않았던 점이다. 그러나 자체 측정 결과 해부실습실 실내의 포름알데히드 농도는 측정 높이에 따른 차이를 거의 보이지 않았고, 시신 바로 위에서도 1.2~1.8 m 사이에서 측정 농도에 큰 차이를 보이지 않았기 때문에 이 또한 실험오차는 크지 않았을 것으로 생각되었다. 따라서 측정방법의 차이에도 불구하고 측정값은 서로 직접 비교가 가능할 것으로 판단되었다.

해부학 실습을 경험한 충북대학교 의과대학생 183명을 대상으로 하였던 과거 연구에서 전체 학생 중 93%가 눈과 코가 따갑다고 호소하였고, 두통 51%, 목의 통증 27%, 구토와 오심 18%의 결과를 보였으며, 천식의 특징적인 증상인 천명(wheezing)을 경험했던 학생이 1명 있었다 [15]. 연구 이후에 의과대학에서는 학생들에게 방독면, 보호안경 및 일회용 수술가운 등 개인 보호구를 제공하고 해부실습실에서 반드시 착용하도록 독려하였다. 그러나 방독면은 호흡을 어렵게 할 뿐만 아니라 실습조원 상호 간에 소통도 어렵게 하였고, 보호안경은 실습 시 시야 확보에 어려움을 주어 포름알데히드가 코와 눈을 자극함에도 불구하고 방독면과 보호안경을 착용하지 않는 학생들이 많았다. 이번 에 도입된 새로운 급배기시설은 과거에 비해 오염된 공기를 효과적으로 배출하여 학생들의 포름알데히드에 의한 신체 자극 증상을 최소화하였고, 개인 보호구를 착용하지 않고도 실습을 진행하는 데 어려움이 없어 학습능률과 의욕을 높여주는 효과가 있었다.

포름알데히드의 자극에 대한 역치는 사람마다 다르다고 알려져 있고, 실제 매우 낮은 농도의 공기 중 포름알데히드에도 심한 자극 증상을 느끼는 사람이 있다고 보고되었다 [17]. 해부실습실의 공기 질이 새로운 급배기 장치를 통해 산업 현장의 포름알데히드 기준 미만으로 좋아졌지만, 고용노동부에서 정한 사무실 공기관리 지침이나 일본산업위생학회에서 권고하는 TLV-TWA (OEL-M) 0.1 ppm (0.12 mg/m³)에는 미치지 못하는 수준이었다. 따라서 해부실습실의 포름알데히드 농도를 더욱 낮추려는 연구와 노력은 계속되어야 할 것으로 보인다.

이 연구의 결과는 향후 국내 의과대학 해부실습실의 안

전한 환경을 위한 공기 중 포름알데히드 농도의 기준값 도입과 해부실습실 환경개선을 위한 설계 및 시공의 참고자료로 활용될 것으로 기대된다.

REFERENCES

1. Baek NW. The study for revision of chemical exposure standards: Ministry of Labor. 2005. Korean
2. Heck HD, Casanova-Schmitz M, Dodd PB, Schachter EN, Witek TJ, Tosun T. Formaldehyde (CH₂O) concentrations in the blood of humans and Fischer-344 rats exposed to CH₂O under controlled conditions. *Am Ind Hyg Assoc J*. 1985; 46:1-3.
3. Loden M. The in vitro permeability of human skin to benzene, ethylene glycol, formaldehyde, and n-hexane. *Acta Pharmacol Toxicol*. 1986; 58:382-9.
4. Kitchens J, Casner R, Edwards G, Harward W, Macri B. Investigation of selected potential environmental contaminants: formaldehyde. Washington DC: United States Environmental Protection Agency. 1976.
5. Morgan DP. Recognition and management of pesticide poisonings. 4th ed. Washington DC: United States Environmental Protection Agency. 1989.
6. Green DJ, Bascom R, Healey EM, Hebel JR, Sauder LR, Kulle TJ. Acute pulmonary response in healthy, nonsmoking adults to inhalation of formaldehyde and carbon. *J Toxicol Environ Health*. 1989; 28:261-75.
7. Kilburn KH, Seidman BC, Warshaw R. Neurobehavioral and respiratory symptoms of formaldehyde and xylene exposure in histology technicians. *Arch Environ Health*. 1985; 40:229-33.
8. Malaka T, Kodama AM. Respiratory health of plywood workers occupationally exposed to formaldehyde. *Arch Environ Health*. 1990; 45:288-94.
9. IARC. IARC monographs: formaldehyde. 2006.
10. MOEL. Exposure criteria to chemicals and physical agents. 2013. Korean
11. MOEL. The guideline for air management of office. 2015. Korean
12. NIOSH. Formaldehyde [Internet]. <http://www.cdc.gov/niosh/idlh/50000.html>.
13. OSHA. Occupational safety and health standards: formaldehyde [Internet]. https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_id=10075&p_table=STANDARDS.
14. JSOH. Recommendation of occupational exposure limits the Japan Society for Occupational Health characteristics of OELs and instructions for users. *J Occup Health*. 2015;

- 57:394-417.
15. Kim YD, Nam Y-J, Kim H, Cho S-H. Exposure levels and prevalence of hypersensitivity to formaldehyde among medical students. *Chungbuk J Med.* 1993; 3:89-95. Korean.
 16. Hirst DV, Gressel MG, Flanders WD. Short-term monitoring of formaldehyde: comparison of two direct-reading instruments to a laboratory-based method. *J Occup Environ Hyg.* 2011; 8:357-63.
 17. Hanrahan LP, Dally KA, Anderson HA, Kanarek MS, Rankin J. Formaldehyde vapor in mobile homes: a cross sectional survey of concentrations and irritant effects. *Am J Public Health.* 1984; 74:1026-7.

Assessment of Formaldehyde Concentrations in an Anatomy Laboratory Equipped Dissecting Tables with Inbuilt Exhaust and an Air Diffuser/Return System

Je Hoon Seo¹, Jong-a Hyun¹, Min-Kwang Oh¹, Ji Young Kim¹, Yong-Dae Kim², Dong-Woon Kim³, Alfreda Stadlin¹, Hyun Joon Sohn¹, Eun Young Lee¹

¹Department of Anatomy, ²Preventive Medicine, ³Internal Medicine, Chungbuk National University College of Medicine

Abstract : Formaldehyde (FA) used for preserving the body for anatomy dissection is harmful to the human body. In many countries, for the purpose of protecting the health of workers in the industrial field, the maximal allowable air concentration of FA has been set. The threshold limit values of time weighted average (TLV-TWA) and short-term exposure limit (TLV-STEL) of FA recommended by Ministry of Employment and Labor (MOEL) of Korea are less than 0.5 and 1 ppm, respectively. In the United States and Europe, TLV-TWAs of FA are recommended at between 0.3 and 2 ppm. In this study, we compared the air concentration of FA to domestic and foreign standards of FA in an anatomy laboratory equipped dissecting tables with inbuilt exhaust and an air diffuser/return system.

We installed ten elevated dissection tables, 18 air diffusers on the ceiling, and 10 air returns at the bottom of both side walls. The concentration of FA was measured at five sites in the anatomy laboratory and above the cadavers on the dissecting tables at a height of 1.5 m from the floor using a Formaldemeter.

The average concentration of FA in the anatomy laboratory (five sites) was 0.31 ppm (0.45 mg/m³), range 0.21 to 0.41 ppm (0.26~0.51 mg/m³). The average concentration of FA above the cadavers was 0.45 ppm (0.56 mg/m³), range 0.31 to 0.64 ppm (0.39~0.80 mg/m³). The average TWA of FA in the anatomy laboratory was 0.19 ppm (0.24 mg/m³), range 0.13 to 0.26 ppm. The average TWA of FA above the cadavers was 0.28 ppm (0.35 mg/m³), range 0.19 to 0.40 ppm. The anatomy laboratory dissecting tables equipped with inbuilt exhaust and air diffuser/return system met the criteria of the FA concentration recommended by MOEL of Korea and most foreign countries.

This study was the first evaluation of the air concentration of FA in an anatomy laboratory equipped dissecting tables with inbuilt exhaust and an air diffuser/return system in Korea. We expect it will be not only used as a standard of comparison for anatomy laboratories, but as a reference for design and construction to improve air quality in Korean Medical Colleges.

Keywords : Dissection, Cadaver, Ventilation, Air Quality, Safety, MOEL, Standards