

# 대구지역 내 일부 치과기공소의 공기 중 석면농도

임 무 혁<sup>†</sup> · 이 송 권 · 정 인 호<sup>1)</sup>

대구한의대학교 보건학부 · 김천대학 치기공과<sup>1)</sup>

## Airborne Asbestos Concentrations of Dental Laboratories in Daegu of Korea

Moo-Hyuk Lim<sup>†</sup> · Song-Kwon Lee · In-Ho Jung<sup>1)</sup>

Faculty of Health Science, Daegu Hanny University · Department of Dental Technology, Gimcheon College<sup>1)</sup>

This study was performed to investigate the problems of using asbestos for dental technicians. Samples for analysing were sampled by personal sampler in 40 sampling points of 10 dental laboratories in Daegu city from December, 2003 to February, 2004 and counted with phase contrast microscopy.

The results were as follows:

1. Asbestos concentration(geometric mean) of 40 sampling points in 10 dental laboratories was 0.0061 f/cc and it was under recommended industrial and indoor air standard, but the concentration of asbestos in only two dental laboratories was over indoor recommended standard.

2. The concentration of asbestos in processing room and burnout room was 0.0099 f/cc and 0.0037 f/cc, respectively.

3. The mean concentration(GM) of asbestos by kinds of casting ring liners was 0.0159 f/cc in dental laboratories using industrial asbestos, 0.0104 f/cc in them using asbestos containing ring liners, and 0.0026 f/cc in them using non-asbestos ring liners.

Casting ring liners using in dental laboratories should be substituted with non-asbestos liners, because most of dental laboratories were using asbestos containing ring liners and a few of them showed higher concentration than recommended standard.

## I. 서 론

치과기공사(Dental Technicians)의 업무는 치과의사로부터 의뢰받은 보철물, 즉 구강 내에 장착되는 수복물(Restoration) 및 보철물(Prosthesis) 제작과 치료 예방을 위하여 사용되는 교정 장치, 보색 장치, 교합 유도장치 등의 인공물을 금속, 비금

속재료와 유기, 무기재료 등으로 처리하여 제작, 수리하는 것으로 대부분 수작업에 의하여 이루어지고 있다(김유정, 1997).

보철물 제작은 주로 치과기공소(Dental Laboratory)에서 이루어지며 기공작업과정에서 치과기공사의 건강에 영향을 미치는 각종 유해물질과 유독가스, 소음, 분

진 등이 발생되고 있으며 이는 실내공기질(Indoor Air Quality) 오염원으로 작용하고 있다. 특히, 금속재료를 이용한 보철물 제작의 소환(burnout)작업에 사용되는 Casting ring liner는 보철 제작용 소재인 매몰용 석고가 소환작업과정에서 열에 의해 팽창되거나 수축되는 것을 방지하기 위해 보철 제작용 금속링과 매몰용 석고 사이에 삽입하여 사용되며 이 작업과정에서 Casting ring liner에 함유된 석면섬유가 비산된다. 석면은 발암물질분류 A1

접수일 : 2004년 9월 15일, 채택일 : 2004년 12월 10일

† 교신저자 : 임무혁 (경상북도 경산시 유곡동 290번지 대구한의대학교 보건학부

Tel : 053-819-1477, E-mail : daegure@hanmir.com)



물질로(Confirmed Human Carcinogen, ACGIH, 2003) 청석면, 갈석면 등은 우리나라에서는 제조, 수입, 양도, 제공 또는 사용을 금지하고 있고, 백석면은 제조 또는 사용 허가를 받도록 규정하고 있다(산업안전보건법, 2003). 치과기공소에서 사용되는 casting ring liner는 여러 종류가 있으며 주로 일본에서 수입된 제품과 산업용 석면제품으로 산업용 석면제품에는 백석면(Chrysotile)을 함유하고 있다.

석면의 유해성은 장기간 노출(대략 10~30년의 잠복기)될 경우 석면폐증, 폐암, 악성중피종을 유발(Doll, 1995; Wagner 등, 1960)하며, 장관계의 암(Frumkin 등, 1988)과 인후두암(Selikoff 등, 1981), 유방암, 난소암, 신장암(Maclure, 1987), 췌장암(Selikoff 등, 1981), 부고환암(McDonald 등, 1983), 임파선암(Kagan 등, 1983)을 유발한다. 석면폐의 경우 질병의 발생과 석면 사이에는 양 반응관계가 있으며(Becklake, 1980) 악성중피종과 폐암의 경우는 화학적 성질과 함께 섬유질의 굵기, 길이, 모양 등의 물리적 성질이 질병의 발생과 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있다(Lippman, 1988).

미국 국립산업안전보건연구소(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)에서는 석면을 백석면(Chrysotile), 갈석면(Amosite), 청석면(Crocidolite), 투섬석(Tremolite), 록섬석(Actinolite), 직섬석(Anthophyllite)의 섬유상이라고 정의하고 섬유를 위상차 현미경으로 관찰하였을 때 길이가  $5\mu\text{m}$ 이고 길이 대 너비의 비가 최소한 3 : 1 이상인 입자상 물질로 정의하고 있으며 우리나라의 노동부와 미국 산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH, 2003)에서는 작업장의 석면 노출 기준을 0.1 f/cc로 규정하고 있고, 우리나라 환경부와 미국 환경보호청(Environment Protection Agency, EPA)에서는 실내 공기 중 석면농도를 0.01 f/cc로 규정하고 있다.

치과기공소(Dental Laboratory)에서는 1일 8시간이상 정밀을 요하는 기공작업과

휴식, 음식물 취식, 흡연 등의 일상 행위가 이루어지는 공간으로 “산업장의 작업 환경”과 “일반 실내환경”이 공존하는 공간 형태를 취하고 있으므로 이들 작업장에 대한 관리는 일반 작업장보다 적극적으로 관리되어야 할 것으로 본다. 그러나 치과기공소(Dental Laboratory)에 대한 작업환경 연구는 소음, 분진 등의 유해인자 발생수준 조사와 설문조사를 통한 작업환경 실태조사만이 제한적으로 이루어졌을 뿐 석면농도에 관한 조사연구는 이루어지지 않았다. 석면이 함유된 보철물 제작용 Casting ring liner에 대한 조사가 늦은 감은 있으나 본 조사를 통하여 치과기공사들(Dental Technicians)의 직업병을 예방하고 건강을 보호하는 데 기여하고자 본 연구를 실시하였다.

## II. 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

본 연구는 2003년 12월부터 2004년 2월까지 대구광역시 소재 치과기공소 10개소의 가공실과 소환실을 대상으로 총 40개의 시료를 채취하여 분석한 후 공기 중 석면농도수준을 파악하였다.

### 2. 시료채취 및 분석방법

#### 1) 시료채취방법

치과기공소(Dental Laboratory)의 공기 중 석면농도는 미국 NIOSH에서 추천하는 NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM) 7400방법에 따라 Preloaded Cassette(직경 25mm, 공극  $0.8\mu\text{m}$ , Cellulose ester membrane filter를 3-piece cassette의 지지대 상부에 삽입한 후 extension cowl 장착, SKC 225-320A, USA)를 시료채취기(Gillian, USA)에 연결하여 open face에서  $1.7\text{ l/min}$ 의 유량으로 7시간정도 가공실 작업대와 소환실 작업대 상단에서 지역으로 시료로 채취하였다. 이 때 시료채취 위치는 미국 산업안전보건청(Occupational

Safety and Health Administration, OSHA)에서 제안한 높이 작업장 바닥에서 0.9~1.5m를 채택하였다. 시료채취기는 유량보정계(Gillian, USA)를 이용하여 측정 전후의 유량을 보정하였다.

#### 2) 계수방법

채취한 시료는 NMAM 7400에 따라 위상차현미경(Phase Contrast Microscope, PCM)을 사용하여 섬유를 계수하였다(NIOSH, 1998).

## III. 연구결과 및 고찰

### 1. 치과기공소의 석면 사용실태

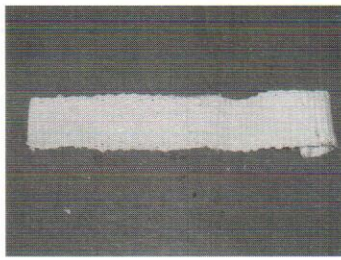
금속 보철물 제작과정에서 사용되는 Casting ring liner는 보철 제작용 소재인 매몰용 석고가 소환작업과정에서 열에 의해 팽창되거나 수축되는 것을 방지하기 위해 보철 제작용 금속링과 매몰용 석고사이에 삽입하여 사용하게 된다. 이 때 사용되는 Casting ring liner의 넓이는 4cm, 길이는 1롤당 약 30m정도로 치과기공소는 소환작업에 사용될 Casting ring liner를 필요한 길이만큼 손이나 칼, 가위로 절단하여 사용한다.

치과기공소에서 사용 중인 소환용 Casting ring liner는 여러 종류가 있으나 본 연구에서는 Figure 1과 같이 산업용 석면재와 치과기공용 석면재 및 비석면재 3가지 제품을 대상으로 조사하였다.

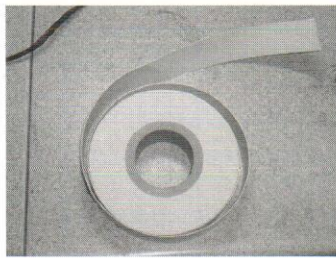
석면(Asbestos)은 인체에 해로운 발암성확인물질(A1)로서 사용, 취급, 보관 등에 주의가 요구되는 유해물질이다. 그러나 대부분의 치과기공소에서는 Casting ring liner를 손으로 직접 취급하고, 작업대 서랍속이나 상단에 방치하여 사용되며 소환작업 후 보철물 모형 추출과정에서 발생된 석면분진이 작업장 공기의 오염원으로 작용한다.

치과기공소에서 Casting ring liner의 사용 용도는 Figure 2와 같다

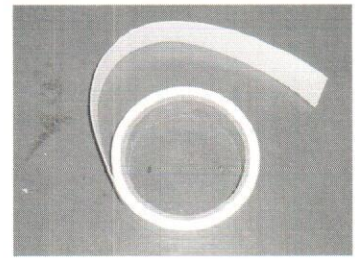




가) 산업용 석면제품

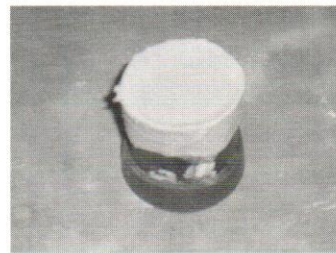
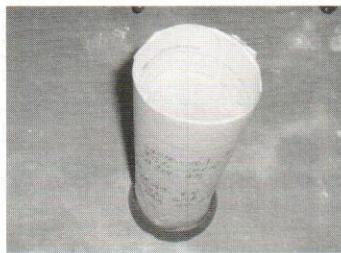


나) 석면 함유제품(A사)



다) 비석면 제품(B사)

Fig. 1. Casting ring liner used in dental laboratories



금속재료를 이용한 보철물 제작의 소환(burnout)작업에 사용되는 Casting ring liner는 보철 제작용 소재인 매몰용 석고가 소환작업과정에서 열에 의해 팽창되거나 수축되는 것을 방지하기 위해 보철 제작용 금속링과 매몰용 석고 사이에 삽입하여 사용하게 된다.

Fig 2. Use of Casting ring liner

## 2. 공기 중 석면농도

### 1) 치과기공소별 석면농도

공기 중 석면의 기하평균농도는 0.0061 f/cc로 노동부와 ACGIH에서 제시한 작업장 노출기준 0.1 f/cc, 환경부와 미국 EPA에서 제시한 실내기준 0.01 f/cc 미만으로

조사되었으나 치과기공소 10개소 중 2개소(D, E)에서 실내기준을 초과한 것으로 조사되었다(표 1 참조).

2) 가공실 과 소환실의 공기 중 석면농도  
가공실과 소환실의 공기 중 석면의 기하평균농도는 가공실이 0.0099 f/cc로 소

환실 0.0037 f/cc 보다 높았다. 가공실의 0.0099 f/cc는 환경부와 미국 EPA의 석면 실내기준인 0.01 f/cc에 근접하고 있다(표 2 참조). 작업형태로 볼 때, 소환실이 가공실 보다 공기 중 석면농도가 높을 것으로 예상 되었으나 조사결과 가공실 보다 발생농도가 낮은 것으로 조사되었다. 이

Table 1. Airborne concentration of asbestos in dental laboratories

Dental laboratory	No. of samples	Concentration of asbestos ( f/cc )		
		GM	GSD	Range
A	4	0.0036	2.2392	0.011-0.002
B	4	0.0085	2.5328	0.027-0.004
C	4	0.0095	1.2924	0.013-0.007
D	4	0.0101	1.7318	0.018-0.005
E	4	0.0130	2.8741	0.035-0.005
F	4	0.0029	1.3308	0.004-0.003
G	4	0.0056	1.7636	0.010-0.003
H	4	0.0072	5.5017	0.034-0.001
I	4	0.0067	6.1320	0.033-0.001
J	4	0.0022	1.8247	0.004-0.001
Total	40	0.0061	2.7791	0.035-0.001

\*GM : Geometric mean,

\*GSD : Geometric Standard Deviation,



Table 2. Airborne concentration of asbestos by Sampling sites

Sampling site	No. of samples	Concentration of asbestos( f/cc )		
		GM	GSD	Range
processing room	20	0.0099	2.7900	0.035-0.001
Burnout room	20	0.0037	2.0668	0.018-0.001
Total	40	0.0061	2.7791	0.035-0.001

\*GM : Geometric mean, \*GSD : Geometric Standard Deviation,

는 소환실의 소환작업과 석고제거작업은 순간 고농도의 분진(석면, 석고) 발생을 초래하지만 그 발생시간이 짧고, 전체환기가 원활한 개방된 창문 측에 위치하고 있어 석면분진이 실외로 배출되나 가공실의 경우 Casting ring liner의 보관, 절단, 소환준비과정에서 발생한 석면분진이 불충분한 환기와 청소 미흡으로 인해 공기 중에 비산되고 지속적으로 퇴적되었기 때문에 판단된다.

### 3) Casting ring liner 종류별 공기 중 석면 농도

치과기공소에서 주로 사용 중인 Casting ring liner의 종류는 산업용 석면제품(산업용 단열재), 석면 함유제품(B사), 비석면 제품(A사) 등 3종류인데 사용제품에 따른 공기 중 석면농도는 산업용 석면제품을 사용하는 곳에서 0.0130 f/cc로 가장 높았고, 다음이 석면 함유제품을 사용하는 곳이 0.0070 f/cc이며, 비석면 제품을 사용하는 곳이 0.0025 f/cc로 가장 낮았다. 특히, 산업용 석면제품을 사용하는 곳에서 환경부와 미국 EPA의 실내기준인 0.01 f/cc를 초과한 것으로 조사되었다(표 3 참조).

## IV. 고 찰

본 연구는 치과기공소의 보철물 제작을 위한 소환작업에서 Casting ring liner (보철 제작용 소재인 매몰용 석고가 소환작업과정에서 열에 의해 팽창되거나 수축되는 것을 방지하기 위해 보철 제작용 금속 링과 매몰용 석고사이에 삽입)가 사용되고, 소환작업 후 금속 링에서 보철 금속모형을 추출하는 과정에서 Casting ring liner에 함유된 석면과 석고분진이 발생하게 된다. 이로 인해 치과기공소의 실내 작업환경이 오염되어 치과기공사의 건강에 영향을 줄 것으로 판단하여, 치과기공소의 가공실과 소환실을 대상으로 공기 중 석면농도를 조사 하였다.

조사대상은 치과기공소 10개소로 가공실과 소환실로 구분하여 총 40개의 지역 시료를 채취하였다.

치과기공소의 공기 중 석면의 기하평균농도는 0.0061 f/cc로 대형건물내 지하주차장의 석면 기하평균농도 0.0063 f/cc (김현욱, 1995)보다 낮은 수준이며 노동부와 ACGIH에서 제시한 작업장 노출기준 0.1 f/cc, 환경부와 미국 EPA에서 제시한 실내기준 0.01 f/cc 미만으로 조사되었으

나 지하철역사 내부 설비공사 작업 중 발생하는 공기 중 석면의 기하평균농도 0.0038 f/cc(유찬영 등, 2002), 지하철역사 내부의 대합실 0.003 f/cc, 승강장 0.002 f/cc(김갑수와 김운수, 1998)보다 높았으며 치과기공소 10개소 중 2개소에서 실내기준을 초과하는 0.0101~0.0130 f/cc로 조사되었다.

가공실과 소환실의 공기 중 석면 기하평균농도는 가공실이 0.0099 f/cc로 소환실 0.0037 f/cc 보다 높았고, 가공실의 경우 환경부와 미국 EPA의 석면 실내기준인 0.01 f/cc를 근접하였다. 작업형태로 볼 때, 소환실이 가공실 보다 공기 중 석면농도가 높을 것으로 예상 되었으나 보철물 제작과정을 조사한 결과 가공실이 소환실 보다 높았다. 이는 소환실의 소환작업과 석고제거작업은 순간 고농도의 석면과 석고분진이 발생되지만 그 발생시간이 짧고, 개방된 창문에 위치하고 있어 전체환기(General ventilation)를 통하여 외부로 배출되지만 가공실은 사용되는 Casting ring liner의 보관, 절단 등 소환준비과정에서 발생한 석면분진이 불충분한 환기상태 및 열악한 실내 작업환경으로 인해 공기 중에 비산되고 지속적으로 퇴

Table 3. Airborne concentration of asbestos by kinds of casting ring liner

Kinds of casting ring liner	No. of samples	Concentration of asbestos( f/cc )		
		GM	GSD	Range
Industrial asbestos	4	0.0130	2.3254	0.035-0.005
Non-asbestos(A Co.)	8	0.0025	1.5831	0.004-0.001
Asbestos(B Co.)	28	0.0070	2.7791	0.033-0.001
Total	40	0.0061	2.7791	0.035-0.001

\*GM : Geometric mean, \*GSD : Geometric Standard Deviation,



적되기 때문인 것으로 판단된다.

치과기공소에서 사용 중인 Casting ring liner는 여러 가지 종류가 있으며 본 연구 대상인 치과기공소에서 사용 중인 Casting ring liner의 종류는 3가지로 산업용석면제품(산업장에서 단열용으로 사용되는 제품), 석면함유제품(B사), 비석면제품(A사)으로 제품별 공기 중 석면농도를 조사한 결과 산업용석면제품을 사용하는 치과기공소에서 0.0130 f/cc로 가장 높았고, 다음이 석면함유제품을 사용하는 치과기공소 0.0070 f/cc, 비석면제품을 사용하는 치과기공소 0.0025 f/cc 순으로 나타났다.

이상의 결과로 보아 치과기공소의 공기 중 석면농도가 치과기공사에게 직접적으로 영향을 주는 농도라고 단정하기는 어렵지만 1일 8시간이상을 좌식상태로 정밀한 기공작업과 작업실 내에서 휴식, 음식물 취식, 흡연 등을 행하고 있어 이러한 실내 작업환경은 치과기공사의 건강에 상당한 영향을 줄 것으로 판단된다. 따라서 사용 중인 Casting ring liner를 비석면제품으로 대체(Substitution)하고 환기설비 및 작업방법 등을 개선하여 석면 노출정도를 최소화 하고, 치과기공사의 개인별 석면 노출정도의 평가와 더불어 치과기공사의 건강보호를 위한 구체적인 후속 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

## V. 결 론

본 연구는 2003년 12월부터 2004년 2월 까지 대구광역시 소재 치과기공소를 대상으로 가공실과 소환실의 공기 중 석면 농도를 측정하였으며 측정결과는 다음과 같다.

1. 10개 치과기공소 40개소의 공기 중 석면의 기하평균농도는 0.0061 f/cc로서 작업환경기준 및 실내환경기준에 미달하였으나 2개 치과기공소에서 실내환경관리 기준을 초과하였다.

2. 가공실과 소환실의 공기 중 석면의

기하평균농도는 가공실이 0.0099 f/cc로 소환실 0.0037 f/cc 보다 높았다.

3. 치과기공소에서 사용 중인 Casting ring liner 종류별 공기 중 석면농도는 산업용석면제품을 사용하는 곳이 0.0159f/cc로 가장 높았고, 다음이 석면함유제품을 사용하는 곳 0.0104 f/cc, 비석면제품을 사용하는 곳 0.0026 f/cc순으로 나타났다.

이상의 결과로 보아 대부분의 치과기공소에서 석면이 함유된 Casting ring liner를 사용하고 작업환경농도 또한 일부 치과기공소에서 실내환경기준을 초과하는 것으로 나타나고 있으므로 치과기공소에서 사용 중인 석면제품 Casting ring liner를 비석면제품으로 대체(Substitution)하는 대책이 시급히 강구되어야 하고 환기설비를 보완하여 치과기공사들의 건강을 보호할 수 있도록 하여야 하겠다.

## REFERENCES

- 김갑수, 김운수. 서울시 지하철 환경개선 방안연구. 서울특별시 지하철공사, 1998
- 김유정. 치과기공소 조직내의 갈등 원인 조사연구. 중앙대학교 대학원 석사학위논문, 1998
- 김현옥. 대형건물내 비고형 석면함유 건축자재에 의한 기중 석면오염 및 관리실태. 한국산업위생학회지 1995; 5(2):137-146
- 남상용. 치과기공실의 작업공정별 소음에 관한 연구. 대한치과기공학회지 1993;15(1):23-37
- 노동부. 산업안전보건법. 2003
- 노동부. 노동부고시 제2002-8호(화학물질 및 물리적인자의 노출기준)
- 민병철. 치과기공사의 호흡질환 증상과 작업장내 공기오염에 관한조사 연구. 동남보건논문집 1994; 547-553
- 유찬영, 노재훈, 정호근, 김치연. 서울시 지하철 역사 내부 설비 공사에 따른 석면의 실내공기질 관리 실태. 한국 산업위생학회지 2002;12(3):178-18
- 이희경. 치과기공사의 직업병 인식에 영향을 미치는 요인분석. 연세대학교 보건대학원 석사학위논문, 1993
- 환경부. 다중이용시설 등의 실내공기질관리법, 2004
- American Conference of Government Industrial Hygienists. Threshold limit values for chemical substances and physical agents, Cincinnati, ACGIH; 2003
- Becklake MR, Gibbs GW, Arhiri M, Hurwitz S. Exposure to asbestos and respiratory abnormality: the influence of fiber type and nature expose. in biological effect of mineral fibers, Wanger JC, Ed, IARC Scientific publication No. 30, Lyon, France, 1980
- Doll R. Mortality from lung cancer in asbestos workers. Br Ind Med 1955; 12:81-861
- Environmental Protection Agency(EPA). Asbestos NESHAP adequately wet guidance, 1990
- Frumkin, H, and J. Berlin. Asbestos exposure and gastrointestinal malignancy review and meta-analysis. Am J Ind Med 1988;14:79-95
- Kagan, E, and RJ. Jacobson. Lymphoid and plasma cell malignancies. Asbestos-related disorders of long latency. Am J Clin Pathol 1983;80:14-20
- Lippman M. Review: Asbestos exposure indices. Environ Res 1988; 46: 86-106
- Maclure M. Asbestos and renal adenocarcinoma. A case-control study. Environ Res 1987;42:353-361
- McDonald. Dust exposure and mortality in chrysotile mining, 1910-75. Brit J Ind Med 1980;37:11-24
- National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH). NIOSH manual of analytical methods(NMAM), 4nd ed, Cincinnati, OH;1998
- Selikoff, Ij. and H. Seidman. Cancer of the pancreas among asbestos insulation

- workers. Cancer 1981;47:1469-1473
- Stell, PM, and T. McGill. Exposure to asbestos and laryngeal carcinoma. J Laryngol Otol 1975;89(5):513-517
- Wanger JC, Sleggs CA, Marchand P: Diffuse pleural mesothelioma and asbestos exposure in the North Western Cape province. Br J Ind Med 17:260-271, 1960