
치과기공소의 공기 중 석면농도 분포에 관한 연구 -일개 광역시를 중심으로-

정인호*

김천대학교 치기공학과

Airborne Asbestos Concentrations of Dental Laboratories in One Metropolitan City

In-Ho Jung*

Department of Dental Technology, Gimcheon University, Gimcheon, Korea

요약 이 연구는 치과 기공사의 석면 사용의 문제를 조사 수행하였다. 분석을 위한 샘플은 2010년 12월에서, 2011년 1월까지 대구광역시 10개 치과기공소에서 40개의 샘플링을 개인 샘플러에 의해 샘플 되었고 위상차 현미경으로 분석하였다. 측정결과는 다음과 같다.

1. 10개 치과기공소 40개소의 공기 중 석면의 기하평균농도는 0.0061 f/cc로서작업환경기준 및 실내환경기준에 미달하였으나 2개 치과기공소에서 실내환경관리기준을 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.

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

• **주제어** : 석면, 농도, 분포, 치과, 기공소

Abstract 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 2010 to January 2011 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.

• **Key Words** : Asbestos, Airborne, Dental, Laboratory

*교신저자 : 정인호(jih4611@gimcheon.ac.kr)

접수일 2011년 2월 15일 수정일 2011년 3월 26일 게재확정일 2011년 3월 28일

1. 서론

보철물 제작은 치과기공소에서 이루어지고 기공작업의 여러 공정에서 건강에 영향을 미치는 각종 유해물질과 유독가스, 소음, 분진 등이 발생되고 실내 작업장의 공기를 오염시키고 있다. 특히, 금속재료를 이용한 보철물 제작의 소환작업에 사용되는 Casting ring liner는 보철제작용 소재인 매몰용 석고가 소환작업과정에서 열에 의해 팽창되거나 수축되는 것을 방지하기 위해 보철제작용 금속 링과 매몰용 석고사이에 삽입하여 사용하게 된다. 석면은 A1(Confirmed Human Carcinogen, ACGIH, 2003)로 노동부 산업안전보건법에서 허가대상물질로 규정하여 관리하고 있다(산업안전보건법, 2003). 석면에 장기간 노출(대략 10~30년의 잠복기)되면 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), 원형무기폐, 흉수나 흉수염을 유발한다(Becklake, 1976; Browne, 1991). 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). NIOSH(National Institute for Occupational Safety and Health)에서는 석면을 백석면(Crysotile), 갈석면(Amosite), 청석면(Crocidolite), 투감석석(Tremolite), 양기석(Actinolite), 직섬석(Anthophyllite)의 섬유상이라고 정의하고 섬유를 위상차 현미경으로 관찰하였을 때 길이가 5 μ m이고 길이 대 너비의 비가 최소한 3:1 이상인 입자상 물질로 정의하고 있다. 본 조사대상인 치과공용 석면포의 주성분은 백석면(Chrysotile)이다. 노동부(산업안전보건법)와 미국 산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH, 2003)에서는 작업장의 석면 노출기준을 0.1개/cc로 규정하고 있고, 환경부(실내공기질관리법)와 미국 환경보호청(Environment Protection Agency, EPA)에서는 실내공기 중 석면농도를 0.01 f/cc 미만으로 규정하고 있다. 치과기공소는 1일 8시간이상의 기공작업, 휴식, 취식, 일상생활 등이 이루어지는 공간으로 “산업장의 작업환경”과 “일반 실내환경”이 공존하는 공간형태를 취하고 있다. 따라서 치과기공소의 작업환경 관리는 일

반 작업장의 작업환경관리보다 적극적으로 관리되어져야 한다. 치과기공소에 대한 작업환경 연구는 소음, 분진 등의 유해인자 발생수준 조사와 설문조사를 통한 작업환경 실태조사만이 제한적으로 이루어졌으나, 석면농도에 관한 조사는 이루어지지 않았다. 기공 보철물 제작용 Casting ring liner에 대한 석면농도 조사가 낮은 감은 있으나 치과공사의 건강보호에 크게 기여할 것으로 판단된다.

2. 본론

2.1 조사대상 및 기간

본 조사는 2010년 12월부터 2011년 1월까지 대구광역시 소재 치과기공소 10개소의 소환 준비작업 및 소환작업을 대상으로 총 40개의 시료를 채취하여 분석한 후 공기 중 석면농도수준을 파악하였다.

2.2 시료채취 및 분석방법

1) 시료채취방법

치과기공소의 공기 중 석면농도는 미국 NIOSH에서 추천하는 NIOSH Manual of Analytical Methods(NMAM) 7400방법에 따라 직경 25mm, 공극 0.8 μ m, 셀룰로오스 에스테르 멤브레인 필터(cellulose ester membrane filter)를 3-piece cassette의 지지대 상부에 삽입한 후 50mm extension cowli가 장착된 시료채취기(Gilian, USA)에 연결하여 open face에서 1.7 l/min의 유량으로 7시간 정도 소환 준비작업대 및 소환작업대 상단(평균 높이는 작업장 바닥에서 1~1.5m)에서 지역시료로 채취하였고, 시료채취기는 유량보정계(Gilian, USA)를 이용하여 측정유량을 보정하였다.

2) 분석방법

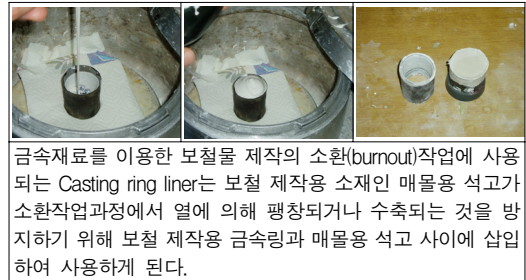
채취한 시료는 NMAM 7400에 따라 위상차현미경(Phase Contrast Microscope, PCM)을 사용하여 섬유를 계수하였다(NIOSH, 1998).

3) 작업방법 및 절차

보철물 제작은 보철 제작용 금속링 사이에 8~12cm 길이의 Casting ring liner를 끼워 매몰용 석고를 채우고 그 속에 Inlay wax로 제작된 보철 모형을 넣고 건조한 후 소환로에서 소환시킨다. 소환작업 후 금속링에서 보철

금속모형을 추출하는 방법은 작업형태에 따라 건식과 습식방법으로 구분되는데 건식작업을 이용할 때 금속링 사이에서 석면과 석고분진이 발생하게 된다. 소환작업은 1일 평균 1~2회 정도 이루어지고, 1회 소환작업에서 2~4개의 보철물이 제작된다. 이때 1개의 보철물 제작에 사용되는 Casting ring liner는 약 8~12cm정도로 작업량에 따라 다소 차이는 있으나 2~3개월에 1롤(길이 30m)정도를 사용한다. 일반적으로 보철물 소환을 위한 준비작업은 작업실에서, 소환 및 석고 제거작업은 작업실과 분리된 소환실에서 이루어진다. 소환실은 자연환기가 원활한 창문측에 위치하며 추가로 국소배기시설이나 환기FAN을 설치하여 가동하고 있다.

상단에 방치하여 사용하고 있다. 또한 소환작업 후 보철물 모형 추출과정에서 석면분진이 작업장 공기의 오염원으로 작용한다. 치과기공소에서 Casting ring liner의 사용 용도는 Fig 2와 같다.



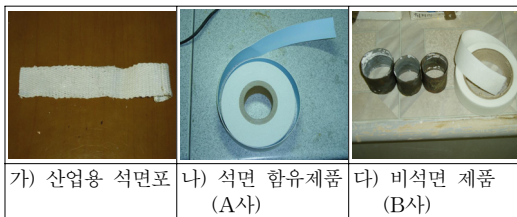
[Fig. 2] Use of Casting ring liner

3. 결론

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 금속 링과 매몰용 석고사이에 삽입하여 사용하게 된다. 이 때 사용되는 Casting ring liner의 너비는 4cm, 길이는 1롤당 약 30m정도로 치과기공사는 소환작업에 사용될 Casting ring liner를 필요한 길이만큼 손이나 칼, 가위로 절단하여 사용한다.

치과기공소에서 사용 중인 소환용 Casting ring liner는 여러 종류가 있으나 본 연구에서는 Fig1과 같이 산업용 석면포와 치과기공용 석면재 및 비석면재 3가지 제품을 대상으로 조사하였다.



[Fig. 1] Casting ring line used in the dental laboratory

석면(Asbestos)은 인체에 해로운 발암성확인물질(A1)로서 사용, 취급, 보관 등에 주의가 요구되는 유해물질이다. 그러나 대부분의 치과기공소에서는 석면대 Casting ring liner를 손으로 직접 취급하고, 작업대 서랍속이나

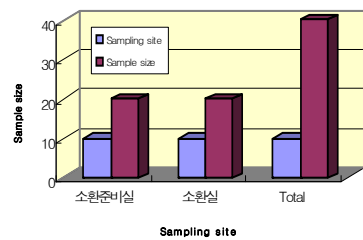
2) 공기 중 석면농도

가) 시료채취 현황

치과기공소별 시료채취 현황은 Table1, Fig3과 같다.

[Table 1, Fig. 3] dental laboratory sampling summoned into the prep room and summoned silbyeol

| 치과기공소 | 소환준비실 | 소환실 | Total |
|---------------|-------|-----|-------|
| Sampling site | 10 | 10 | 10 |
| Sample size | 20 | 20 | 40 |



시료채취는 치과기공소 10개소의 소환 준비실 및 소환실을 대상으로 각각 4개씩 총 40개의 지역시료를 채취하였다.

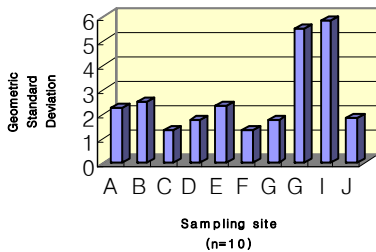
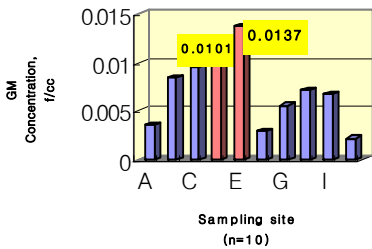
나) 치과기공소별 석면농도

치과기공소별로 측정된 시료의 석면농도는 다음 Table 2, Fig4와 같다.

[Table 2, Fig. 4] asbestos concentrations by dental laboratories

| Sampling site | Sample size | 석면농도(f/cc) | | | | |
|---------------|-------------|------------|--------|-----------|---------|------|
| | | GM | GSD | 노출기준 | | |
| | | | | 노동부/ACGIH | 환경부/EPA | |
| 기공소 | A | 4 | 0.0036 | 2.2392 | 0.1 | 0.01 |
| | B | 4 | 0.0085 | 2.5328 | | |
| | C | 4 | 0.0095 | 1.2924 | | |
| | D | 4 | 0.0101 | 1.7318 | | |
| | E | 4 | 0.0137 | 2.3243 | | |
| | F | 4 | 0.0029 | 1.3295 | | |
| | G | 4 | 0.0056 | 1.7636 | | |
| | G | 4 | 0.0072 | 5.5017 | | |
| | I | 4 | 0.0067 | 5.8103 | | |
| | J | 4 | 0.0022 | 1.8231 | | |
| n=10 | n=40 | 0.0069 | 2.6349 | | | |

GM : Geometric mean
GSD : Geometric Standard Deviation



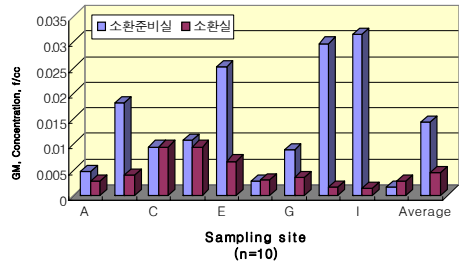
공기 중 석면의 기하평균농도는 0.0069 f/cc로 노동부와 ACGIH에서 제시한 작업장 노출기준 0.1 f/cc, 환경부와 미국 EPA에서 제시한 실내기준 0.01 f/cc 미만으로 조사되었으며, 치과기공소 10개소 중 2개소에서 실내기준을 초과한 것으로 조사되었다.

다) 소환준비실 및 소환실의 공기 중 석면농도

치과기공실별 소환준비실과 소환실의 공기 중 석면농도는 Table 3, Fig. 5와 같다.

[Table 3, Fig. 5] gigongsil dental preparation room and summoned by summoning chamber concentrations of airborne asbestos

| Sampling site | Sample size | 석면농도(f/cc) | | | |
|---------------|-------------|------------|--------|------|------|
| | | 소환준비실 | 소환실 | 노출기준 | |
| | | | | GM | GM |
| A | 4 | 0.0047 | 0.0028 | 0.1 | 0.01 |
| B | 4 | 0.0180 | 0.0040 | | |
| C | 4 | 0.0095 | 0.0095 | | |
| D | 4 | 0.0108 | 0.0095 | | |
| E | 4 | 0.0251 | 0.0067 | | |
| F | 4 | 0.0028 | 0.0030 | | |
| G | 4 | 0.0089 | 0.0035 | | |
| H | 4 | 0.0297 | 0.0017 | | |
| I | 4 | 0.0315 | 0.0014 | | |
| J | 4 | 0.0017 | 0.0028 | | |
| n=10 | n=40 | 0.0143 | 0.0045 | | |



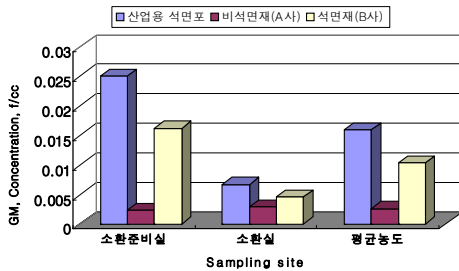
소환준비실과 소환실의 공기 중 석면농도는 소환준비실이 0.0143 f/cc로 소환실 0.0045 f/cc 보다 높았다. 소환준비실의 0.0143 f/cc는 환경부와 미국 EPA의 석면 실내기준인 0.01 f/cc를 초과하고 있다. Table 2, 3에서 나타난 것과 같이 일부 치과기공소 및 소환준비실에서 공기 중 석면농도가 실내기준을 초과하였으며, 이는 보철물 제작과정에서 사용되는 석면재 Casting ring liner의 보관, 절단, 소환준비과정에서 발생된 석면분진이 불충분한 환기상태 및 열악한 실내 작업환경으로 인해 공기 중에 비산되고 퇴적되기 때문인 것으로 판단된다. 작업형태로 볼 때, 소환실이 소환준비실보다 공기 중 석면농도가 높을 것으로 생각되지만 보철물 제작과정을 조사한 결과 소환작업과 석고 제거작업은 순간 고농도의 분진(석면, 석고) 발생을 초래하지만 그 발생시간이 짧고, 전체 환기가 원활한 개방된 창문측에 위치하고 있어 소환준비실보다 발생농도가 낮은 것으로 조사되었다.

라) Casting ring liner의 종류별 공기 중 석면농도

치과기공소에서 사용되는 Casting ring liner의 종류별 공기 중 석면농도는 Table 4, Fig 6과 같다.

[Table 4, Fig. 6] Casting ring liner for each type of airborne asbestos concentrations

| Casting ring liner | Sample size | | 석면농도(f/cc) | | 평균농도 (f/cc) |
|--------------------|-------------|-----|-------------|----------|-------------|
| | 소환 준비실 | 소환실 | 소환 준비실 (GM) | 소환실 (GM) | |
| 산업용 석면포 | 2 | 2 | 0.0251 | 0.0067 | 0.0159 |
| 비석면 제품(A사) | 4 | 4 | 0.0023 | 0.0029 | 0.0026 |
| 석면함유 제품(B사) | 14 | 14 | 0.0162 | 0.0046 | 0.0104 |



치과기공소에서 주로 사용 중인 Casting ring liner의 종류는 3가지로 산업용 석면포(산업용 단열재), 석면 함유제품(B사), 비석면 제품(A사)으로 사용제품에 따른 공기 중 석면농도는 산업용 석면포를 사용하는 곳에서 0.0159 f/cc로 가장 높았고, 다음이 석면 함유제품을 사용하는 곳이 0.0104 f/cc이며, 비석면 제품을 사용하는 곳이 0.0026 f/cc로 가장 낮았다. 특히, 산업용 석면포와 석면 함유제품을 사용하는 곳은 환경부와 미국 EPA의 실내기준인 0.01 f/cc를 초과한 것으로 조사되었다.

4. 고찰

치과기공소의 공기 중 석면의 기하평균농도는 0.0069 f/cc로 노동부와 ACGIH에서 제시한 작업장 노출기준 0.1 f/cc, 환경부와 미국 EPA에서 제시한 실내기준 0.01 f/cc 미만으로 조사되었으며, 치과기공소 10개소 중 2개소에서 실내기준을 초과한 것으로 조사되었다. 소환준비실과 소환실의 공기 중 석면농도는 소환준비실이 0.0143 f/cc로 소환실 0.0045 f/cc 보다 높았다. 소환준비실의 0.0143 f/cc는 환경부와 미국 EPA의 석면 실내기준인 0.01 f/cc를 초과하고 있다.

조사대상의 일부 치과기공소 및 소환준비실에서 공기 중 석면농도가 실내기준을 초과하였으며, 이는 보철물 제작과정에서 사용되는 석면재 Casting ring liner의 보관, 절단, 소환준비과정에서 발생된 석면분진이 불충분한

환기상태 및 열악한 실내 작업환경으로 인해 공기 중에 비산되고 퇴적되기 때문인 것으로 판단된다. 작업형태로 볼 때, 소환실이 소환준비실보다 공기 중 석면농도가 높을 것으로 생각되지만 보철물 제작과정을 조사한 결과 소환작업과 석고 제거작업은 순간 고농도의 분진(석면, 석고) 발생을 초래하지만 그 발생시간이 짧고, 개방된 창문측에 위치하고 있어 전체환기(General ventilation)가 원활하여 소환준비실보다 발생농도가 낮은 것으로 조사되었다. 치과기공소에서 사용 중인 Casting ring liner는 여러 가지 종류가 있으며 본 조사 대상인 치과기공소에서 사용 중인 Casting ring liner의 종류는 3가지로 산업용 석면포(산업장에서 단열용으로 사용되는 제품), 석면 함유제품(B사), 비석면 제품(A사)으로 제품별 공기 중 석면농도를 조사한 결과 산업용 석면포를 사용하는 치과기공소에서 0.0159 f/cc로 가장 높았고, 다음이 석면 함유제품을 사용하는 치과기공소 0.0104 f/cc, 비석면 제품을 사용하는 치과기공소 0.0026 f/cc로 가장 낮았다. 또한 산업용 석면포와 석면 함유제품을 사용하는 치과기공소에서는 환경부와 미국EPA의 실내기준인 0.01 f/cc를 초과한 것으로 조사되었다. 치과기공사는 1일 8시간 이상을 좌식작업으로 정밀한 기공작업을 하고, 필요한 경우 휴식이나 음식물 취식, 흡연 등을 작업실 내에서 행하고 있다. 이러한 조건의 실내 작업환경은 치과기공사의 건강에 상당한 영향을 미치는 것으로 예상된다.

이상의 결과로 보아 치과기공소의 공기 중 석면농도가 치과기공사에게 직접적으로 영향을 주는 노출농도라고 단정하기는 어렵지만 현재의 열악한 근무환경이나 근무조건 등의 개선이 시급히 이루어져야 할 것으로 생각된다. 따라서 사용 중인 석면재 Casting ring liner를 비석면 제품으로 대체하고 환기설비의 보완 및 작업방법 등을 개선하여 석면 노출을 최소화 하여야 한다.

앞으로 치과기공사의 개인별 석면 노출농도 평가와 더불어 치과기공사의 건강보호를 위한 구체적인 후속 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

5. 결론

1. 치과기공소의 공기 중 석면의 기하평균농도는 0.0069f/cc이며, 표준편차는 2.5935였다.
2. 소환준비실과 소환실의 공기 중 석면농도는 소환준비실이 0.01423f/cc, 소환작업실 0.0045 f/cc 보다 높았다.

3. 치과기공소에서 사용 중인 Casting ring liner의 종류별 공기 중 석면농도는 산업용 석면포를 사용하는 곳에서 0.0159f/cc로 가장 높았고, 다음이 석면 함유제품을 사용하는 곳이 0.0104 f/cc, 비석면제품을 사용하는 곳이 0.0026 f/cc로 가장 낮았다.

이러한 결과를 바탕으로 추후 개인 시료채취를 통한 치과기공사의 석면 노출수준을 파악하고, 현재 치과기공소에서 사용 중인 석면대 Casting ring liner의 비석면 제품으로의 교체, 보관 및 사용방법 등의 개선이 필요하다. 또한 실내 환기조건의 개선과 청결한 위생관리, 치과기공사의 건강관리 기준마련 등으로 치과기공사의 석면 노출을 예방하고 건강증진을 도모하여야 할 것으로 판단된다.

REFERENCES

[1] Gap Su Kim, Mun Su Kim, "Improvement of Seoul Subway environment", Seoul Metropolitan Subway Corporation, 1998.

[2] Hyeon Uk Kim. "Note the large buildings by type of asbestos-containing building materials and management practices lifting of asbestos contamination", Korea Industrial Hygiene Association, pp. 137-146, 1995.

[3] Sang Yong Nam, "Dental work process by the noise of gigongsil" Study for Dental Research, pp. 23-37, 1993

[4] Department of Labor, Occupational Health and Safety Act. 2003.

[5] Department of Labor, Department of Labor Notice No. 2002-8.

[6] Byeong Cheol Min, "Symptoms of respiratory disease and dental technicians in the workplace Study on Air Pollution", Journal of Southeast Health, pp. 547-553, 1994.

[7] Chan Young Ryu, Jae Hoon Ro, Ho Keun Jeong, Chin yeon Kim. "Medicine and Public Health Seoul Subway history of asbestos inside the plant construction indoor air quality management practices". Korea Journal of Industrial Hygiene, pp. 178-18, 2002.

[8] HeeKyung Lee, "Dental technicians recognize the factors affecting the occupational analysis",

Master's Thesis, Graduate School of Public Health, Yonsei University, 1993.

[9] "Indoor Air Quality Management Act, such as a multi-use facility", Ministry of Environment, 2004.

[10] American Conference of Government Industrial Hygienists. Threshold limit values for chemical substances and physical agents, Cincinnati, ACGIH:2003.

[11] Doll R. Mortality from lung cancer in asbestos workers. Br Ind Med 1955;12:81-861.

[12] Environmental Protection Agency(EPA). Asbestos NESHAP adequately wet guidance, 1990.

[13] Frumkin, H., and J. Berlin. Asbestos exposure and gastrointestinal malignancy review and meta-analysis. Am J Ind Med 1988;14:79-95.

[14] Kagan, E., and RJ. Jacobson. Lymphoid and plasma cell malignancies. Asbestos-related disorders of long latency. Am J Clin Pathol 1983;80:14-20.

[15] Maclure M. Asbestos and renal adenocarcinoma. A case-control study. Environ Res 1987;42:353-361

[16] McDonald. Dust exposure and mortality in chrysotile mining, 1910-75. Brit J Ind Med 1980;37:11-24.

[17] National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH). NIOSH manual of analytical methods(NMAM), 4nd ed., Cincinnati, OH:1998.

[18] Selikoff, Ij., and H. Seidman. Cancer of the pancreas among asbestos insulation workers. Cancer 1981;47:1469-1473.

[19] Stell, PM, and T. McGill. Exposure to asbestos and laryngeal carcinoma. J Laryngol Otol 1975;89(5):513-517.

저자소개

정인호(In-Ho Jung)

[정회원]



- 2004년 6월 ~ 2005년 3월 : 이편한 치과기공소 소장
- 2005년 3월 ~ 현재 : 김천대학교 치기공학과 조교수
- 2008년 2월 : 대구한의대학교 보건학과 (보건학박사)

<관심분야> : 치과재료학, 치과심미학