

# 금속가공유(Metalworking Fluids) 노출과 호흡기질환 위험 : critical review

박동욱<sup>†</sup>

한국방송통신대학교

## Critical Review on Relationship between Exposure to Metalworking Fluids and Non-malignant Respiratory Diseases

Park Dong-uk<sup>†1</sup>

Korea National Open University

We have reviewed all cases and epidemiological studies that have reported the association between worker's exposure to metalworking fluids(MWF) and non-malignant respiratory diseases. The followings are main conclusions we critically reviewed.

Exposure to MWF was believed to be significantly related to the risk of cough and phlegm. Relative risk caused by straight MWF was found to be higher in exposure to straight MWF than water-soluble MWF.

We also found that exposure to water-soluble MWF significantly caused hypersensitivity pneumonitis (HP) and occupational asthma. The main culprits that cause the development of HP and asthma are believed to be microbes

contaminated in MWF, ethanolamine and biocides. HP and asthma could be developed at even exposure to lower than 0.5 mg/m<sup>3</sup>, exposure level recommended by NIOSH.

Most epidemiological studies have reported that relationship between chronic bronchitis and exposure to MWF was significant. Although there were several studies that suggested the significant association between exposure to MWF and the development of rhinitis and sinusitis, we could not conclude the causal relationship because of lack of evidences.

**Key Words :** metalworking fluids(MWF), non-malignant respiratory diseases, HP, occupational asthma, chronic bronchitis, rhinitis, sinusitis

## I . 서 론

금속가공유(Metalworking Fluids, 이하 MWF라 함)는 기계 가공공정에서 다듬질 면의 개선, 가공정도의 향상, 공구수명의 연장, 가공물의 방청, 열과 칩의 제거 등을 목적으로 사용되는 것으로 비수용, 수용성, 합성, 준합성 MWF 4가지가 있다. MWF는 금속가공유, 기계유(machine oils), 절삭유(cutting oils), 윤활유(lubricating) 등으로 부르기도 한다.

MWF는 여러 가지 화학물질이 포함된 화학물질 복합체인 것으로 오랜 기간 사용되면서 유해성이 새로 밝혀지고 있음에도 불구하고, 공정의 성능 요구가 다양해짐에 따라 MWF의 성분은 끊임없이 변화되고 있다.

MWF에 대한 높은 기능성과 절삭속도의 고속화, 높은 이송화, 다듬질 면 정도의 향상, 공구수명의 연장, 미생물성장 억제 등이 요구되면서 방부제, 윤활제, 방청제, 부식방지제, 세정제, 분산제, 거품방지제, 극압첨가제 등 각종 화학물질들

접수일 : 2006년 10월 16일, 채택일 : 2007년 1월 12일

<sup>†</sup> 교신저자 : 박동욱 (서울시 종로구 동숭동 169번지 한국방송통신대학교 환경보건학과,

Tel : 02-3668-4707, Fax : 02-741-4701, E-mail : pdw545@mail.knou.ac.kr )

이 첨가되어 왔다. 이러한 첨가제의 성분과 질(quality)과 함께 공정 동안에 추가로 발생하는 각종 오염성분이나 물질 등으로 인해 MWF는 근로자의 건강상의 영향, 환경에 대한 위험 등과 밀접한 연관이 있을 수밖에 없다.

현재까지 MWF의 노출로 인해 발생할 수 있는 건강상의 장해는 암, 호흡기질환, 피부질환으로 알려져 있다. 암이 발생하는 인체 조직, 부위, 기관 등에는 연구마다 논란이 있다. 현재까지 역학조사에서 유의한 것으로 밝혀진 암 발생부위는 피부와 소화기계통의 조직이다. 박동욱 등(2003)은 2002년까지 각종 역학연구와 사례보고서를 검토하여 MWF 노출과 암발생위험을 고찰하였다. 이 고찰에서 MWF 노출과 유의한 암발생위험이 있는 조직은 직장, 식도, 췌장, 담낭, 방광 등으로 정리하였다. 이외에도 폐암, 위암, 식도암, 전립선암 등도 MWF 노출로 인해 발생할 수 있다고 주장하는 연구결과도 있다(NIOSH, 1998). 2006년에는 MWF 노출이 유방암의 발생위험도 있다고 주장하였다(Tompson 등, 2005).

한편 MWF의 노출로 인해 발생할 수 있는 또 다른 건강장해는 접촉성피부염, 자극성 피부염, 모낭염 등 피부질환(NIOSH, 1998)과 호흡기질환이다. 호흡기는 비, 인후, 기도, 기관, 기관지, 폐포 등 많은 조직으로 구성되어 있다. 현재까지 MWF 노출로 인해 발생할 수 있는 호흡기질환은 비염, 기관지염, 천식, 과민성폐렴, 폐기능저하, 부비동염, 호흡기 자극 등 매우 다양하다. 이러한 호흡기질환은 역학조사나 사례조사마다 호흡기 부위별, MWF 종류별로 결과가 일치하지는 않는다.

본 연구에서는 MWF의 노출에 의해 발생할 수 있는 호흡기질환에 대해 현재까지 보고된 역학조사연구와 사례연구 결과를 고찰하여 정리하였다. 또한 호흡기질환을 초래할 수 있는 MWF의 종류 및 원인인자의 가능한 규명과 함께 노출 평가 결과도 요약하였다. 고찰하는 호흡기질환은 각종 역학조사나 사례에서 보고된 호흡기 증상 유병율, 기관지염, 호흡기 자극, 과민성폐렴, 천식, 비염, 부비동염 등이다.

고찰연구를 통해 MWF를 취급하는 사업장이나 근로자 그리고 정부가 MWF 사용으로 인한 유해성을 심각하게 인식하는 한편 MWF의 안전한 사용을 위한 대책 수립에 노력했으면 한다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 대상

현재까지 MWF 노출로 인해 발생할 수 있는 건강상의 영향은 상기도 호흡기질환, 천식, 과민성폐렴, 기관지염

(bronchitis) 등이다. MWF 노출로 발생할 수 있는 상기도 호흡기질환은 비염(rhinitis), 부비동염(sinusitis), 자극 등이다. 또한 각종 상기도 호흡기 증상 호소도 MWF 노출과 관련이 있는 것으로 보고되고 있다. 본 연구에서는 MWF 노출로 인해 발생할 수 있는 호흡기질환은 물론 증상유병율도 모두 고찰하였다.

#### 1) 호흡기질환 증상 유병율

유해인자의 노출로 인해 발생하는 호흡기 질환(respiratory symptoms)의 일반적 증상들은 기침(cough), 객담배출(phlegm production), 가슴답답함(chest tightness), 호흡곤란(dyspnea), 눈·코·호흡기점막 자극, 콧물(runny nose), 재채기, 천명(wheezing) 등이다. 이 증상들에 대한 유병율, 상대위험비(relative risk, RR)를 모두 고찰하였다.

#### 2) 호흡기질환

지금까지 MWF 노출로 인해 발생할 수 있는 것으로 보고된 호흡기질환은 기관지염, 천식, 과민성폐렴, 비염, 부비동염 등이다. 이 호흡기질환들에 대한 역학연구나 사례보고를 모두 고찰하였다.

사례보고는 역학조사에 비해 임상중심이고 MWF에 노출되지 않은 대조군에 대한 정보가 없는 단점도 있지만 노출된 근로자에 대한 상세한 의학정보를 얻을 수 있는 장점도 있다. 근본적으로 역학조사는 원인인자에 대한 노출과 과민성폐렴의 위험간의 연관성과 위험의 정도를 밝히지만 사례는 명백한 원인을 결정하는 효과가 있다.

#### 3) MWF 종류 및 노출농도

호흡기질환이나 호흡기증상유병율의 연구에서 언급된 MWF 종류, MWF 에어로솔 농도, 노출특성 등도 고찰에 포함하였다.

## 2. 방법

#### 1) 논문검색 및 고찰

국내외 학회지에 보고된 호흡기질환, 호흡기증상 유병율 그리고 MWF 종류 및 노출농도가 언급된 연구의 주요 연구결론을 요약하고 고찰하였다. MWF의 호흡기질환과 관련되는 국외논문은 미국 NIH(National Institute of Health)와 NLM(National Library of Medicine)에서 제공하는 URL(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/>)에서 검색하여 고찰하였다. 이 URL에서는 국외 산업보건분야에서 보고된 대부분의 논문을 검색하는 곳이다. 또한 필요한 경우 논문의 참고문헌

을 다시 검색하여 비교분석하였다. 이러한 과정을 통해서 가능하면 MWF와 호흡기질환과 관련되는 논문을 대부분 고찰하였다. 특별히 NIOSH에서 종합하지 못한 1997년 이후의 논문도 고찰하였다.

## 2) 보고서 및 사례보고

- NIOSH "Criteria for a Recommended Standard Occupational Exposures to Metalworking Fluids" : 1998년 이전에 보고된 MWF의 건강상의 장애와 관련된 모든 내용을 고찰하고 종합한 보고서이다. 본 연구에서는 1998년 이전의 호흡기 질환에 대한 주요 내용은 이 연구보고서를 참조하였다. 연구보고서에서 인용한 논문은 직접 원본을 찾아 대조하여 언급이 필요한 사항은 추가하였다.
- CDC (Centers for Disease Control) "Mortality and Morbidity Weekly Report(MMWR)" : 매주 CDC에서 제공하는 MWF 노출로 인한 사례보고 (<http://www.cdc.gov/mmwr/>)를 참조하였다.

# III. 결과 및 고찰

## 1. 호흡기 질환 증상 유병율

MWF를 취급하는 근로자들이 상기도 호흡기질환에 대한 호소는 높다. 지금까지 보고된 MWF 노출과 호흡기질환 증상별 위험과의 관련성은 항상 일정한 것은 아니다. 전반적으로 MWF 노출이 호흡기증상 위험은 초래할 수 있지만 MWF 종류별 호흡기증상 등이 연구마다 차이가 있다는 뜻이다. 연구하는 호흡기증상도 여러 가지이고, MWF 종류도 4가지이기 때문이다. 또한 MWF 종류별로 성분도 서로 차이가 있고 노출특성이 다양하기 때문에 일치된 관련성을 찾는 것은 어려운 일이다.

1970년대부터 현재까지 MWF 노출과 호흡기질환 증상과의 관련을 밝히기 위한 연구는 매우 많다. 일부 연구는 이러한 관련성을 발견하지 못했지만 대부분의 연구에서는 MWF 노출이 호흡기질환 증상을 초래할 위험이 있는 것으로 보고하였다.

1970년에 Ely 등(1970)은 MWF 종류 그리고 MWF에 노출에 상관없이 호흡기증상 유병율이 유의한 차이가 없다고 하였다. 즉 비수용성MWF에 노출된 근로자와 노출되지 않은 근로자에게서 기침, 객담, 가슴답답, 천명 등의 유병율이 서로 차이가 없었다. 즉 MWF 노출이 호흡기질환의 위험과 관련이 없다고 결론지었다.

1981년에 Krzesniak 등(1981)은 Ely 등의 주장과는 달리

MWF에 노출된 근로자들이 노출되지 않은 근로자들 보다 기침과 객담(38.8 % 대 17.9 %,  $p<0.05$ ) 그리고 호흡곤란(27.8 % 대 9.4 %,  $p<0.01$ ) 유병율이 유의하게 높은 것을 보고하였다. 이 결과는 트랙터를 제조하는 기계가공공정에서 MWF 에어로솔에 노출되는 531명의 근로자와 사무실 245명을 대상으로 실시한 단면조사에서 얻은 것이다. 한편, MWF 에어로솔에 노출된 근로자가 노출되지 않은 근로자보다 기침과 객담에 대한 위험이 약 2.9배( $CI=1.98-4.29$ ) 그리고 호흡곤란은 3.7배( $CI=2.31-6.25$ )로 유의하게 높은 것으로 나타났다.

Jarvholm 등(1982)도 비수용성과 수용성 MWF에 3년 이상 노출된 164명을 대상으로 수행한 연구에서도 MWF 노출은 호흡기증상 유병율과 유의한 관련이 있는 것을 발견했다. 나 이와 흡연상태를 보정한 후에 MWF에 노출된 근로자가 노출되지 않은 사무직근로자(159명)에 비해 만성기침 발생위험이 2.8배( $CI=1.3-6.2$ ) 그리고 만성객담은 2.2배( $CI=1.2-3.9$ ) 유의하게 높은 것으로 보고하였다.

한편 노출되는 MWF 종류별로 호흡기 증상 유병율의 차이를 연구한 결과도 보고되었다. Oxhoj 등(1982)은 27개 사업장 385명을 비수용성, 수용성, 합성, 준합성 MWF 취급 근로자들로 구분한 다음, 이들의 호흡기증상 유병율을 비교한 결과 서로 유의한 차이가 없었다고 하였다. 그러나 MWF에 노출되지 않은 대조그룹을 함께 비교하지 않아 MWF 노출로 인한 순수한 영향을 파악하지 못한 한계점이 있었다. 그러나 MWF 노출정도에 따라 호흡기 증상 유병율에 차이가 있다는 사실을 발견하였다. 즉 MWF 에어로솔  $1.0 \text{ mg/m}^3$  이상에 노출되는 근로자들은 이하에 노출되는 근로자보다 만성기침(32 % 대 18 %,  $p<0.05$ ), 만성객담(25 % 대 11 %,  $p<0.05$ )에 대한 증상 유병율이 유의하게 높았다. 이 결과를 통해 MWF 노출은 만성기침과 객담의 발생위험을 유의하게 증가시키는 것을 증명하였다.

Ameille 등(1995)은 비수용성 MWF에 노출된 근로자는 MWF에 노출되지 않은 근로자의 호흡기증상 유병율과 차이가 있었지만 수용성은 차이가 없다는 결과를 발표하였다. 이들은 조사시점에서 과거 5년 동안의 노출을 근거로 3개 노출 그룹(비수용성: 40명, 수용성: 51명, 비수용성과 수용성 혼합 노출: 139명)과 1개 비노출그룹(조립근로자 78명)을 구분한 다음, 그룹별로 만성기침, 만성객담, 호흡곤란에 대한 증상 유병율을 비교하였다. 비수용성 MWF에 노출된(평균:  $2.6 \text{ mg/m}^3$ ,  $SD=1.8$ , 기하평균  $2.2 \text{ mg/m}^3$ ,  $GSD 1.9$ ) 근로자의 만성기침, 만성객담, 호흡곤란에 대한 위험이 비노출근로자 그룹에 비해 유의하게 높은 것을 발견하였다. 뿐만 아니라 비수용성 MWF의 노출기간이 증가됨에 따라 만성기침의 위험이 유의하게( $p<0.03$ ) 높아지는 것으로 보고하였다. 특히 흡연상태를 보정한 후, 15년 이상 비수용성MWF에 노출된 근로자의 만



성기침에 대한 상대위험비는 노출되지 않은 근로자에 비해 2.2배(CI=1.01-4.85) 높은 것을 발견했다. 그러나 수용성 MWF의 노출 근로자 그룹은 노출되지 않은 근로자에 비해 유의하게 높은 호흡기증상 유병율을 나타내지 않았다. 물론 합성, 준합성MWF가 포함되지 않았고 이들에 대한 노출농도도 조사하지 못한 한계점은 있지만, 비수용성과 수용성 MWF 종류간에 호흡기증상 유병율이 차이가 있다는 것을 발견하였다. 즉 비수용성 MWF의 노출은 만성객담, 만성기침, 호흡곤란의 발생위험과 유의한 연관이 있지만 수용성MWF는 이러한 연관성이 없다고 주장하였다.

Greaves 등(1993, 1995, 1997)은 비수용MWF는 물론이고 합성, 수용성 MWF 노출도 호흡기증상 발생위험과 유의한 관련이 있는 것으로 보고하여 Ameille 등(1995)과 다른 연구결과를 발표했다. Greaves 등(1993, 1995, 1997)은 MWF 노출여부는 물론 3종류의 MWF노출 간에 호흡기 증상 유병율을 비교하였다. 자동차제조 근로자 1,811명(1,042명 : MWF 취급, 769명 : 조립근로자)을 대상으로 MWF 취급근로자를 다시 비수용성, 수용성, 합성 MWF를 노출그룹으로 구분하고 MWF에 노출되지 않은 조립근로자의 호흡기질환 증상 유병율과 비교하였다. MWF 종류에 상관없이 MWF에 노출된 기계가공 근로자의 모든 호흡기증상 유병율(만성기침, 만성객담, 만성기관지염, 천명)이 유의하게 높았다. 가장 높은 호흡기증상(기침, 가슴답답, 천명, 호흡곤란, 만성기관지염) 유병율은 합성MWF에 노출(농도 : 0.41 mg/m<sup>3</sup>)된 근로자에게서 발견되었다. 한편, 호흡곤란, 가슴답답, 천명, 만성객담은 비수용성MWF(노출농도 : 0.43 mg/m<sup>3</sup>) 그리고 만성기침과 가슴 답답 증상은 수용성MWF에 노출(농도 : 0.55 mg/m<sup>3</sup>)된 근로자에게 유의하게 높았다. 따라서 Greaves 등(1993, 1995b, 1997)은 MWF 종류에 상관없이 MWF 노출은 호흡기질환의 발생에 영향을 미치며 합성MWF가 가장 높은 위험을 초래하는 것으로 결론을 내렸다.

Massin 등(1996)도 MWF 노출과 호흡기증상 유병율은 연관이 있다고 주장하였다. 수용성MWF에 노출된 114명과 노출되지 않은 55명을 대상으로 조사하였다. MWF에 노출된 근로자의 호흡기질환 증상(만성기침, 객담배출, 호흡곤란, 기관지염 등) 유병율이 MWF에 노출되지 않은 근로자보다 유의하게 높은 것으로 보고하였다. MWF 에어로솔 기하평균 노출농도(채취 근로자 수=92) 범위는 0.65-2.2 mg/m<sup>3</sup>이었다.

Rosenman 등(1997a, 1997b)도 MWF종류별로 호흡기증상 유병율에서 차이가 있다고 하였다. 이들은 1988-1994년까지 미시간 직업병 감시시스템의 일환으로 MWF를 사용하는 37개 사업장 755명의 근로자에게서 구한 기관지염, 호흡곤란(shortness of breath), 직업성 천식, 코막힘, 콧물 등에 대한 증

상 호소율을 분석하였다. 이곳에서 측정한 에어로솔 노출농도 범위는 ND-1.0 mg/m<sup>3</sup>는 37개소 중 15개소, 1.0-5.0 mg/m<sup>3</sup>은 6개소였다. 수용성, 준합성, 합성MWF에 노출된 근로자는 비수용성 MWF에 노출된 근로자보다 만성기관지염, 코질환에 따른 병원방문, 코막힘, 콧물흘림, 업무관련 천식과 유사한 호흡기증상 등이 유의하게 높았다.

Kriebel 등(1997)은 호흡기질환 증상 유병율이 MWF 노출된 근로자와 노출되지 않은 근로자간에 유의한 차이가 없다고 하였다. 자동차부품 제조업체에서 MWF(비수용성, 수용성)에 노출된 근로자를 대상으로 조사한 호흡기질환 증상 중 부비동자극(sinus irritation)이 다른 호흡기질환(기침, 객담, 천명, 천식, 눈/코/목자극 등) 호소율 7-21 %보다 훨씬 높은 것으로 나타났다. 즉, 비수용성취급 근로자(74명) 중에서는 36명(51 %), 수용성 취급 근로자(142명) 중에서는 63명(45 %)으로 나타났다. 이러한 증상유병율은 MWF를 취급하지 않은 다른 근로자(168명) 중 64명(38 %)보다 약간 높아 MWF의 노출로 인한 호소만으로 판단하기가 어렵다고 하였다. 노출된 에어로솔의 평균농도는 비수용성이 0.243 mg/m<sup>3</sup>, 수용성이 0.215 mg/m<sup>3</sup>이었다. 그러나 호흡기증상 중 기침과 비염문제(sinus problem)는 MWF를 취급하지 않은 조립근로자에 비해 유의한 상대위험을 나타냈다. 비수용성MWF에 노출(평균 0.24 mg/m<sup>3</sup>)된 근로자에게서 비염(OR 2.9 CI : 1.2-6.7), 비염문제(OR 1.7 CI : 1.0-3.0) 위험이 유의하게 높은 것을 보고하였다. 한편 이들은 수용성MWF에 노출(평균 0.22 mg/m<sup>3</sup>)된 근로자에게서 급성 눈, 코 그리고 목자극이 비수용성근로자에 비해서 유의하게(p<0.01) 높은 것도 알아냈다.

지금까지 호흡기증상을 초래하는 인자로 MWF 성분 중의 일부 자극성물질을 의심지만(Sprince 등, 1997), 결정적인 원인성분이라고 할 수 있는 확실한 증거는 아직 없다.

최근에 Oudyk 등(2003)은 MWF의 농도와 호흡기증상호소율과의 관계를 밝혔다. 자동차 제조 공정에서 MWF에 노출되는 2,935명의 근로자를 대상으로 MWF 노출과 호흡기질환 증상과의 관계를 단면으로 역학조사하여 발표하였다. 근로자의 호흡기증상 호소율은 매일 혹은 주마다 “코막힘 또는 콧물”이라고 응답한 비율은 무려 42 %로 다른 호흡기증상 호소율(기침가래 29 %, 마른기침 23 %, 천명 19 %, 가슴 답답 17 %, 목아픔 16 % 등)보다 훨씬 높은 것으로 보고하였다. 그러나 MWF농도와 호흡기질환의 증상 호소율과 유의한 관계를 발견하였지만 “코막힘 또는 콧물”과는 발견하지 못하였다. 그러나 이들이 측정한 MWF 에어로솔 농도는 노출농도가 아니고 직독식측정기구로 측정한 것으로 에어로솔 평균 농도는 0.25-0.84 mg/m<sup>3</sup>였다. 따라서 엄밀히 말해서 노출과 호흡기증상의 관계를 규명한 연구로 볼 수는 없다.

Bukowski(2003)는 MWF를 취급하는 근로자를 대상으로

보고한 기침과 객담배출에 대한 연구결과를 종합적으로 고찰하였다. 로지스틱 회귀분석을 이용하여 기침과 객담배출에 대한 응답과 MWF 노출과의 관련성을 상대위험도(relative risks, RR)로 나타낸 것을 비교하였다(Table 1).

#### 호흡기 질환 증상 유병율 요약

일반적으로 기침과 객담배출은 MWF에 노출되지 않은 근로자(non-machinist)보다 MWF를 취급하는 기계가공근로자에게서 높은 것이 일반적인 결론이다. 또한 MWF 종류별로 호흡기질환 유병율 위험이 차이가 있는 것도 발견하였다. 즉, 비수용성에 비해서 수용성인 준합성과 합성 MWF를 취급하는 근로자의 상대위험비(RR)이 더 높았다. MWF와 호흡기 질환 증상 유병율과의 관계에서 이러한 경향은 항상 일관적이고 보편적인 것은 아니다. 위에서 고찰한 바와 같이 MWF 노출과 호흡기증상 유병율과의 관계에 대한 주장은 일부 연구들(Ely 등, 1970; Kriebel 등, 1997)의 결과를 제외하고는 대부분 유의한 관련이 있는 것으로 정리할 수 있다. 또한 MWF의 종류 모두는 호흡기증상을 초래할 수 있다고 볼 수 있다. 그러나 MWF에서 구체적으로 호흡기증상을 초래하는 원인인자를 구명하는 것은 어렵다(Bukowski, 2003).

한편, MWF 에어로솔의 노출농도와 호흡기질환 증상의 관계가 유의한 것을 발견하기도 했지만(Greaves et al., 1995b, 1997; Sprince 등, 1997), MWF 노출의 증가로 인해 호흡기증상의 위험이 증가하는 일반적인 경향은 아직 확정되지 않았다(Bukowski, 2003).

## 2. 과민성폐렴

과민성폐렴은 알러지성 폐포염(allergic alveolitis)으로 항원에 대한 면역반응이고 항원에 사전 접촉(감작)이 있어야 한다(NIOSH, 1998). 일반환경에서 과민성폐렴을 일으키는 원인인자는 일부 곰팡이와 박테리아 종이나 포자로 알려져 있다.

1994년에 MWF 노출과 관련이 있을 것으로 판단되는 2건의 과민성폐렴이 영국에서 보고되었다(Merideth and McDonald 1994). 추가로 보다 많은 과민성폐렴 발생 사례가 MWF를 취급하는 여러 사업장에서 보고되어(Rosenman 등, 1994; Bernstein 등, 1995; Rose 등, 1996; Kreiss and Cox-Ganser 1997), MWF 노출과 과민성폐렴의 발생이 연관이 있다는 것이 알려졌다.

Bernstein 등(1995)은 MWF의 노출과 과민성폐렴사례를 처음으로 상세하게 보고하였다. 1991년에 합성MWF를 사용하기 시작한 소규모사업장에서 6-11개월 후에 6명의 근로자가 과민성폐렴 증상을 나타냈다. MWF를 취급하지 않은 후에는 과민성폐렴 증상은 사라졌다. 이들이 취급한 MWF는 박테리아에 오염되어 있었고, 과민성폐렴 증상을 나타낸 6명의 근로자 모두로부터 *Pseudomonas fluorescens*에 대한 항체가 발견되었다. 이러한 결과에 따라 MWF를 오염시킨 미생물이 과민성폐렴의 병리적인 원인인자로 의심되었다. Rose 등(1996)도 3개의 다른 자동차공장에서 MWF에 노출된 근로자의 생체검사시료에서 6건의 확정된 과민성폐렴을 발견하

Table 1. Associations between chronic symptoms and metalworking fluids(MWF)

Reference	Type of MWF	Cough <sup>A</sup>	Phlegm <sup>A</sup>
Ely et. al.(1970)	Straight oil	1.0(0.6-1.7)	1.4(0.9-2.4)
Jarvholm et. al.(1982)	straight oil	1.0(0.6-1.7)	—
	Soluble	2.8(1.7-4.4)	—
Amellie et. al.(1995)	straight oil	1.5(0.6-4.2)	—
	Soluble	0.7(0.2-2.1)	—
	Both	1.6(0.8-3.4)	—
Massin et. al.(1996)	Soluble	4.9(p=0.002)	—
Robins et. al.(1997)	Soluble	2.0(0.6-7.4)	2.0(0.6-7.4)
Sprince et. al.(1997)	Soluble & synthetic	3.1(1.4-6.9)	3.1(1.6-6.1)
Greaves et. al.(1997)	Straight,	1.5(p<0.05)	1.7(p<0.05)
	Soluble &	1.2(NS)	1.2(NS)
	synthetic	1.6(p<0.01)	2.1(p<0.01)
Kriebel et. al.(1997)	Straight oil	2.1(0.9-4.8)	1.5(0.5-4.0)
	Soluble	0.6(0.2-1.5)	1.0(0.4-2.5)

A : odd ration(95 % confidence intervals or p value. Values are adjusted logistic regression models.

NS : non-significant

고 보고하였다.

Kreiss 등(1997)은 8개의 자동차 제조 공정에서 집단으로 발생한 과민성폐렴의 원인으로 수용성MWF에 오염된 미생물을 지적하여 Bernstein 등(1995)의 주장을 뒷받침하였다. 1996년에 이곳에서 측정한 공기 중 엔도톡신의 노출농도는  $0.1-10 \text{ EU/m}^3$ 이었다.

사례보고에서는 MWF 노출과 관련된 특정진단(specific diagnosis)은 물론 여러 호흡기증상 유병율도 보고하였다. 가장 많은 진단 중의 하나가 과민성폐렴이다. 대부분의 연구자들은 과민성폐렴발생의 원인을 MWF가 들어있는 액 자체보다는 사용과정에서 미생물로 오염된 액으로 보고 있다. 여러 종류의 곰팡이, 박테리아 그리고 비결핵성(non-tubercular) mycobacteria가 과민성폐렴의 발생과 관련된다고 보았다. 과민성폐렴으로 진단된 근로자 모두가 미생물로 오염된(microbial etiology) 수용성 MWF에 노출된 것이 발견되었다(Table 2). 일반적으로, 과민성폐렴은 미생물로 오염된 MWF를 제거하거나 노출을 멈추면 해결되는 것으로 알려져 있다.

CDC(2002)는 2001년 11월에 자동차 브레이크를 제조하는 회사에서 32명이 호흡곤란, 기침, 피로, 체중감소, 혈액산소 결핍(hypoxia) 등 호흡기질환으로 입원한 사례를 보고하였다. 32명 중 14명은 직업성천식, 12명은 과민성폐렴, 3명은 작업관련 기관지염, 2명은 부비동염 그리고 1명은 호흡곤란 증상을 보였다. 이 사업장에서 측정한 MWF 에어로솔 농도는  $0.1-0.9 \text{ mg/m}^3$  (중위수:  $0.6 \text{ mg/m}^3$ ). 5개의 개인시료 중에서 1개만  $0.5 \text{ mg/m}^3$ 을 초과한 것으로 나타나  $1 \text{ mg/m}^3$ 이하의 노출에서

도 과민성폐렴은 물론 여러 호흡기질환이 발생되는 것으로 추정된다.

Bracker 등(2003)은 수용성 MWF를 취급한 120명의 근로자 중 무려 35명(21%)이 과민성폐렴으로 진단받은 결과를 보고하였다. 이 사업장에서 측정한 MWF 에어로솔 농도는  $0.09 \text{ mg/m}^3$  (범위  $0.05-0.18 \text{ mg/m}^3$ ,  $n=4$ )였다. 이러한 농도는 미국질병관리본부(Center for Disease Control, CDC)가 과민성폐렴사례가 발생한 사업장에서 측정한 농도( $0.1-0.9 \text{ mg/m}^3$ )보다 훨씬 낮다. 뿐만 아니라 미국정부산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienist, 이하 ACGIH)가 노출기준으로 개정하려고 제안한 노출기준(NIC:  $0.2 \text{ mg/m}^3$ )보다도 낮다. 이러한 결과는 낮은 공기 중 MWF 노출농도에서도 과민성폐렴이 발생할 수 있다는 것을 의미한다. 공기 중 박테리아 평균농도는  $930 \text{ CFU/m}^3$  (범위  $354-2,048 \text{ CFU/m}^3$ ,  $n=3$ ), 곰팡이는  $394 \text{ CFU/m}^3$  (범위  $265-530 \text{ CFU/m}^3$ ,  $n=3$ ) 그리고 엔도톡신은  $16.6 \text{ EU/m}^3$  (범위  $1.3-58.1 \text{ EU/m}^3$ )으로 나타났다.

#### 과민성폐렴 요약

그동안 보고된 역학연구나 사례를 고찰하여 볼 때 MWF 노출은 과민성폐렴발생 위험과 유의한 연관이 있는 것은 물론 MWF내에서 과민성폐렴을 초래하는 2가지 특징을 알아낼 수 있다.

첫째, 과민성폐렴의 위험은 미생물로 오염된 수용성MWF의 사용과 연관이 있다는 것이다. 과민성폐렴이 발생한 근로

**Table 2. Selected characteristics of hypersensitivity pneumonitis(HP) outbreaks among workers exposed to metalworking fluids(MWF)(Bukowski, 2003)**

Reference	Type of MWF	Diagnoses	Comments (Causes)
MMWR(1997)	Soluble & synthetic	6 confirmed HP 14 possible HP	—
Zacharisen et. al(1998)	Soluble & synthetic	30 symptoms (7HP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• High level of airborne and sump microbial contamination</li> <li>• microbial etiology most likely</li> </ul>
Fox et. al.(1999)	Soluble & synthetic	81 symptoms (34HP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No association with unused MWF</li> <li>• Bio-contamination most likely cause</li> </ul>
Hodgson et. al.(2001)	Soluble & straight	49 symptoms (16 confirmed HP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microbiological contamination of sump most likely etiology</li> <li>• Highly contaminated sump, especially mycobacteria</li> </ul>
MMWR (2002)	Semi-synthetic	2 HP 32 currently on leave (12 HP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Highly contaminated sump, especially mycobacteria</li> </ul>



자가 노출된 수용성 MWF는 미생물로 오염되어 있고 이곳에서는 *Mycobacteria chelonae*가 우점종으로 발견된 경우가 많기 때문이다.

둘째, 과민성폐렴은 근로자가 노출된 MWF의 에어로솔의 농도가  $0.5 \text{ mg/m}^3$  이하인 경우에서도 발생하는 경우가 많았다. 이것은 과민성폐렴이 NIOSH가 권고한  $0.5 \text{ mg/m}^3$  이하에서도 흔하게 발생될 수 있다는 것을 의미한다. 현재 MWF에 대한 노출이 공학적인 시설개선 등으로 과거에 비해 많이 낮아졌다고는 하지만 여전히  $0.5 \text{ mg/m}^3$  이하로 노출을 억제하는 것은 쉽지 않은 일이다. 따라서 과민성폐렴을 예방하기 위한 적절한 노출기준의 설정은 물론이고 노출을 가능한 억제할 수 있는 MWF관리시스템을 마련해야 한다.

과민성폐렴은 비교적 1995년 이후에 많이 발견되었다. 이것은 MWF에 노출된 근로자에게서 과민성폐렴이 발생되었지만 진단하기가 어려워 그동안 잘 발견되지 않았던(NIOSH, 1998) 원인도 있으나 최근에 MWF 환경의 변화, MWF의 성분의 변화, 방부제의 사용 등은 MWF에 노출된 근로자에게서 과민성폐렴의 위험을 증가시키고 있기도 한다(Kreiss and Cox-Ganser, 1997).

과민성폐렴을 초래하는 특정 병리학적 원인인자는 확실히 알려져 있지는 않지만 방부제나 미생물로 추정되고 있다. 과민성폐렴을 예방하는 주요 방법은 MWF에서 미생물의 성장을 억제하고 일반적으로 에어로솔 농도를 낮추는 것이다. 방부제는 에어로솔을 흡입하는 근로자에게 분명 건강상의 장해를 초래하지만 미생물 성장을 억제하는 역할도 한다. 그러나 방부제에 효과적이지 않은 다른 미생물이 과민성폐렴을 초래하는 원인인자가 될 수 있다(Kresis and Cox-Ganser, 1997).

### 3. 천식

천식은 전통적으로 면역성천식을 일으키는 면역감작제나 자극유발성천식인 자극제의 노출에 의해 유도된다. 직업성 천식도 MWF 노출로부터 일어날 수 있는 가장 일반적인 호흡기질환으로 알려져 있다. 최근에 MWF 에어로솔의 노출로 인해 발생하는 호흡기계질환의 위험에 대한 관심이 과민성폐렴보다 더 높다. MWF내에 들어있는 다양한 성분, 첨가제 그리고 MWF의 오염물질 등이 새로운 천식을 발생시키고 이미 이환된 천식을 더 악화시키고 천식이 없는 근로자의 기도를 자극하기 때문이다. MWF 성분 중에서 감작제, 자극제로 작용할 수 있는 물질은 에탄올아민과 다른 아민류, 각종 오일, 금속과 금속염(크롬, 니켈, 코발트, 텅스텐 카바이드), 캐스티오일, 포름알데하이드, 염소, 여러 산종류, 곰팡이, 앤도

톡신을 포함한 오염된 다른 미생물 등이 거론된다(Chan-Yeung and Malo, 1993b; Hendy 등, 1985; Kennedy, 1992; Michel 등, 1992)

Forbes와 Markham(1967)은 MWF에 노출된 근로자에게서 2건의 천식사례를 보고하였다. 이들은 비수용성MWF를 사용하는 기계가공 근로자였고 다른 한명은 수용성MWF를 사용한 연삭근로자로서 MWF에 노출된 후에 천식이 새로 발생한 사례였다. Savonius 등(1994)은 MWF에 노출된 근로자에게서 발생한 천식사례를 보고하는 한편 구체적으로 원인물질도 발견했다. 노출농도는 보고하지 않았지만 MWF에 노출된 근로자에게서 TEA(triethanolamine)가 천식유발물질이라는 것을 밝혀냈다. 즉 천식환자를 TEA가 포함되지 않은 MWF에 노출시킬 때는 아무런 반응을 나타내지 않았지만 TEA가 포함된 MWF에 노출시킬 때에는 내뿜는 숨(호기)(expiratory flow)에서 급격한 감소를 보였기 때문이다. 따라서 Savonius 등(1994)은 MWF에서 천식을 유발하는 원인물질은 TEA라고 결론지었다.

최근에 Kriebel 등(1994)은 자동차부품 제조공정에서 비수용성과 수용성 MWF를 취급하는 근로자의 천식발생위험을 조사하였다. 비수용성 MWF를 취급한 근로자(74명) 중 천식 근로자는 6명(8%), 수용성MWF를 취급한 근로자 124명 중 17명(12%)으로 수용성 MWF를 취급한 근로자에게서 천식 발생율이 약간 높은 것을 보고하였다. 근로자의 MWF 에어로솔의 평균 노출농도는  $0.22 \text{ mg/m}^3$ (수용성),  $0.24 \text{ mg/m}^3$ (비수용성)으로 NIOSH가 권고한 노출기준  $0.5 \text{ mg/m}^3$ 보다 훨씬 낮다. 과민성폐렴과 마찬가지로 천식도 낮은 MWF 에어로솔 노출농도에서도 발생될 수 있다는 것을 나타낸다.

Rosenman 등(1995; 1997a, 1997b)은 미국 미시건주 직업성 천식 감시 프로그램(Sentinel Event Notification System for Occupational Risks, SENSOR)에서 MWF 노출과 관련된 천식을 정리하였다. 이들은 1995년의 보고에서 54개의 서로 다른 사업장에서 일한 천식 근로자 중 75명이 자동차 부품을 제조하는 사업장에서 일하고 있는 공통점을 확인하여(Rosenman 등, 1995), MWF 노출과 천식발생은 연관이 있다는 것을 발견하였다.

Massin 등(1996)은 볼베어링을 제조하는 사업장에서 수용성MWF에 노출된 근로자113명 5명이 MWF에 노출되기 전에는 천식이 없었지만 취급한 후에 새로 발생되었다. MWF에 노출되지 않은 근로자에게서는 발견되지 않았다. Rosenman 등(1997b)은 1980-1994년 동안 자동차부품을 제조하는 41개 사업장732명을 대상으로 MWF종류별로 작업과 관련된 천식증상을 단면 조사하였다. 검진에 의해 총 86건의 확정된 직업성천식을 발견하였다. MWF 종류별로 구분하면 비수용MWF는 183명중 18명, 수용성MWF는 115명 중 27명,

준합성MWF는 14명 중 4명 그리고 합성MWF를 취급하는 420명의 근로자 중 105명이 직업성천식인 것으로 진단되었다. 이들이 노출된 MWF에어로솔농도는 모두 1.0 mg/m<sup>3</sup> 이하였다. MWF종류별 상대위험비(Odds Ratio)를 보면 비수용성 MWF에 비해 수용성 MWF가 2.8(CI:1.4-5.7), 준합성MWF가 2.9(CI:0.8-14.5), 합성MWF가 3.1(CI:1.8-5.5)인 것으로 보고하였다. 따라서 이 연구결과에 따르면 천식발생위험은 합성MWF가 가장 높고, 비수용성보다는 수용성MWF가 더 높은 것을 알 수 있다. 다른 여러 연구에서도 이러한 사실을 알 수 있다. 합성MWF를 취급하며 에어로솔 0.2-1 mg/m<sup>3</sup>의 농도에 노출되는 근로자그룹의 천식발생위험은 약 2-3배 정도 유의하게 높았다(Greaves 등, 1995 b, 1997; Eisen 등, 1997; Rosenman 등, 1997b). Eisen 등(1997)은 자동차부품을 제조하는 사업장에서 합성MWF를 취급하는 기계가공근로자의 천식위험은 MWF를 취급하지 않은 조립 근로자에 비해 상대감위험비(RR)를 3.2(CI:1.2-8.3)로 보고하였다.

위에서 고찰한 연구결과는 모두 단면연구로 얻어진 것이다. 즉 MWF에 노출되기 전(입사이전)이나 천식으로 진단된 시점 이전의 기록이 없어 실제 MWF노출로 인한 발생인지 의문이 있다. 단면역학연구의 단점이기도 하다.

Eisen 등(1997)은 이러한 편견을 극복하기 위해 노출특성을 보정하였지만 적절한 진단검사, 민감도 등에 대한 정도판리는 확신하지 못하는 문제점은 있다.

Kennedy 등(1989)은 82명의 신입 기계가공 근로자와 다른 부서의 152명을 대상으로 2년 동안 추적조사(longitudinal cohort study)를 실시하여 천식 발생율을 비교하였다. 메타코

린(methacholi-ne) 반응의 기울기가 합성MWF와 수용성 MWF 노출의 기간과 유의하게 연관이 있는 것을 발견하였다. 로지스틱회귀모델 분석에서도 천식인 과민성기관지반응(bronchial hyper-responsiveness, BHR) 위험이 합성MWF를 취급하는 근로자에게서 거의 5배 유의하게 높은 것을 보고하였다. 이 연구는 근로자의 이동 및 노출변화에 따른 혼란이 없는 연구결과이기 때문에 의미가 있다. 이 연구를 통해서 Kennedy 등(1989)은 BHR은 수용성MWF의 노출과 관련이 있고, 주요 원인인자는 미생물오염이라고 결론을 내렸다. 수용성MWF(soluble)노출과 천식발생의 관련에 대한 증거는 합성MWF에 비해 일관성이 낮지만 여러 연구에서 유의한 것으로 보고하였다(Hendy 등, 1985; Robertson 등, 1988; Savonius, 1994).

비수용성MWF의 천식발생의 위험은 보고되었지만 유의한 연관은 아직까지 밝혀지지 않았다. 위에서 언급한대로 Rosenman 등(1997B)은 10 %의 천식발생유병율은 비수용성 MWF를 취급하는 근로자에게서 발견하였다. 이외에도 비수용성MWF의 노출로 인한 천식발생건수를 보고한 사례보고가 있다(Eisen 등, 1997; Kriemate 등, 1994; Roberston 등, 1988).

#### 천식 요약

1967년 이래로 많은 역학연구나 사례조사에서 MWF 노출은 천식발생 위험과 유의한 연관이 있는 것으로 보고하였다. 원인인자는 주로 수용성MWF에 들어있는 것으로 에탄올아민과 다른 아민류, 포름알데하이드, 곰팡이, 엔도톡신을 포함한 오염된 다른 미생물 등이다(Savonius 등, 1994; NIOSH,

Table 3. Estimated risk of asthma associated with metalworking fluids(MWF) aerosol exposure

Reference	Type of MWF	Diagnoses	Comments (Causes)
Rosenman et. al.(1997)	Soluble, synthetic & straight	86 confirmed OA (88-94) 160 OA symptoms 120 OB symptoms	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Survey of 45 automobile part manufacturing plants</li> <li>• Lowest symptom prevalence for straight oil exposure</li> <li>• Highest for water-based MWF exposure</li> </ul>
Robertson et. al(1988)	Soluble & straight	25 symptomatic (20 definite/possible OA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Primary problem with soluble MWF</li> </ul>
Zacharisen et. al.(1998)	Soluble & synthetic	30 symptomatic (12 OA, 6 OA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• High level of airborne and sump microbial etiology most likely</li> </ul>
Fox et. al.(1999)	Soluble & synthetic	81 symptomatic (15 OB, 3 OA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No association with unused MWF</li> <li>• Biocontamination most likely cause</li> </ul>
MMWR (2002)	Semi-synthetic	14 OA, 3 OB	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Highly contaminated sump, especially mycobacteria</li> </ul>

OA =occupational asthma, OB = occupational bronchitis



1998). 따라서 천식위험은 주로 비수용성보다 수용성MWF 노출에서 더 높고, 특히 합성MWF에 노출된 근로자에게서 2-3배 정도 유의하게 높은 것으로 알려져 있다.

한편 천식이 발생된 대부분의 역학연구나 사례보고에서 고찰된 MWF 에어로솔의 농도는  $1.0 \text{ mg/m}^3$  이하였다. 따라서 과민성폐렴과 마찬가지로 낮은 MWF 에어로솔 노출농도에 서도 천식 등이 발생할 수 있는 것으로 추정된다.

#### 4. 다른 호흡기질환(기관지염, 비염, 부비동염 등)

MWF 노출로부터 일어나는 가장 일반적인 호흡기질환이 과민성폐렴과 직업성천식이지만, 이외에도 만성기관지염, 비염, 부비동염 등 과민성질환의 발생위험도 있는 것으로 보고되고 있다. MWF 노출과 호흡기자극(코, 눈, throat 자극), 비염, 부비동염 등과의 관련성에 대한 연구는 많지 않아 일관적인 경향은 아직 확인할 수 없다.

##### 1) 만성기관지염

만성기관지염은 임상적으로 적어도 3개월 동안 2년 이상 지속적으로 기침이 있는 상태이다. 기관지염의 주요 증상은 호흡곤란, 가슴 답답함, 기침 등을 포함한다. 이러한 증상은 “3.1 호흡기증상 유병율”에서 MWF 노출과 유의한 관련이 있는 것으로 고찰하였다. 노출 농도, MWF 종류 등 MWF 노출특성과 만성기침, 만성기관지염 발생에 대한 위험과의 연구결과를 표 4에 요약하였다. 연구결과에 따라 유의성의 차이는 있지만 MWF에 노출된 근로자가 노출되지 않은 근로자에 비해 만성기관지염이나 만성기침 등의 발생 위험이 유의하게 높은 것을 알 수 있다.

##### 2) 비염, 부비동염 등 코질환

Kriebel 등(1994)은 자동차부품 제조공정에서 비수용성, 수용성 MWF에 노출된 216명의 근로자와 MWF에 노출되지 않은 조립근로자 170명을 대상으로 만성기침과 비염문제에 대

Table 4. Estimated risk of chronic cough and chronic bronchitis symptoms associated with metalworking fluids(MWF) exposure

Reference	MWF type	Aerosol conc. ( $\text{mg/m}^3$ )	Health effect	No. cases /no. exposed	Risk estimates (95 % CI. p-value)
Ameille et. al. (1995)	Straight	2.6	Chronic cough	46/179 (26%)	OR=1.6 (0.8-3.3)
	soluble	No	Chronic cough	43/190 (23%)	OR=1.2 (0.6-2.1) relative to assembly
Greavese et. al. (1995b, 1997)	All type	No	Chronic bronchitis	138/1042 (13%)	OR=3.5 ( $p<0.05$ ) relative to assembly
	Synthetic	0.41 (SD 0.1)	Chronic bronchitis	38/226 (17%)	OR=1.2 (0.6-2.1) relative to assembly
Jarvhol et. al. (1982)	Straight + soluble	median (1.1-4.5)	Chronic cough	13/110 (12%)	RR=2.8 (1.3-6.2) relative to unexposed
Kriebel et. al. (1994)	Straight	0.24	Sinus problem Chronic cough	51% 19%	OR=1.7 (1.0-3.0) OR=2.9 (1.2-6.7) relative to assemblers
	Soluble	0.222	Eye, nose and throat irritation	10-19%	$p<0.01$ compared to straight
Massin et. al. (1996)	Soluble	0.65 at machining area	Chronic bronchitis	9/114 (8%)	
			Chronic cough	36/114 (32%)	OR=4.9 ( $p=0.002$ )
Robins et. al. (1994, 1997)	Soluble	0.44	Chronic bronchitis Eye, nose and throat irritation		OR=6.8 ( $p=0.04$ ) $P=0.01$ relative to assemblers
Jarvhol et. al. (1982)	Straight + soluble	median (1.1-4.5)	Chronic bronchitis	17/164 (10%)	RR=1.8 (1.1-2.9) relative to unexposed

한 위험을 단면 연구하였다. 비염문제는 노출되지 않은 근로자에 비해 거의 2배 유의하게 높았다(OR 1.7, CI=1.0-3.0). 비수용성MWF에 노출된 농도는  $0.24 \text{ mg/m}^3$  (SD=0.26), 수용성MWF에 노출된 농도는  $0.22 \text{ mg/m}^3$  (SD=0.05)로써 모두 NIOSH가 권고한 노출기준(REL)  $0.5 \text{ mg/m}^3$ 보다 훨씬 낮은 농도였다.

Robins 등(1997)은 자동차 트랜스미션의 케이스와 밸브를 제조하는 공정에서 직업성 천식과 폐기능에 영향을 미치는 원인인자를 밝히는 연구를 수행하였다. 220명에 대한 호흡기 점막 자극(mucous membrane irritant symptoms)의 증상호소율 중 부비동관련 질환은 조립공정 4%, 케이스제조 3%, 밸브제조 8%로 공정별로 유의한 차이가 없다고 하였다. 이곳에서 측정된 MWF 에어로솔의 노출농도는 조립공정이  $0.13 \text{ mg/m}^3$ , 밸브공정이  $0.32 \text{ mg/m}^3$  그리고 케이스공정에서  $0.56 \text{ mg/m}^3$ 으로 본 조사결과보다 낮음. 220명을 대상으로 조사한 부비동 관련 호소율은 조립공정에서 4%, 케이스제조 3%, 밸브제조 8%로써 공정별로 유의한 차이가 없었음. 측정된 엔도톡신의 노출농도는 조립공정에서  $16.4 \text{ EU/m}^3$ , 밸브공정에서  $34.7 \text{ EU/m}^3$  그리고 케이스공정에서  $234 \text{ EU/m}^3$ 이었다.

Park 등(2005)은 우리나라 1개 자동차 부품제조 공정에서 수용성 MWF에 노출된 근로자 중에서 7명의 부비동염 사례를 보고하였다. 또한 부비강과 관련된 증상이 MWF노출과 관련이 있는지 설문으로 분석하였다. 수용성 MWF에 노출된 75명과 노출되지 않은 부서에 근무하는 157명을 대상으로 코막힘, 코가려움, 후각상실, 코피, 비루(코점액이 많이 나옴) 등을 설문하였다. 부서별로 유의한 차이가 없었다. 특히 MWF를 취급한 연삭근로자의 코막힘(nasal obstruction)은 37.3% 그리고 비루의 유병율은 29.3%로 다른 증상보다 높았으나 MWF에 노출되지 않은 부서(주조, 사무직 등)와 유의한 차이가 없었다. MWF에 노출되지 않은 부서에서도 비강과 관련된 증상 유병율은 높았기 때문이다. MWF와의 관련성을 의심하지만 구체적인 유의성을 발견하지 못했다.

최근에 박동욱 등(2006)은 자동차부품을 제조하는 1개 사업장 전체 근로자(389명)를 대상으로 총 86명(22.1%)이 코질환(비염, 알러지성 비염, 비알러지성 비염, 만성 비부동염, 동년성 알러지성비염(perennial allergic rhinitis), 비중격만곡(nasal septum deviation), 비후성비염(hypertrophic rhinitis), 후각저하(hyposmia), 계절성 알러지비염(seasonal allergic rhinitis), 비용종(nasal polyp), 비특이적 증상(non-specific)) 등이 있는 것으로 보고하였다. MWF를 취급한 적이 있었던 근로자 중에서 코 관련질환이 발생한 근로자 수는 38명으로 유병율은 무려 40.9%로 MWF를 취급하지 않은 근로자 중에서 코 관련질환 발생률(16.2%)보다 유의하게 높은 것으로 보고하였다. 이 연구는 MWF 노출과 코질환발생과의 관련성을 분석한 첫

번째 연구이다.

현재까지 MWF 노출과 코질환의 관련성을 분석한 연구는 거의 없다. 설문조사에 의한 결과는 MWF 노출과 상관없이 증상유병율이 높아 MWF 노출과 코질환의 위험과의 관계가 유의하게 나타나지 않았다. 그러나 최근에 박동욱 등(2006)이 보고한 역학조사에서는 MWF를 취급한 근로자에게서 유의하게 코질환이 높은 것을 보고하였다. 이러한 결과는 MWF노출이 코질환의 발생위험과 관련이 있다는 사실을 제기한 것이다.

## IV. 결론

본 연구는 1970년부터 2006년까지 MWF를 취급하는 근로자를 대상으로 얻은 호흡기질환과 관련된 사례나 역학조사 연구결과를 분석하였다. 주요 연구결과는 아래와 같다.

1. MWF 노출과 호흡기증상유병율 중 기침과 객담배출과 관련이 있고 이러한 위험은 비수용성에 비해서 수용성인 준합성과 합성 MWF를 취급하는 근로자의 상대위험비(RR)이 더 높았다.

2. MWF 노출은 과민성폐렴과 천식 발생위험에 유의한 연관이 있고 고찰에서 두 가지 주요 원인이 있는 것을 알 수 있었다. 과민성폐렴과 천식의 위험은 미생물로 오염된 수용성 MWF의 사용과 연관이 있다. 또한 과민성폐렴과 천식은 MWF의 에어로솔의 농도가  $0.5 \text{ mg/m}^3$ 이하인 경우에서도 발생되는 경우가 많아 낮은 농도의 MWF 노출에서도 발생할 수 있다는 것을 확인하였다. 천식과 과민성폐렴의 주요 원인인자는 주로 수용성MWF에 함유된 에탄올아민과 다른 아민류, 포름알데하이드, 곰팡이, 엔도톡신, 방부제 등이다.

3. MWF 노출로부터 일어나는 호흡기질환 중 만성기관지염은 대부분의 경우 유의하게 보고되었다. 그러나 MWF 노출은 비염(rhinitis), 부비동염(sinusitis) 등 과민성질환의 발생 위험도 있다고 일부 보고된 바 있으나 아직 유의한 연관관계로 확정되지 않은 상태이다.

결론적으로, MWF 노출은 만성기침, 객담, 직업성 천식, 과민성폐렴의 발생과 유의한 연관이 있는 것으로 이미 많은 연구에서 충분한 증거를 보고하였다. 이러한 위험은 MWF종류에 따라 다르지만 미생물과 MWF에 들어있는 일부 성분이 위험인자인 것으로 판단된다. 또한 상부 호흡기계 과민성질환인 비염, 부비동염 등의 발생과 MWF노출과의 관련성은 추가 연구결과에 따라 판단해야 할 것으로 판단된다.

## REFERENCES

- 박동욱, 윤충식, 이송권. 절삭유(Metalworking Fluids)의 발암성에 대한 고찰. 한국정밀공학회지 2003;20(1):50-62.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH). 2005 TLVs & BEIs, Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. ACGIH 1330 Kemper Meadow Drive Cincinnati, OH 45240-1634. ISBN 1-1882417-46-1; 2005.
- Amellie J, Wild P, Choudat D, Ohl G, Vaucouleur JF, Chanut JC, et al. Respiratory symptoms, ventilatory impairment, and bronchial reactivity in oil mist-exposed automobile workers. *Am J Ind Med* 1995;27(2):247-256.
- Bernstein DI, Lummus ZL, Santilli G, Siskosky J, Bernstein IL. Machine operator's lung. A hypersensitivity pneumonitis disorder associated with exposure to metalworking fluid aerosols. *Chest* 1995;108:636-641.
- Bracker A, Storey E, Yang C, Hodgson MJ. An outbreak of hypersensitivity pneumonitis at a metalworking plant: a longitudinal assessment of intervention effectiveness. *Appl. Occup and Env Hyg* 2003;18(2):96-108.
- Bukowski JA. Review of respiratory morbidity from occupational exposure to oil mists. *Appl. Occup and Env Hyg* 2003;18:828-837.
- Centers of Disease Control and Prevention. Morbidity and mortality weekly reports. respiratory illness in workers exposed to metalworking fluid contaminated with nontuberculous Mycobacteria. Ohio, 2001. Weekly April 26. 2002;51(16):349-352.
- Chan-Yeung M, Malo J-L. Compendium I :table of the major inducers of occupational asthma. In: Bernstein IL, Chan-Yeung M, Malo J-L, Bernstein DI, eds. *Asthma in the workplace*. New York, NY: Marcel-Dekker, Inc.; 1993b. p. 595-623
- Eisen EA, Holcroft CA, Greaves IA, Wegman DH, Woskie SR et al. A strategy to reduce healthy worker effect in a cross-sectional study of asthma and metalworking fluids. *Am J Ind Med* 1997;31(6):671-677
- Ely TS, Pedly SF, Hearne FT, Stille WT. A study of mortality, symptoms, and respiratory function in humans occupationally exposed to oil mist. *J Occup Med* 1970;12(7):253-261
- Forbes JD, Markham TN. Cutting and grinding fluids in chronic pulmonary airway disease. *J Occup Med* 1967;9(8):421-423
- Fox J, Anderson H, Moen T et al. Metalworking fluid-associated hypersensitivity pneumonitis: an outbreak investigation and case-control study. *Am J Ind Med* 1999;35:58-67
- Greaves IA, Smith TJ, Woskie SR, Eisen EA, Shalat S et al. Lung function among auto workers in relation to aerosols of machining and grinding fluids[Abstract]. *Am Rev Respir Dis* 1993;147(No. 4, Pt. 2):A897
- Greaves IA, Eisen EA, Smith TJ, Pothier LJ, Kriebel D et al. Respiratory health of automobile workers exposed to metalworking fluid aerosols. II. Respiratory symptoms. Boston, MA: Harvard School of Public Health, Occupational Health Program. Final Draft; 1995.
- Greaves IA, Eisen EA, Smith TJ, Pothier LJ, Kriebel D et al. Respiratory health of automobile workers exposed to metalworking fluid aerosols: respiratory symptoms. *Am J Ind Med* 1997;32(5):450-459.
- Hendy MS, Beattie BE, Burge PS. Occupational asthma due to an emulsified oil mist. *Br J Ind Med* 1985;42(2):51-54.
- Hodgson MJ, Bracker A, Yang C et al. Hypersensitivity pneumonitis in a metalworking environment. *Am J Ind Med* 2001;39:616-628.
- Jarvholm B. Cutting oil mist and bronchitis. *Eur J Resp Dis* 1982;118(Suppl):79-83
- Jarvholm B, Bakke B, Lavenius B et al. Respiratory symptoms and lung function in oil mist-exposed workers. *J Occup Med* 1982;24:473-479.
- Kennedy SM, Greaves IA, Kriebel D, Eisen EA, Smith TJ et al. Acute pulmonary responses among automobile workers exposed to aerosols of machining fluids. *Am J Ind Med* 1989;15(6):627-641.
- Kennedy SM. Acquired airway hyperresponsiveness from non-immunogenic irritant exposure. *Occup Med: State of the Art Rev* 1992;7(2):287-300.
- Kriebel D, Eberiel D, Eisen EA, Eraso RM, Kummer S et al. Field investigations of the acute respiratory effects of machining fluids. Final report to the UAW-GM National Joint Committee on Safety and Health, June 1, 1994.
- Kriebel D, Sama SR, Woskie S, Christiani DC, Eisen EA et al. A field investigation of the acute respiratory effects of metal working fluids. I :Effects of aerosol exposures. *Am J Ind Med* 1997;31(6):756-766.
- Kreiss K, Cox-Ganser J. Metalworking Fluid-Associated Hypersensitivity Pneumonitis: A workshop summary. *American Journal of Industrial Medicine* 1997;32:423-432.
- Krzesniak L, Kowalski J, Droszcz W, Piotrowska B. Respiratory



- abnormalities in workers exposed to oil mist. *Eur J Respir Dis* 1981;62(Suppl 113):88-89
- Massin N, Bohadana AB, Wild P, Goutet P, Kirstetter H et al. Airway responsiveness, respiratory symptoms, and exposures to soluble oil mist in mechanical workers. *Occup Environ Med* 1996;53(11):748-752.
- Michel O, Ginanni R, Lebon B, Content J, Duchateau J et al. Inflammatory response to acute inhalation of endotoxin in asthmatic patients. *Am Rev Respir Dis* 1992;146(2):352-357.
- MMWR, Respiratory illness in workers exposed to metalworking fluid contaminated with nontuberculous mycobacteria. *MMWR* 2002;51:349-352.
- NIOSH. Criteria for a Recommended Standard Occupational Exposures to Metalworking Fluids. US. Dep. of Health and Human Services, CDC.; 1998 February.
- Oudyk J, Haines AT, D'Arcy J. Investigating respiratory response to metalworking fluid exposure. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 2003;18:939-946.
- Oxhøj H, Andreassen H, Henius UM. Respiratory symptoms and ventilatory lung function in machine shop workers exposed to coolant-lubricants. *Eur J Respir Dis* 1982;63(Suppl 118):85-89.
- Park DU, Choi BS, Kim SB, Kwag HS : Exposure Assessment to Suggest the Cause of Sinusitis Developed in Grinding Operations Utilizing Soluble Metalworking Fluids, *Journal of Occupational, Health*, 2005; 47(4):319-326.
- Robertson AS, Weir DC, Burge PS. Occupational asthma due to oil mists. *Thorax* 1988;43(3):200-205
- Robins T, Seixas N, Franzblau A, Abrams L, Minick S et al. Acute respiratory effects on workers exposed to metalworking fluid aerosols in an automotive transmission plant. *Am J Ind Med* 1997;31:510-524.
- Robins T, Seixas N, Franzblau A, Abrams L, Minick S et al. Respiratory effects of machining fluid aerosols. Final report to the UAW-GM Occupational Health Advisory Board. 1994.
- Rosenman KD, Reilly MJ, Watt FC, Kalinowski DJ. 1993 Annual report on occupational asthma in Michigan. Michigan State University and Michigan Department of Public Health. March 21, 1994.
- Rosenman KD, Reilly MJ, Watt FC, Kalinowski DJ. Annual report on occupational asthma in Michigan. East Lansing, MI: Michigan State University Department of Medicine and Michigan State University Department of Public Health and Bureau of Occupational Health. 1995.
- Rosenman KD, Reilly MJ, Kalinowski DJ. A state-based surveillance system for work-related asthma. *J Occup Environ Med* 1997a;415-425.
- Rosenman KD, Reilly MJ, Kalinowski DJ. Work-related asthma and respiratory symptoms among workers exposed to metalworking fluids. *Am J Ind Med* 1997b;32(4):325-331.
- Rose C, Robins T, Harkaway P. Biopsy-confirmed hypersensitivity pneumonitis in automobile production workers exposed to metalworking fluids-Michigan, 1994-1995. *MMWR* 1996;45:606-610.
- Savonius B, Keskinen H, Tuppuraninen M, Kanerva L. Occupational asthma caused by ethanalamines. *Allergy* 1994;49(10):877-881.
- Spince NL, Thorne PS, Popendorf W, Zwerling C, Miller ER et al. Respiratory symptoms and lung function abnormalities among machine operator in automobile production. *Am J Ind Med* 1997;31(4):403-404.
- Thompson D, Kriebel D, Quinn MM, Wegman DH, Eisen EA. Occupational exposure to metalworking fluids and risk of breast cancer among female autoworkers. *Am J Ind Med* 2005;47(2):153-160.
- Zachary MC, Kadambi AR, Schlueter DP et al. The spectrum of respiratory disease associated with exposure to metal working fluids. *J Occup Environ Med* 1998;40:640-647.