

## 일부 대학 실험실 연구자들의 근골격계질환 위험 요인과 증상

이윤근\* · 이익모<sup>1</sup> · 박정임<sup>2</sup> · 윤충식<sup>3</sup> · 이광원<sup>4</sup> · 박희석<sup>5</sup>

노동환경건강연구소 · <sup>1</sup>인하대학교 화학과 · <sup>2</sup>순천향대학교 환경보건학과

<sup>3</sup>서울대학교 보건대학원 환경보건학과 · <sup>4</sup>호서대학교 안전보건공학과 · <sup>5</sup>홍익대학교 산업공학과

## Ergonomic Risk Factors and Musculoskeletal Symptoms among University Laboratory Researchers

Yun Keun Lee\* · Ik Mo Lee<sup>1</sup> · Jeong Im Park<sup>2</sup> · Chung Sik Yoon<sup>3</sup> · Kwang Won Rhie<sup>4</sup> · Hee Sok Park<sup>5</sup>

Wonjin Institute for Occupational and Environmental Health

<sup>1</sup>Department of chemistry, Inha University

<sup>2</sup>Department of Environmental Health Science, Soonchunhyang University

<sup>3</sup>School of Public Health, Seoul National University

<sup>4</sup>Department of Safety Health Engineering, Hoseo University

<sup>5</sup>Department of Industrial Engineering, Hongik University

### ABSTRACT

**Objectives:** The aim of this study was to determine the prevalence of symptoms relating to musculoskeletal disorders(MSDs) and investigate the risk factors among researchers at university laboratories.

**Methods:** 209 researchers were included in this study, drawn from 27 laboratories at three universities in Korea. Checklists for MSD symptoms and risk factor assessment were utilized.

**Results:** The symptoms checklist showed reliable results with Cohen's Kappa 0.33-0.56, percent agreement 81.0-96.8%, and correlation coefficient 0.41-0.63. The overall prevalence of MSD symptoms was 68.9%, while the prevalence in specific parts of body were as follows: shoulders(47.6%), lower back(46.9%), neck(46.9%), knees(25.4%), wrists(20.1%), elbows(13.6%). The symptom prevalence among women was higher than among men(OR 2.67, 95% CI 1.37-5.18). Daily exposure time was observed to be a significant risk factor for developing MSD symptoms(OR 2.14-6.07).

**Conclusions:** This study suggested that repetitive pipetting and static work posture are the most significant risk factors for MSD symptoms among laboratory researchers.

**Key words :** laboratory ergonomics, musculoskeletal disorders, checklist

### I. 서 론

우리나라 근골격계질환 발생 현황을 보면 2000년대 들어 급속히 증가하여 2006년 이후부터는 업무상질병의 60% 이상의 점유율을 보이고 있고, 최근 2011년에는 67.4%(4,885건)로 여전히 산업보건 문제에서 가장 중요한 비중을 차지하고 있다(MoEL, 2012).

실험실 연구자들의 근골격계질환 현황이 공식적으로 보고된 통계는 없지만 위험 요인 측면에서 보면 실험실 연구자들도 예외는 아니다. 실험실의 가장 중요한 인간공학적 요인으로는 반복적인 피펫팅, 컴퓨터 작업, 현미경 작업, 그리고 다양한 실험용 책상 및 의자 문제를 관리 대상으로 선정하고 있다(Caskey, 1999). 실험실 연구자들과 관계된 대표적인 질환은 주로 손목과 손

\*Corresponding author: Yun Keun Lee, Tel: 02-490-2088, E-mail: lyk4140@hanmail.net

Wonjin Institute for Occupational and Environmental Health, 568-1, Myeonmok3,8-dong, Jungnang-gu, Seoul 131-831

Received: June 18, 2013, Revised: July 11, 2013, Accepted: July 16, 2013

가락, 팔꿈치, 어깨, 허리 부위에 나타나는 주관절 건염 및 건초염, 방아쇠손지증, 근막통증후군, 요통 등이며(Fredriksson, 1995), 실험실에서 보고되는 재해의 65% 이상이 근골격계질환이라고 한다(Caskey, 1999). 특히, 피펫팅에 대한 연구가 대부분을 차지하고 있는데, 주로 실험실 작업대 높이(NIOSH, 1996; David & Buckle, 1997), 반복성과 지속적인 손가락에 가해지는 힘에 대한 연구(David & Buckle, 1997; Asundi et al., 2005; Lu et al., 2008) 등이다. 반면, 근골격계질환 증상에 대한 연구는 극히 일부분이다(Baker & Cooper, 1998). 최근에는 병원에서 직업적으로 실험실에 근무하는 작업자를 대상으로 한 연구(Haile et al., 2012; Shreya & Amitabha, 2012)가 일부 보고되고 있으나 전체 실험실의 인간공학 문제와 증상호소율과 관계된 포괄적 연구(Shreya & Amitabha, 2012)는 소수에 불과하다.

실험실과는 달리 일반 사업장의 경우 근골격계질환에 대한 작업자 인식은 상당 부분 보편화되어 있고, 이를 예방하기 위한 정부 정책도 어느 정도 제도화되었다. 매 3년마다 작업이 얼마나 위험하고, 아픈 사람이 어느 정도인지를 평가하기 위한 유해요인 조사를 실시하고 있으며, 그 결과에 의해 문제되는 작업에 대한 개선과 질환 의심자에 대한 의학적 조치 등이 사업주의무사항으로 되어 있다(MoEL, 2013). 그러나 실험실의 인간공학 문제는 제조업 및 사무 환경과는 달리 여전히 사각지대에 놓여 있다. 많은 실험실 연구자들이 실험 중에 흔히 느끼는 손목이나 어깨, 목 등의 통증에 대해 원인이 무엇인지, 그리고 그 문제에 대해 어떤 개선이 가능한지에 대해 잘 알고 있지 못하다. 또한 국내에서는 실험실 관련 근골격계질환에 대한 연구가 보고된 적이 없다.

이에 본 연구는 대학 실험실을 대상으로 근골격계질환과 관련된 인간공학 문제점과 증상호소율을 평가하고 향후 예방 관리에 필요한 기초 자료를 제공하고자 한다.

## II. 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

연구대상 선정은 문헌을 통해 인간공학 위험요인이 많은 실험 장비를 고찰한 후 그러한 장비를 주로 사용하는 실험실을 선정하는 과정을 거쳤다. 문헌(Asundi et al., 2005; Raschke et al., 2005)고찰을 통

해 실험실의 인간공학적 문제는 주로 반복적인 피펫팅, 컴퓨터 작업, 현미경, 흡후드 및 클린벤치, 글러브박스, 기타 다양한 실험대와 관련되어 있다는 것을 확인하였고, 이러한 실험이 활발한 연구실을 선정하기 위하여 총 9개 실험실을 대상으로 예비 조사를 실시하였다. 그 결과 생물, 화학, 환경 관련 실험실을 가장 적절한 연구 대상으로 선정하였고, 이들 실험실을 대상으로 서울, 인천, 천안 시내에 소재한 3개 대학교의 환경안전원을 통해 연구 참여를 희망하는 실험실을 모집하였다. 그 결과 총 27개 실험실(화학 분야 14개, 생명과학 분야 9개, 환경 및 약학 분야 4개 실험실)을 최종 연구 대상으로 선정하였고, 그 곳에서 실험하는 연구원 209명을 최종 연구 대상으로 하였다. 이 중 95명에 대해서는 위험요인 평가표의 신뢰도 평가를 위해 조사-재조사를 실시하였다.

조사에 참여한 연구원들은 남자가 62.2%였고, 평균 연령은 26.5세로 20대가 대부분(86.6%)이었다. 실험실 경력은 2년차 이상이 77%였으며, 평균 경력은 2.6년 이었고, 석사 과정이 61.7%, 박사 과정이 38.3%였다.

### 2. 연구 방법

근골격계질환 증상과 인간공학적 작업 조건을 평가하기 위하여 자가평가용 설문지와 체크리스트를 이용하였다.

근골격계질환 증상 유무는 미국국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)의 근골격계질환 증상 가이드라인(NIOSH, 1990)을 기준으로 증상의 발생 빈도와 발생 주기를 고려하여 ‘증상이 한 달에 한 번 이상 발생하거나 증상이 일주일 이상 지속되는 경우’를 증상 호소자로 정의하였다.

위험 요인 평가표는 기존 연구(Asundi et al., 2005)에서 보고된 실험실의 대표적인 위험 요인과 예비 조사 결과를 참고하여 평가 항목을 선정하였다. 이를 위해 9개 실험실을 대상으로 주된 실험 내용을 관찰하였고, 연구원들과 심층 면접을 통해 실험 과정에서 주된 문제점에 대해 다음과 같이 8가지 요인으로 선정하였다.

- 1) 컴퓨터를 이용한 자료 입력 및 검색 작업
- 2) 손가락 및 손목을 분당 수 십 회 이상 반복하거나 혹은 짧은 주기(수초 미만)로 이루어지는 동작
- 3) 칼, 핀셋, 피펫 등과 같은 도구를 사용하면서 손에 힘이 들어가거나 손목이 불편한 자세

- 4) 팔받침대 없이 손을 가슴 높이 이상 들어 올리는 자세(45도 이상 위팔을 드는 자세)
- 5) 허리를 숙이거나(20도 이상) 옆으로 비튼 자세
- 6) 목을 숙이거나(20도 이상) 옆으로 비튼 자세
- 7) 날카로운 접촉면에 아래팔이 지속적으로 눌리는 자세
- 8) 정해진 위치에 장시간 동안 서 있는 자세

각 위험 요인에 노출되는 작업 시간은 근골격계질환 위험 요인 평가 방법(WDLI, 2000)에서 사용되고 있는 노출 시간(1일 2시간 이상)을 초과하는지를 체크하도록 하였다(컴퓨터 작업은 1일 4시간 이상).

이와 같은 위험 요인을 실험자가 자가 평가할 수 있도록 체크리스트를 개발하여 2-3주 간격으로 조사-재조사(Test-retest)를 실시하였으며 재조사에 응답한 대상자는 총 95명 이었다. 각각의 위험 요인 노출 시간에 대해 조사와 재조사간의 상관관계수와 백분율 일치도(Percent agreement, PA) 및 우연에 의한 일치 정도를 보정하기 위하여 코헨의 Kappa 계수를 분석하였다. 인간공학적 위험 요인과 실험 내용과의 관계를 알아보기 위하여 두 변수간의 상관관계를 분석하였으며, 위험요인 노출 유무가 증상호소율에 어떤 영향을 주는지를 알아보기 위하여 회귀분석을 실시하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 실험 시간

근골격계질환과 밀접한 관련이 있는 것으로 알려진 주요 실험에 대한 1일 평균 실험 시간을 조사하였다(Table 1). 그 결과 컴퓨터를 이용한 자료 검색 및 입력 작업에서 1일 2시간 이상 사용한다는 응답자가 75.1%

로 가장 많은 비중을 차지하였다(1일 4시간 이상은 44.6%). 그 다음이 피펫 사용(30.1%), 흡 후두 사용(25.8%)이었고, 기타 클린벤치(7.6%), 현미경(6.2%), 글러브 박스(3.3%), 세척 작업(2.9%)은 실험 시간 비중이 낮게 나타났다. 세척 작업은 조사 대상자의 92.8%가 1일 1회 이상 실시한다고 응답하여 작업 빈도는 가장 높게 나타났다으나 1일 2시간 이상 작업자는 2.9%에 불과하여 작업 시간은 가장 적었다.

실험 시간은 근골격계질환 위험 요인 노출 시간과 밀접한 관련이 있다. 본 연구 결과 가장 비중 있는 실험 시간으로 컴퓨터 작업을 제외하고 피펫 사용과 흡 후두 사용으로 평가되었다. 생물학 실험실을 대상으로 한 Bjorksten et al.(1994)의 연구에 의하면 피펫 작업은 전체 실험 시간의 57~88%로 빈번한 작업으로 보고되고 있다. 또한 일반적인 실험실을 대상으로 한 연구에서도 피펫을 이용한 전처리 작업이 가장 비중이 있는 실험이며, 이 작업은 대부분이 실험대나 흡후드 내에서 이루어진다고 한다(Asundi et al., 2005). 즉, 실험실 연구자들의 근골격계질환과 관련된 가장 중요한 단위 작업은 실험 준비를 위한 전처리 작업이며, 이와 관련된 작업 도구 및 설비는 흡후드와 실험대라는 것을 알 수 있다.

#### 2. 체크리스트 신뢰도

위험 요인 체크리스트의 조사-재조사간의 항목 별 상관관계수는 모든 항목에서 0.4 이상을 보여 어느 정도 상관성이 있는 것으로 평가되었다( $p < 0.001$ ). 특히 컴퓨터 작업 시간, 허리 자세, 아래팔 눌림을 평가하는 항목은 상관관계수가 0.6 이상으로 비교적 높은 상관관계가 있으나 손목 자세( $r = 0.41$ )는 상대적으로 낮

**Table 1.** Daily laboratory work hours of the subjects

Laboratory work	Daily work hours				Total
	0	< 1 hour	1-2 hours	≥ 2 hours	
Computer work	0(0.0)	14(6.7)	38(18.2)	93(44.6)*	209(100.0)
Pipetting	23(11.0)	71(34.0)	52(24.9)	63(30.1)	209(100.0)
Fume hood	45(21.5)	75(35.9)	35(16.8)	54(25.8)	209(100.0)
Clean bench	125(59.8)	33(15.8)	35(16.8)	16(7.6)	209(100.0)
Microscopy	124(59.4)	59(28.2)	13(6.2)	13(6.2)	209(100.0)
Glove box	141(67.5)	51(24.4)	10(4.8)	7(3.3)	209(100.0)
Cleaning labware	15(7.2)	128(61.2)	60(28.7)	6(2.9)	209(100.0)

\* ≥ 4 hours a day

**Table 2.** Reliability of the self assessment checklist for ergonomic risk factors by test and retest(n = 95)

Risk factors	Correlation coefficient	Percent agreement(%)	Kappa coefficient
Computer work	0.62*	81.0	0.49*
Repetitive, wrist/fingers	0.55*	85.3	0.52*
Awkward posture, wrists	0.41*	87.4	0.33*
Awkward posture, shoulders	0.51*	96.8	0.56*
Awkward posture, low back	0.60*	92.6	0.33*
Awkward posture, neck	0.56*	85.3	0.56*
Contact stress, forearms	0.63*	88.4	0.49*
Static standing posture	0.58*	83.2	0.50*

\* p &lt; 0.001

은 상관성을 보였다(Table 2).

일치율은 모든 항목에서 80% 이상으로 높게 나타났다. 특히, 어깨(96.8%)와 허리 부위 작업자세(92.6%)와 같이 동작 범위가 큰 부위의 일치율이 상대적으로 높았다.

우연에 의해 나타날 수 있는 일치 정도를 보정하기 위하여 Kappa 계수를 분석하였다. 그 결과 손목 자세와 허리 자세가 각각 0.33으로 중간 정도의 신뢰도로 판단하는 기준인 0.40을 초과하지 못해 신뢰도가 다소 낮은 것으로 나타났다(Landis & Koch, 1977). 그 외 나머지 항목의 카파계수는 0.49 ~ 0.56을 보여 중간 정도의 신뢰도를 보였다.

위험 요인 평가표의 신뢰도를 보면 조사-재조사의 일치율은 매우 높게 나타났으나 손목 부위의 상관관계와 Kappa 계수는 상대적으로 신뢰도가 낮은 경향을 보였

다. 이는 손목 부위의 경우 동작범위가 작아 동작의 유무를 판단하기 어려운 위험 요인 특성과 관계되어 있을 것으로 보인다. 일반적으로 손목과 같은 미세 동작 부위의 작업 자세 평가에서 신뢰도가 낮아지는 것으로 보고하고 있다(Viikari-Juntura et al, 1996; David & Nordstrom, 1998).

자가 평가에 의한 위험 요인 평가는 과대평가 가능성이 있다. Lee(2005)의 연구에 의하면 자가 평가 결과가 전문가 평가 결과에 비해 105.7 ~ 122.6% 정도 과대평가된 것으로 보고하였으며, Lee et al.(2010)의 연구에서도 손/손목, 팔꿈치, 목 부위의 과대평가 비율이 상대적으로 높게 나타나 평가 결과의 신뢰도가 상대적으로 낮은 것으로 보고되었다. 이와 같은 결과들을 참고할 때 위험 요인 자가 평가표를 개발할 때는 직접 관찰 방법 등을 통한 추가적인 비교 연구가 더 이루어져야 할 것으로 보인다.

### 3. 위험 요인 노출 특성

신뢰도 평가를 통해 개발된 체크리스트를 이용하여 주된 작업 단위가 수행될 때 노출 가능한 구체적인 위험 요인 노출 시간을 평가하였다(Table 3). 부적절한 작업 자세의 1일 노출 시간이 2시간 이상일 때(컴퓨터 작업은 4시간 이상) 주의가 필요한 작업으로 분류하는 기준을 참고하여 위험성 초과 여부를 평가하였다(WDLI, 2000). 그 결과 컴퓨터 작업 시간이 1일 4시간 이상인 경우가 44.6%로 가장 높게 나타났으며, 기타 작업 자세 특성에서는 정적인 작업 자세로 장시간 동안 서있는 자세(31.6%), 목 부위의 부적절한 작업 자세(23.4%)에서 1일 2시간 이상 노출된다는 응답 비율이 높게

**Table 3.** Daily exposure time of ergonomic risk factors in the university laboratory

N(%)

Risk factors	Daily exposure hours			Total
	0	< 2 hour	≥ 2 hours	
Computer work	0( 0.0)	52(24.9)	93(44.6)*	209(100.0)
Repetitive, wrist/fingers	45(21.5)	125(59.8)	39(18.7)	209(100.0)
Awkward posture, wrists	57(27.3)	111(53.1)	41(19.6)	209(100.0)
Awkward posture, shoulders	21(10.1)	176(84.2)	12( 5.7)	209(100.0)
Awkward posture, low back	74(35.4)	121(57.9)	14( 6.7)	209(100.0)
Awkward posture, neck	61(29.2)	99(47.4)	49(23.4)	209(100.0)
Contact stress, forearms	29(13.9)	158(75.6)	22(10.5)	209(100.0)
Static standing posture	125(59.8)	18( 8.6)	66(31.6)	209(100.0)

\* ≥ 4 hours a day

나타났다.

실험실 연구자들을 대상으로 한 위험 요인 노출 특성을 보고한 사례가 많지 않아 이와 같은 위험 요인 노출 시간이 얼마나 심각한 문제인지를 비교 평가하는 데는 한계가 있다. 최근 병원 실험실 근무자들을 대상으로 신체 부위별 위험 요인 점수를 비교한 결과를 보면 목, 손목, 허리, 어깨 부위의 순으로 위험 요인 점수가 높은 것으로 보고하였다(Shreya & Amitabha, 2012). 본 연구에서 나타난 신체 부위별 위험 요인 노출 비율에서도 목과 손목 부위가 다른 신체 부위에 비해 높게 나타나 선행 연구와 동일한 위험 요인 특성을 보이고 있다.

제조업 혹은 서비스업 종사자들을 대상으로 한 평가 결과와 비교해 보면 금융업에 종사하는 사무 작업자의 1일 컴퓨터 작업 시간(1일 4시간 이상이 88.7%)에 비해 실험실 연구자들의 컴퓨터 작업 시간(4시간 이상이 44.6%)은 상대적으로 낮은 것을 알 수 있다(Lee et al., 2009). 또한 손목 부위를 많이 사용하는 요양보호사들의 위험 요인 노출 비율에 비해 실험실 연구자의 위험성 초과 비율(18.7%)은 극히 낮은 것을 알 수 있다(Lee et al., 2011). 그러나 근골격계질환 위험 요인 평가에서 위험 요인에 통상적으로 1일 2시간 이상 노출될 때 관리가 필요한 작업으로 선정하는 기준을 참고할 때 대학 실험실 연구자들의 약 20% 내외(목 및 손목 부위 기준)정도가 주의가 필요한 위험 요인에 노출된 것으로 평가할 수 있다(WDLI, 2000).

실험 시간과 위험 요인 노출 특성과의 관계를 알아보기 위하여 각 실험 시간과 작업 자세 노출 시간과의 상관관계를 분석하였다(Table 4). 그 결과 손목의 반복성 및 작업 자세는 주로 피펫을 이용한 실험( $r = 0.429$ )과 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타났고, 어깨 부위의 부

적절한 작업 자세는 세척 작업( $r = 0.411$ )과 상관관계가 있었다. 기타 허리 부위 자세는 흡후드 사용 시간( $r = 0.256$ ), 목 부위 자세는 피펫( $r = 0.210$ )과 글러브박스 사용 시간( $r = 0.211$ ), 그리고 장시간 동안 서 있는 작업 자세는 흡후드, 피펫, 글러브박스, 세척 작업 시간과 유의한 상관관계가 있었으나 상관계수는 크지 않았다.

이와 같은 위험 요인과 실험 내용과의 상관관계를 보면 위험 요인과 밀접한 관련이 있는 실험은 흡후드 및 피펫 사용과 세척 작업인 것을 알 수 있다. 이는 Table 1에 나타난 각 실험 종류별 실험 시간과 일치하는 결과이다. 특히 컴퓨터 작업을 제외하고 가장 실험 시간이 많은 피펫 사용은 손가락 부위의 반복적인 동작과 손목 자세, 그리고 손가락의 지속적인 힘의 사용과 목과 어깨 부위의 부적절한 작업 자세와 밀접한 관련이 있다. Asundi et al.(2005)의 연구에 의하면 피펫 작업의 경우 손가락 및 손목 부위는 분당 59-89회 정도의 반복적인 동작이 이루어지며, 손가락에 가해지는 힘은 정밀성이 높을수록 5% 정도의 부가적인 힘이 더 필요하고, 사용하는 용액의 점도에 따라 11% 정도의 부가적인 힘이 더 든다고 한다. 즉, 피펫 사용으로 인해 가장 문제되는 신체 부위는 손가락과 손목 부위라는 것을 알 수 있다.

사무 환경에서의 작업대 높이는 국가 표준 혹은 가이드라인으로 관리되는 경우가 많이 있다. 또한 작업 자세, 반복성 등 인간공학적으로 부적절한 작업 환경이 반복되거나 지속될 때 위험성에 대한 주기적인 평가와 문제점을 개선하도록 사업주에게 법적인 의무를 부여하고 있다(MoEL, 2013). 반면, 실험실의 작업대 높이는 어떤 문제가 있는지에 대한 연구는 물론이고 인체 치수를 고려한 설계 표준도 마련되어 있지 않다. 본 연구

**Table 4.** Correlation coefficients between daily exposure time of ergonomic risk factors and laboratory work time

Exposure time	Laboratory work time(n=209)					
	Fume hood	Pipetting	Clean bench	Glove box	Micros-copy	Cleaning labware
Repetitive, wrist/fingers	-0.001	0.429**	0.185	0.132	0.030	0.350**
Awkward posture, wrists	-0.139	0.382**	0.157	0.245*	-0.047	0.286**
Awkward posture, shoulders	0.308**	0.221*	0.213*	0.023	-0.073	0.411**
Awkward posture, low back	0.256**	0.130	0.130	0.167	0.048	0.045
Awkward posture, neck	0.002	0.210*	0.044	0.211*	-0.015	0.111
Contact stress, forearms	0.120	0.141	0.201*	0.019	-0.226*	0.084
Static standing posture	0.408**	0.293**	0.043	0.220*	-0.054	0.360**

\*p < 0.05, \*\*p < 0.001

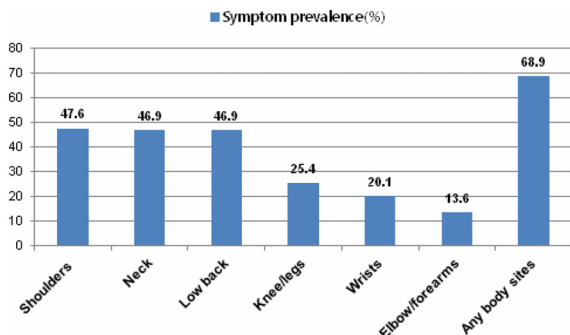


Figure 1. Symptom prevalence of musculoskeletal disorders by body site(n = 209)

결과에서 나타난 실험실의 위험 요인 특성이 반영된 새로운 작업대 설계가 이루어져야 할 것이다.

#### 4. 증상호소율

증상호소율을 신체 부위별로 보면 어깨(47.6%), 허리 및 목 부위(46.9%)의 3가지 신체 부위가 가장 높게 나타났다으며, 그 다음으로 무릎(25.4%)과 손목 부위(20.1%)로 나타났다(Figure 1). 6가지 신체 부위 중 한 부위 이상을 기준으로 하면 전체 증상호소율은 68.9%였다. 좀 더 엄격한 기준을 적용하여 중간 통증 이상의 통증 강도를 가지고 있는 사람을 기준으로 할 때는 어깨 21.8%, 허리 18.8%, 목 17.8%, 무릎 12.9%로 증상호소율이 상당 부분 낮아졌지만 어깨, 허리, 목 부위의 상위 3개 신체 부위는 동일한 경향을 보였다.

한 부위 이상 증상이 있는 사람을 기준으로 인적 특성에 따른 증상호소율의 차이를 보면 여성이 남성에 비해 증상호소율이 2.67배 높게 나타났으며, 기타 연령,

Table 5. Differences of musculoskeletal symptoms by characteristics of the subjects

Subject characteristics		Symptom* prevalence(%)	OR†	95% CI
Gender	Male	61.5	2.67	1.37-5.18
	Female	81.0		
Age, years	20-29	69.6	0.79	0.34-1.81
	≥ 30	64.3		
Laboratory career, years	< 2	58.3	1.84	0.94-3.60
	≥ 2	72.0		
Education	Master's course	66.7	1.32	0.72-2.43
	Doctor's course	72.5		

\* Symptom : symptoms of any body parts

† OR : odd ratios adjusted for gender

실험실 경력, 학력, 실험 분야별 증상호소율의 통계적인 유의한 차이는 없었다(Table 5).

위험 요인 노출 정도가 증상호소율에 어떤 영향을 미치는 지를 알아보기 위하여 성별 특성이 증상호소율에 미치는 영향을 고려하여 성을 통제한 후 회귀 분석을 실시하였다. 그 결과 허리 부위를 제외하고 해당 부위의 위험성 초과 여부와 해당 부위의 근골격계질환 증상호소율과 통계적인 유의한 관계가 있는 것으로 나타났다(Table 6). 특히 어깨 부위의 경우 상완이 몸통에서 45도 이상 벗어난 상태에서 1일 2시간 이상 작업하는 경우가 그렇지 않는 경우에 비해 증상호소율이 6배 이상 높게 나타났다. 그러나 어깨 부위의 경우 2시간 이상 작업하는 작업자수가 12명(5.7%)에 불과하였고, 이들의 대부분이(83.3%) 증상을 호소하는 것으로 나타나 상대적으로 위험비가 높게 나타난 것으로 해석된다. 향후 연구 대상자를 확대한 추가적인 연구가 필요할 것이다.

이러한 신체 부위별 증상호소율은 실험할 때 문제 되는 작업 자세 및 실험 시간과 밀접한 관련이 있는 것을 알 수 있다. 즉, 가장 많은 실험 빈도를 차지한 실험대 위에서의 피펫 사용 혹은 흡후드를 사용할 때 만약 의자에 앉아서 피펫팅을 하게 되면 부적절한 실험대 높이(800 mm)로 인해 팔꿈치가 가슴 높이 정도에

Table 6. Differences of musculoskeletal symptoms by daily exposure time of ergonomic risk factors

Daily exposure time of risk factors		Symptom* prevalence(%)	OR†	95% CI
Awkward posture, wrists	< 2 hour	15.5	3.50	1.64-7.43
	≥ 2 hours	39.0		
Awkward posture, shoulders	< 2 hour	45.2	6.07	1.30-28.4
	≥ 2 hours	83.3		
Awkward posture, low back	< 2 hour	46.2	1.56	0.52-4.65
	≥ 2 hours	57.1		
Awkward posture, neck	< 2 hour	42.5	2.14	1.11-4.11
	≥ 2 hours	61.2		
Contact stress, forearms	< 2 hour	18.2	2.81	1.00-7.94
	≥ 2 hours	36.4		
Static standing posture	< 2 hour	17.6	3.45	1.80-6.62
	≥ 2 hours	42.4		

\* Symptom : symptoms of the same body parts of risk factor, those who experienced symptoms either once per month or for longer than a week over the last year.

† OR : odd ratios adjusted for gender

위치하는 문제가 발생한다. 또한 장시간 동안 의자에 앉아서 실험할 경우 실험대 밑에 다리를 뻗을 수 있는 공간이 없어 의자 등받이에 허리를 기댈 수 없게 된다. 그리고 대부분의 실험은 정밀을 요하는 작업 특성을 가지고 있어 목과 어깨 부위가 정적인 상태로 긴장된 작업 자세를 유지하는 특성이 있다. Park & Brain(2013)은 최근 실험 연구를 통해 피펫팅은 입식 작업 형태로 이루어져야 하며, 이 때 실험대 높이는 피펫을 잡은 손의 위치와 팔꿈치 높이가 수평이 되는 조건에서 피펫팁이 위치하는 높이를 가장 적절한 높이로 추천하였다.

이와 같은 위험 요인 특성을 고려할 때 실험실 연구자들은 주로 어깨, 목, 허리 부위의 근골격계질환이 문제될 수 있다. 그러나 본 연구 결과를 보면 어깨 부위의 위험성 초과 비율은(Table 3) 5.7%로 높지 않은 반면 증상호소율은 47.6%로 가장 높게 나타나 상반된 결과를 보이고 있다. 이러한 결과는 실험 내용과 관계없이 컴퓨터 입력 작업이 가장 많은 비중을 차지하는 것과 관련되어 있을 것으로 추정된다. 컴퓨터 작업 시간이 많아지게 되면 어깨 부위의 근골격계질환이 문제될 수 있는 데 주된 원인은 정적인 작업 자세와 부적절한 작업대 높이로 알려져 있다(Woods, 2005). 또한 피펫팅을 비롯하여 대부분의 실험들은 긴장된 상태에서 정적인 자세를 유지한다는 특성이 있다. 이와 같은 정적인 자세는 근육에 영양을 공급하고 체내 노폐물을 내보내는 데 필요한 혈액 순환에 지장을 주어 피로가 발생되게 된다. 결국 만성적인 혈류 감소는 근 수축을 가져오게 되고, 이런 문제가 지속되게 되면 근골격계질환으로 이행되는 데 영향을 준다(Cooper et al., 1994). 통상적으로 정적인 자세의 위험성 기준을 힘든 일은 10초 이상, 보통의 작업은 1분 이상, 적은 힘이 드는 작업은 4분 이상으로 정의하고 있는데(Hignett & McAtamney, 2000), 대부분의 실험들이 이 기준을 초과하고 있다. 따라서 목과 어깨 부위의 경우 근골격계질환 위험 요인을 평가할 때는 작업자세 뿐만 아니라 정적인 자세와 작업의 긴장도가 동시에 평가되어야 하며, 실험실 위험 요인 평가표에서 향후 보완되어야 할 부분이다.

본 연구 결과에서 목과 어깨 부위의 증상호소율이 가장 높게 나온 점을 참고할 때 근본적인 위험 요인의 발생 원인은 사용 빈도가 가장 많은 것으로 나타난 실험대와 흡후드의 작업 높이와 관련되어 있을 가능성이 높다. 따라서 근본적인 문제 해결을 위해서는 각

종 실험 장비에 대한 인간공학적 평가를 통해 표준화된 설계 기준이 시급히 마련되어야 할 것으로 보인다.

## IV. 결 론

본 연구는 일부 대학교 실험실을 대상으로 근골격계질환 위험 요인 노출 특성과 증상호소율을 평가하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 실험실에서 가장 비중이 많은 실험은 피펫과 흡후드 사용으로 나타났다.

2) 실험실 연구자들의 위험요인 자가평가표를 개발하여 조사-재조사를 이용한 신뢰도를 평가한 결과 손목 부위를 제외하고 모든 항목에서 0.5 이상의 상관성이 있었고, 80% 이상의 높은 일치도를 보였다. 카파계수는 0.33-0.56을 보여 중간 정도의 신뢰도를 보였다. 그러나 손목 자세는 상대적으로 낮은 신뢰도( $r=0.41$ , 카파계수=0.33)를 보였다.

3) 자가평가표를 이용한 근골격계질환 위험 요인 특성을 조사한 결과 컴퓨터 작업 시간의 위험성 초과 비율(44.6%)이 가장 높았으며, 작업 자세 특성에서는 정적인 입식 자세(31.6%)와 목 부위 자세(23.4%), 손목 부위의 부적절한 자세(19.6%) 및 반복성(18.7%)의 위험성 초과 비율이 상대적으로 높게 나타났다.

4) 신체 부위별 근골격계질환 증상호소율은 어깨, 허리, 목 부위가 가장 높게 나타났으며, 한 부위 이상에서 근골격계질환 증상을 호소한 사람은 모두 68.9%였다. 여성이 남성에 비해 증상 위험비가 2.67배 높았으며, 신체 부위별로 위험성을 초과한 경우가 그렇지 않은 경우에 비해 증상 위험비가 2.14배(목 부위)에서 최고 6.07배(어깨 부위) 높은 것으로 나타났다.

5) 이러한 증상 및 위험 요인 특성은 부적절한 높이의 흡후드 및 작업대 위에서의 반복적인 피펫팅과 가장 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다.

본 연구는 적은 대상자 수(209명)와 특정 대학의 일부 실험실을 대상으로 한 연구의 제한점을 가지고 있어 연구 결과를 보편화하기에는 한계가 있다. 그러나 본 연구를 통해 산업 현장에 비해 심각한 문제는 아니지만 실험실 연구자들의 근골격계질환의 정도와 위험 요인 노출 특성을 어느 정도 확인할 수 있었다. 이를 바탕으로 좀 더 체계적이고 확대된 연구, 그리고 장기적으로는 실험실 연구자의 근골격계질환을 예방하기 위

한 인간공학적 표준이 만들어지기를 기대한다.

## 감사의 말씀

본 연구는 2010-2012년도 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었으며(No 2010-0029174), 지원에 감사드립니다.

## 참고문헌

- Asundi KR, Bach JM, Rempel DM. Thumb force and muscle loads are influenced by the design of a mechanical pipette and by pipetting tasks. *Hum Factors* 2005; 47(1):67-76
- Baker P, Cooper C. Upper Limb Disorder due to Manual Pipetting. *Occupational Medicine* 1998;48:133 - 134
- Bjorksten MG, Almy B, Jansson ES. Hand and shoulder ailments among laboratory technicians using modern plunger operated pipettes. *Appl Erg* 1994;25(2):88-94
- Caskey CR. Ergonomics in the clinical laboratory. *Clin Lab Sci* 1999;12(3):140-144
- Cooper C, McAlindon T, David C, Peter E, Dieppe P. Occupational activity and osteoarthritis of the knee. *Annals of the Rheumatic Diseases* 1994;53:90-93
- David G, Buckle P. A Questionnaire survey of the ergonomic problems associated with pipettes and their usage with specific reference to work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics* 1997;28(4):257-262
- David G, Nordstrom L. Comparison of self-reported and expert-observed physical activities at work in a general population. *American Journal of Industrial Medicine* 1998;34:29-35
- Fredriksson K. Laboratory work with automatic pipettes: a study on how pipetting affects the thumb. *Ergonomics* 1995;38(5):1067-1073
- Haile EL, Taye B, Hussien F. Ergonomic workstations and work-related musculoskeletal disorders in the clinical laboratory. *LabMedicine* 2012;43:e11-e19
- Hignett S, McAtamney L. Rapid entire body assessment (REBA). *Applied Ergonomics* 2000;31:201-205
- Landis JR and Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1997;33: 159-174
- Lee SY, Lee YK, Joo YS, Kim MH, Chai KS. Investigation on the Musculoskeletal disorder of Nursing Home Assistants and Development of the Disease Prevention Manual. *Occupational Safety and Health Research Institute* 2011; p. 51-53
- Lee YK. Comparison of shipyard worker self-reported and expert-observed method using the same checklist for ergonomic risk factors. *J Korean Soc Occup Environ Hyg* 2005; 15(2):83-89
- Lee YK, Park HS, Kim DS. Ergonomic analysis of office chairs and desks against Ministry of Labor Notification and Korean Standards. *J Korean Soc Occup Environ Hyg* 2009;19(1):16-24
- Lee YK, Park HS, Park JK. Development of a self administered checklist for evaluation of the musculoskeletal disorders risk factors in construction industry. *Journal of the Ergonomics Society of Korea* 2010;29(3):1-8
- Lu M, James LT, Lowe B, Barrero M, Kong YK. An investigation of hand forces and postures for using selected mechanical pipettes. *Int J Ind Ergon* 2008;38:18-29
- Ministry of Employment and Labor (MoEL). 2011 Industrial Accident. Ministry of Employment and Labor: 2012. p. 11
- Ministry of Employment and Labor (MoEL). Occupational Safety and Health Act. Ministry of Employment and Labor; 2013
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Hazard evaluation and technical assistance report: Newsday Inc (HETA 89-250-2046). Cincinnati, OH.; 1990
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). HETA Report 95-0294-2594 on Scientific Application International Corporation. Cincinnati, OH.: 1996
- Park J.K., Bryan B. Effects of work surface height on muscle activity and posture of the upper extremity during simulated pipetting. *Ergonomics* 2013. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/00140139.2013.799234>
- Raschke SU, Birch G, Mattie JM. Evaluation of best practices for alleviating and preventing cumulative trauma disorder among healthcare laboratory technologist involved in pipetting work. *OHSAA in BC, Canada*; 2005. p. 10-23
- Shreya M, Amitabha D. Work related musculoskeletal disorders among medical laboratory technicians. *Network of Ergonomics Societies Conference(SEANES)*; 2012. p. 1-6
- Viikari-Juntura E, Rauas S, Martikainen R, Kuosma E, Riihimäki H, Takala EP, Saarenmaa K. Validity of self-reported physical work load in epidemiologic studies on musculoskeletal disorders. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* 1996;22:251-259
- Woods V. Musculoskeletal disorders and visual strain in intensive data processing workers. *Occupational Medicine* 2005;55:121-127
- Washington Department of Labor and Industries(WDLI). Appendix B: Criteria for analyzing and reducing WMSD hazards for employers who choose the specific performance approach. *Washington Department of Labor and Industries*; 2000. p. A1-B6