

碩 士 學 位 論 文
指 導 教 授 鄭 炳 榕

비정형작업의 작업위험 평가에 있어서
샘플링과 신뢰성에 관한 상관성 연구

A study of relationship between sampling and reliability in
job hazard analysis of an atypical work

2 0 0 6 年 6 月

漢城大學校 一般大學院

產 業 工 學 科

產 業 工 學 專 攻

許 原 準

碩 士 學 位 論 文
指 導 教 授 鄭 炳 榕

비정형작업의 작업위험 평가에 있어서
샘플링과 신뢰성에 관한 상관성 연구

A study of relationship between sampling and reliability in
job hazard analysis of an atypical work

위 論 文 을 產 業 工 學 碩 士 學 位 論 文 으 로 提 出 함

2 0 0 6 年 6 月

漢 城 大 學 校 一 般 大 學 院

產 業 工 學 科

產 業 工 學 專 攻

許 原 準

許 原 準의 産業工學 碩士學位 論文을 認定함

2 0 0 6 年 6 月

심사 위원장 김 대 홍 (인)

심 사 위 원 나 건 (인)

심 사 위 원 정 병 용 (인)

감사의 글

인간공학이라는 분야를 처음 접할 당시 의미도 모른 채 마냥 새로운 마음으로 작업분석을 시작했던 일이 었그제 같은데 벌써 졸업을 앞두고 있다는 것이 믿어지지 않습니다. 2년이라는 시간은 제게 앞만 보고 달려와 놓친 것, 잃은 것도 많은 시간이었지만 그 만큼 제 인생 전체를 볼 때 가장 큰 발전과 발돋움의 기간이었습니다. 이렇게 변화할 수 있게 도와주신 제 주위에 모든 분들께 감사의 말씀을 드립니다.

먼저 논문의 주제선정과 더불어 자료의 수집, 자료의 구성에 이르기까지 논문을 연구하는데 있어 기초부터 세세히 많은 지도를 해주시고, 새로운 세상을 헤쳐 나갈 수 있는 힘과 지혜를 주신 정병용 교수님께 감사를 드립니다. 또한 언제나 충고와 격려를 아끼지 않으시고 열정적인 강의를 해 주신 대한산업보건협회의 김성한 교수님께 감사드립니다.

학부와 석사과정을 통하여 여러 분야에서 가르침을 주신 김대홍 교수님, 박명환 교수님, 이재득 교수님, 위남숙 교수님, 원형규 교수님, 유재건 교수님, 홍윤기 교수님, 홍정완 교수님께도 감사드리며, 저에게 항상 관심을 가지고 격려와 칭찬을 아끼지 않으셨던 산업안전공단의 이동경 교수님과 홍익대학교 디자인대학원의 나 건 교수님께도 감사드립니다. 언제나 저희를 존중해주시고 자부심과 긍지를 갖게 해주신 오순영 박사님에게도 감사드립니다.

인간공학 실험실을 통하여 만나 많은 도움과 조언을 주셨던 유운식, 양계령, 양승태, 이정옥 선배님들, 늦게 대학원에 오셨지만 인생의 지침이 되 주셨던 표연 과장님, 김이호 과장님, 학부와 대학원에 걸쳐 함께하고 힘이

되어준 황석기에게도 감사를 전합니다. 프로젝트를 통해 힘들고 지칠때 서로 위로가 해주었던 동기들인 이향기, 김준식, 김현호에게 마음속 깊이 우정을 전하고, 한학기 늦게 들어왔지만 프로젝트때 같은 방을 사용하기도 하며 많은 추억을 남겨준 신충규에게도 고마움을 전합니다. 본 논문이 좋은 결실을 맺을 수 있게 많은 도움을 준 후배들인, 백성완, 김규태, 이용수, 전만기, 이경수, 박현진에게 고마움을 전합니다.

끝으로 저에게 끝까지 믿을 갖고 용기를 주신 사랑하는 나의 부모님과 누나에게 대학원 생활의 마지막 결실인 이 논문을 바치고 싶습니다. 지금까지 해왔던 것처럼 주위에 모든 분들을 실망시키지 않고 후회 없는 삶을 살 수 있도록 항상 노력하는 사람이 되겠습니다. 감사합니다.

2006. 06 허원준

목 차

1. 서 론	1
1.1. 연구배경	1
1.2. 연구 필요성 및 목적	4
2. 연구 방법	7
2.1. 평가 변수의 선정	7
2.2. 연구대상	8
2.3. 이상적인 샘플수	8
2.4. 실험 및 분석 방법	10
2.5. 분석 변수	11
3. 연구 결과	12
3.1. 동일 작업의 촬영시간별 위험노출시간 비교	12
3.2. 30분 촬영작업에서의 샘플링 비율 영향 분석	17
3.3. 60분 촬영작업에서의 샘플링 비율 영향 분석	28
4. 결론 및 검토	39
참 고 문 헌	41
Abstract	44

표 목 차

표 1-1. 한국과 미국의 연도별 산업재해자수와 근골격계 질환자수	2
표 1-2. 근골격계부담작업 고시	3
표 2-1. OWAS자세 분류별 부담작업관련 항목	7
표 2-2. 샘플시간별 샘플링개수	9
표 3-1. 작업과 샘플시간별 작업위험 노출비율에 관한 ANOVA분석	12
표 3-2. 부위별 샘플시간에 따른 작업위험 노출비율	3
표 3-3. 작업평가등급별 빈도수의 동일성 검정(비율환산)	3
표 3-4. 작업과 샘플시간별 작업위험 노출비율에 관한 ANOVA분석	14
표 3-5. 샘플시간에 따른 작업위험 노출비율	4
표 3-6. 작업과 샘플시간별 오차 추정값에 의한 ANOVA분석	15
표 3-7. 부위별 오차율 비교	5
표 3-8. 작업평가등급별 빈도수의 동일성 검정(비율환산)	5
표 3-9. 팔자세 위험노출시간 관련 ANOVA분석	18
표 3-10. 팔자세 관련 오차 추정값 관계	8
표 3-11. 팔자세 관련 작업과 오차 추정값별 ANOVA분석	18
표 3-12. 목자세 위험노출시간 관련 ANOVA분석	19
표 3-13. 목자세 관련 오차 추정값 관계	9
표 3-14. 목자세 관련 작업과 오차 추정값별 ANOVA분석	20
표 3-15. 허리자세 위험노출시간 관련 ANOVA분석	21
표 3-16. 허리자세 관련 오차 추정값 관계	2
표 3-17. 허리자세 관련 작업과 오차 추정값별 ANOVA분석	21
표 3-18. 다리자세 위험노출시간 관련 ANOVA분석	22
표 3-19. 다리자세 관련 오차 추정값 관계	3
표 3-20. 다리관련 작업과 오차 추정값별 ANOVA분석	23

표 3-21. 무게취급시간 비율과 샘플링 간격별 ANOVA분석	24
표 3-22. 무게취급시간 관련 오차 추정값 관계	24
표 3-23. 무게취급 비율과 오차 추정값별 ANOVA분석	25
표 3-24. 위험노출비율대별 ANOVA분석	25
표 3-25. 위험노출비율대별 오차 추정값간의 ANOVA분석	26
표 3-26. 작업평가등급별 빈도수의 동일성 검정(비율환산)	62
표 3-27. 팔자세 위험노출시간 관련 ANOVA분석	29
표 3-28. 팔자세 관련 오차 추정값 관계	29
표 3-29. 팔자세 관련 작업과 오차 추정값별 ANOVA분석	29
표 3-30. 목자세 위험노출시간관련 ANOVA분석	30
표 3-31. 목자세 관련 오차 추정값 관계	30
표 3-32. 목자세 관련 작업과 오차 추정값별 ANOVA분석	31
표 3-33. 허리자세 위험노출시간 관련 ANOVA분석	32
표 3-34. 허리자세 관련 오차 추정값 관계	32
표 3-35. 허리자세 관련 작업과 오차 추정값별 ANOVA분석	32
표 3-36. 다리자세 위험노출시간 관련 ANOVA분석	34
표 3-37. 다리자세 관련 오차 추정값 관계	34
표 3-38. 다리자세 관련 작업과 오차 추정값별 ANOVA분석	34
표 3-39. 무게취급시간 비율과 샘플링 간격별 ANOVA분석	35
표 3-40. 무게취급시간관련 오차 추정값 관계	35
표 3-41. 무게취급 비율과 오차 추정값별 ANOVA분석	36
표 3-42. 위험노출비율대별 ANOVA분석	36
표 3-43. 위험노출비율대별 오차 추정값간의 ANOVA분석	37
표 3-44. 작업평가등급별 빈도수의 동일성 검정(비율환산)	73

그 립 목 차

그림 1-1. 작업 분석 절차	4
그림 2-1. 신뢰수준별 이상적 관측개수	9
그림 3-1. 팔자세 비율	7
그림 3-2. 목자세 비율	9
그림 3-3. 허리자세 비율	9
그림 3-4. 다리자세 비율	2
그림 3-5. 무게취급시간 비율	4
그림 3-6. 팔자세 비율	8
그림 3-7. 목자세 비율	9
그림 3-8. 허리자세 비율	3
그림 3-9. 다리자세 비율	3
그림 3-10. 무게취급시간 비율	5

1. 서론

1.1. 연구배경

작업관련 근골격계질환은 사업장의 집단적인 발병, 사업장의 생산성 저하, 산업재해 증가와 재해 및 질환자 증가로 인한 기업의 보험비용 증가 등으로 인하여 산업 안전보건에 대한 문제 뿐아니라 막대한 경제·산업의 손실을 가져온다.

근골격계질환이란 단순반복작업 또는 부자연스런 작업 자세 및 신체압박 등으로 인체에 과도한 부담을 주는 작업에 의하여 주로 목이나 상지(upper limb)에 관련된 근골격계의 외상(disorder)이나 질환(disease)을 통칭하는 용어로 사용되지만(Hagberg et al., 1995), 일반적으로 산업안전 분야에서는 요통(low back pain)까지 포함하는 넓은 의미로 사용되고 있다.

미국 노동부의 노동통계국(Bureau of Labour Statistics, 2004)의 발표에 의하면 연평균 산업재해자수와 근골격계 질환자수는 점차 줄어드는 추세이지만, 아직도 근골격계 질환자수는 전체산업재해자의 32.0%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 우리나라의 2004년 노동부 산업재해통계(한국산업안전공단, 2004)에 의하면 전체산업재해자중에서 근골격계 질환자가 차지하는 비율은 아직 4.7% 정도이다. 그러나 우리나라는 미국과는 다른 기준을 갖고 있으며 근골격계 질환자에 대한 통계산출에서 선진국형으로 재해 추이가 변해가는 것을 감안한다면 앞으로 근골격계 질환자수는 늘어날 것으로 예측된다(표 1-1).

표 1-1. 한국과 미국의 연도별 산업재해자수와 근골격계 질환자수

구 분	미 국			한 국		
	전체 재해자(명)	근골격계 질환자(명)	비율(%)	전체 재해자(명)	근골격계 질환자(명)	비율(%)
1993	2,252,600	762,700	33.9%	90,288	—	—
1994	2,236,600	755,600	33.8%	85,948	—	—
1995	2,040,900	695,800	34.1%	78,034	—	—
1996	1,880,500	647,400	34.4%	71,548	506	0.7%
1997	1,833,400	626,400	34.2%	66,770	221	0.3%
1998	1,730,500	592,500	34.2%	51,514	124	0.2%
1999	1,702,500	582,300	34.2%	55,405	344	0.6%
2000	1,644,018	577,800	34.7%	68,976	1,009	1.5%
2001	1,537,567	522,528	34.0%	81,434	1,634	2.0%
2002	1,436,194	487,900	34.0%	81,911	1,827	2.2%
2003	1,315,920	435,180	33.1%	94,924	4,532	4.8%
2004	1,259,320	402,700	32.0%	88,874	4,112	4.7%

(자료, 노동부, 미국 노동부의 노동통계국, 2004)

근골격계질환자를 예방하기 위하여 노동부에서는 1997년에 영상표시 단말기(VDT) 취급 근로자를 위한 작업관리 지침(노동부 고시 제1997-8호)을 시작으로하여, 1998년에는 단순반복작업 근로자 작업관리지침(노동부고시 제1998-15호 제정 이후 노동부 고시 제2000-72호로 개정)을 제정하여 적용 범위를 제조업으로 확대하였다. 그러나 사업장에서 근골격계질환이 큰 문제점으로 대두되고 근골격계질환 예방이 권고만으로는 한계가 있다고 판단하여, 정부는 근골격계 질환 예방을 위한 산업안전보건법 제24조 1항 5호에 “단순 반복작업 또는 인체에 과도한 부담을 주는 작업으로 인한 건강장해”를 신설하여 사업주에게 보건상의 조치로 근골격계질환 예방 의무를 부여하였다.

이에 근골격계 부담작업에 노출되어있는 사업장들은 산업보건기준에 관한 규칙 9장에 의하여 3년마다 유해요인 조사를 정기적으로 실시하게 되어있다.

산업안전공단은 사업장에서의 유해요인에 대한 효과적인 통제와 예방을 위해 ‘근골격계부담작업 유해요인 조사 지침(KOSHA Code H-30)’과 ‘사업장 근골격계질환 예방관리 프로그램 지침(KOSHA Code H-31)’을 공표하였다. KOSHA Code H-31은 근골격계질환 예방관리 프로그램 7개 부문(개요, 조직 구성, 교육 훈련, 유해요인 관리, 의학적 관리, 프로그램 평가, 문서 기록과 보존)에 대한 기본적 구성요소와 원론적 지침을 제시하고 있고, 그 중에서 유해요인 관리부문은 KOSHA Code H-30 지침을 참고하도록 하고 있다.

또한 근골격계질환의 유해요인 평가를 원활하게 하기 위한 목적으로 보건규칙 제142조 제1호의 규정에 따라 컴퓨터작업, 반복 작업, 부적절한

표 1-2. 근골격계부담작업 고시

부담 작업	내 용
1호	집중적으로 자료입력 등을 위해 키보드 또는 마우스를 조작하는 작업
2호	목, 어깨, 팔꿈치, 손목 또는 손을 사용하여 같은 동작을 반복하는 작업
3호	머리 위에 손이 있거나, 팔꿈치가 어깨 위에 있거나, 팔꿈치를 몸통으로부터 들거나, 팔꿈치를 몸통뒤쪽에 위치하도록 하는 상태에서 이루어지는 작업
4호	지지되지 않은 상태이거나 임의로 자세를 바꿀 수 없는 조건에서, 목이나 허리를 구부리거나 비트는 상태에서 이루어지는 작업
5호	쫓그리고 앉거나 무릎을 굽힌 자세에서 이루어지는 작업
6호	지지되지 않은 상태에서 1kg 이상의 물건을 한손의 손가락으로 집어 옮기거나, 2kg 이상에 상응하는 힘을 가하여 한손의 손가락으로 물건을 쥐는 작업
7호	지지되지 않은 상태에서 4.5kg 이상의 물건을 한 손으로 들거나 동일한 힘으로 쥐는 작업
8호	하루에 10회 이상 25kg 이상의 물체를 드는 작업
9호	하루에 25회 이상 10kg 이상의 물체를 무릎 아래에서 들거나, 어깨 위에서 들거나, 팔을 뻗은 사태에서 드는 작업
10호	분당 2회 이상 4.5kg 이상의 물체를 드는 작업
11호	시간당 10회 이상 손 또는 무릎을 사용하여 반복적으로 충격을 가하는 작업

작업 자세, 무리한 동작 및 중량물작업 등 근골격계 부담작업에 해당되는 11개 작업기준을 통한 부담작업의 범위(노동부고시 제2003-24호)를 제정
• 고시하였다(표1-2).

1.2. 연구 필요성 및 목적

근골격계질환 발생을 예방하기 위해서는 근골격계 부담 작업의 유해요인을 정량적·정성적으로 평가하여 유해요인평가를 통해 제거하거나 감소시키게 된다. 유해요인 평가는 그림 1-1의 작업 분석 절차로 이루어지며 이중 상세 분석 단계에서는 인간공학적 평가방법을 통해 유해성을 평가를 하게 된다.

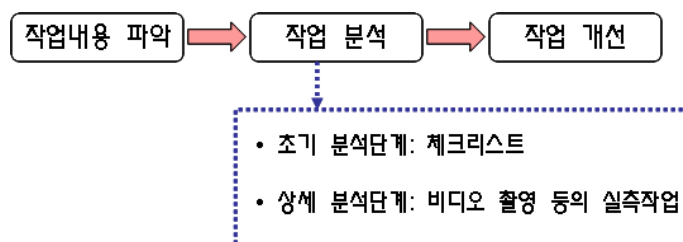


그림 1-1. 작업 분석 절차

작업자 및 작업 공정에 대한 인간공학적 유해요인평가 도구로는 OWAS (Karhu et al., 1977), RULA(McAtamney and Corlett, 1993), REBA (Hignett and McAtamney, 1995)등이 있다. 이러한 근골격계질환 예방 작업분석평가 기법들은 작업 위험성 평가를 위해 Work Sampling기법이 기본전제 되어 있다.

작업분석에 있어서 촬영시간과 샘플링 간격의 결정은 매우 중요한 요소이다. Work Sampling의 목적은 해당자세의 비율이 얼마나 일어나는지를 판단하여 해당작업이 유해한가를 판단하는것에 대한 정보를 얻는 데 있다.

이러한 결정을 위해서는 각각의 자세별 비율을 정확히 알아야 할 것이다. 가장 좋은 평가를 하기 위해서는 전체의 시간을 연속적으로 관찰해야 할 것이다. 그러나 이는 시간과 비용의 문제가 존재할 수밖에 없다. 일반적으로 정보의 가치에 영향을 미치는 샘플 사이즈와 정보를 얻는데 소모되는 비용은 반대적인 역학 관계가 존재한다(정병용, 2005). 때문에 작업분석에 있어서 얼마나 촬영을 할 것인가, 얼마나 샘플링을 할 것인가에 대한 촬영 시간과 샘플링 간격은 매우 중요하다.

OWAS분석 기법에 대해 이전의 많은 논문에서 샘플링 간격의 설정에 대해 살펴보면 Nina Neala-Puranen(1995)는 작업자를 30분 동안 촬영 하고 10초 간격으로 샘플링하여 OWAS분석을 통해 육체적 부하(산소소모량, EMG등)를 측정하여 비교 분석하였고, C.Carrasco(1995)는 슈퍼마켓 계산대의 인간공학적 디자인과 기존의 계산대와의 작업부하 비교를 통한 분석을 대략 15시간을 촬영에 15초 간격으로 샘플링하여 OWAS를 통한 작업 부하를 측정하였다. 또한 Sue Hignett(1996)는 간호사의 작업을 25분 동안 촬영 하고 15초간격으로 샘플링하여 OWAS분석을 통한 간호사들의 환자를 다루는 작업이 일반 작업보다 작업부하강도가 높다는 것을 발표하였다. Tiina Pohjonen(1998)은 인간공학적 중재를 가한 Intervention group과 아무제재를 가하지 않은 Control group을 63분간 촬영 30초 간격으로 샘플링하여 OWAS분석을 통해 비교 평가하여 인간공학적 중재를 가한 그룹이 작업부하를 덜 받는다는 연구결과를 보였다. 이밖에도 선박 유지보수작업을 30분간 촬영하고 20초간 샘플링을 통해 OWAS분석한 사례(Berna van Wendel de Joode, 1997)등이 있다.

국내에서는 조선업종의 유해요인조사를 위해 1시간 동안 비디오로 촬영 후 1분 간격으로 샘플링하여 부담작업자세를 개선한 사례가 있다(오순영, 2005).

현재 이러한 작업평가에 있어서 OWAS분석기법을 이용해 분석한 사례

는 여러 논문에서 나타나고 있지만, 비정형작업에서의 작업분석 시간을 얼마로 할 것인가와 샘플링 비율을 얼마로 할 것인가에 대한 연구는 국내외에서 미비한 실정이다.

본 연구에서는 비정형 작업자를 대상으로 작업 촬영시간과 샘플링 비율과의 관계분석을 통하여 비정형작업에 대한 작업위험 평가시 적절한 작업 촬영시간과 샘플링 비율에 대한 지침을 주고자 한다.

2. 연구 방법

2.1. 평가 변수의 선정

본 연구에서는 작업 촬영 분석시간과 샘플링 간격에 따라 실제 작업 위험에 노출된 시간을 얼마나 반영하는가를 알아보기 위해 1) 작업촬영시간에 의한 효과, 2) 샘플링비율에 의한 효과를 분석하고자 한다.

일반적으로 작업위험평가에 사용되는 OWAS, RULA, REBA등은 작업 자세를 허리, 목, 다리, 손(팔), 중량물 등의 요인으로 나누어 평가하고 있으며, 노동부의 근골격계 부담작업 11가지 항목도 허리, 목, 다리, 팔 자세와 중량물취급 요소로 대변할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 허리, 목,

표 2-1. OWAS자세 분류별 부담작업관련 항목

평가 항목	코드	자 세 설 명	부담작업					측정변수
			3	4	5	7	10	
허리 (trunk)	1	곧바로 편 자세(서 있음)						굽히거나 비튼자세의 시간
	2	상체를 앞으로 20도이상 굽힌 자세		0				
	3	바로 서서 허리를 옆으로 20도이상 비튼 자세						
	4	상체를 앞으로 굽힌 채 옆으로 비튼 자세		0				
팔 (upper limbs)	1	양손을 어깨 아래로 내린 자세						어깨를 위로 올리고 작업한 시간
	2	한 손만 어깨 위로 올린 자세	0					
	3	양손 모두 어깨 위로 올린 자세	0					
다리 (lower limbs)	1	앉은 자세						무릎을 굽히고 작업한 시간
	2	두 다리를 펴고 선 자세						
	3	한 다리로 선 자세						
	4	두 다리를 구부린 선 자세			0			
	5	한 다리로 서서 구부린 선 자세			0			
	6	무릎 꿇는 자세			0			
	7	걷기						
무게/하중 (weight/stren gth)	1	10kg 미만(4.5kg이상 구분)				0	0	4.5kg이상 한손 들기 작업 시간
	2	10 ~ 20 kg						
	3	20kg 이상						
목 (neck)	1	곧바른/자유 자세						굽히거나 젖힌 상태에서 작업한 시간
	2	앞으로 20도이상 굽은 자세		0				
	3	옆으로 20도이상 굽은 자세						
	4	뒤로 20도이상 굽은 자세		0				
	5	비틀림						

다리, 팔 자세와 중량물 취급시간을 분석 대상으로 정하고자 한다.

표 2-1은 본 연구에서 선정한 평가변수를 부담작업과 OWAS분류체계 (Graham B. et al., 1996)에 의하여 나타낸 것이다.

2.2. 연구대상

전자업종 보수유지작업에 종사하는 근로자 12명을 연구대상으로 선정하여 작업내용을 분석하였다. 보수유지 작업은 전형적인 비정형작업으로 작업의 내용이나 방법이 작업여건 등에 따라 수시로 변하는 형태의 작업을 말한다(노동부, 2004).

2.3. 이상적인 샘플수

Work sampling은 간헐적으로 연구대상을 순간적으로 관측하여 대상이 처한 상황을 파악하고, 이를 토대로 관측기간 동안에 나타난 항목별로 차지하는 비율을 추정하는 방법으로 적절한 샘플수를 구하는 것이 매우 중요하다.

Work sampling은 기본적으로 이항분포를 가정하고 있으며 적정관측회수는 $n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \cdot p(1-p)}{I^2}$ 으로 표현된다.

하루 작업시간을 8시간이라고 했을 때 부담작업 판정의 기준은 2시간 이상이다. 이는 샘플링에서 비율이 25%이상(8시간의 1/4)의 수치가 나타나는 것으로 측정할 수 있다.

관측 빈도별 적정 샘플링과의 관계를 살펴보면 신뢰도를 95%로 했을 경우 절대오차를 5%로 두면 관측빈도가 25%일 때 288개의 샘플링개수를 필요로 하고, 절대오차를 10%로 두면 72개의 샘플링 개수를 필요로 한다.

신뢰도가 90%일 때는 관측빈도가 25%일 때 절대오차 5%에서는 204개, 절대오차 10%에서는 51개의 샘플링 개수가 필요하다.

그림 2-1은 신뢰수준별 이상적인 관측회수를 나타낸 것이다.

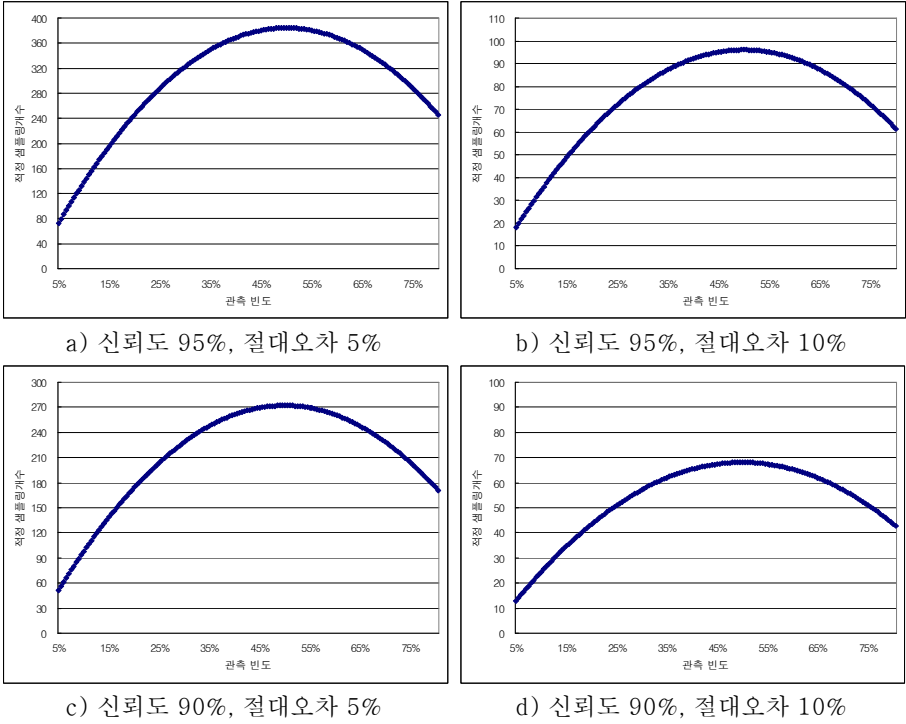


그림 2-1. 신뢰수준별 이상적 관측개수

표 2-2. 샘플시간별 샘플링 개수

촬영 시간	샘플링 간격	총 샘플개수	비고
30분	2초	900개	참값오차 ± 1초
	10초	180개	
	20초	90개	
	30초	60개	
60분	2초	1800개	참값오차 ± 1초
	10초	360개	
	20초	180개	
	30초	120개	
	40초	90개	
	60초	60개	

표 2-2는 이상적 관측개수를 기반으로 본 연구에서 적용한 촬영시간 별 샘플링 간격 및 총 샘플수를 나타낸다.

2.4. 실험 및 분석 방법

2.4.1. 작업 촬영 시간에 의한 효과 실험

비정형 작업 하루 8시간 작업시간 중에서 작업내용이나 방법이 작업여건에 따라 변할 수 있으므로 동종 작업자군을 대상으로 유해요인 조사를 실시한다. 일반적으로 비정형 작업은 작업단위가 짧게는 20~30분 단위에서 1~2시간 단위까지 다양하며 길게는 비슷한 유형의 작업을 작업장만 변화하여 며칠간을 하기도 한다. 보통 비정형 작업의 평가는 짧게는 30분, 길게는 1시간 또는 1시간 30분까지 촬영하여 분석한다. 본 연구에서는 동종 작업의 작업내용을 90분, 60분, 30분으로 구분하여 평가항목별 위험 노출시간이 얼마나 차이가 있는가를 분석하고자 한다. 즉, 90분 작업내용을 60분만 촬영하여 분석하거나 30분만 촬영하여 분석한 경우에 위험 노출시간이 어떻게 달라지는가를 파악하고자 한다. 분석은 실측시간에 의한 노출시간비교와 30초간격별 샘플링에 의한 노출시간 비교를 하였으며, OWAS작업평가 결과의 비율에 의한 비교도 실시한다.

2.4.2. 촬영시간에 따른 샘플링 비율 효과 실험

일반적으로 비정형 작업의 작업촬영시간으로 선택되고 있는 30분과 60분에 대하여 각각 샘플링 간격을 달리하여 노출시간 비율을 조사한다.

30분 작업 촬영에서는 10초, 30초 간격으로 샘플링한 결과와 2초 간격으로 샘플링한 결과를 비교하며, 60분 촬영에서는 10초, 30초, 40초, 60초 간

격과 2초 간격으로 샘플링한 결과를 비교하여 적절한 샘플링 간격을 도출한다.

2.5. 분석 변수

작업 촬영시간과 샘플링 비율에 의한 효과를 분석하기 위하여 평가요인 별 1) 노출시간, 2) 참값과의 오차율, 3) OWAS에 의한 작업평가 결과에 대한 비교를 ANOVA 및 χ^2 -test 등을 이용하여 실시하였다. 참값과의 오차율은 $\frac{\text{측정값} - \text{참값}}{\text{참값}}$ 으로 표현되며, 참값은 2초 간격으로 샘플링한 자료에 근거한 값으로 정의 된다.

분석을 위하여 작업평가 및 자료의 정리는 Excel(정병용, 2005)을 이용하였으며, 통계적 검정은 Minitab R14를 이용하였다.

3. 연구 결과

3.1. 동일 작업의 촬영시간별 위험노출시간 비교

하루 작업시간 중 일정 시간만을 분석할 경우 분석된 작업비율이 전체 하루의 부담작업을 얼마나 반영하는지를 알기위해 90분간 촬영된 작업내용을 60분만 이용하는 경우와 30분만을 이용하여 분석하는 경우의 위험노출시간을 비교하였다.

3.1.1. 실측에 의한 위험요인 노출비율에 의한 비교

총 4작업자에 대하여 90분 작업내용을 60분이나 30분만을 대상으로 2초 간격으로 샘플링하여 목, 허리, 팔, 다리, 중량물 요소에 대한 위험 노출시간을 도출하여 분석시간별 노출비율의 영향을 검토하였다.

표 3-1은 작업위험 노출비율과 작업(촬영된 샘플수) 및 샘플시간(90분, 60분, 30분)에 관한 ANOVA분석 결과로 샘플시간에 따른 작업 위험노출비율이 차이가 없음을 나타내고 있다($p=0.977$).

표 3-1. 작업과 샘플시간별 작업위험 노출비율에 관한 ANOVA분석

Source	DF	SS	MS	F	p-value
작업	14	2.24870	0.160621	64.91	0.000
샘플시간	2	0.00011	0.000057	0.02	0.977
Error	28	0.06928	0.002474		
Total	44	2.31809			

평가부위별 위험노출비율을 살펴보면(표 3-2), 부담작업 3호에 속하는 팔자세와 4호에 속하는 목, 허리 자세에서 모두 30분과 60분의 샘플시간이

90분과 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 3-2. 부위별 샘플시간에 따른 작업위험 노출비율

부담작업 부위 샘플시간	팔		목		허리		전체	
	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차
30분	0.010	0.006	0.573	0.164	0.188	0.105	0.225	0.245
60분	0.042	0.047	0.548	0.168	0.203	0.103	0.224	0.233
90분	0.071	0.075	0.536	0.187	0.193	0.062	0.221	0.227
p-value	0.409		0.954		0.971		0.977	

표 3-3은 OWAS에 의한 작업평가 등급별 빈도수에 관한 χ^2 -test 결과를 나타낸다. OWAS등급별로 살펴보면 90분에서 추출된 60분 샘플시간, 30분 샘플시간이 모두 반영비율간에 차이가 없다고 나타났다($p=0.944$).

표 3-3. 작업평가등급별 빈도수의 동일성 검정(비율환산)

샘플시간	1등급	2등급	3등급	100%기준빈도
30분	81	15	4	100
60분	78	19	3	100
90분	79	18	3	100
$\chi^2 = 0.759$, $df = 4$, $p\text{-value} = 0.944$				

ANOVA분석과 χ^2 -test에 의하면 동일작업인 경우 90분 동안의 작업내용을 분석하거나 60분, 30분 동안의 분석 내용이나 위험 노출시간의 비율에는 차이가 없는 것으로 나타났다.

3.2.2. 샘플링에 의한 위험요인 노출비율의 비교

90분 동안의 작업내용을 60분이나 30분 동안 30초 간격으로 샘플링하여

작업 위험 요소들에 대한 노출시간 비율과 작업(촬영된 샘플수)및 샘플시간에 관한 ANOVA분석 결과에 의하면(표 3-4) 샘플시간에 따른 작업 위험 노출비율에 차이가 없음을 나타낸다($p=0.947$).

표 3-4. 작업과 샘플시간별 작업위험 노출비율에 관한 ANOVA분석

Source	DF	SS	MS	F	p-value
작업	14	2.17946	0.155676	49.86	0.000
샘플시간	2	0.00034	0.000172	0.06	0.947
Error	28	0.08742	0.003122		
Total	44	2.26722			

부담작업 부위별로 살펴보면(표 3-5), 3호에 속하는 팔자세와 4호에 속하는 목, 허리 자세에서 모두 30분과 60분의 샘플시간에 대한 비율이 90분과 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 3-5. 샘플시간에 따른 작업위험 노출비율

부담작업 부위 샘플시간	팔		목		허리		전체	
	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차
30분	0.006	0.010	0.584	0.141	0.167	0.101	0.221	0.248
60분	0.044	0.055	0.540	0.154	0.179	0.078	0.217	0.225
90분	0.078	0.096	0.530	0.179	0.165	0.042	0.215	0.223
p-value	0.438		0.879		0.963		0.947	

샘플링에 따른 오차를 알아보기 위해 전체 90분간 촬영된 데이터를 2초와 30초 간격으로 샘플링하여 2초를 기준으로 선정하였고, 이중 60분간의 추출된 데이터와 30분간 추출된 데이터에 대해 각각의 오차 추정값을 구하여 AVONA 분석을 실시한 결과(표 3-6), 작업장면과 샘플시간 모두에서 오차에 대한 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 3-6. 작업과 샘플시간별 오차 추정값에 의한 ANOVA분석

Source	DF	SS	MS	F	p-value
작업	14	1.78534	0.127524	1.54	0.161
샘플시간	2	0.03523	0.017617	0.21	0.810
Error	28	2.31895	0.082820		
Total	44	4.13952			

부담작업 부위별로 오차율을 살펴보면 3호에 속하는 팔자세와 4호에 속하는 목, 허리 자세에서 모두 30분과 60분의 샘플시간에 대한 오차 추정값이 90분과 오차에 대한 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났으나 표준편차는 30분에서 크게 나타났다.

표 3-7. 부위별 오차율 비교

부담작업 부위 샘플시간	팔		목		허리		전체	
	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차
30분	-0.583	0.722	0.028	0.054	-0.125	0.195	-0.076	0.506
60분	-0.011	0.225	-0.002	0.085	-0.091	0.083	-0.009	0.132
90분	-0.053	0.223	-0.002	0.076	-0.120	0.114	-0.033	0.142
p-value	0.302		0.796		0.932		0.810	

30초 간격으로 샘플링한 데이터를 기준으로 OWAS등급 분포에 대한 χ^2 -test결과에서도(표 3-8), 90분 작업평가에 관한 분포나 60분, 30분 평가 결과에 유의적인 차이가 존재하지 않는 것으로 나타났다($p=0.986$).

표 3-8. 작업평가등급별 빈도수의 동일성 검정(비율환산)

샘플시간	1등급	2등급	3등급	100%기준빈도
30분	83	13	4	100
60분	80	16	4	100
90분	82	15	3	100
$\chi^2 = 0.557, df = 4, p\text{-value} = 0.968$				

30초 간격의 샘플링 결과에 의해서도 작업이 동일한 경우에는 60분이나 90분간의 작업내용은 30분이나 60분 정도만 분석을 하여도 원래의 반영비율을 얻을 수 있는 것으로 나타났다.

3.2. 30분 촬영작업에서의 샘플링 비율 영향 분석

3.2.1 부위별 위험요인 노출비율에 의한 분석

1) 팔자세의 위험 노출비율 비교

30분 샘플시간 24작업 중 위험노출비율이 0.01%이상인 14작업을 분석한 결과 위험노출비율은 그림 3-1과 같이 2초, 10초, 20초, 30초 샘플링 간격에서 각각 8.2%, 8.2%, 8.6%, 8.3%로 나타났다.

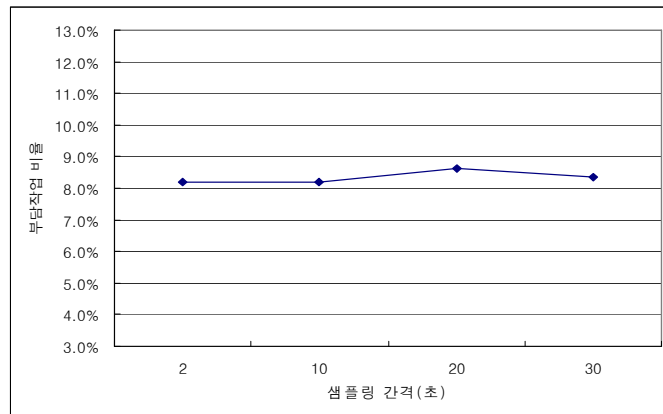


그림 3-1. 팔자세 비율

팔자세의 위험노출비율에 대한 작업별, 샘플링 간격별 분석을 살펴보면 (표 3-9), 14작업들 간의 차이가 유의한 것으로 나타나 서로 다른 작업으로 구분되어지고, 샘플링 간격간의 차이는 없는 것으로 나타났다($p=0.864$).

표 3-9. 팔자세 위험노출시간 관련 ANOVA분석

Source	DF	SS	MS	F	p-value
작업	13	0.413711	0.0344759	166.27	0.000
샘플링 간격	3	0.000153	0.0000509	0.25	0.864
Error	36	0.007465	0.0002073		
Total	51	0.421328			

본 연구에서 참값으로 가정한 2초간격의 샘플링과 관측값 10초, 20초, 30초 간격의 샘플링과의 오차관계는 표 3-10과 같다.

표 3-10. 팔자세 관련 오차 추정값 관계

	10초	20초	30초
평균	-0.036	0.063	-0.141
표준편차	0.168	0.265	0.399

작업과 샘플링 간격별 오차간 관계를 알아보기 위해 ANOVA분석을 실시한 결과 표 3-11에서와 같이 2초 샘플링과의 오차를 나타낸 10초, 20초, 30초 샘플링 간격별 오차의 차이에서는 간격간의 반영비율이 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 3-11. 팔자세 관련 작업과 오차 추정값별 ANOVA분석

Source	DF	SS	MS	F	p-value
작업	12	1.55855	0.129879	2.03	0.068
오차	2	0.27223	0.13611	2.12	0.142
Error	24	1.53900	0.064125		
Total	38	3.36978			

2) 목자세의 위험 노출비율 비교

30분 샘플시간 24작업 중 위험노출비율이 0.01%이상인 24작업을 분석한

결과 목자세에 대한 위험노출비율은 그림 3-2와 같이 2초, 10초, 20초, 30초 샘플링 간격에서 각각 51.5%, 51.0%, 50.4%, 51.7%로 나타났다.

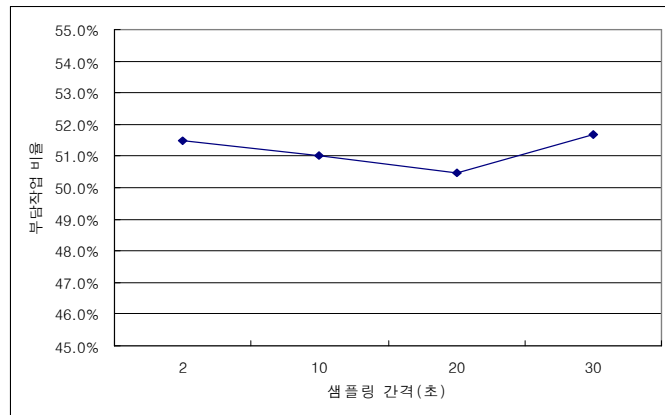


그림 3-2. 목자세 비율

목자세 위험노출비율에 대한 작업별, 샘플링 간격별 분석을 살펴보면(표 3-12), 샘플링 간격간의 차이는 없는 것으로 나타났다($p=0.287$).

표 3-12. 목자세 위험노출시간 관련 ANOVA분석

Source	DF	SS	MS	F	p-value
작업	23	3.10624	0.135054	257.36	0.000
샘플링 간격	3	0.00202	0.000674	1.28	0.287
Error	69	0.03621	0.000525		
Total	95	3.14447			

본 연구에서 참값으로 가정한 2초간격의 샘플링과 관측값 10초, 20초, 30초 간격의 샘플링과의 오차는 표 3-13에 나타내었다.

표 3-13. 목자세 관련 오차 추정값 관계

	10초	20초	30초
평균	-0.009	-0.026	0.009
표준편차	0.030	0.064	0.087

작업과 샘플링 간격별 오차간 관계를 알아보기 위해 ANOVA분석을 실시한 결과(표 3-14), 10초, 20초, 30초 샘플링 간격별 오차의 차이가 없는 것으로 나타났다($p=0.093$).

표 3-14. 목자세 관련 작업과 오차 추정값별 ANOVA분석

Source	DF	SS	MS	F	p-value
작업	23	0.156110	0.0067874	2.37	0.006
오차	2	0.014358	0.0071788	2.51	0.093
Error	46	0.131824	0.0028657		
Total	71	0.302291			

2) 허리자세의 위험 노출비율 비교

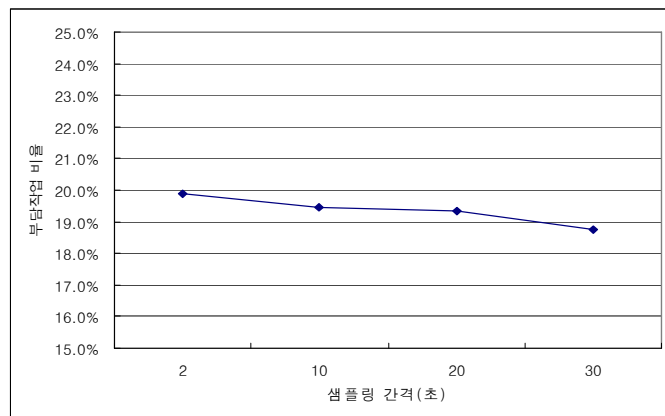


그림 3-3. 허리자세 비율

30분 샘플시간 24작업 중 위험노출비율이 0.01%이상인 24작업을 분석한

결과 위험노출비율은 그림 3-3과 같이 2초, 10초, 20초, 30초 샘플링 간격에서 각각 19.9%, 19.5%, 19.4%, 18.8%로 나타났다.

허리자세 위험노출비율에 대한 작업별, 샘플링 간격별 분석을 살펴보면 (표 3-15), 샘플링 간격간의 차이는 없는 것으로 나타났다($p=0.208$).

표 3-15. 허리자세 위험노출시간 관련 ANOVA분석

Source	DF	SS	MS	F	p-value
작업	23	1.96716	0.0855289	254.72	0.000
샘플링 간격	3	0.00157	0.0005228	1.56	0.208
Error	69	0.02317	0.0003358		
Total	95	1.99190			

본 연구에서 참값으로 가정한 2초간격의 샘플링과 관측값 10초, 20초, 30초 간격의 샘플링과의 오차관계는 표 3-16과 같다.

표 3-16. 허리자세 관련 오차 추정값 관계

	10초	20초	30초
평균	-0.053	-0.067	-0.125
표준편차	0.099	0.184	0.270

작업과 샘플링 간격별 오차간 관계를 알아보기 위해 ANOVA분석을 실시한 결과(표 3-17), 샘플링 간격별 오차의 비율에 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 3-17. 허리자세 관련 작업과 오차 추정값별 ANOVA분석

Source	DF	SS	MS	F	p-value
작업	23	1.59708	0.0694383	2.96	0.001
오차	2	0.06935	0.0346725	1.48	0.239
Error	46	1.07978	0.0234735		
Total	71	2.74621			

3) 다리부위의 위험노출비율 비교

본 연구에서는 다리 부위의 위험 노출비율을 평가하기 위하여 다리를 60°이상 굽히거나 무릎을 꿇는 자세를 관측하여 해당 비율을 이용하였다.

30분 샘플시간 24작업 중 위험노출비율이 0.01%이상인 16작업을 분석한 결과 위험노출비율은 그림 3-4와 같이 2초, 10초, 20초, 30초 샘플링 간격에서 각각 12.8%, 10.6%, 12.8%, 12.5%로 나타났다.

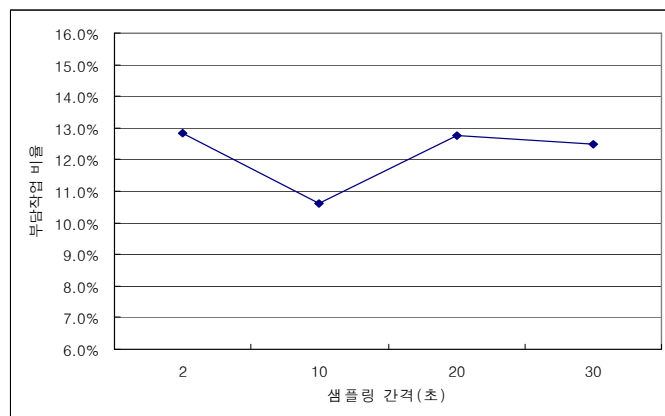


그림 3-4. 다리자세 비율

다리자세 위험노출비율에 대한 작업별, 샘플링 간격별 분석을 살펴보면 (표 3-18), 샘플링 간격간의 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다 ($p=0.218$).

표 3-18. 다리자세 위험노출시간 관련 ANOVA분석

Source	DF	SS	MS	F	p-value
작업	15	1.08353	0.0722355	63.08	0.000
샘플링 간격	3	0.00528	0.0017592	1.54	0.218
Error	45	0.05153	0.0011452		
Total	63	1.14035			

본 연구에서 참값으로 가정한 2초간격의 샘플링과 관측값 10초, 20초, 30초 간격의 샘플링과의 오차관계를 알아본 결과 표 3-19와 같다.

표 3-19. 다리자세 관련 오차 추정값 관계

	10초	20초	30초
평균	-0.017	0.068	-0.196
표준편차	0.268	0.312	0.442

다리자세에 관한 작업과 샘플링 간격별 오차간 관계를 알아보기 위해 ANOVA분석을 실시한 결과(표 3-20), 오차의 차이에서는 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다($p=0.128$).

표 3-20. 다리관련 작업과 오차 추정값별 ANOVA분석

Source	DF	SS	MS	F	p-value
작업	15	1.50980	0.100653	0.76	0.705
오차	2	0.58200	0.291000	2.21	0.128
Error	30	3.95603	0.131868		
Total	47	6.04783			

5) 무게취급시간 비율의 비교

본 연구에서는 4.5kg이상의 무게를 다루는 작업을 관측하여 해당 비율을 나타내었다.

30분 샘플시간 24작업 중 위험노출비율이 0.01%이상인 7작업을 분석한 결과 위험노출비율은 그림 3-5와 같이 2초, 10초, 20초, 30초 샘플링 간격에서 각각 3.2%, 3.3%, 3.5%, 3.4%로 나타났다.

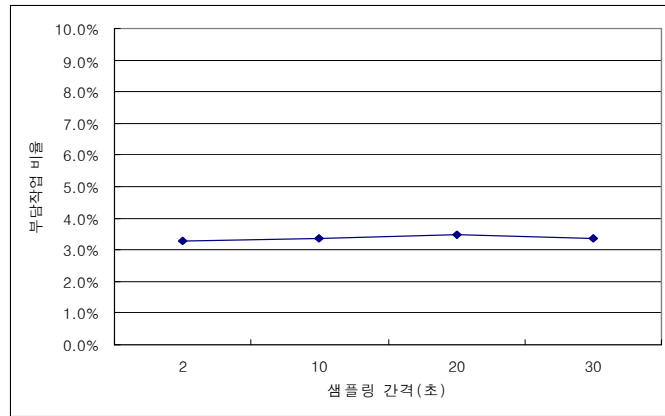


그림 3-5. 무게취급시간 비율

중량물 비율에 대한 작업별, 샘플링 간격별 분석을 살펴보면(표 3-21), 샘플링 간격간의 차이는 없는 것으로 나타났다($p=0.896$).

표 3-21. 무게취급시간 비율과 샘플링 간격별 ANOVA분석

Source	DF	SS	MS	F	p-value
작업	6	0.0381619	0.0063603	259.94	0.000
샘플링 간격	3	0.0000146	0.0000049	0.20	0.896
Error	18	0.0004404	0.0000245		
Total	27	0.0386169			

본 연구에서 참값으로 가정한 2초간격의 샘플링과 관측값 10초, 20초, 30초 간격의 샘플링과의 오차관계를 표 3-22에 나타내었다.

표 3-22. 무게취급시간 관련 오차 추정값 관계

	10초	20초	30초
평균	0.007	0.107	-0.145
표준편차	0.175	0.361	0.438

작업과 샘플링 간격별 오차간 관계를 알아보기 위해 ANOVA분석을 실

시한 결과(표 3-23), 샘플링 간격별 오차의 차이에서는 오차비율이 차이가 없는 것으로 나타났다($p=0.256$).

표 3-23. 무게취급 비율과 오차 추정값별 ANOVA분석

Source	DF	SS	MS	F	p-value
작업	6	1.22789	0.204649	2.77	0.063
오차	2	0.22612	0.113062	1.53	0.256
Error	12	0.88695	0.073913		
Total	20	2.34097			

3.2.2. 위험노출비율대별 비교

위험노출 위험요인별 노출비율을 정리하여 비율대별로 보면 표 3-24와 같다. 표 3-24에 의하면 전체적으로 모든 비율대에서 2초, 10초, 20초, 30초 샘플링과 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 3-24. 위험노출비율대별 ANOVA분석

샘플링간격	~10%	~20%	~30%	~40%	~50%	~60%	~70%	~80%	전체
개수	31	16	8	8	6	5	3	4	84
2초	0.040	0.140	0.245	0.343	0.447	0.545	0.657	0.738	0.244
10초	0.038	0.138	0.226	0.345	0.445	0.491	0.628	0.739	0.237
20초	0.039	0.131	0.236	0.350	0.441	0.553	0.622	0.722	0.240
30초	0.033	0.140	0.244	0.340	0.458	0.550	0.605	0.746	0.241
p-value	0.778	0.881	0.871	0.968	0.966	0.398	0.545	0.849	0.998

위험노출비율대별 오차 추정값과의 관계를 보면(표 3-25), 모든 위험노출비율대별로 샘플링 간격에 따라 오차율에 차이가 존재하지 않는 것으로 나타났다.

표 3-25. 위험노출비율대별 오차 추정값간의 ANOVA분석

샘플링 간격	~10%	~20%	~30%	~40%	~50%	~60%	~70%	~80%	전체
개수	31	16	8	8	6	7	3	4	84
10초	-0.026	-0.016	-0.076	0.007	-0.006	-0.057	-0.044	0.002	-0.026
20초	0.058	-0.062	-0.041	0.022	-0.020	0.021	-0.052	0.002	0.005
30초	-0.274	-0.010	-0.003	-0.011	0.022	0.001	-0.079	0.011	-0.105
p-value	0.001	0.481	0.543	0.801	0.625	0.402	0.814	0.334	0.011

3.2.3. OWAS 평가등급에 의한 분석

OWAS 등급별 샘플링과의 관계를 보면(표 3-26), 각 샘플링에 따라 취한 작업장면을 대상으로 OWAS에 의한 작업평가를 하여 등급별 분포를 구하여 표 3-26에 나타내었다. 1등급, 2등급, 3등급 평가 전체에서 2초 간격, 10초 간격, 20초 간격, 30초 간격 샘플링간의 관계가 모두 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 3-26. 작업평가등급별 빈도수의 동일성 검정(비율환산)

샘플시간	1등급	2등급	3등급	100%기준빈도
2초	79	17	4	100
10초	79	17	4	100
20초	80	16	4	100
30초	80	16	4	100

$\chi^2 = 0.073$, $df = 6$, $p\text{-value} = 1.000$

3.2.4. 종합결과

30분 촬영시간의 부담작업별 분석결과 허리, 목, 팔, 다리 자세 비율과 4.5kg의 무게 취급비율에서 각각 위험노출비율간의 차이가 나타나지 않았고 오차율도 차이를 보이지 않았다.

또한 OWAS에 의한 작업평가 결과 분포에서도 샘플링 간격에 따라 차이가 나타나지 않았다. 따라서 30분 촬영된 작업의 경우 30초 간격으로 60회 정도 샘플링 분석을 해도 전체 작업위험 비율을 반영하기에 적절하다는 결과를 얻을 수 있다.

3.3. 60분 촬영작업에서의 샘플링 비율 영향 분석

3.3.1 부위별 위험요인 노출비율에 의한 분석

1) 팔자세의 위험 노출비율 비교

60분 샘플시간 8작업 중 위험노출비율이 0.01%이상인 5작업을 분석한 결과 위험노출비율은 그림 3-6과 같이 2초, 10초, 20초, 30, 40초, 60초 샘플링 간격에서 각각 5.3%, 5.2%, 5.6%, 4.8%, 5.5%, 5.0%로 나타났다.

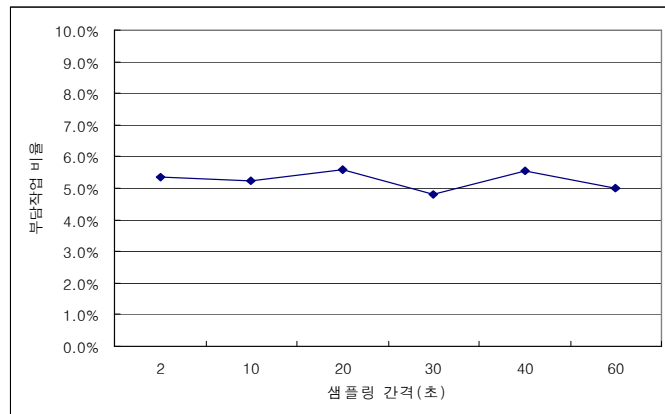


그림 3-6. 팔자세 비율

팔자세의 위험노출비율에 대한 작업별, 샘플링 간격별 분석을 살펴보면 (표 3-27), 5작업들 간의 차이가 유의한 것으로 나타나 서로 다른 작업으로 구분되어지고, 샘플링 간격간의 차이는 없는 것으로 나타났다($p=0.662$).

표 3-27. 팔자세 위험노출시간 관련 ANOVA분석

Source	DF	SS	MS	F	p-value
작업	4	0.0617241	0.0154310	217.97	0.000
샘플링 간격	5	0.0002315	0.0000463	0.65	0.662
Error	20	0.0014159	0.0000708		
Total	29	0.0633715			

본 연구에서 참값으로 가정한 2초간격의 샘플링과 관측값 10초, 20초, 30초, 40초, 60초 간격의 샘플링과의 오차관계는 표 3-28과 같다.

표 3-28. 팔자세 관련 오차 추정값 관계

	10초	20초	30초	40초	60초
평균	-0.066	0.086	-0.225	0.139	-0.306
표준편차	0.070	0.195	0.233	0.234	0.667

작업과 샘플링 간격별 오차간 관계를 알아보기 위해 ANOVA분석을 실시한 결과 표 3-29에서와 같이 2초 샘플링과의 오차를 나타낸 10초, 20초, 30초, 40초, 60초 샘플링 간격별 오차의 차이에서는 간격간의 반영비율이 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 3-29. 팔자세 관련 작업과 오차 추정값별 ANOVA분석

Source	DF	SS	MS	F	p-value
작업	4	0.54004	0.135011	1.17	0.362
오차	4	0.7375	0.184376	1.59	0.224
Error	16	1.85067	0.115667		
Total	24	3.12821			

2) 목자세의 위험노출비율 비교

60분 샘플시간 8작업 중 위험노출비율이 0.01%이상인 8작업을 분석한

결과 목자세에 대한 위험노출비율은 그림 3-7과 같이 2초, 10초, 20초, 30초, 40초, 60초 샘플링 간격에서 각각 48.5%, 47.8%, 47.1%, 48.9%, 46.5%, 47.3%로 나타났다.

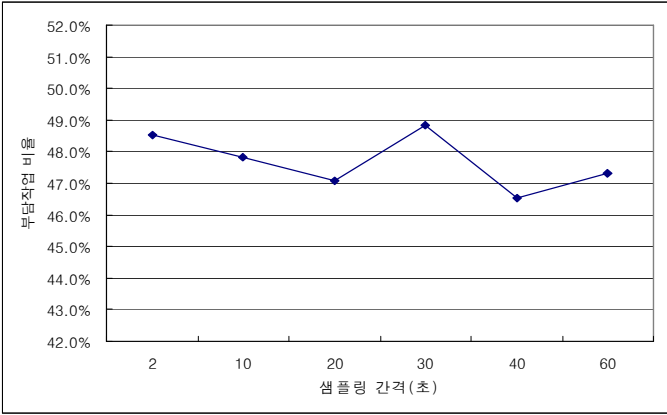


그림 3-7. 목자세 비율

목자세 위험노출비율에 대한 작업별, 샘플링 간격별 분석을 살펴보면(표 3-30), 샘플링 간격간의 차이는 없는 것으로 나타났다($p=0.216$).

표 3-30. 목자세 위험노출시간관련 ANOVA분석

Source	DF	SS	MS	F	p-value
작업	7	0.868676	0.124097	294.76	0.000
샘플링 간격	7	0.003150	0.000630	1.50	0.216
Error	35	0.014736	0.000421		
Total	47	0.886561			

본 연구에서 참값으로 가정한 2초간격의 샘플링과 관측값 10초, 20초, 30초, 40초, 60초 간격의 샘플링과의 오차는 표 3-31에 나타내었다.

표 3-31. 목자세 관련 오차 추정값 관계

	10초	20초	30초	40초	60초
평균	-0.011	-0.026	0.018	-0.034	-0.013
표준편차	0.019	0.047	0.065	0.079	0.092

작업과 샘플링 간격별 오차간 관계를 알아보기 위해 ANOVA분석을 실시한 결과(표 3-32), 10초, 20초, 30초, 40초, 60초 샘플링 간격별 오차의 차이가 없는 것으로 나타났다(0.232).

표 3-32. 목자세 관련 작업과 오차 추정값별 ANOVA분석

Source	DF	SS	MS	F	p-value
작업	7	0.092263	0.0131805	6.34	0.006
오차	4	0.012407	0.0031018	1.49	0.232
Error	28	0.058233	0.0020797		
Total	38	0.162903			

2) 허리자세의 위험노출비율 비교

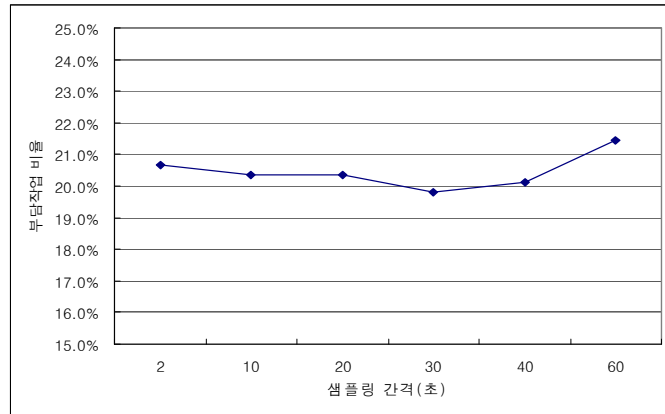


그림 3-8. 허리자세 비율

60분 샘플시간 8작업 중 위험노출비율이 0.01%이상인 8작업을 분석한

결과 위험노출비율은 그림 3-8과 같이 2초, 10초, 20초, 30초, 40초, 60초 샘플링 간격에서 각각 20.7%, 20.4%, 20.4%, 19.8%, 20.1%, 21.5%로 나타났다.

허리자세 위험노출비율에 대한 작업별, 샘플링 간격별 분석을 살펴보면 (표 3-33), 샘플링 간격간의 차이는 없는 것으로 나타났다($p=0.730$).

표 3-33. 허리자세 위험노출시간 관련 ANOVA분석

Source	DF	SS	MS	F	p-value
작업	7	0.492272	0.0703246	152.22	0.000
샘플링 간격	5	0.001292	0.0002585	0.56	0.730
Error	35	0.016170	0.0004620		
Total	47	0.509734			

본 연구에서 참값으로 가정한 2초간격의 샘플링과 관측값 10초, 20초, 30초, 40초, 60초 간격의 샘플링과의 오차관계는 표 3-34와 같다.

표 3-34. 허리자세 관련 오차 추정값 관계

	10초	20초	30초	40초	60초
평균	-0.038	-0.040	-0.056	-0.031	0.046
표준편차	0.064	0.109	0.121	0.079	0.225

작업과 샘플링 간격별 오차간 관계를 알아보기 위해 ANOVA분석을 실시한 결과(표 3-35), 샘플링 간격별 오차의 비율에 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 3-35. 허리자세 관련 작업과 오차 추정값별 ANOVA분석

Source	DF	SS	MS	F	p-value
작업	7	0.322699	0.0460999	4.51	0.002
오차	4	0.051719	0.0129297	1.26	0.308
Error	28	0.286515	0.0102327		
Total	39	0.660933			

2) 다리자세의 위험노출비율 비교

본 연구에서는 다리부위의 위험노출비율을 평가하기 위하여 다리를 60° 이상 굽히거나 무릎을 꿇는 자세를 관측하여 해당 비율을 이용하였다.

60분 샘플시간 8작업 중 위험노출비율이 0.01%이상인 6작업을 분석한 결과 위험노출비율은 그림 3-9와 같이 2초, 10초, 20초, 30초, 40초, 60초 샘플링 간격에서 각각 15.1%, 15.1%, 14.9%, 14.9%, 14.8%, 14.5%로 나타났다.

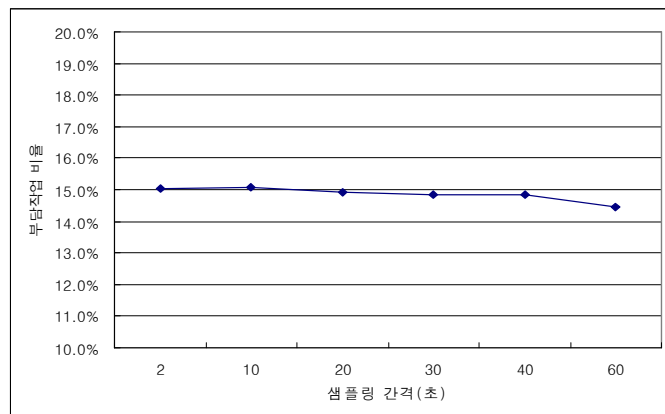


그림 3-9. 다리자세 비율

다리자세 위험노출비율에 대한 작업별, 샘플링 간격별 분석을 살펴보면(표 3-36), 샘플링 간격간의 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다($p=0.899$).

표 3-36. 다리자세 위험노출시간 관련 ANOVA분석

Source	DF	SS	MS	F	p-value
작업	5	0.643738	0.128748	1296.28	0.000
샘플링 간격	5	0.000157	0.000031	0.32	0.899
Error	25	0.002483	0.000099		
Total	35	0.646378			

본 연구에서 참값으로 가정한 2초간격의 샘플링과 관측값 10초, 20초, 30초, 40초, 60초 간격의 샘플링과의 오차관계를 알아본 결과 표 3-37과 같다.

표 3-37. 다리자세 관련 오차 추정값 관계

	10초	20초	30초	40초	60초
평균	-0.003	-0.032	-0.013	-0.074	-0.093
표준편차	0.023	0.086	0.084	0.176	0.173

다리자세에 관한 작업과 샘플링 간격별 오차간 관계를 알아보기 위해 ANOVA분석을 실시한 결과(표 3-38), 오차의 차이에서는 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다($p=0.128$).

표 3-38. 다리자세 관련 작업과 오차 추정값별 ANOVA분석

Source	DF	SS	MS	F	p-value
작업	5	0.129295	0.0258589	2.08	0.110
오차	4	0.036522	0.0091305	0.73	0.579
Error	20	0.248592	0.0124296		
Total	29	0.414409			

5) 무게취급시간 비율의 비교

본 연구에서는 4.5kg이상의 무게를 다루는 작업을 관측하여 해당 비율

을 나타내었다.

60분 샘플시간 8작업 중 위험노출비율이 0.01%이상인 3작업을 분석한 결과 위험노출비율은 그림 3-10과 같이 2초, 10초, 20초, 30초, 40초, 60초 샘플링 간격에서 각각 2.9%, 3.0%, 3.2%, 3.4%, 3.3%, 3.4%로 나타났다.

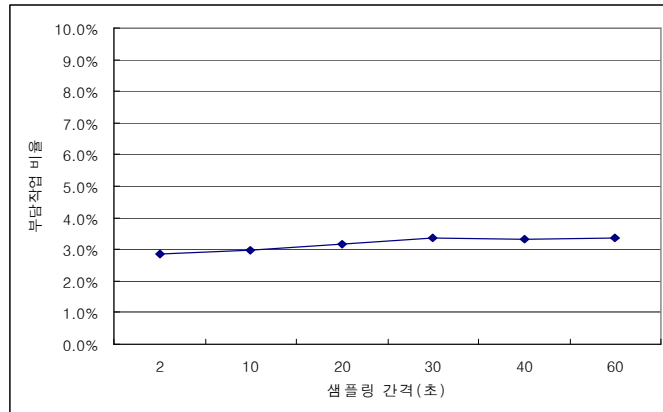


그림 3-10. 무계취급시간 비율

중량물 비율에 대한 작업별, 샘플링 간격별 분석을 살펴보면(표 3-39), 샘플링 간격간의 차이는 없는 것으로 나타났다($p=0.260$).

표 3-39. 무계취급시간 비율과 샘플링 간격별 ANOVA분석

Source	DF	SS	MS	F	p-value
작업	2	0.0089701	0.0044851	488.10	0.000
샘플링 간격	5	0.0000711	0.0000142	1.55	0.260
Error	10	0.0000919	0.0000092		
Total	17	0.0091331			

본 연구에서 참값으로 가정한 2초간격의 샘플링과 관측값 10초, 20초, 30초, 40초, 60초 간격의 샘플링과의 오차관계를 표 3-40에 나타내었다.

표 3-40. 무게취급시간관련 오차 추정값 관계

	10초	20초	30초	40초	60초
평균	0.000	0.138	0.173	0.158	0.173
표준편차	0.067	0.074	0.041	0.419	0.041

작업과 샘플링 간격별 오차간 관계를 알아보기 위해 ANOVA분석을 실시한 결과(표 3-41). 샘플링 간격별 오차의 차이에서는 오차비율에 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 3-41. 무게취급 비율과 오차 추정값별 ANOVA분석

Source	DF	SS	MS	F	p-value
작업	2	0.131795	0.0658976	2.14	0.180
오차	4	0.064419	0.0161048	0.52	0.722
Error	8	0.245966	0.0307458		
Total	14	0.442180			

3.3.2. 위험노출비율대별 비교

위험노출 위험요인별 노출비율을 정리하여 비율대별 샘플링과의 관계를 보면 표 3-42와 같다. 표 3-42에 의하면 전체적으로 모든 비율대에서 2초, 10초, 20초, 30초, 40초, 60초 샘플링과 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 3-42. 위험노출비율대별 ANOVA분석

샘플링간격	~10%	~20%	~30%	~40%	~50%	~70%	전체
개수	12	4	3	5	2	3	30
2초	0.043	0.152	0.232	0.328	0.414	0.638	0.226
10초	0.042	0.147	0.233	0.329	0.412	0.626	0.224
20초	0.043	0.141	0.243	0.329	0.405	0.616	0.222
30초	0.043	0.144	0.242	0.325	0.417	0.639	0.224
40초	0.043	0.142	0.233	0.329	0.411	0.611	0.220
60초	0.043	0.138	0.283	0.333	0.375	0.628	0.224
p-value	1.000	0.997	0.450	1.000	0.769	0.744	1.000

위험노출비율대별 오차 추정값과의 관계를 보면(표 3-43), 모든 위험노출비율대별로 샘플링 간격에 따라 오차율에 차이가 존재하지 않는 것으로 나타났다.

표 3-43. 위험노출비율대별 오차 추정값간의 ANOVA분석

샘플링간격	~10%	~20%	~30%	~40%	~50%	~70%	전체
개수	12	4	3	5	2	3	30
10초	-0.083	-0.022	0.003	0.002	-0.006	-0.019	-0.025
20초	0.035	-0.057	0.043	0.001	-0.023	-0.034	0.004
30초	-0.064	-0.053	0.036	-0.009	0.009	0.002	-0.033
40초	0.057	-0.059	0.004	-0.0002	-0.009	-0.042	0.007
60초	-0.104	-0.094	0.211	0.016	-0.095	-0.016	-0.043
p-value	0.576	0.957	0.102	0.992	0.446	0.641	0.790

3.3.3. OWAS 작업평가등급에 따른 분석

OWAS 등급별 샘플링과의 관계를 보면(표 3-44), 각 샘플링에 따라 취한 작업장면을 대상으로 OWAS에 의한 작업평가를 하여 등급별 분포를 구하여 표 3-44에 나타내었다. 1등급, 2등급, 3등급 평가에서 2초간격, 10초간격, 20초간격, 30초간격 샘플링간의 관계가 모두 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 3-44. 작업평가등급별 빈도수의 동일성 검정(비율환산)

샘플시간	1등급	2등급	3등급	100%기준빈도
2초	78	17	5	100
10초	78	17	5	100
20초	78	17	5	100
30초	79	16	5	100
40초	78	17	5	100
60초	77	18	5	100
$\chi^2 = 0.143, df = 10, p\text{-value} = 1.000$				

3.3.4. 종합결과

60분 촬영시간의 부담작업별 분석결과 허리, 목, 팔, 다리자세 비율과 4.5kg의 무게 취급비율에서 각각 위험노출비율간의 차이가 나타나지 않았고 오차율도 차이를 보이지 않았다. 또한 OWAS에 의한 작업평가결과 분포에서도 샘플링간격에 따라 차이가 나타나지 않았다.

따라서 60분 촬영된 작업의 경우 60초 간격으로 60회정도 샘플링 분석을 해도 전체 작업위험 비율을 반영하기에 적절하다는 결과를 얻을 수 있다.

4. 결론 및 검토

작업관련 근골격계질환은 최근 사업장의 집단적인 발병, 산업재해자수의 급증 등으로 인하여 산업 안전보건 분야의 주된 문제가 되고 있다. 이러한 근골격계질환 예방을 위해 산업안전보건법 제24조(보건상의 조치) 제1항 제5호에 ‘단순반복작업 또는 인체에 과도한 부담을 주는 작업으로 인한 건강장해’를 신설하여 2003년 7월부터 시행함으로써 조치의무를 부과하였고, 산업보건기준에 관한 규칙 제9장(근골격계 부담작업으로 인한 건강장해의 예방)신설을 통해 유해요인조사, 작업환경개선, 의학적 조치, 유해성 주지 및 근골격계질환 예방관리프로그램의 수립·시행뿐만 아니라 노동부고시 제2003-24호를 통해 근골격계 부담작업의 범위를 총11개로 규정하여 유해요인 평가를 위한 기준을 제시하고 있다.

유해요인 평가를 정량적으로 분석하기 위해 작업자 및 작업 공정에 대한 인간공학적 유해요인평가 도구로서 OWAS(Karhu et al., 1977), RULA(McAtamney and Corlett, 1993), REBA(Hignett and McAtamney, 2000)등을 많이 이용해 왔고, 유해요인 평가 도구들을 일반적으로 샘플링 기법과 같이 사용되어 유해요인 평가를 실시하고 있다. 이러한 정량적인 평가를 위해 부담작업에 대한 연구는 지속적으로 연구되어 왔으나, 샘플링에 대한 연구는 OWAS평가도구를 이용한 3초와 30초간 관계를 비교한 연구(Bruijn et al., 1993)외에는 관련된 연구가 국내외에 미비한 실정이다.

본 연구에서는 유해요인조사에서 논란이 되고 있는 작업 촬영시간과 샘플링 간격 및 샘플링 회수를 제시하였다. 첫 번째로 90분 샘플중 60분과 30분을 추출하여 일부의 샘플이 전체 반영비율과 유의한 관계가 있는지 분석해보았고, 그 결과 30분이나 60분간의 작업촬영만으로도 90분의 작업 내용을 반영할 수 있다는 결과가 나타났다. 두 번째로 첫 번째 결과를 토대로 90분을 60분과 30분으로 반영한다면 몇 초간격의 샘플링이 30분과

60분을 대표할 수 있는지 알아보기 위해 각각의 샘플링비율에 따라 분석하였다. 30분간의 샘플시간의 경우 2초, 10초, 30초 간격으로 샘플링을 하여 위험노출시간비율을 비교한 결과 유의적인 차이가 없다고 나타났다. 또한 60분간의 샘플시간에서도 역시 2초, 10초, 20초, 30초, 40초, 60초간의 차이가 없다고 나타났다. 위험노출비율별 샘플링 간격간의 관계를 알아보기 위해 각 비율대별 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% 위험노출비율별로 나누어 각각의 샘플링 간격과의 차이가 있는지 비교해 본 결과 30분 샘플시간에서는 위험노출비율대별 샘플링과의 관계는 모든 비율대에서 2초, 10초, 20초, 30초 샘플링과 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 60분 샘플시간에서 역시 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

본 연구의 결과를 종합하면 동일유형의 작업인 경우에는 30분이나 60분만의 작업내용을 분석하여도 90분을 대변할 수 있다고 나타났다. 또한 30분에서는 30초 간격으로 샘플링하여 60개의 샘플만으로도, 60분에서는 60초 간격으로 60회 샘플로 전체의 작업분석과 비슷한 결과를 얻을 수 있는 것으로 나타났다.

본 연구의 결과는 유해요인조사에서 가장 관심이 큰 촬영시간과 샘플링 비율과의 관계분석을 통하여 적정 작업 분석시간과 샘플링 개수를 제시함으로써 유해요인 조사에서 중요한 근거 자료로 이용될 수 있을 것으로 여겨진다.

참 고 문 헌

노동부, 근골격계질환 예방업무 편람, 2004.

미국 노동부, 산업재해통계, 1993-2004; <http://www.bls.gov>.

오순영, 정병용, 조선업종의 유해요인조사 및 인간공학적 개선, 대한인간
공학회지, Vol.24, No.1, pp27-35, 2005.

정병용, 이동경, 현대인간공학, 민영사, 2005.

정병용, 이종협, 김국, 유해요인조사용 평가 소프트웨어 개발, 대한인간
공학회지, Vol.24, No.4, pp 79-83, 2005.

한국산업안전공단(KOSHA), 근골격계부담작업 유해요인 조사지침, 2003.

한국산업안전공단(KOSHA), 사업장 근골격계질환 예방관리 프로그램
지침, 2003.

한국산업안전공단(KOSHA), 산업재해통계, 2004,
<http://www.kosha.or.kr/>

Carrasco, C., Coleman, N. and Healey, S., Lusted, M., Packing
products for customers(An ergonomics evaluation of three supermarket
checkouts) : Applied Ergonomics Vol 26, No 2, pp 101-108, 1995.

Graham B. Scott and Nicola R. Lambe, Working practices in a perchery system : using the OVAKO Working posture Analysing System(OWAS) : Applied Ergonomics Vol 27. No 4, pp 281–284, 1996.

Hagberg, M., Silverstein, B., Wells, R., Smith, M.j, Hendrick, H.W., Carayon, P. and Perusse, M., Work related musculoskeletal disorders(WMSDs) : A Reference Book for Prevention, 1995.

Hignett, S., Postural analysis of nursing work : Applied Ergonomics Vol 27, No3 , pp 171–176, 1996.

Karhu, O., Kansilä, P. and Kuorinka, I., "Correcting working postures in industry : a practical method for analysis", Applied Ergonomics, Vol 8, No 4, pp199–201, 1977.

McAtamney, L., Corlett, E.N., "RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders", Applied Ergonomics, Vol 24, No 2 , pp 91–99, 1993.

McAtamney, L., Hignett, S., "REBA: a rapid entire body assessment method for investigating work related musculoskeletal disorders", Proceedings of the Ergonomics Society of Australia, pp 45–51, 1995.

Nevala-Puranen, N., Kallionpää, M., Ojanen, K., Physical load and strain in parlor milking : International Journal of Industrial Ergonomics, Vol 18, pp 277–282, 1996.

Pohjonen, T., Punakallio, A., Louhevaara, V., Participatory ergonomics for reducing load and strain in home care work : International Journal of Industrial Ergonomics, Vol 21, pp 345–352, 1998.

Van Wendel de Joode, B., Burdorf, A. and Verspuy, C., Physical load in ship maintenance: Hazard evaluation by means of a workplace survey : Applied Ergonomics Vol 28, No 3, pp 213–219, 1997.

ABSTRACT

A study of relationship between sampling and reliability in job hazard analysis of an atypical work

Heo, Won-jun

Major in Industrial Engineering

Dept. of Industrial Engineering

Graduate School of

Hansung University

The workload assessment is very important in the priority assignment for improving work environment. However, the results from the workload assignment could be varied by which representative values of a set of sampled work scenes is selected. This study was made to investigate the effect of task analysis time and sampling rate in job hazard analysis of an atypical work. Twelve repairmen were observed for 30, 60 and 90 minutes of work, and work scenes were sampled with different rates(1, 1.5, 2, 3, 6, 30 times/min). The results show that the exposure ratios to hazardous factors are no statistical differences among three different analysis times or different sampling rates. It requires a minimum work analysis time of 30 minutes and a minimum sample rate of 60 samples per 30 minutes in atypical work. The facts identified in this study are applicable to ergonomic hazard analysis situations.