

생산직 근로자의 근골격계질환 위험성 평가를 위한 작업특성의 수량화 비교

임현교[†] · 윤종훈 · 나미령

충북대학교 안전공학과

(2012. 4. 27. 접수 / 2012. 6. 23. 채택)

Quantified Comparison of Work Characteristics for Musculoskeletal Hazards Assessment of Industrial Workers

Hyeon-Kyo Lim[†] · Jong-Hun Yun · Meiling Luo

Department of Safety Engineering, Chungbuk National University

(Received April 27, 2012 / Accepted June 23, 2012)

Abstract : Though there might exist not a few differences between cyclic works and atypical works, many researchers have applied the same assessment techniques that used for repetitive works, which may result introduce bias in their conclusions. This research aimed to verify whether there exist non-negligible work characteristics and/or dissimilarity among works with different work nature and whether one of the most prevalent assessment techniques for assessing ergonomic hazards of musculoskeletal disorders, REBA, can be applied to atypical works. For a general hospital, an automobile repair shop, and two auto-part assembly plants which manufactures quite different parts, a questionnaire survey and field investigation and ergonomic assessment were carried out and analyzed statistically with reference to the 3rd Quantification technique. The results showed that there exist remarkable difference between physical factors in cyclic works and atypical non-cyclic works. As for repetitive work, body posture was significant factors affecting on musculoskeletal disorders while atypical works seemed to have none which implied that the necessity of taking psychosocial factors into account for assessment of hazards. Complain rate in repetitive works was highest shoulder, back, and neck or wrist in sequence. However, there existed no consistent trend in complain rate in atypical works. And, though weight of manufacturing objects was a common factor that can partly explain musculoskeletal complain, time duration was significant in atypical work whereas repeatability and body posture were significant in repetitive works. As being the results, to summarize, it could be said that application of conventional ergonomic assessment techniques regardless of repetitiveness would be fruitless, and that the necessity of a unique methodology focused on atypical non-cyclic works should not be neglected.

Key Words : musculoskeletal disorders, atypical work, multiple linear regression, quantification technique.

1. 서론

직업성 근골격계질환은 법적으로 “반복적인 동작, 부적절한 작업자세, 무리한 힘의 사용, 진동 등의 요인에 의하여 발생하는 건강장해로서 목, 어깨, 허리, 상·하지의 신경·근육 및 그 주변 신체조직 등에 나타나는 질환(산업안전보건규칙)”이라고 정의된다. 그러므로, 근골격계질환의 위험성을 평가하는 데 있어 빼놓을 수 없는 것이 작업의 반복성이다. 이를 고려하여 작업을 구분하면 같은 동작이 반복적, 지속

적으로 이루어지는 정형작업과, 작업의 종류와 지속 주기가 일정치 않은 비정형작업으로 나눌 수 있다. 여기에서 정형작업이란 “작업 동작이나 자세가 근로자와 관계없이 일정한 범위 내에서 고정되어 있는 형태의 작업으로 작업의 내용이나 방법이 주로 특정 기계·기구 등 설비를 이용하는 작업”을 말하며, 비정형작업이란 “정형작업이 아닌 작업으로 작업의 내용이나 방법이 작업여건 등에 따라 수시로 변하는 형태의 작업”을 말한다(노동부, 2004). 따라서, 전자에는 전자 제품의 조립, 자동차부품 조립, 자동차 완성 조립 등 제조업의 주요 작업들이, 후자에는 병원, 식당, 자동차 정비소 등 서비스업의 주요 작업

[†] To whom correspondence should be addressed.
hkkim@chungbuk.ac.kr

들이 해당된다.

근골격계질환이 산업재해로 인정받은 1990년대 초 이후 우리나라의 작업관련성 근골격계질환 관련 연구는 정형작업을 중심으로 다양한 직종에 대하여 진행되어 왔으나, 비정형 작업에 대한 연구는 상대적으로 미약하였다. 비정형작업에서의 작업관련성 근골격계질환 관련 연구로는 자동차 정비(최원석, 2004¹⁾), 병원(서순림 외, 2005²⁾; 이수열, 2005³⁾; 박정근 외, 2008⁴⁾), 철도(박상은 외, 2006⁵⁾), 지하철(김철홍 외, 2004⁶⁾; 손경일 외, 2004⁷⁾), 항공기 정비(채덕희 외, 2005⁸⁾), 음식 및 숙박업(최원일 외, 2007⁹⁾), 백화점(양동도 외, 2006¹⁰⁾) 등이 있었으나, 이들 연구는 근골격계질환 관련 작업특성이나, 직무스트레스 등 해당업종의 사회심리적 요인의 영향을 파악하기 위한 단편적인 연구들이었다.

비정형작업은 이렇게 정형작업에 비하여 작업 특성이 상이함에도 불구하고 부분적으로는 적절한 평가 방법이 없어, 국내외의 많은 연구자들이 정형작업이든 비정형작업이든 RULA(Rapid Upper Limb Assessment), REBA(Rapid Entire Body Assessment) 등의 도구로 평가하고 있는 실정이다^{11,12)}. 물론, 이 기법들이 개발 당시 비정형작업의 특성을 반영하기 위하여 개발¹³⁾된 것이라 하더라도, 작업 특성 차이에 관계없이 동일한 기법으로 평가하는 데에는 무리가 있을 수 있다^{14,15)}. 더욱이 국내의 사업장들은 2002년도에 개정된 관련법규에 의하여 어떤 기법으로든 의무적으로 비정형작업의 유해위험성을 평가해야 하므로, 당분간 이런 현상을 피하기는 쉽지 않을 것으로 판단된다.

따라서, 본 연구는 정형작업과 비정형작업의 정성적 특성과 상이점을 정량적으로 파악, 비교함으로써, 정형작업에 적용되는 근골격계질환 위험성 분석 기법이 비정형작업에도 적용될 수 있는지에 대한 타당성을 검토하기 위하여 수행되었다.

2. 연구방법

2.1. 연구 대상 작업의 선정

연구 대상 사업장으로는 병원과 자동차 정비 사업소, 그리고 자동차부품 생산공장과 자동차부품 조립공장을 선정하였다. 병원작업과 자동차 정비작업은 환자가 자동차의 상태에 따라서 작업 내용이 다르고 작업 자세나 빈도가 불규칙적이므로 대표적인 비정형작업이라 판단되었기 때문이고, 동작기계를 이용하여 자동차 엔진의 실린더와 캠샤프트를 주로 생

산하는 부품생산공장과, 인력에 의하여 자동차 엔진의 연료펌프와 인젝터를 주로 조립하는 부품조립공장은 각기 다른 회사이었지만 양쪽 모두 하루에 수백 번씩 반복되는 정형작업이 수행되는 작업이기 때문이었다.

병원의 경우에는 118개 작업, 정비작업의 경우에는 121개 작업, 그리고 부품생산공장의 경우에는 24개 작업, 부품조립공장의 경우에는 79개 작업이 선정되었다.

2.2. 근골격계질환 증상 조사

근골격계질환 증상조사를 위한 설문은 한국산업안전보건공단에서 개발된 것(KOSHA Code H-28-2002)을 이용하였으며, 구성 내용으로는 목, 어깨, 허리, 팔/팔꿈치, 손/손가락, 발/발목 등 6개 부위에 대한 자각증상 유무, 증상의 지속기간, 통증 정도 및 빈도를 묻는 항목과 대응 조치 유무, 결근 또는 휴무의 유무 및 작업 전환 유무 등의 항목이 포함되었다.

설문지는 현장방문을 통하여 각 1시간의 집체교육 후 서면으로 배포되었으며, 근골격계질환의 요인 중 많은 비중을 차지하는 직무스트레스와의 관련성을 파악하기 위하여 역시 한국산업안전보건공단이 개발한 직무스트레스 평가 양식(KOSHA Code H-42-2006)을 설문에 포함시켰다. 응답자의 수는 Table 1에서 보는 바와 같다.

2.3. 현장 조사 및 인간공학적인 평가

작업의 유해 위험성 평가는 현장 조사 및 작업 분석을 통하여 이루어졌다. 병원의 경우에는 2007년 8월 말부터 약 3개월, 자동차 정비사업소의 경우에는 2005년 6월 초부터 약 3개월, 자동차부품 생산공장의 경우에는 2008년 1월 초부터 약 3개월, 그리고 자동차부품 조립공장의 경우에는 2009년 12월 초부터 약 3개월이 소요되었다.

모든 사업장에서 작업자들을 대상으로 직접 작업 빈도와 작업강도를 각각 최고 5점으로 질문하여 유해요인을 평가하는 한편, 촬영된 동영상상을 재검토하고 REBA, NLE(NIOSH Lifting Equation) 평가 등을

Table 1. Characteristics of respondents at worksites at the present study

		Hospital	Automobile Repair Shop	Auto-unit Mfg. Shop	Auto-unit Assembly Line
No. of respondents (persons)	M	57	137	138	248
	F	316	0	27	7
age(yrs)		33.6±8.6	41.0±7.2	42.6±8.1	30.3±4.3
career(yrs)		7.4±5.2	11.0±5.9	10.5±5.0	4.4±3.1

실시하였다.

3. 평가방법별 분석 결과

3.1. 유해요인조사의 평점

작업장별로 유해요인조사를 수행하여 정리한 Table 2에 따르면 병원작업의 경우, 작업강도에 대한 평점(3.7±1.1점)이 작업빈도 평점(2.2±0.7점)보다 높아, 작업자들이 작업강도로 인한 부담을 많이 느끼는 것으로 나타났다. 병원 작업자는 업무 특성상 중대성이 높은 고강도의 다양한 작업을 하게 되므로, 상대적으로 반복성이 낮게 평가된 때문으로 판단되었다. 이러한 경향은 정비작업소의 경우에도 마찬가지로 있어서 비정형작업의 특성을 반영하였다.

자동차부품 생산공장의 경우에는 작업강도평점(2.5±0.7점)에 비하여 작업빈도평점(4.0±0.8점)이 높게 나타났는데, 이는 가공작업의 특성상 작업 주기가 짧아 많은 생산량을 요구하기 때문인 것으로 판단되었다. 반대로, 자동차부품 조립공장의 경우에는 작업강도 평점(3.4±1.0)보다 작업빈도평점(2.2±0.4)이 낮게 나타났는데, 이것은 작업대상물이 10 Kg에 이를 만큼 중량물이며, 공정에서 공정으로 직접 인력에 의하여 운반되는 해당 공장의 특성 때문이라고 판단되었다.

3.2. REBA 평가 결과

REBA 평가를 수행하여 작업자세별로 최고조치수준(action level)의 자세들을 분석, 정리하면 Table 3에 보는 바와 같이 병원작업의 경우 전체 분석대상작업의 20.9%가 조치수준 4 ‘즉시 개선 필요’에, 50.0%가 조치수준 3 ‘빠른 시일 내에 작업 개선 필요’에 해당될 만큼 작업자세로 인한 작업부

Table 2. Comparison of self-rating on musculoskeletal hazard

Worksite Category	Hospital	Automobile Repair Shop	Auto-unit Mfg. Shop	Auto-unit Assembly Line
Work Intensity	3.7 ± 1.1	3.5 ± 1.3	2.5 ± 0.7	3.4 ± 1.0
Work Frequency	2.2 ± 0.7	2.6 ± 0.5	4.0 ± 0.8	2.2 ± 0.4
Integrated Rating	8.1 ± 4.7	8.8 ± 4.6	9.9 ± 2.4	6.2 ± 1.5

Table 3. Comparison of REBA rating(unit: No. of operations (%))

Work Place Hazard (Action Level)	Hospital	Automobile Repair Shop	Auto-unit Mfg. Shop	Auto-unit Assembly Line
4 Very High	16 (20.9)	45 (37.2)	0 (0.0)	0 (0.0)
3 High	51 (50.0)	48 (39.7)	3 (20.0)	6 (14.3)
2 Medium	40 (26.1)	27 (22.3)	12 (80.0)	36 (85.7)
1 Low	9 (2.9)	1 (0.8)	0 (0.0)	0 (0.0)

담이 컸다. 수치에는 약간 차이가 있었으나 자동차 정비작업도 이와 같은 성향은 마찬가지여서, 병원작업과 정비작업 모두 작업 중에 손목과 팔, 허리의 굴곡과 뒤틀림 등 복잡한 자세가 요구되기 때문이라고 판단되었다.

한편, 자동차부품 생산공장과 조립공장은 모두 작업비율의 80%를 상회하는 조치수준 2와, 20% 내외를 차지하는 조치수준 3으로 특정지를 수 있어, REBA평점분포는 반복적 수행에 적합하게 비정형 작업보다 하향 조정된 것으로 확인되었다.

3.3. 증상 조사 결과

사업장별로 주요 통증호소 부위와 호소율을 정리한 결과는 Table 4와 같은데, 여기에서 유소견자라 함은 NIOSH의 기준에 따라 지난 1년간 적어도 1주일 이상 통증이 지속되거나, 통증이 1달에 한 번 이상 발생하며 중간 통증 이상인 경우를 가리킨다. 이 기준에 따르면, 병원 전체 응답자 373명 중 허리 부위의 통증호소가 60.4%로 가장 많았고, 어깨가 58.0%, 발목이 51.3% 순으로 나타났다. 또한 NIOSH 기준에 따르면, 응답자 136명이 신체의 한 부위 이상 유소견자 기준에 해당되었으며, 허리 21.0%, 어깨 18.9%, 손목/손가락 12.0%의 순으로 나타났다.

자동차 정비사업소에서는 어깨 부위의 통증호소가 68.6%로 가장 많았고, 목 57.1%, 발/발목 50.7% 순으로 나타났다. 전체 응답자 137명 중 76명이 신체의 한 부위 이상이 유소견자 기준에 해당되었으며, 질환부위로의 점유율은 어깨 33.7%, 목 30.7%, 손목/손가락 22.9%의 순으로 나타났다.

자동차부품 생산공장에서는 어깨부위의 통증호소가 70.3%로 가장 많았고, 목이 61.8%, 허리가 58.8% 순으로 나타났다. 전체 응답자 165명 중 83명이 신체의 한 부위 이상 유소견자 기준에 포함되었으며, 질환 부위는 어깨, 허리, 손목/손가락 순으로 나타났다.

자동차부품 조립공장에서는 어깨 75.5%, 허리 69.2%, 목 67.6%, 발/발목 57.0%, 손목/손가락 50.6% 등 대부분의 부위가 통증호소율 50%를 상회하였다. 전반적으로 통증호소율이 높아 전체 응답자 255명 중 231명이 유소견자에 해당하는 특이성을 보였으며, 호소율이 높은 질환부위는 어깨, 허리, 목의 순이었다.

이와 같은 현상은 병원 작업자의 경우에는 주로 입식 자세에서 이루어지는 환자에 따른 대응 조치, 정비 사업소의 경우에는 입식 혹은 와식 자세에서 이루어지는 차량에 대응하는 불안정한 자세가, 그리고 자동차부품 생산공장과 조립공장에서는 주로

Table 4. Complain rates of musculoskeletal pain by body parts (redundant answers allowed)

Body part	Hospital				Automobile repair shop				Auto-unit Mfg. Shop				Auto-unit Assembly Line			
	complainer		patient		complainer		patient		complainer		patient		complainer		patient	
	persons	%	persons	%	persons	%	persons	%	persons	%	persons	%	persons	%	persons	%
Neck	176	46.8	41	10.9	80	57.1	43	30.7	102	61.8	31	18.8	189	74.7	171	67.6
Shoulder	218	58.0	71	18.9	96	68.6	47	33.7	116	70.3	46	27.9	200	79.1	191	75.5
Back	227	60.4	79	21.0	59	42.1	30	21.4	97	58.8	41	24.8	191	75.5	175	69.2
Arm/Elbow	111	29.5	19	5.1	65	46.4	30	21.4	74	44.9	22	13.3	86	34.0	81	32.0
Wrist/Finger	174	46.3	45	12.0	69	49.3	32	22.9	93	56.4	34	20.6	144	57.0	128	50.6
Foot/Ankle	193	51.3	50	13.3	71	50.7	30	21.4	88	53.3	32	19.4	154	60.9	144	57.0

입식작업에서 아래쪽을 주시하며 이루어지는 반복 동작이 통증 호소의 주요 원인인 것으로 추정되었다. 그리고 이 결과는, 병원 작업과 정비사업소는 비정형작업이라는 특성이, 자동차부품 생산공장과 조립공장의 작업은 작업시 요구되는 육안에 의한 작업확인방법이 유사하다는 점이 크게 반영된 것이라고 이해될 수 있다.

4. 작업특성의 비교분석

근골격계질환은 업무내용 및 작업조건 등과 관련된 직접적인 발병요인과, 개인적 특성 및 사회심리적인 요인 등이 복합적으로 작용하여 발병하는 것으로 알려져 있다(WHO, 1987). 그러므로, 근골격계질환은 작업장의 환경적 요인, 직무설계요인, 그리고, 작업자를 둘러싼 사회심리적 요인을 종합적으로 고려하여야 근골격계질환의 발생요인에 대한 정확한 이해가 가능하다고 할 수 있다.

작업이 지닌 특성요인이 근골격계질환 관련 통증에 유의한 영향을 미치는가를 판단하기 위하여 작업 특성을 비교, 분석하였다. 통계적 분석에 이용된 독립변수로는 물리적인 작업특성(유해요인조사의 작업빈도), REBA 분석시의 물리적 변수(각 신체부위 작업자세 등급, 작업시 요구되는 무게나 힘, 손잡이의 적절성 등급, 반복정도), 심리적 요인(유해요인 조사표의 주관적인 작업강도)과, 직무스트레스의 8개 항목(물리환경, 직무요구, 직무자율, 관계갈등, 고용불안정, 조직체계, 보상부적절, 직장문화)이 선정되었다. 이것은, 작업에 따라서는 REBA 총점이 유의하지 않다는 선행연구들도 있으므로, REBA 총점이나 직무스트레스 평가 총점에 의한 기법의 유용성을 검증하는 것보다는, 단계별 다중회귀분석을 통하여 각 항목들의 영향을 비교, 검증할 수 있는 민감도를 높이기 위한 것이었다.

분석대상작업으로는, 작업부담이 낮은 작업들로 인한 과소평가를 우려하여 유해요인조사표에 작업자가 ‘힘들다(4점 이상)’라고 응답한 작업 또는 ‘1

일 4시간 이상(4점 이상)’인 작업들 중, REBA 점수에서 ‘작업 개선이 필요하다(4점 이상)’고 평가된 작업들을 선정하였다. 그 결과, 병원의 경우에는 56개 작업, 정비작업의 경우에는 28개 작업, 그리고 부품생산공장의 경우에는 15개 작업, 부품조립공장의 경우에는 16개 작업이 선정되었다.

4.1. 유해요인간 상관분석

정리된 통계자료는 SPSS 12.0 for Windows Release 12.0.1을 이용하여, 업종별로 각 신체부위별 통증 호소율에 대하여 단계별 다중회귀분석(stepwise multiple regression)을 실시하였다. 이때, 변수의 취사 기준으로는 입력할 F 확률 0.05 이하, 제거할 F 확률 0.10 이상으로 하였다.

그 결과, REBA 평가시의 신체부위 부담요인 중 병원작업의 근골격계질환 통증호소율에 대해 설명해 줄 수 있는 영향요인은 없다고 나타났다($p>0.01$). 자동차 정비작업의 경우에도 마찬가지이었다. 이 결과는 작업자세로 인한 높은 부담을 나타낸 REBA 결과와는 대조적인 것으로, 한 작업자가 여러 자세를 단시간 취한다면 각 작업자세들의 평가 결과로부터 통증의 유발을 예측하기란 어렵다는 것을 시사한다. 직업성 근골격계질환의 원인은 개인적 요인, 작업방법 및 환경적 요인, 그리고 사회심리적 요인으로 분류할 수 있다고 알려져 있으므로¹⁶⁾, 병원 작업이나 정비작업의 근골격계질환은 작업자세보다는 작업에의 긴장도나 지속시간, 혹은 개인적 요인이나 사회심리적 요인 등에 의하여 더 영향을 받는다고 볼 수 있다¹⁷⁻²⁰⁾.

자동차부품 생산공장의 경우, 다중회귀분석에 의하여 통계적으로 유의한($p<0.01$) 신체자세 요인을 선별한 결과는 Table 5와 같다. 표에서 b는 비표준화계수, 는 표준화계수를 나타낸다. 분석 결과에 따르면, REBA 평가의 목에 의한 자세부담이 목과 허리의 통증호소율을 잘 설명해 주는 것으로 나타났고, REBA 평가의 손목자세는 팔/팔꿈치의

Table 5. Significant factors affecting on body parts complained (Auto-unit mfg. shop)

Body part	Factor	b	β	t value	F	R ²
Neck	Forearm rating in REBA	1.000	0.621	2.505	6.275	0.386
Back	Neck rating in REBA	1.625	0.901	6.583	43.333	0.812
	Neck rating in REBA Task requirement	1.728 0.012	1.425 0.011	8.250 2.350	34.231	0.884
Arm/ Elbow	Wrist rating in REBA	1.500	0.816	4.472	20.000	0.667
	Wrist rating in REBA Insufficient compensation	1.500 -0.040	0.816 -0.468	7.259 -4.166	35.028	0.886
Wrist/ Finger	Repeatability rating in REBA	0.235	0.212	6.273	21.540	0.342

Table 6. Significant factors affecting on body parts complained (Auto-unit assembly Line)

Body part	Factor	b	β	t value	F	R ²
Back	Insufficient compensation	0.029	0.566	4.147	9.486	0.339
	Forearm rating in REBA	-0.901	-0.291	-2.131		

통증호소율을, REBA 평가의 반복성은 손목/손가락의 통증호소율을 부분적으로 설명할 수 있는 것으로 판단되었다. 한편, 어깨, 무릎, 발/발목의 통증호소율에 대한 설명 변수들은 나타나지 않았다. 그러나 결정계수 R²값을 근거로 볼 때 한두 개의 요인만으로도 88.6%, 88.4%, 81.2% 등 높은 설명력을 갖는다는 점에서 영향요인들을 확인할 수 있었다.

자동차부품 조립공장의 경우에는 Table 6에서 보는 바와 같이 REBA 평가시의 전완(forearm) 자세 등급만이 허리자세에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났으나(p<0.01), 그 설명력은 그다지 높지 않았다. 그러나, 통계적으로 유의한 변수들이 있다는 사실만으로도, 정형작업인 자동차부품 조립작업은 심리적인 요인보다는 신체부위 자세부담과 반복성의 영향을 받는다는 사실을 확인할 수 있었다.

4.2. 수량화 3류 분석

작업특성요인들 중 물리적 요인과 심리적 요인은 그 특성상 정량적 변수라고 볼 수 없는 것들이 많으므로, 통증호소 부위와 유해요인들 간의 특성 관계를 알아보고자 Windows SAS 9.2를 이용하여 수량화 3류 분석을 실시하였다. 수량화 기법은 요인분석법과 비슷하지만 변수들 간의 잠재적 변수를 가정하지 않으며, 주성분분석법과 비슷하지만 관측된 변수가 질적 변수라는 점에서 차이가 있다. 다만, 많은 변수들 간의 상호관련성을 기초로 하여 직

접 관측할 수는 없지만, 변수 속에 내재되어 있는 공통적인 요인을 중심으로 종속변수가 없는 개체들 간의 그룹핑 등 정성적 분석에 유용하다고 알려져 있다^{21,22)}.

4.2.1. 작업부담요인의 비교

Fig. 1은 수량화 3류 분석기법을 이용하여 작업부담요인에 대응하여 정량화된 병원의 부서별 특성을 다차원척도법(Multidimensional Scaling Method)을 이용하여 타점한 결과이다. 이 그림에서 수평축(1축)과 수직축(2축)은 작업부담요인들간의 유사성을 기준으로 분석기법에 의하여 자동적으로 생성되는 1순위 및 2순위의 종합적인 가상요인을 각각 나타내며, 요인분석법이나 주성분분석에서와 마찬가지로 축의 의미는 타점된 점들의 분포를 확인한 후에야 비로소 부여될 수 있다²³⁾. 그림의 1사분면에는 수시(收屍) 및 안치, 세발간호, 전처리, 환자이동 등 단시간에 중량물을 처리하는 작업들이 분포하며, 2사분면에는 처방전 분류, 광(光)화입 입력, 조리, 사무작업 등 주로 앉아서 하는 작업들이 분포하였다. 또한, 3사분면에는 아기 목욕, 채혈 작업, 포매작업, 수유(授乳), 일반촬영 업무 등 비교적 작은 대상물을 가지고 정밀작업을 해야 하는 작업들이 분포하였고, 4사분면에는 적출물 수거, 각종 물품박스 운반, 치료업무, 환자이동 및 체중재기 등의 작업이 분포하였는데, 이들의 작업은 중량물을 부자연스런 자세에서 들어 올리게 되는 특성을 갖고 있다. 이 결과는 다시 Fig. 2(a)의 병원작업의 부담요인과 비교함으로써, 병원작업의 특성을 이해하는 데 이용된다.

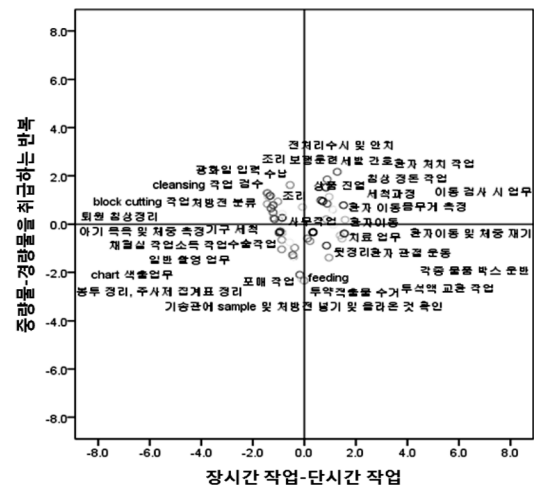


Fig. 1. Distribution of work departments corresponding to work strain factors (hospital).

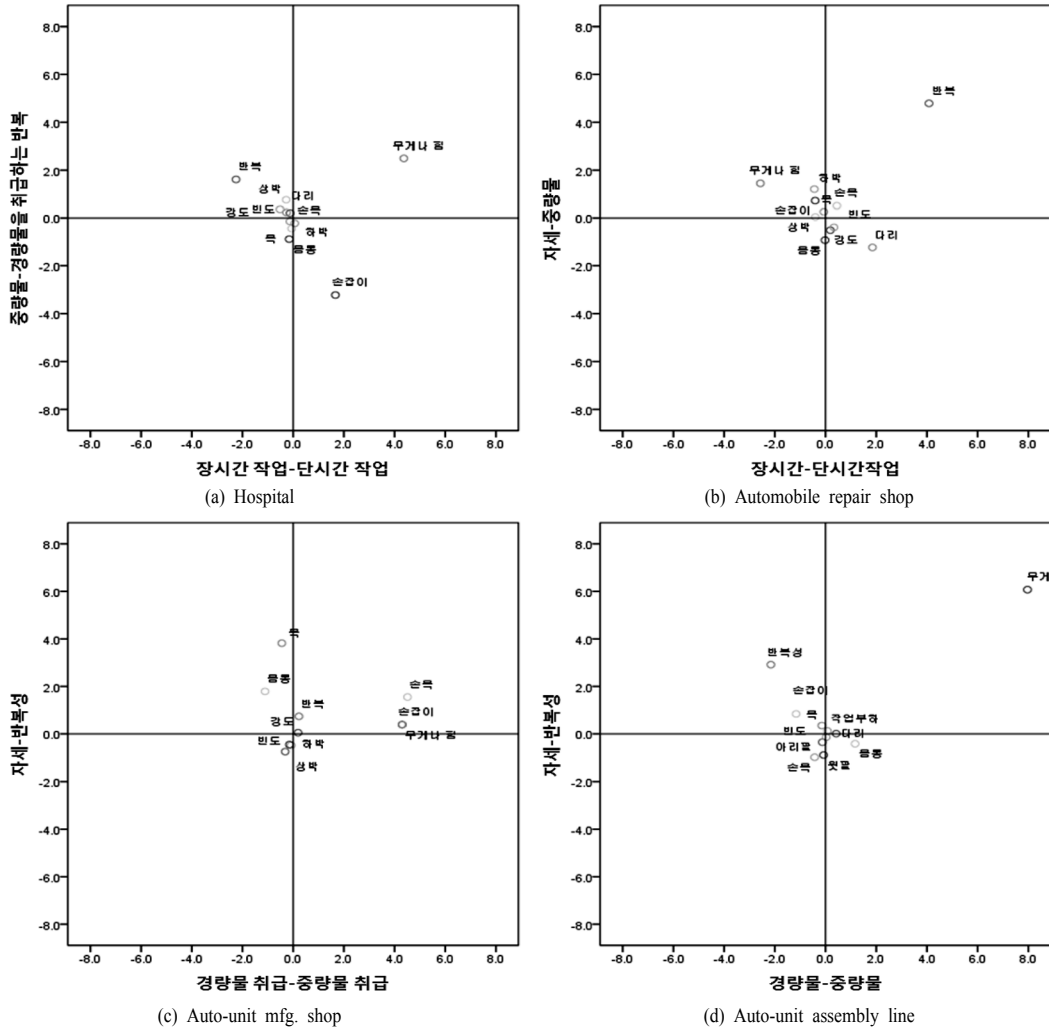


Fig. 2. Comparison of work strain factors.

같은 방법으로 작업 부담요인을 분석한 결과는 Fig. 2와 같다. 이 그림에서도 수평축(1축)과 수직축(2축)은 작업부담요인들간의 근접성을 나타내는 종합적인 가상요인을 나타낸다. 병원작업의 경우 Fig. 2(a)의 1축과 2축으로 구성되는 평면에서 ‘반복’, ‘무게나 힘’, ‘손잡이’의 3점은 원점으로부터 크게 벗어나 위치해 있고, 나머지 다른 점들은 세 점이 만드는 삼각형 속에 대체로 수렴되어 있다. 따라서 각 작업의 부담 항목은 주로 이 세 가지 작업 부담의 가중평균을 통하여 각기 다른 형태로 나타난다는 의미로 해석될 수 있다. 한편, 신체부위의 자세 부담 및 강도, 빈도가 가운데 몰린 것은 대부분의 작업들이 이 부담요인들 중 어느 하나에 치우치지 않은

작업 부담을 가진다는 것을 의미하는데, 그림을 보면 반복보다는 무게나 힘을 나타내는 점 부근에 집중적으로 분포하므로 중량물에 의한 부담이 더 클 것이고, 근골격계질환의 원인 중 크게 부각되지 않은 손잡이가 중요요인의 하나임을 시사하고 있다. 이 결과를 Fig. 1의 부서 특성 분포와 비교하면 1축을 중심으로 위쪽은 ‘경량물을 취급하는 반복’ 작업이고, 아래쪽은 ‘중량물’을 다루는 작업이 분포하는 한편, 2축을 중심으로 오른쪽은 ‘단시간 지속작업’인 반면, 왼쪽은 ‘장시간 지속작업’이 주로 분포한다고 이해될 수 있다.

이상과 같은 방식으로 자동차 정비작업, 자동차 부품 생산공장과 조립공장을 각각 분석하면, 자동

차 정비작업의 경우에는 Fig. 2(b)에서 보는 바와 같이 1축과 2축으로 구성되는 평면에서 ‘반복’, ‘무게나 힘’, ‘다리’의 세 가지 부담 특성으로 특정된다고 판단된다. 또한, 다리를 제외한 다른 신체부위의 자세 부담과 작업강도, 작업빈도가 가운데 몰린 것은 대부분의 작업들이 이 부담요인들을 공통적으로 가진다는 의미이다. 작업부서의 특성을 고려하여 축의 의미를 부여하면, 그림의 1축은 작업지속 시간을 기준으로 ‘장시간 지속작업-단시간 지속작업’을 나누는 축이고, 2축은 작업부담을 기준으로 ‘중량물-자세’를 구분하는 축으로 이해될 수 있다.

자동차부품 생산공장에서의 작업들을 분석한 결과인 Fig. 2(c)를 보면, 작업강도나 작업빈도, 반복에 의한 부담이 일반적이었으며, 중량물을 취급하는 작업은 손잡이의 유무에 따라 작업부담 정도가 달라지고, 중량물 취급작업의 특성으로 인해 손목에 부담을 많이 받는 것으로 나타났다. 작업부서의 특성을 고려하여 축의 의미를 부여하면, 그림의 1축은 중량물 취급 여부로 ‘중량물 취급 작업-경량물 취급 작업’으로 구분하는 축이고, 2축은 작업부담을 기준으로 ‘반복성-작업자세’로 구분하는 축이라고 판단되었다.

자동차부품 조립공장의 경우에는 Fig. 2(d)가 보여주는 바와 같이 작업대상물의 무게와 반복성, 그리고 작업빈도에 의하여 크게 좌우된다고 볼 수 있다. 그 결과, 작업부서의 특성을 고려하여 축의 의미를 부여하면, 1축은 ‘경량물-중량물’을 구분하는 중량물 취급 여부를 나타내는 축이고, 2축은 ‘반복성-작업자세’를 구분하는 반복성 축이라고 판단되었다.

4.2.2. 통증호소부위의 비교

Fig. 3은 앞서서와 마찬가지로 수량화 3류 분석 기법을 이용하여 통증호소부위에 대응하여 정량화된 병원의 부서별 특성을 타점한 결과이다. 그림의 2축 오른쪽에 위치하는 비상계획, 특수사업팀, 재활의학과 등은 작업 중 앉을 수 있는 공간이 마련되어 있어 쉽게 앉을 수 있는 부서인 반면, 2축 왼쪽에 위치하는 편의점, 응급실, 영양실 등은 장시간 서서 작업을 하거나 이동거리가 많은 작업이었다. 1축 위쪽에는 환자를 처치하거나 이동하는 작업이 위치하였으며, 사무작업, 중앙공급실 등과 같이 작업자세로 인한 부담을 요하는 작업은 1축 아래쪽에 위치하였다. 또한 1사분면은 주로 작업 대상이 환자로서 조심히 다루어져야 하는 특성이 있고, 허리와 손목/손가락에 부담이 많이 가는 작업이 분포

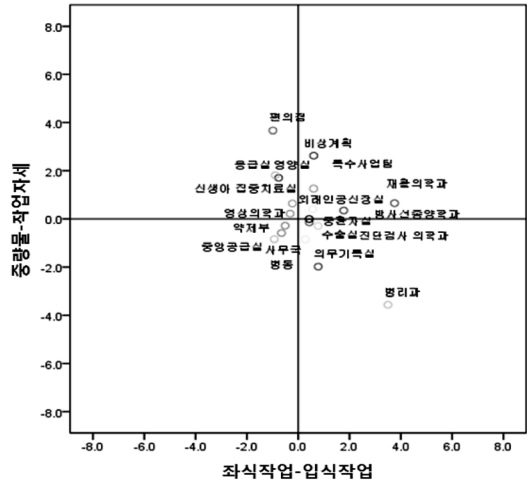


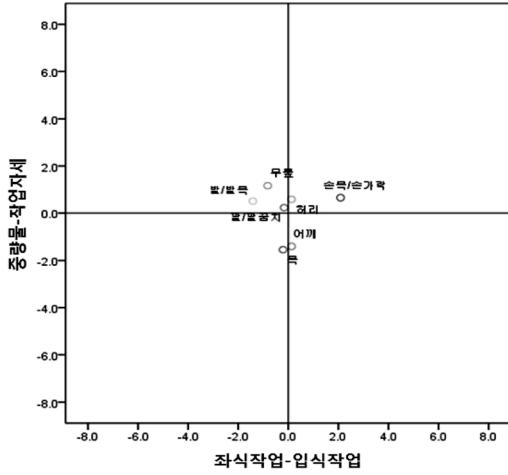
Fig. 3. Distribution of work departments corresponding to body parts complained (hospital).

해 있다. 2사분면에는 중량물의 대상이 대부분 사물이며 서서하는 작업이 주를 이루므로 무릎, 발/발목의 통증을 많이 호소하였다. 3사분면은 서서하는 작업이 주를 이루고 있으며, 중량물보다는 반복에 의한 작업부담, 특히 목의 통증을 많이 호소하였다. 반면, 4사분면은 장시간 좌식작업이 주를 이루고 어깨의 통증을 주로 호소하였다. 이 결과는 다시 Fig. 4(a)의 병원작업의 통증호소부위와 비교함으로써, 병원작업의 주요 통증호소부위를 이해하는 데 이용된다.

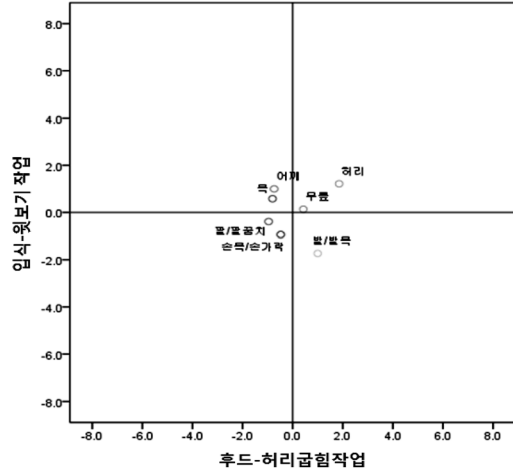
이와 같은 방법으로 작업 부담요인을 분석한 결과는 Fig. 4와 같다. 이 그림에서도 수평축(1축)과 수직축(2축)에 대한 의미부여 방법은 앞서서와 같다.

병원 근로자들의 근골격계질환 통증호소 부위와 부서의 관계를 Fig. 4(a)를 통하여 살펴보면 1축은 작업의 형태를 기준으로 ‘입식작업-좌식작업’을 구분하는 축이며, 그리고, 2축은 작업부담을 기준으로 ‘중량물-작업자세’를 구분하는 축으로 이해될 수 있다.

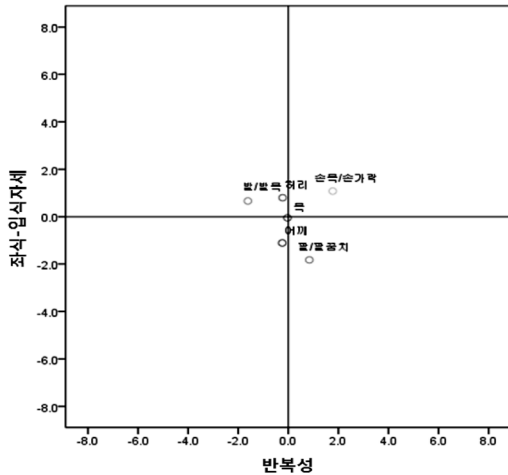
자동차 정비작업 근로자들의 통증 부위의 특성을 분석한 Fig. 4(b)에 따르면 어깨와 목, 발/발목 등이 2축 위에 나란히 타점되어 있는 것을 볼 수 있고, 이는 앞서 언급한 입식작업과 위보기 작업으로 인한 부담을 증명한다. 반면, 허리는 2축 상에서 목, 어깨와 대체로 비슷한 값을 갖고 있어, 후드작업시 허리를 굽힘으로 인해 발생하는 부담이라고 판단될 수 있다. 따라서, 정비작업의 경우 크게 ‘입식-위보기 작업’과 ‘후드-허리굽힘 작업’으로 통증부위 관련요인특성을 나눌 수 있으며, 이는 결과적으로 작



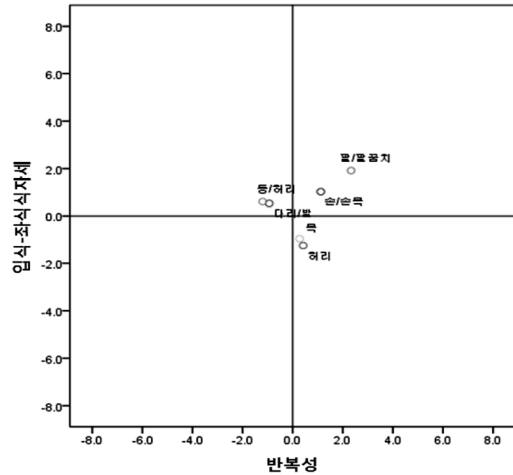
(a) Hospital



(b) Automobile repair shop



(c) Auto-unit mfg. shop



(d) Auto-unit assembly line

Fig. 4. Comparison of body parts complained.

업자세에 의한 부담을 의미한다.

자동차부품 생산공장 근로자들의 통증호소 부위는 Fig. 4(c)에 보는 바와 같이 병원이나 자동차 정비사업소와는 달리 모든 부위가 골고루 분포되어 있고, 목이 원점과 가까운 곳에 위치하여, 일반적으로 목에 의한 부담이 공통적으로 가장 많고, 그 외에 다른 부위의 통증이 추가적으로 발생하고 있다는 것을 의미한다. 이때, 목을 제외한 다른 부위의 통증은 작업의 특성을 반영한다고 볼 수 있다. 그러므로, 1축은 ‘반복성 여부’를 나타내며, 2축은 ‘좌식-입식 자세’ 변화를 나타내는 축으로 이해될 수 있다.

Fig. 4(d)는 마찬가지로 자동차부품 조립공장 근로자들의 통증호소부위를 나타내는데, 주로 반복 작업에 의한 신체부담을 의미하는 손/손목과 팔/팔

꿈치, 입식/좌식 자세로 인한 등/허리, 작업물 주시로 인한 목 부담 등이 지적되어 1축은 ‘반복성 여부’를, 2축은 ‘입식-좌식자세’ 변화를 나타내는 축이라고 할 수 있다.

4. 고찰 및 결론

유해요인조사의 평점은 작업자 본인의 응답에 의한 것이므로 자의적일 수 있으므로 상대적 비교가 곤란하다. 그러나, 비정형작업인 병원과 정비사업소의 작업자들 모두 작업빈도에 비하여 작업강도를 높게 평가하였다는 것과, 연구진에 의한 REBA 평점이 정형작업에 비하여 높았다는 것은 본 연구를 통하여 확인된 일관성있는 사실이었다. 또한, 두 사

업장 모두 신체부위의 통증호소율에 영향을 준다고 판단되는 특정 신체부위 평점은 없다는 사실도 일치하였다. 반면, 자동차부품 생산공장과 조립공장의 경우에는 사업장도 다르고, 생산부품도 각기 달라 유해 요인조사 평점에 일관성이 없었으나, 두 공장 모두 REBA평점은 비정형작업에 비하여 낮았고, 근골격계질환 관련 통증호소율에 통계적으로 유의한 영향을 미치는 신체부위 평점이 있다는 점에서도 일치하였다. 이러한 차이는 수량화분석을 통해서도 확인되었는데, 비정형작업에서는 중량물과 지속시간이 중요한 공통요인인 반면, 정형작업에서는 중량물, 반복성, 작업자세의 순으로 공통요인이 지적되었다.

그러므로, 비정형작업과 정형작업의 차이를 근골격계질환 위험성평가에 반영하기 위해서는 다음과 같은 배려가 있어야 한다.

첫째, 사업장별 작업부담요인 중 작업빈도와 작업 강도를 반영할 수 있는 분석법이 강구되어야 한다. 비정형작업의 경우에는 주관적 작업강도와 작업자세가 주요 부담요인으로 파악되었고, 정형작업의 경우에는 작업빈도, 작업강도가 중요한 부담요인으로 파악되었기 때문이다. 따라서, REBA와 같은 기존 평가기법들이 소홀히 다루고 있는 작업빈도나 지속 시간 측면 등을 보완하는 평가기법이 요구된다.

둘째, 작업 특성에 대응하여 사회심리적인 요인에 대한 평가가 포함되어야 한다. 비정형작업의 경우 신체부위의 통증호소율에 직접적인 영향을 준다고 판단되는 특정 신체부위 평점은 없었으나, 정형작업의 경우에는 존재하였기 때문이다. 다시 말해, 비정형작업의 경우에는 물리적인 신체부위 이외의 배후요인들에 대한 고려가 이루어져야 함을 시사한다.

셋째, 작업특성에 따라 다른 평가기법을 사용할 필요가 있다. 수량화분석을 통해서도 확인된 바와 같이, 비정형작업에서는 중량물과 지속시간이 중요한 공통요인인 반면, 정형작업에서는 중량물, 반복성, 작업자세의 순으로 공통요인이 지적되었다. 정형작업에서의 위험성과 비정형작업의 위험성을 직접적으로 비교하는 경우를 제외하고는, 양쪽의 특성을 동시에 반영할 만한 평가기법이 존재하지 않는다면 각기 적절한 다른 기법으로 평가하는 것이 평가결과의 신뢰성을 높이는 방법일 수 있다.

이상과 같은 결과를 종합하면, 정형작업과 비정형작업은 서로 작업적 특성과 작업부담요인이 다르기 때문에 일반적으로 정형작업에 적용되는 평가 기법을 비정형작업에 적용하여 근골격계질환 위험성을 평가하는 것은 타당하지 않다. 이를 극복하기 위해서

는 연구자들 일각에서 시도되고 있는 시간적 샘플링을 통한 가중평균법을 이용하여 작업빈도나 지속시간 등 시간적 특성을 고려하거나^{24,25)}, 고유한 평가 방법의 개발이 필요하다고 판단된다.

감사의 글 : “이 논문은 2010년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음 (This work was supported by the research grant of the Chungbuk National University in 2010).”

참고문헌

- 1) 최원석, “자동차 정비사의 작업평가와 근골격계 증상”. 석사학위논문, 연세대학교 대학원, 2004.
- 2) 서순림, 기도형, “종합 병원 간호사의 근골격계질환 실태조사”, 대한인간공학회지, Vol. 24, No. 2, pp. 17~24, 2005.
- 3) 이수열, “병원근로자의 근골격계 질환 증상조사 및 인간공학적 분석 방안”, 석사학위논문, 서울대학교 대학원, 2005.
- 4) 박정근, 김대성, 서경범, “병원근로자의 근골격계 질환 증상 특성 및 관리방안”, 대한인간공학회지, Vol. 27, No. 3, pp. 81~92, 2008.
- 5) 박상은, 정은희, 권정현, 구정완, “일부 궤도 산업 근로자에서의 근골격계질환 증상유병율과 관련 요인”, 대한인간공학회 추계 학술대회논문집, pp. 29~33, 2006.
- 6) 김철홍, 문명국, 이재은, 정윤희, “국내 모 화학사업장의 근골격계질환 실태에 관한 조사 연구”, 대한인간공학회 춘계 학술대회논문집, pp. 151~155, 2007.
- 7) 손경일, 김철홍, 권영준, 백승렬, “국내 지하철 정비 사업장의 근골격계질환 실태조사에 관한 연구”, 대한인간공학회지, Vol. 23, No. 3, pp. 121~134, 2004.
- 8) 채덕희, 김정현, “항공정비사의 근골격계 증상과 위험요인”, 대한산업의학회지, Vol. 17, No. 3, pp. 173~185, 2005.
- 9) 최원일, 김대성, 김정훈, 최동식, 김일우, 김중호, 강성규, “음식 및 숙박업의 근골격계질환에 대한 실태조사 결과”, 대한인간공학회 춘계 학술대회, pp. 279~285, 2007.
- 10) 양동도, 임현교, “백화점 업무 종사자의 근골격계 질환 관련 유해요인 특성”, 대한인간공학회 춘계 학술대회논문집, pp.134-138, 2006.
- 11) 구본연, 박근상, 김창한, “조선업의 심층작업에 종사하는 비정형 근로자에 대한 근골격계질환 분

- 석”, 대한인간공학회지, Vol. 26, No. 22, pp. 113~122, 2007.
- 12) 김상호, “근골격계질환 예방을 위한 제지공정의 인간공학적 개선방안”, 대한인간공학회지, Vol. 27, No. 1, pp. 9~19, 2008.
 - 13) Hignett, S., and McAtamney, L., “Technical Note: Rapid Entire Body Assessment (REBA)”, Applied Ergonomics, Vol. 31, pp. 201~205, 2000.
 - 14) 김무중, “유해요인 분석기법의 적합성 검토”, 석사학위논문, 부경대학교 대학원, 2007.
 - 15) 박재희, “작업평가방법론 및 현장 적용 고찰”, 대한인간공학회지, Vol. 29, No. 4, pp. 435~444, 2010.
 - 16) National Research Council and Institute of Medicine (NRC/IOM), Musculoskeletal Disorders and the Workplace : Low back and Upper Extremities, National Academy Press, Washington D.C., 2001.
 - 17) McFarlane, A.C., “Stress-related Musculoskeletal Pain”, Best Practice & Research, Vol. 21, No. 3, pp. 549~565, 2007.
 - 18) Carayon, P., Smith, M.J. and Haims, M.C., “Work Organization, Job Stress, and Work-related Musculoskeletal Disorders”, Human Factors, Vol. 41, No. 4, pp. 644~663, 1999.
 - 19) Faucett, J. and Rempel, D., VDT-Related Musculoskeletal Symptom: Interactions between Work Posture and Psychosocial Work Factors, American Journal of Industrial Medicine, Vol. 26, pp. 597~612, 1992.
 - 20) Frederick, L.J. Cumulative Trauma Disorders, American Association of Occupational Health Nurses Journal, Vol. 40, No. 3, pp. 113~116, 1992.
 - 21) 有馬哲, 石村貞夫, 多變量解析のはなし, 東京圖書株式會社, 1997.
 - 22) 渡部洋, 多變量解析法入門, 福村出版株式會社, 1995.
 - 23) 허명희, 수량화 방법론의 이해, 자유아카데미, 1992.
 - 24) 장영숙, 이택영, 박소연, “Work sampling 기법을 이용한 자동차 부품공장 근로자의 근골격계질환 위험수준 분석”, 대한작업치료학회지, Vol. 16, No. 4, pp. 77~88, 2008.
 - 25) 신충규, 정병용, “워크샘플링 장면과 극단치 작업장면의 작업평가 결과 비교”, 대한인간공학회지, Vol. 27, No. 3, pp. 53-60, 2008.