

신발제조업의 작업관련 근골격계 질환 예방을 위한 인간공학적 평가기법의 비교

양 성 환

한국산업안전공단, 산업안전보건연구원
(접수 2000. 3. 11. / 채택 2000. 5. 17.)

Comparison of the Ergonomic Evaluation Tools for the Prevention of Work-related Musculoskeletal Disorders in Shoes Manufacturing

Sung-Hwan Yang

Industrial Safety & Health Research Institute, Korea Occupational Safety & Health Agency

(Received March 11, 2000 / Accepted May 17, 2000)

Abstract : One of the major requirements in preventing Work-related MusculoSkeletal Disorders(WMSDs) is to know definitely what vigorous exertion requirements are contained in a job. This requires improved job analysis tools which can accurately evaluate potentially harmful stresses to the musculoskeletal system. But to simply evaluate the level of stress at a joint, or in a muscle is not enough to motivate job changes. Therefore, the development of ergonomic evaluation tools for the jobs are important to ergonomics. The main objective is compared of the results that made by the ergonomic evaluation tools (e.g., BRIEF and RULA) in actually shoes manufacturing. These were developed in the foreign. So, it is priory needed to research of the ergonomics about Korean characteristic work by physiology and biomechanics.

1. 서 론

인력물자취급(Manual Materials Handling, 이하 MMH) 작업들은 전체 제조업의 1/3에서 행해지는 것이며⁹⁾, 특히 요통(Low Back Pain, 이하 LBP)과 관련된 작업장 요소들의 대부분은 MMH 작업에서 찾을 수 있다. 최근의 통계자료를 보면 MMH로 인한 상해가 가장 큰 비율을 차지하고 있으며, LBP의 비율은 세계적으로 나날이 증가 추세에 있다. 근골격계질환은 물리적인 중량물 작업, 정적인 자세, 주기적인 구부림과 비틀, 반복적인 작업, 진동 등으로 인해 증가하는 것으로 알려져 있다⁹⁾.

근골격계질환은 작업자세가 원인이 되는 경우가 대부분이다. 그러므로, 작업자세가 건강에 주는 영향을 검토해야 하는데, 작업자세(신체의 굴

곡, 사지 관절의 굴곡), 하중(무게나 발휘하는 힘)과 시간(지속시간, 휴식 간격, 반복하는 횟수, 빠르기 등) 등의 요인을 합쳐 검토할 필요가 있다. 작업자세에 대한 인간공학적 평가도구는 두 가지로 나누어 설명할 수 있다. 첫 번째로 누적의상질환의 원인인 반복적인 작업자세에 대해 분석하는 도구와 요통의 원인인 중량물을 취급하는 들기, 놓기, 밀기, 당기기, 운반 등으로 발생하는 작업 자세를 평가하는 것으로 나눈다¹⁾.

본 연구는 이러한 인간공학적 평가기법을 사용하여 현 작업장 전체에 대한 정량적 분석, 작업장내의 작업자의 노동강도 등을 평가하는 것을 목적으로 한다. 도출된 평가결과를 중심으로 신 생산공정을 설계하여, 작업자의 편리성을 증대하고, 작업의 효율성을 높이기 위해 인간공학 적 평가를 실시한다.

본 작업장은 다품종 소량생산으로 전량 수출하고 있으며, 품종은 크게 스노우보드화, 자전거

화로 나누어진다. 생산1팀의 경우에는 총 45명(생산직, 42명)으로, 하루 물량은 1500~1800쪽(신발의 한쪽)을 생산하고 있다. 작업시간은 하루 480분(휴식시간, 점심시간 포함)이며, 제품 한개를 생산하는데 소요되는 평균 작업 표준시간은 16초로 현 작업물량에 적합한 것으로 조사되었다. 작업자세에 대한 동작분석과 인간공학적인 평가를 위해 비디오 카메라와 일반 Still 카메라를 통해 일부 작업자세에 대해 촬영을 실시한다. 작업분석 결과를 통해 살펴보면, 전체적인 작업은 단순 반복적으로 이루어지고 있으며, 특정 작업의 경우에 작업이 상당히 정적인 작업자세로 작업이 수행되고 있다.

본 연구는 인간공학적 작업자세 분석으로 BRIEF(Baseline Risk Identification of Ergonomics Factors ; 이하 BRIEF) 조사를 통해 각 신체부위별 모니터링 분석을 실시한 후에, 단순 반복적인 작업자세에 대한 분석은 RULA(Rapid Upper Limb Assessment ; 이하 RULA)를 이용하여 신체부위별 작업자세로 인한 위험정도를 평가하였다.

2. 작업자세 평가기법들

인간공학적 작업자세 분석은 다양한 방법으로 진행될 수 있다. 본 작업장의 분석은 작업자세에 대한 관찰법인 BRIEF 조사를 통해 자세로 인한 위험정도를 파악한 후, RULA를 통해 더 상세한 분석을 수행해야 할지를 결정한다.

2.1. BRIEF(Baseline Risk Identification of Ergonomics Factors) Survey

BRIEF는 Baseline Risk Identification of Ergonomics Factors의 약자로 Humantech이라는 컨설팅 회사에서 개발/사용되고 있는 평가도구로써, 각 신체부위별로 위험평가를 실시할 수 있다. 이는 근골격계질환에 대한 평가를 위한 분석도구 중 작업을 간단히 모니터링하기 위해 개발된 것이다. 본 평가기법은 상세한 분석보다는 간단한 조사형태의 평가지이므로, 상세분석은 기타 다른 도구들을 통해서 수행되어야 한다. BRIEF는 정적인 자세 전신을 간단하게 평가할 수 있는 장점이 있으며, 작업분석시 휴대할 수 있는 간단한 평가지가 있어, 기본적인 지식만 있으면 작업장에서 쉽게 작업자세를 평가할 수 있다. 정적으로 취해진

작업자세에서 손/손목, 팔꿈치, 어깨, 목, 허리, 다리에 대해 평가항목(자세, 하중, 시간, 빈도)을 중심으로 각 신체 부위를 평가하게 된다. 각 신체부위별로 2개 이상의 항목이 위험성이 높은 것으로 체크될 경우, 그 신체부위에 관련된 작업자세를 개선의 방향으로 분석하게 된다¹⁾.

2.2. RULA(Rapid Upper Limb Assessment)

RULA는 Rapid Upper Limb Assessment의 약자로 1993년 Mctamney의 논문에서 처음 소개되었고, 인간공학 전문가가 평가하도록 설계되었다. 조립라인에서 반복적으로 작업할 경우에 각 신체 부위, 특히, 상지를 주로 사용할 경우에 작업자세의 위험성을 평가하는 도구로써 1점부터 7점까지 점수를 매기게 된다. 1점은 "작업자세가 작업자에게 적은 부하를 주고 있음"을 의미하고, 7점은 "큰 부하를 주는 것"을 의미한다. RULA는 크게 네 부분 즉, 작업자세, 정적인 근육의 평가, 반복적인 동작, 힘으로 이루어져 있으며, 평가를 위해 사용되는 인자로는 윗팔, 아랫팔, 손목, 목, 몸통, 다리, 근육 사용정도, 작업빈도가 있다. RULA의 장점은 상체를 주로 사용하는 조립라인을 분석하는데 주로 사용되고, 특별한 장비가 필요 없이 분석할 수 있다는 점이다. 그렇지만, 비전문가가 평가하기에는 용이하지 않다는 것이다.

RULA의 평가 절차는, ① 팔, 손목에 관련된 부위를 분석하여 이에 관련된 표에서 값을 찾고, ② 목, 몸통, 다리에 관련된 부위를 분석하여 이에 관련된 표에서 값을 찾는다. 그런 다음, ③ 근육 사용정도, 무게 사용빈도에 관련된 점수를 더하여 최종 표에서 값을 찾게 된다¹⁾.

3. 분석 결과

평가대상 작업장 중에서 스노우보드화를 생산하는 공정의 흐름은 <표 1>과 같이 크게 20개 정도의 공정으로 나누어진다. 여기서 기계 작업의 경우에는 본 흐름에서 제외하였다. 작업자의 대부분이 여성(83%)으로 단순반복적인 작업을 수행하고 있으며, 작업형태는 입식/좌식이 혼합된 형태로 동적인 움직임이 큰 경우에는 입식작업을 수행하고 있다.

작업자에 대한 신상조사 결과, 평균신장 159.6cm, 평균체중 55.1kg, 평균연령 37세, 평균

Table 1. 작업공정순서 및 공정별 특성

	1	동적, 입식자세, 팔의 무게	1.8
	2	정적, 입식자세, 작업대	
	2	동적, 입식자세	
	4	보조작업의 경우, 좌식작업	
	1	좌식작업, 작업대의 형태	
	1	입식작업, 대상물과의 거리	
	1	물리적, 공간적 스트레스	
	2	대상물과의 거리	
	2	허핑기와의 거리	
	2	작업부하, 팔의 무게	
	2	팔의 무게	
	2	작업대의 높이	
	3		2.4
	2	동적작업	
	1		
	1	과도한 힘의 사용	
	1	컨베이어의 높이	
	1		
	3		
	3		
	1	사이즈별 분류	
	1		

경력 4.1년으로 조사되었다. 작업자세와 관련된 평균 앉은키 87.5cm, 평균 앉은 팔꿈치 높이 26.6cm, 평균 선 팔꿈치 높이 98.5cm로 나타났다. 신상 조사결과 본 작업자들의 경우, 전체적으로 1997년도 국민평균치보다 작은 편에 속한다. 시력의 경우, 보통 좌/우 모두 1.5정도 되는 것으로 조사되었다.

3.1. BRIEF Survey 분석 결과

BRIEF를 통해 각 공정별로 신체부위에 대한 부하정도를 조사한 결과 아래 <표 2>과 같이 나타났다. 각 공정은 스노우보드화를 만드는 공정들을 중심으로 분석하였고, 몇몇 공정에 대해서는 조사하지 않았다. 총 25개의 공정을 조사하였

으며, 같은 작업형태의 공정의 경우에는 작업 위치가 달라 양손의 값이 바뀔 수 있음에 유의하기 바란다. 분석결과 각 공정별로 2점 이상의 점수를 3개 이상 포함한 공정은 10개로 약 40%를 차지하고 있는 것으로 나타났다.

<표 3>, <그림 1>은 양팔에 관련된 신체부위별 위험정도를 평가한 비율을 나타낸 것이다. 오른쪽에 관련된 신체부위 중 위험성이 있는 점수인 2점 이상의 경우에는 전체 25%를 차지하고 있으면, 왼쪽의 경우에는 16%를 차지하는 것으로 나타났다. 또한, 손/손목의 경우에 있어서, 2점 이상인 점수가 전체 64%(오른쪽), 40%(왼쪽)를 차지해 다른 신체부위보다 상당히 위험률이 높은 것으로 나타나고 있다.

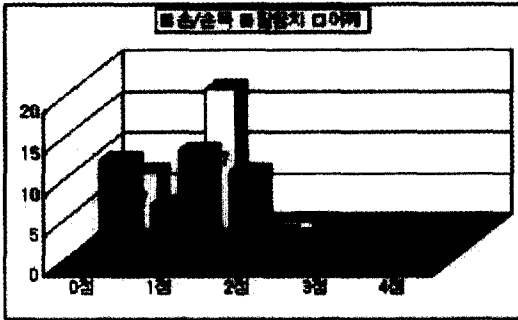
신발제조업의 작업관련 근골격계 질환 예방을 위한 인간공학적 평가기법의 비교

Table 2. BRIEF를 통한 공정별 각 신체부위별 위험도(✓ : 상세분석 공정)

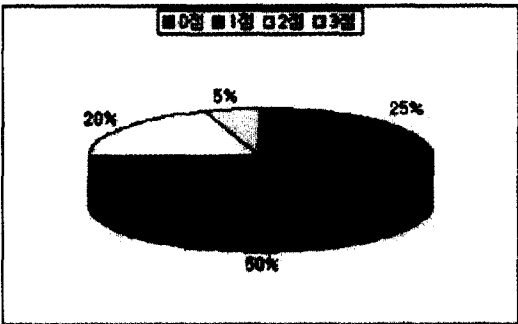
	2	2	0	1	1	0	2	2	0	2
	1	2	1	2	1	0	2	2	1	2
	1	2	2	1	0	1	2	2	1	2
	2	1	2	0	0	0	1	1	0	2
	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
	2	2	0	1	0	1	1	2	0	3(✓)
	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
	1	1	1	1	0	0	2	0	2	2
	2	2	0	1	1	1	1	3	0	3(✓)
	2	0	0	1	1	0	2	0	0	2
	3	1	1	0	1	0	3	1	1	2
	2	1	0	1	1	1	2	2	0	3(✓)
	3	2	0	2	2	0	1	2	0	5(✓)
	3	2	1	1	1	0	2	1	0	3(✓)
	1	2	1	0	0	1	2	2	0	3(✓)
	3	1	1	1	0	1	2	1	0	2
	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	1	1	1	0	2	1	1
	2	2	0	0	1	0	2	1	2	4(✓)
	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0
	2	2	0	0	1	1	1	0	0	2
	2	1	0	0	1	1	1	0	0	1
	2	1	0	0	1	1	1	0	0	1
	2	1	1	1	1	1	1	1	0	1
	2	1	1	1	1	1	1	1	0	1

Table 3. 양팔관련 신체부위의 점수 비율(단위 : 개수(%))

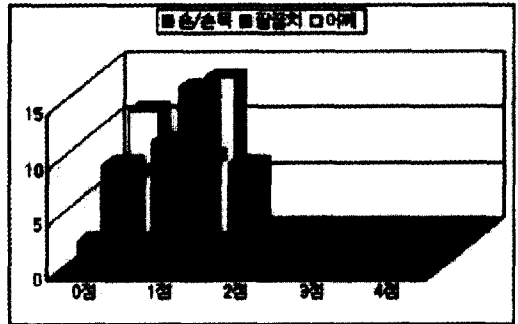
	1(4)	8(32)	12(48)	4(16)	-	3(12)	12(48)	10(40)	-	-
	11(44)	12(48)	2 (8)	-	-	8(32)	15(60)	2(8)	-	-
	7(28)	17(68)	1 (4)	-	-	11(44)	14(56)	-	-	-
	22(29.3)	37(48.7)	12(15.8)	-	-	22(29.3)	41(54.7)	12(15.8)	-	-



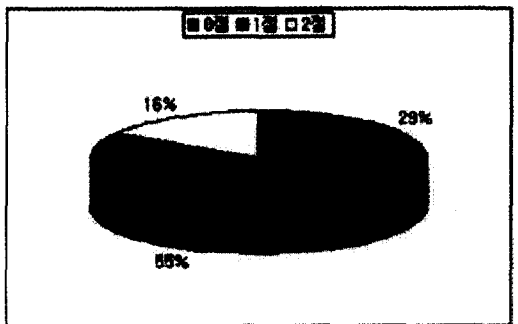
(A) 오른쪽 신체부위의 점수



(B) 오른쪽 신체부위의 전체 점수 비율



(C) 왼쪽 신체부위의 점수



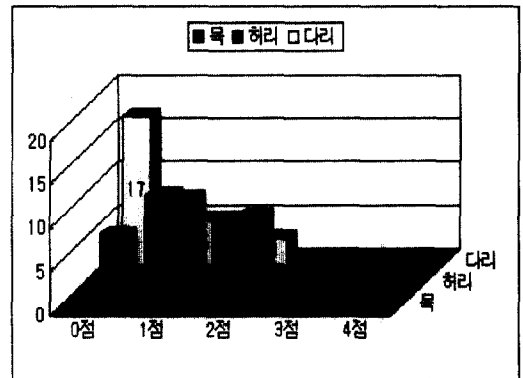
(D) 왼쪽 신체부위의 전체 점수 비율

Fig. 1. 양팔 관련 신체부위별 BRIEF 분석결과

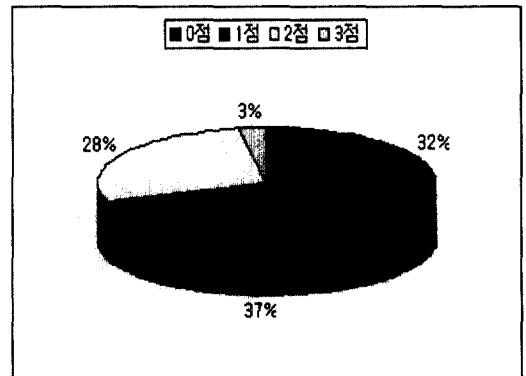
<표 4>, <그림 2>는 목, 허리, 다리 부위의 BRIEF 분석 결과를 나타낸 것이다. 전체 31%가 2점 이상의 위험도가 높은 것으로 나타났으며, 특히, 목과 허리가 약 40%로 높은 비율을 보이고 있다.

Table 4. 목, 허리, 다리 부위의 점수 비율(단위 : 개수(%))

부위	0점	1점	2점	3점	4점
목	1 (4)	13 (52)	10 (40)	1 (4)	-
허리	6 (24)	10 (40)	8 (32)	1 (4)	-
다리	17 (68)	5 (20)	3 (12)	-	-
총계	24 (32.0)	28 (37.3)	21 (28.0)	2 (2.7)	-



(A) 각 신체부위별 점수



(B) 각 신체부위의 전체 점수 비율

Fig. 2. 목, 허리, 다리에 관련된 신체부위의 BRIEF 분석 결과

이상과 같이, BRIEF 분석결과 위험도가 높은 2점 이상의 점수를 나타내는 신체부위의 비율이 전체적으로 높지 않은 것으로 나타났다. 앞에서도 언급했듯이 총 10개의 작업공정이 2점 이상의 점수의 개수가 3개 이상 포함하는 것이 전체 40%를 차지하는 것으로 나타났다. 이런 공정들에 대해서는 상세한 분석이 필요하다. 그러므로, 본 10개 공정들에 대해 각 신체부위에 대한 RULA 평가기법을 이용하여 상세분석을 실시하였고, 공정별 위험도는 적더라도 신체부위별로 문제가 노출될 가능성이 있는 기타 공정들에 대해서 발생할 수 있는 위험요소를 나열하였다.

3.2. RULA 분석결과

BRIEF 조사결과 노동강도가 다른 공정에 비해 높은 것으로 나타난 10개 공정은 ① 중창결합, ② 중창라텍스 칠, ③ 감피라텍스 칠, ④ 사이드라스팅, ⑤ 바닥 그라인딩, ⑥ 버핑, ⑦ 감피 1차 본드 칠, ⑧ 감피 2차 본드 칠, ⑨ 창 본드 칠, ⑩ 탈골 공정으로 나타났다. 이와 같은 작업 공정들을 RULA를 이용하여 상세한 분석을 실시하였다.

분석은 ① 윗팔, 아랫팔, 손목, 손목의 꺾음을 분석하는 과정(A분석), ② 목, 몸통, 다리를 분석

하는 과정(B분석)과 ③ 근육의 사용정도, 중량물 사용빈도를 포함한 과정(C분석)으로 나뉜다. 각 공정들은 여러 가지 작업들로 이루어져 있기 때문에, 분석자세는 그 공정을 대표할 수 있는 작업만을 분석하였고, RULA를 통해 분석할 경우에 각 신체부위별로 갖게되는 점수의 범위를 이용하여 위험률을 계산하였다. 본 점수는 숫자가 클수록 작업자세로 인한 각 신체에 미치는 영향이 큰 것을 의미한다.

<표 5>은 각 공정별로 신체부위별 위험률을 나타내었다. 분석결과 신체부위 중에 아랫팔, 손/손목의 비틀, 다리, 근육의 사용정도, 무게 사용정도 등이 위험률이 높게 나타나고 있다. 분석결과는 <표 5>에 나타내었다.

4. 결론 및 토론

현 생산라인이 작업자에게 어느 정도의 부하를 주고 있으며, 노동강도는 어떻게 되는지에 대한 분석을 위해 인간공학적인 평가 기법들을 이용하여 작업을 분석하였다. 분석 결과, BRIEF를 통해 전체 공정 중에 근골격계 질환의 원인이 되는 상지의 작업자세를 분석하여 위험률이 높은 공정 10개를 선정하여 RULA를 이용하여 상

Table 5. 각 공정별 신체부위에 대한 RULA 분석 결과(단위 : %)

33.3	33.3	33.3	50	33.3	33.3	50	50	33.3	33.3	38.31
100	100	100	100	100	100	100	100	100	66.7	
50	50	75	75	75	100	75	75	75	100	
50	50	50	50	50	50	50	50	50	100	
50	33.3	33.3	50	50	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	38.31
33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3
100	50	100	100	100	50	50	50	50	100	
100	100	100	50	50	100	100	100	100	100	
75	75	25	75	75	50	50	50	25	50	

세 분석을 실시하였다. 분석결과 신체부위 중에 아랫팔, 손목/손목의 비틀, 다리, 근육의 사용정도로 인해 위험률이 높게 나타난 것으로 나타났다. 이런 분석결과는 작업자세가 잘못되어 발생 하는 것이다.

각 공정에 대한 노동강도는 BRIEF 분석결과와 RULA를 통해 분석한 결과를 보면, BRIEF를 통한 전체적인 분석 결과, 손/손목, 목, 허리 등이 가장 위험률이 높게 나타났으며, 노동강도가 높은 공정은 분석을 실시한 공정 25개 중 40%인 10개의 공정으로 나타났다. 이들에 RULA 분석결과 ① 중창결합 공정, ② 사이드라스팅 공정, ③ 바닥그라인딩 공정이 가장 높은 것으로 나타났다. 또한, 동작분석을 통한 정신적인 작업부하의 경우에는 갑피 1, 2차 본드 칠 공정이 가장 높게 나타났다.

이상과 같이, 인간공학적으로 작업장을 평가하는 방법으로 구미에서 사용하고 있는 BRIEF와 RULA를 통해 분석해본 결과, 작업자들에게 실시한 문진 결과에서 나타난 불편한 신체부위와 상당히 일치하는 것으로 평가되었다. 이는 작업자의 신체 특성보다는 작업 자체에 대한 평가를 중심으로 하였기 때문으로, 이런 평가기법의 국내 작업장 분석에 이용하는 것은 상당한 의미가 있는 것으로 판단된다. 그렇지만, 이런 평가기법들은 작업자에 대한 생리학적, 생체역학적인 신체 특성을 고려하여 개발되었기 때문에 우리나라 작업자에 대한 신체 특성을 고려하여 적용할 필요성이 대두되고 있다.

참고문헌

- 1) 김대성, 양성환 외, 작업자세에 대한 인간공학적 평가 도구들의 비교, 추계인간공학회, 1999.
- 2) 박동현, 한상환, 범용 위험도 평가서를 이용한 조선업체 작업에서의 누적의상성질환에 대한 인간공학적 분석, 한국산업위생학회지, Vol. 8, No. 1, pp. 24~35, 1998.
- 3) 양성환, 김대성, 박범, 갈원모, 강영식, 요통 예방을 위한 요추부하 평가에 관한 연구, 한국산업안전학회지, Vol. 15, No. 3, 1998.
- 4) 양성환, 김대성, 박범, 요배근력 측정 및 L5/S1 요추부하 평가에 관한 연구, 한국산업안전학회지, Vol. 12, No. 3, pp. 161~165, 1997.
- 5) Anderson, G. B. J., Epidemiologic aspects on low back pain in industry, Spine, 6, pp. 53~60, 1981.
- 6) Bernard, T. M., Computerized dynamic biomechanical simulation of lifting versus inverse dynamics model: effects of task variables, Ph. D. Dissertation, Texas Tech University, 1995.
- 7) Bhattacharya, A., McGlothlin, J. D., Occupational Ergonomics, Marcel Dekker, Inc., 1996.
- 8) Chaffin, D. B., Anderson, G., Occupational Biomechanics, John Wiley & Sons, Inc. 1991.
- 9) Garg, A., Lifting and back injuries : A Review of the causes of this industrial health problem, and the major methods used to combat it. Plant Engineering, 37, pp. 67~71, 1983.
- 10) Karhu O, et al, Correcting working postures in industry : A practical method or analysis, Applied Ergonomics, Vol. 8. pp. 199~201, 1977.
- 11) Karhu O, et al, Observing working postures in industry : Example of OWAS application, Applied Ergonomics, Vol. 12. pp. 13~17, 1981.
- 12) Kermit G., et al, Influence of lift moment in determining MAWL, Human Factors, Vol. 39, No. 2, pp. 312~322, 1997.
- 13) Khalil, T. M., et al, Ergonomics in back pain : A guide to prevention and rehabilitation, VAN NOSTRAND REINHOLD, 1993.
- 14) Kumar, S., Mital, A., Electromyography in ergonomics, Taylor & Francis, 1996.
- 15) McAtamney L, et al, RULA : a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, Applied Ergonomics, Vol. 24, pp. 91~99, 1993.
- 16) Millar, D. J., Summary of proposed national strategies for the prevention of leading work-related diseases and injuries, Part 1' Am J Ind Med, 13, pp. 223~240, 1988.
- 17) Mirka, G. A., A stochastic simulation model of the muscles of the trunk during lifting, Ph. D. Dissertation, Ohio State University, 1992.
- 18) Mital, A., Nicholson, A. S., Ayoub, M. M., A guide to manual materials handling, Taylor & Francis, 1997.
- 19) Pulat, B. M., Fundamentals of industrial ergonomics, Printice Hall, pp. 52~53, 1992.
- 20) Simon M, Hsiang, et al, Low back pain(LBP) and Lifting technique-A review, Industrial Ergonomics, Vol. 19, pp. 59~74, 1997.
- 21) Waters T. R., Putz-Anderson V, Garg A, Fine L. J., Revised NIOSH lifting equation for design and evaluation of manual lifting tasks, Ergonomics, Vol. 36, No. 7, pp. 749~776, 1993.