

# Rapid Entire Body Assessment의 신뢰도 및 타당성 평가

신용철<sup>‡</sup> · 이지태<sup>1)</sup> · 강동목<sup>2)</sup>

인제대학교 보건안전공학과 · LG.PHILIPS LCD 환경기획팀<sup>1)</sup> · 부산대학교 의과대학 예방 및 산업의학과<sup>2)</sup>

## Evaluation on Reliability and Validity of Rapid Entire Body Assessment

Yong Chul Shin<sup>‡</sup> · Ji Tae Lee<sup>1)</sup> · Dongmug Kang<sup>2)</sup>

Department of Occupational Health and Safety Engineering, Inje University; Environmental Planning Team, LG.PHILIPS LCD<sup>1)</sup>;  
Department of Preventive and Occupational Medicine, Pusan National University<sup>2)</sup>

The validation of the Rapid Entire Body Assessment (REBA), a postural analysis tool, was evaluated in the disabled infants and children care centers, in cross reference with other tools such as the Ovako Working Analysis System(OWAS), the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) and the 3-Dimensional Static Strength Prediction Program (3D-SSPP). The intra-observer agreement and kappa of body coding were 64~88% and 0.39~0.79, respectively. The inter-observer agreement and kappa of action levels were 76% and 0.52, respectively. Thus, the intra- and inter-observer reliability of REBA were satisfac-

tory or acceptable. The correlation coefficient between REBA and OWAS action levels was 0.58( $p < 0.05$ ), and the REBA scores was highly related with the 3D-SSPP back compression pressures( $r = 0.70$ ,  $p < 0.01$ ). These results indicated that the REBA could be used to assess the work-related musculoskeletal risks in this job and other similar jobs with an acceptable reliability and a favorable validity comparable to those of RULA and OWAS.

**Key Word:** Work-related musculoskeletal risk, postural analysis tool, REBA, validation

## I. 서론

최근 우리나라의 통계자료(노동부, 2000)에 의하면 업무상 질병 중 직업병은 감소한 반면 작업관련성 질병은 증가한 것으로 보고하고 있으며 이에 대한 원인으로 뇌심혈관질환 및 신체부담작업으로 인한 질환 근골격계질환(musculoske-

letal disorders) 등이 증가한데 기인한다고 보고하고 있다. 근골격계질환이란 누적외상성질환(cumulative trauma disorders, CTDs)으로도 불리우며 “적어도 1 주일 이상 또는 과거 1 년 간 적어도 한 달에 한 번 이상 상지의 관절 부위(목, 어깨, 팔꿈치 및 손목)에서 지속되는 하나 이상의 증상들(통증, 쑤시는 느낌, 뻣뻣함, 화끈

거리는 느낌, 무감각 또는 찌릿찌릿함)이 존재하고, 동일한 신체 부위에 유사질병과 사고 병력이 없어야 하고, 증상은 현재의 작업으로부터 시작되어야 한다.”라고 정의하고 있다(NIOSH, 1989).

근골격계질환의 예방과 관리를 위해서는 작업환경 또는 작업에 어떤 위험요인이 있는지 확인하고, 이런 위험요인을 제어하거나 개선하여야 한다. 그러나 근골격계질환은 많은 요인들이 복합적으로 작용하여 발생하기 때문에 각 요인을 정량

접수일 : 2003년 10월 22일, 채택일 : 2004년 2월 17일

‡ 교신저자 : 신용철(경남 김해시 어방동 607번지 인제대학교 보건안전공학과)

Tel : 055-320-3676, E-mail : ychshin@inje.ac.kr

화하고 정확하게 분석하는 데는 어려움이 있다. 근골격계질환의 위험요인을 확인을 위해 간편하게 사용될 수 있는 여러 가지 체크리스트(checklist)가 개발되어 사용되고 있다(Karhu et al., 1977; McAtamney and Corlett, 1993; Humantech Inc. 1995; Hignett and McAtamney, ANSI, 1996; 2000; Dohyung and Waldemar, 2001).

근골격계질환 위험요인은 제조업과 같은 일반 산업현장에 국한 된 것이 아니며 서비스 업종에서도 이러한 위험이 존재할 수 있다. 한국표준직업분류(통계청, 2000)에 따라 시설개인보호종사자들의 포함되는 장애인 생활시설 종사자들은 장애인을 돌보아주며, 재활과 교육 등의 업무를 하며 보건의료 계통의 직업과 유사성이 있다. 장애인 생활시설의 종사자들은 장애인을 돌보아주는 업무, 재활, 교육의 역할과 물리 치료사 및 간호사, 부모의 역할까지 수행하는 다중의 업무와 근무여건상 부적절한 작업자세와 과도한 힘을 사용하게 되고, 장애인 시설의 종사자의 수도 부족하여 노동강도가 높아 근골격계질환을 가질 가능성이 아주 높을 것으로 예상된다.

Rapid Entire Body Assessment (REBA)는 Hignett와 McAtamney(2000)에 의해 개발되었다. REBA는 보건의료를 비롯하여 다른 서비스 산업에서 발견되는 예측할 수 없는 작업 자세를 평가하기 위해 개발된 자세분석 도구이다. 이 도구는 작업자의 동작을 관찰함으로써 신체부위를 분할하고 각 신체부위별 점수를 부여한 후 점수 코드 체계를 이용하여 근골격계 유해 정도와 조치수준을 산출한다. 특히 정적이거나 급속히 변하거나 불안정한 자세를 평가할 수 있도록 고안되어 환자를 돌보는 간호사들에게 적합한 것으로 알려져 있다(Hignett and McAtamney, 2000). 여러 기관에서 REBA를 근골격계질환 위험인자를 조사하기 위한 도구로 권고하고 있고(한국산업안전공단, 2003; OSHA, 2000; Washington State, 2001) 최근 국내에서는 사업장에 적용하는 사례가 있다(대우조선 노동강도강화와 근골격계질환 연구팀, 2002). 그러나 이것은 유용한 자세분석도구로 가능성을 보이고 있으나 아직까지

현장에서의 검증자료가 미흡하므로 이에 대한 연구가 수행되어야 한다(Hignett and McAtamney, 2000). 따라서 본 연구의 목적은 장애인 보육시설 종사자를 대상으로 REBA의 신뢰성을 다른 작업자세 분석도구와 비교하고 검증하는데 있다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상 및 자세분석도구

#### 1) 연구 대상

본 연구대상군은 부산경남에 소재한 장애인 요양시설 3 개소와 장애 영유아 생활시설 3 개소에서 근무하는 근로자 중 50 명을 선별하여 실시하였다. 이들은 하루 작업 시 취해지는 형태는 앉아서 작업하는 경우와 서서 작업하는 경우를 교대로 하는 것으로 나타났으며, 하루에 한 번 이상 장애아동을 돌며 평균 25 회 이상 장애아동을 돌고 있었다. 일부 근로자는 100 회, 또는 수시로 장애아동을 든다고 하였다. 다루는 장애아동의 무게는 주로 10 kg - 25 kg이었다. 장애아동을 다루기 위해 지속적으로 허리를 구부리며 작업하고 허리를 지속하여 구부리는 시간은 평균 2 시간 정도였다.

#### 2) 자세분석 도구

REBA(Hignett and McAtamney, 2000)는 작업 자세, 사용된 힘의 정도와 부하량, 취급하는 대상의 손잡이 조건, 작업시 관찰된 활동의 정도 (정적인 자세, 반복성, 동작의 범위)를 평가하며, 신체부위를 A 군(몸통, 목, 다리)과 B 군(상완, 전완, 손목)으로 구분하여 자세를 평가한다. 각 신

체부위의 자세에 대한 점수는 신체부위별로 다른 범위를 가지고 있으며 위험이 높은 자세일수록 높은 점수를 부여하게 된다. 각 신체부위의 자세에 대해 기본적으로 부여되는 점수 외에 불안정성이나 부담을 더할 수 있는 특이한 자세나 상황(허리 또는 손목의 비틀림, 구부리는 무릎의 각도, 팔의 외전 또는 회전, 부하량, 손잡이 여부, 활동도 또는 작업빈도 등)에 따른 부가점수가 더해진다. A 군의 각 자세에 해당하는 점수를 부여하고 부하량 또는 힘의 사용량에 따라 0 - 2 점이 더해지며 힘이 갑자기 또는 급속히 축적되는 경우 1 점을 추가하여 A군에 대한 총점수(범위: 1 - 12)를 산출한다. B 군은 A 군과 같은 방법으로 각 자세에 해당하는 점수를 부여하고 취급하는 대상의 취급의 불편성(손잡이 상태) 정도에 따라 0 에서 3 점이 추가되어 B 군에 대한 총점수(범위: 1 - 12)가 산출된다. 각 군별로 산출된 점수는 저자에 의해 자체 개발된 점수표를 이용하여 점수범위가 1 에서 12 점까지인 C 점수를 구하고, 다음으로 활동도(작업 빈도)에 따라 최고 3 점까지의 점수가 부가되어 0 에서 15 점까지의 REBA 점수가 최종적으로 산출된다. 이와 같이 산출된 REBA 점수에 따른 조치수준(action level) 및 조치내용은 Table 1과 같다.

### 2. 신뢰성 및 타당성 평가

REBA 관찰치 또는 분석결과를 Ovako Working Analysis System(OWAS)(Karhu, 1977), Rapid Upper Limb Assessment (RULA) (McAtamney and Corlett, 1993), 3-Dimensional Static Strength Prediction Program(3D-SSPP)(the University of Michi-

Table 1. Action levels of the REBA

Action Levels	REBA Score	Risk Level	Action (Including Further Assessment)
0	1	Negligible	None necessary
1	2-3	Low	May be necessary
2	4-7	Medium	Necessary
3	8-10	High	Necessary soon
4	11-15	Very high	Necessary now

gan Center for Ergonomics, 2001)에 의해 산출한 결과와 비교하고 평가하였다.

근로자가 일을 수행할 때 촬영한 50 개의 개별 작업 비디오기록을 2 인의 관찰자가 동시에 관찰한 후 각 평가도구에서 필요한 사항을 기록하였다. 작업을 처음 분석하고 나서 적어도 하루가 지난 후에 재분석하도록 하였다.

재현성은 동일한 작업자세를 반복 측정하였을 경우 두 측정치간의 일치도로 정의된다(Brujin et al., 1998). REBA의 개인 내 및 개인간 재현성(intra-observer and inter-observer reliability)을 검증하기 위해 일치율(percentage of agreements)과 kappa ( $\kappa$ )(Landis and Koch, 1977)를 구하고 이를 OWAS와 RULA에 대한 자료와 비교하였다. 신뢰성 기준은 Landis와 Koch(1977)에 의한 Kappa의 평가를 위한 지침에 따라  $\kappa > 0.75$  일 경우 탁월한(excellent) 재현성,  $0.4 \leq \kappa \leq 0.75$  일 경우 좋은(good) 재현성,  $0 \leq \kappa < 0.4$  경계적(marginal) 재현성으로 판단하였다.

또한 현장에서의 타당성(validity) 검증을 위해 이 도구의 조치수준을 OWAS 및 RULA 조치수준과 비교하고 3D-SSPP에 의한 산출값과의 Pearson의 상관관계를

살펴보았다.

### III. 연구결과

#### 1. 관찰자내 및 관찰자간 재현성

Table 2는 REBA의 재현성을 검증하기 위해 구한 각 신체부위별 위험요인 점수의 관찰자내 일치율과 kappa를 보여주고 있다. 이 표에는 REBA 자료와 함께 OWAS와 RULA 자료도 제시되어 있다.

REBA의 경우 모든 신체부위에서의 코딩 일치율이 64 - 88%였다. 손목부위에서 일치율이 가장 높은 88%( $\kappa=0.44$ )이고 전완, 허리, 목, 다리, 상완에서 각각 86%( $\kappa=0.39$ ), 84%( $\kappa=0.79$ ), 74%( $\kappa=0.59$ ), 72%( $\kappa=0.59$ ), 64%( $\kappa=0.49$ )였다. RULA의 경우 모든 신체부위에서의 코딩 일치율이 52 - 98%였다. 일치율과 kappa는 다리 98%( $\kappa=0.79$ ), 손목 80%( $\kappa=0.43$ ), 허리 76%( $\kappa=0.68$ ), 목 72%( $\kappa=0.64$ ), 전완 72%( $\kappa=0.28$ ), 상완 52%( $\kappa=0.35$ )였다. OWAS의 경우 모든 신체부위에서의 코딩 일치율이 86 - 96%였다. 일치율과 kappa는 팔 96%( $\kappa=0.78$ ), 다리 94%( $\kappa=0.91$ ), 허리 86%( $\kappa=0.77$ )였다.

Table 3은 REBA를 비롯한 세 가지 자

세분석도구에 의해 산출된 조치수준(action level)에 대한 관찰자내 및 관찰자간의 일치율과 kappa를 보여주고 있다. 관찰자내 일치율과 kappa가 높은 순서는 OWAS(84%, 0.78), REBA(78%, 0.67) 및 RULA(72%, 0.43) 순이었다. 관찰자간 일치율과 kappa는 RULA(82%, 0.61), REBA(76%, 0.52), OWAS(60%, 0.46)로 나왔다. 관찰자내 재현성은 OWAS가 가장 높았고 관찰자간 재현성은 RULA가 가장 높게 나와 서로 다른 결과를 보였다.

#### 2. 분석도구에 따른 조치수준 비교 및 상관관계

Table 4는 자세 분석도구별 조치수준의 분포를 보여주고 있다. 근골격계질환 위험이 저위험도(low risk)로 평가된 자세의 비율은 REBA 32%, RULA 4%, OWAS 52%였다. RULA의 경우 전체 작업 자세 중 적어도 작업조치나 작업개선이 필요한 자세는 96%로 다른 도구에 비해 비율이 훨씬 높았다. REBA에 의한 평가 시 고위험군(action level  $\geq 3$ )의 비율은 다른 도구에 의한 결과의 중간수준이었다.

Table 5는 각 도구에 의해 최종적으로

Table 2. Comparison of Intra-observer reliabilities of body coding scores by REBA, OWAS and RULA

Body Part	REBA		RULA		OWAS	
	% Agreement	Kappa	% Agreement	Kappa	% Agreement	Kappa
Trunk	84	0.79	76	0.68		
Neck	74	0.59	72	0.64		
Legs	72	0.59	98	0.79	86	0.77
Upper arms	64	0.49	52	0.35	94	0.91
Lower arms	86	0.39	72	0.28	96 <sup>#</sup>	0.78 <sup>#</sup>
Wrist	88	0.44	80	0.43		

Note: N=50; <sup>#</sup>arms

Table 3. Intra-observer and inter-observer reliability of action levels by REBA, RULA and OWAS

Analysis Tool	Intra-observer Reliability		Inter-observer Reliability	
	% Agreement	Kappa	% Agreement	Kappa
REBA	78	0.67	76	0.52
RULA	72	0.43	82	0.61
OWAS	84	0.78	60	0.46

Note : N=50

Table 4. Distribution of the action levels or categories determined by three checklists

Category		OWAS, %	RULA, %	REBA, %
Low risk	Action level 1	24	0	0
	Action level 2	28	4	32
	Subtotal	52	4	32
High risk	Action level 3	32	30	38
	Action level 4	16	66	30
	Subtotal	48	96	68

Table 5. Correlation coefficients matrix of action levels from three posture analysis tools

	OWAS	RULA	REBA
OWAS	1.00		
RULA	0.48**	1.00	
REBA	0.58**	0.48**	1.00

\*\* : P<0.01

산출된 조치수준 간에 상관관계를 보여주고 있다. REBA는 OWAS와 RULA와 상관성이 있는 것으로 나타났고 상관계수는 각각  $r=0.58(p<0.01)$  및  $r=0.48(p<0.01)$ 이었다.

### 3. 요추부 압착력과의 상관관계

REBA 점수와 3D-SSPP에 의해 산출된 요추부 압착력과의 상관관계를 보았다. 허리 코딩점수, REBA 점수, 조치수준과 요추부 압착력간의 상관계수는 각각 0.43,

0.70 및 0.54였다. Figure 1은 REBA 점수와 요추부 압착력의 관계로 REBA 점수가 높을수록 요추부 압착력이 증가하는 경향을 보여주고 있다.

### IV. 고 찰

대부분의 작업자세는 대개 일반성(generality)와 민감성(sensitivity)이라는 두 가지 상반된 품질(quality)을 가지고 있다. OWAS는 광범위하게 적용될 수 있는 장

점이 있으나 정밀한 분석에는 미흡한 단점이 있다. 이와는 반대로 NIOSH Lifting Equation(NIOSH, 1994)와 같은 도구는 자세 변수에 대한 상세한 정보를 요구하며 높은 민감도를 보여주나 적용에 있어 한계성이 있다. 보건관리나 기타 서비스산업에서 발견되는 예측할 수 없는 작업자세 형태에 대해 특이적인 민감도를 가진 자세분석을 위한 목적으로 REBA가 개발되었다(Hignett and McAtamney, 2000).

REBA에 의한 자세분석결과 모든 신체 부위에서의 관찰자내 코딩 일치율은 64 - 88%, kappa는 0.39 - 0.79였다. 손목, 전완, 허리부위에서 일치율이 85%에 가깝거나 그 이상이였다. 다리부위를 제외하고는 RULA에 비해 높은 재현성을 보였고 OWAS에 비해서는 낮은 경향을 보이고 있었다. 조치수준에 대한 관찰자간 일치율과 kappa는 각각 76%, 0.52로 OWAS(60%, 0.46)에 비해 높은 재현성을 보였다. Altman(1991)은 일치율이 85%, kappa가 0.60 정도일 때 “좋은 일치도(good agreement)”가 있다고 하였다. 한편, 관찰자간 일치율이 75% 이상이면 “인정(acceptable)”한 것으로 간주될 수 있다(Li and Buckle, 1998).

REBA에 의해 산출된 조치수준은 OWAS 조치수준과 높은 상관성( $r=0.58$ )을 보이고 있고, 또한 REBA 점수와 생체역

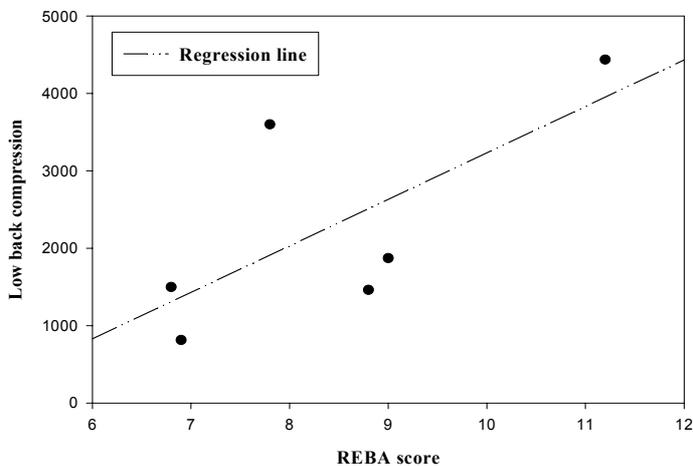


Fig 1. Regression between REBA scores and low back compressions.

학적 모델인 3D-SSPP에서 구한 요추부 압착력간에는 높은 상관관계( $r=0.70$ )를 보였다. 또한 REBA에 의한 위험도는 RULA보다는 낮게 나왔으며 OWAS보다 높게 나타났다.

OWAS는 여러 연구들에 의해 타당성과 신뢰성이 검증된 분석도구이다(Karhu et al, 1977; Mattila et al., 1992; Leskinen and Tönnies, 1993; Kuusela, 1994). 여러 연구에서 OWAS의 관찰자간 일치율을 90% 정도 또는 그 이상으로 보고한 바 있다(Karhu et al, 1977; Louhevarra and Suurnäkki, 1992; Mattila et al., 1992; Brujin et al., 1998). 본 연구에서의 관찰자간 일치율이 기존의 연구에서보다 비교적 낮게 나타난 것은 관찰자간의 숙련도의 차이에 따른 결과로 추정된다. OWAS 등과 같은 작업자세 평가 도구들을 사용해 본 경험이 한 관찰자의 경우 1년 이상이고 한 관찰자는 6개월 정도로 이러한 숙련도 차이 때문에 일치율이 비교적 낮게 나온 것으로 생각된다.

다른 한편으로는, OWAS의 경우 자세를 평가하기 위한 자세분류 기준의 범위가 넓게 설정되어 있어 상지나 하지 등 신체일부의 동작범위가 작거나 반복하여 사용하는 작업에는 한계가 있고 위험인자를 확인하기 어려운 단점이 있다(Vikki et al., 1993). 또한 환자를 다루는 업무, 특히 환자를 드는 업무에서 근골격계에 미치는 부하량이 과소 평가될 수 있다고 보고하고 있다(Engels et al., 1994). 따라서 본 연구대상 업무는 장애아동을 드는 빈도가 높고 환자를 돌보는 간호사들의 업무와 유사한 유형이므로 OWAS는 한계가 있을 것으로 판단된다.

RULA는 REBA나 OWAS에 비해 현저히 높은 위험도를 산출하였다. RULA에 의한 조치수준이 높게 나타난 이유로는 RULA의 신체군별 점수부여 시스템과 신체군간 점수 조합 시스템에 기인한 것이라 판단된다. 각 신체부위에 매겨진 점수는 신체부위별로 나누어진 군에 따라 조합된 점수를 산출하고 각 신체군에 부여된 점수는 다시 RULA 총괄점수를 산출하기 위해 점수표를 이용한다. 이때 각 점

수표에 표시되어 있는 상지부 점수의 최대 범위가 좁게 설정되어 있어 위험도가 낮은 요인이라도 높은 수준으로 평가된다. 그리고 상지부와 하지부의 점수조합을 할 경우 상지부의 위험요인이 큰 비중을 차지하고 있기 때문에 하지부의 위험요인을 잘 반영하지 못한다. 따라서 최종적으로 나타나는 조치수준이 높게 된다. RULA는 주로 상지부 중점을 둔 자세 분석도구로서 고정된 위치에서 작업하는 근로자나 라인 조립 작업에 적합하게 개발된 도구로 본 연구대상군과 같은 작업형태, 즉 활동의 범위가 넓거나 모든 신체를 사용하는 작업에 대해서는 제약이 따른다.

REBA는 작업자세 분류가 세분화되어 있고 작업활동량, 반복성, 취급대상에 대한 손잡이의 적합성 등 위험요인이 될 수 있는 인자를 포함시켜 보다 비교적 상세하고 정확한 평가가 가능한 것으로 판단된다. 신체 부위별 위험인자를 확인하기 위해 신체를 2개의 군으로 나누어 평가하므로 RULA와 유사한 방식이며 OWAS와는 다르다. 이 도구는 작업 활동량이 많으며 작업자세의 변이가 높은 작업, 예측할 수 없는 비정형적인 작업특성을 갖는 서비스 산업의 위험도 평가를 위해 개발되었으므로 OWAS와 RULA의 단점을 어느 정도 보완한 것으로 볼 수 있다.

## V. 결 론

장애아동 생활시설 종사자의 작업 자세를 분석하기 위한 도구로서 REBA의 적절성을 평가한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 신체부위별 코딩의 관찰자내 일치율은 64~88%이고 kappa는 0.39~0.79로 나타났다. 조치수준에 있어 관찰자내 일치율과 kappa는 각각 78% 및 0.67이고 관찰자간 일치율과 kappa는 각각 76% 및 0.52로 나타났다. 이러한 결과로 보아 REBA의 재현성은 RULA와 OWAS의 재현성과 비교할 만한 양호한 수준이었다.
2. REBA에 의한 평가된 위험도는

RULA에 의한 것보다 낮았으나 OWAS에 의한 것보다는 높게 나타났다.

3. REBA에 의해 산출된 조치수준은 OWAS와 높은 상관성  $r=0.58(p<0.05)$ 을 보였고, REBA 점수와 생체역학적 모델인 3D-SSPP에서 구한 요추부 압착력과의 높은 상관관계( $r=0.70, p<0.01$ )를 보였다.

4. 이상과 같은 연구결과와 사용상의 간편성에 비추어 보아, REBA는 본 연구대상군을 비롯하여 이와 유사한 작업형태를 가진 근로자의 작업자세 평가에 활용 가능하다고 판단된다.

## 감사의 글

본 연구 자료 수집에 도움을 준 서순영, 자료 통계분석과 논문 교정에 도움을 준 김부욱 연구원에게 감사의 뜻을 전합니다.

## REFERENCES

- 노동부. 산업재해분석. 노동부; 2000.
- 노동부. 단순반복작업 근로자 작업관리지침. 노동부고시 제2000-72호, 노동부; 2001.
- 강동목, 신용철, 손미아. 대우조선 노동자 노동강도강화와 근골격계질환의 관계, 대우조선 노동조합 연구용역 최종보고서, 대우조선 노동강도강화와 근골격계질환 연구팀. 2002.
- 통계청. 한국표준직업분류. 통계청 고시 2000-2호, 통계청; 2000.
- 한국산업안전공단. 근골격계부담작업 유해요인 조사 지침. KOSHA CODE 30-2003; 한국산업안전공단, 2003.
- Altman D. Practical Statistics for Medical Research, Chapman & Hall, London; 1991. p. 403~409
- American National Standards Institute (ANSI). Control of Work-related Cumulative Trauma Disorders, Part 1, Upper Extremities (working draft). ANSI N-365, ANSI; 1996.
- Brujin I, Engle A, van der Gulden J. A

- simple method to evaluate the reliability of OWAS observations. *Applied Ergonomics* 1998;29(4): 281-283
- Dohyung K, Waldemar K. LULA: an assessment technique for postural loading on the upper body based on joint motion discomfort and maximum holding time. *Applied Ergonomics* 2001;32:357-366
- Engels J, Landeweerd J, Kant Y. An OWAS-based analysis of nurses' working postures. *Ergonomics* 1994;37(5):909-919
- Hignett S. and McAtamney L. Rapid Entire Body Assessment(REBA). *Applied Ergonomics* 2000;31(2):201-205
- Humantech Inc. *Applied Ergonomics Training Manual*, 2nd ed. Humantech; 1995.
- Karhu O, Kansu P, and Kuorinka I. Correcting working postures in industry - A practical method for analysis. *Applied Ergonomics* 1977;8:199-201
- Kuusela J. Working Postures and Their Biomechanical Loading. Tampere University of Technology, Finland, Unpublished technical report (in Finnish), 1994
- Landis JR and Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977;33:159-174
- Leskinen T and Tönnies M. Validity of observation methods used for the evaluation of working postures. *Työ ja Ihminen*, (in Finnish, with English summary) 1993;7(6):299-314
- Li G and Buckle P. A practical method for the assessment of work-related musculoskeletal risks-quick exposure check (QEC), Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 42nd Annual Meeting, 1998;2:1351-1355.
- Louhevarra V and Suurnäkki T. OWAS: A Method for the Evaluation of Postural Load during Work. Helsinki, Institute of Occupational Health and Centre for Occupational Safety; 1992.
- Mattila M, Karwowski W, and Vilkki M. Analysis of working postures in hammering tasks on building construction sites using the computerized OWAS method. *Applied Ergonomics* 1992;24(6):405-412
- McAtamney L, Corlett E. RULA : a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics* 1993;24(2):91-99
- National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH): Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation. DHHS (NIOSH) Publication No. 1-52, Cincinnati, Ohio; NIOSH; 1994.
- Occupational Safety and Health Administration(OSHA). Ergonomic Program; Final Rule. 29 CFR Part 1910, Federal Register Vol. 65, No. 220, OSHA; 2000.
- Washington State. Ergonomics. General Occupational Health Standards Chapter 296-62-051, Dept. of Labor and Industries, Washington State; 2001.
- The University of Michigan Center for Ergonomics. 3D Static Strength Prediction Program™ Version 4.3. User's Manual, 2001.
- Vikki M, Mattila M, and Siuko M. Improving work postures and manual materials handling tasks in manufacturing: A case study. *The Ergonomics of Manual Work*. London, Taylor & Francis; 1993. p. 273-276