

# 관찰적 작업자세 평가 기법의 관찰 신뢰도에 관한 고찰

## - Review on Reliability of Observational Methods to Evaluate Postural Load -

이 인 석 \*  
Lee In Seok

### Abstract

Observational methods to evaluate postural load have an intrinsic weak point that is the problem of reliability in observing postures subjectively, although they have been widely used in assessing risk factors of work-related musculoskeletal disorders in the industry. In this study, observational reliability was discussed based on reviewing several previous studies. Practical guidelines was presented to reduce the observational errors when using video recording for the assessment of risk factors. In addition, previous studies on observational reliability were summarized and analyzed according to body parts to be observed, media for observation, objective measures, analysis, statistics, etc. It is expected that this basic study can be used to increase the applicability and accuracy of the observational methods.

**Keyword : Observation, Posture, Reliability**

---

† 본 연구는 한경대학교 2002년도 학술연구조성비의 지원에 의한 것임.

\* 한경대학교 안전공학과

## 1. 서론

직업성 근골격계 질환 (work-related musculoskeletal disorders; WMSDs)은 관절 부위의 근육, 건 (tendon), 인대 (ligament) 등의 미세 섬유질에 발생한 손상으로 인해 불편함, 통증, 상해 등을 유발하는 증상을 통칭하며, 작업에 의해 이러한 증상이 유발되거나 기존의 증상이 악화된 경우를 일컫는다 (Kroemer, 1989; Hagberg et al., 1995). 직업성 근골격계 질환은 작업자의 신체적, 심리적 고통을 유발할 뿐만 아니라, 사회적으로는 생산성 감소, 보상비용 증가 등의 경제적 손실을 초래한다(Chaffin et al., 1999). 세계보건기구(WHO)에 의하면 여러 선진국에서는 직업성 근골격계 질환으로 인한 장단기적 노동력 상실에 의해 국가적으로 GDP의 약 5%에 해당하는 경제적 손실이 매년 발생하고 있다 (WHO, 1997).

우리나라에서는 최근 직업성 근골격계 질환자가 급증하는 현상을 보이고 있다 (KOSHA, 2004). 이러한 현상은 당분간 지속될 것으로 예상되는데, 이는 근골격계 질환에 대한 산업재해 인정이 1990년대 중반부터 본격적으로 시작되어 서구의 산업선진국에 비해 상대적으로 늦었고, 최근 국가적 경제난을 극복하면서 근골격계 질환에 대한 사회적인 관심이 점차 고조되고 있기 때문이다. 이러한 배경으로 2003년 7월에 개정된 산업안전보건법에서는 직업성 근골격계 질환을 예방하기 위한 조치에 대한 사업주의 의무를 명시화하고 있으며, 근골격계부담작업 유해요인 조사를 의무화하고 있다 (Ministry of Labor, 2003).

부적절한 작업자세는 중량물의 무리한 취급과 함께 직업성 근골격계 질환 유발의 주요 요인으로 꼽히고 있다. 근골격계 질환과 부적절한 작업자세와의 상관 관계는 이미 많은 연구 결과에서 보고되고 있다(Putz-Anderson, 1988; Bernard, 1997). 미국의 국립 산업안전보건원(NIOSH)에서는 600건 이상의 역학적 연구 (epidemiological studies) 문헌에 대한 조사 결과를 바탕으로 부적절한 작업자세와 목, 어깨, 허리에서의 근골격계 질환 발병 간에 인과관계의 증거가 있음을 보고하고 있다(Bernard, 1997).

부적절한 작업자세를 개선하기 위해서는 작업자세로 인한 작업부하의 정도를 평가하는 것이 선행되어야 한다. 기존의 작업 자세 평가 기법은 크게 관찰적 기법, 장비를 이용한 직접 측정 기법, 그리고 설문 기반 조사 기법 등이 있다 (Genaidy et al., 1994; Winkel and Mathiassen, 1994; Li and Buckle, 1999). 이러한 기법 중 관찰적 작업자세 평가 기법은 특별한 고가의 장비를 필요로 하지 않으며 작업을 방해하지 않고 적용할 수 있기 때문에 산업 현장에서 가장 많이 이용되고 있다. 여러 연구에서 관찰적 기법은 작업관련 근골격계 질환의 위험 요인을 식별하고 평가하는 데 유용한 것으로 보고되고 있다. 대표적인 관찰적 작업자세 평가 기법은 OWAS (Karhu et al., 1977), RULA (McAtamney and Corlett, 1993), REBA (Hignett and McAtamney, 2000) 등이 있다.

관찰적 작업 자세 평가 기법은 많은 사례 연구를 통해 근골격계 질환의 위험 요인을 확

인하고, 위험도를 평가하는데 있어 그 유용성이 검증되었다(Kilbom, 1994). 그러나, 기존의 관찰적 작업 자세 평가 기법은 아직도 여러 가지 보완되어야 할 단점들이 있는 것으로 보고되고 있다 (Genaidy et al., 1994; Kilbom, 1994; Kee and Karwoski, 2001). 이러한 단점들은 작업자세 분류 체계, 부하의 평가 체계, 관찰 방식 고유의 문제 등과 관련된 것들이다. 특히, 관찰 방식 고유의 문제와 관련하여 관찰적 작업자세 평가 기법은 전적으로 관찰자의 주관적인 관찰에 의해 작업 자세를 평가하기 때문에, 관찰의 신뢰성 (validity), 관찰자 자신의 신뢰성 (intra-observer reliability), 관찰자간의 신뢰성 (inter-observer reliability)이 평가 기법의 방법론적 타당성을 결정하는 중요한 요인이 된다(Kilbom, 1994). 따라서, 이러한 평가 기법들은 이러한 신뢰성에 대한 충분한 검증 절차가 필요하다. 하지만, 많은 기법들이 신뢰성 검증에 대한 연구가 부족하다.

본 연구에서는 작업자세 평가와 관련된 관찰의 신뢰도와 관련된 연구를 조사 및 고찰하여 관찰 오류에 영향을 미치는 요소를 파악하고 관찰의 신뢰도 연구에 있어서 고려하여야 할 주요 요소를 도출하고 그 특징을 파악하고자 한다. 이 연구는 궁극적으로 관찰적 작업자세 평가기법을 이용하여 근골격계질환의 유해요인을 효과적으로 조사할 수 있도록 하기 위한 연구의 기초 단계라 할 수 있다.

## 2. 비디오 촬영을 통한 관찰에서의 관찰 신뢰성

과거에는 시간 연구 (time study), 동작 연구(motion study), 관찰적 작업자세 평가 등을 수행할 때 관찰자가 작업 현장에서 작업을 직접 관찰하여 기록하는 방식을 많이 이용했다. 그러나, 최근에는 카메라의 널리 보급되면서 작업을 직접 관찰하기 보다는 작업 장면을 사진 혹은 동영상으로 촬영하여 관찰하는 방식이 일반화되었다. 비디오 촬영을 통한 관찰이 직접 관찰에 비해 가지는 장점은 여러 차례 반복해서 작업을 관찰할 수 있고, 작업이 빠른 속도로 수행되는 경우나 관찰 항목이 많은 경우에는 직접 관찰에 비해 정확한 분석이 가능한 점이다.

그러나, 관찰자가 2차원 사진을 통해 작업자세를 관찰할 경우에 실제 3차원으로 관찰할 때와 차이가 발생할 수가 있다. 실제로 직접 관찰이 비디오 촬영을 통한 관찰에 비해 정확도가 높다는 연구가 보고되기도 하였다 (Stetson et al., 1991; Keyserling, 1986). 2차원 사진 관찰에 의해 발생하게 되는 관찰상의 오류에 영향을 미치는 요소는 크게 다음과 같이 네 가지로 꼽을 수 있다(Paul and Douwes, 1993). 첫째, 관절을 이루고 있는 연결된 두 신체 부위(예: 전완과 상완)가 이루는 면(postural angle plane)과 카메라의 렌즈와 평행한 촬영면(photographic plane)이 이루는 회전각이 클수록 관찰을 통해 정확히 각도를 추정하는 것이 어렵게 된다. 둘째, 관찰 오류는 카메라와 촬영대

상 신체부위와의 거리가 가까울수록 커진다. 셋째, 촬영면에서 렌즈의 광학축과 신체부위와의 거리가 멀어질수록 정확한 관찰이 어려워진다. 즉, 관찰대상인 신체부위가 촬영면상에서 광학축(optical axis)으로부터 멀어질수록 관찰 오류가 증가하게 된다. 그리고 마지막으로, 카메라 렌즈의 특성상 렌즈의 중심에서 먼 곳에 투영된 영상은 왜곡될 가능성이 있다.

이러한 변수들의 특성에 따라 작업자세 관찰을 위한 2차원 사진 촬영을 수행할 때는 다음과 같은 사항들에 유의해야 한다. 첫째, 카메라의 광학축을 관찰대상이 되는 신체부위가 이루는 면과 최대한 수직에 가깝도록 한다. 즉, 허리, 목, 어깨, 무릎 등의 관절에서 굴곡/신전 자세를 관찰하고자 한다면 작업자의 측면인 시상면에서 촬영하도록 한다. 작업자의 시상면에서 촬영된 작업자세를 관찰하는 것은 직접관찰하는 것과 차이가 없다고 할 수 있다 (Ericson et al., 1991). 주요 관찰 대상이 되는 관절의 동작이 시상면에서 이루어지지 않는 경우에는 각도를 달리하여 최대한 관찰대상 신체부위의 측면에서 촬영할 필요가 있다. 둘째, 작업자세를 촬영할 때 카메라를 작업자로부터 최대한 멀리하여 촬영하도록 한다. 셋째, 관찰의 대상이 되는 주요 신체부위가 가능한 초점의 중심에 오도록 하며, 만일 여러 신체부위를 모두 관찰해야 할 필요가 있을 때는 각 신체부위별로 적절한 각도와 초점을 달리하여 촬영하는 것이 바람직하다. 마지막으로, 관찰대상이 되는 신체부위를 화면에 가득히 크게 촬영하지 않도록 한다.

### 3. 관찰적 평가기법의 신뢰도 평가 연구

인간공학 연구에서 관찰적 평가기법은 매우 많이 보고되고 있으며 다양한 작업 현장에서 근골격계질환의 위험 요인 평가에 이용되고 있다. 그러나, 관찰적 평가기법을 적용할 때 관찰자의 관찰에 대한 신뢰도를 평가하고 분석한 연구는 상대적으로 적은 편이다. 본 연구에서 조사된 관찰의 신뢰도와 관련된 연구는 11건이다. 표 1은 이들 연구의 주요 연구 내용과 방법을 요약한 것이다. 표에 요약된 내용은 관찰된 신체부위와 주요 위험요소, 관찰에 참여한 관찰자수, 관찰 횟수, 관찰에 이용된 매체, 관찰 이외에 객관적인 측정기구의 이용, 분석된 신뢰도, 신뢰도 분석에 이용된 통계치, 동일관찰자 오류 평가를 위한 평가실험간의 시간 간격, 관찰에 주어진 시간, 관찰자 훈련 시간 등이다.

신뢰도 평가가 이루어진 기존의 평가기법은 Posture Targetting (Corlett et al., 1979), OWAS (de Bruijin et al. (1998), TRAC (Van der Beek et al., 1992; De Looze et al., 1994), PEO (Leskinen et al., 1997), PATH (Paquet et al., 2001) 등이다.

관찰의 신뢰도 연구 중 관찰의 정확성(internal validity)과 관련된 연구는 5건, 관찰자간 신뢰도(inter-observer reliability) 관련 연구는 6건, 그리고 동일관찰자 신뢰도(intra-observer reliability) 관련 연구는 3건인 것으로 나타났다. 관찰자간 신뢰도 비교는 2명 이상의 관찰자가 동일한 작업자세를 관찰한 후에 이를 비교하는 방식으로 이루어졌으며, 관찰의 정확성은 관찰자의 관찰 기록과 객관적 측정 장비를 비교하는 방식으로 분석되었다. 객관적 측정장비는 3차원 동작분석기(optoelectronic 3-dimensional measuring device)와 각도기(inclinometer)가 가장 많이 이용되었다. 동일 관찰자간 신뢰도 분석 연구는 3건으로 이들 연구에서 이용한 관찰실험간 간격은 3주 ~ 14주로 다양한 기간이 연구에 따라 이용되었다.

신뢰도 검증을 위해 이용된 통계적 기법은 Cohen's Kappa와 일치도(Proportion of agreement)가 가장 많이 이용되었으며, 쌍체 t-검정(paired t-test), 분산분석(ANOVA), 상관계수(correlation of coefficient), 카이제곱 분석(Chi-square analysis) 등이 일부 연구에서 이용되었다.

### 3.1 신뢰도 평가를 위한 통계분석기법

- 일치도(Proportion of agreement): 일치도는 교차표(contingency table)의 주대각선의 빈도의 합이 총 평가횟수에 대해 이루는 비율이다. 두 평가의 일치성을 평가하는 가장 간단한 방법으로 여러 연구에서 이용되고 있다. 조사된 연구 중 64%(11건 중 7건)의 연구에서 이용되고 있다. 그러나, 이 방법은 우연에 의해 두 평가가 일치되는 것을 고려하지 못하고 있어 평가의 일치성을 평가하는 통계치로 적절하지 못하다는 비판을 받고 있다.

- 카파(Kappa): 카파는 우연에 의해 두 평가가 일치할 가능성이 있는 비율을 계산에 반영하여 구한다. 조사된 연구 중 55%(11건 중 6건)의 연구에서 이용되고 있다. 그러나, 평가에서 선택할 수 있는 항목이 3개 이상이며 이들이 순위척도인 경우에는 가중치 카파(weighted kappa)를 계산하여 일치도 평가의 신뢰성을 높일 수 있다.

- 분산분석(ANOVA, analysis of variance): 일치도와 카파는 평가항목이 이루는 척도가 항목척도 혹은 순위척도인 경우에 이용할 수 있는 방법이다. 만약 척도가 등간척도 이상의 연속적 척도라면 분산분석을 이용하는 것이 타당하다.

- 비모수 통계치(non-parametric statistics): 두 평가간의 일치성 혹은 상관성을 평가하기 위한 방법으로 카이제곱분석(chi-square analysis), 스피어만 순위 상관계수(Spearman rank correlation coefficient) 등이 이용될 수 있다.

### 3.2 신뢰도 유형별 연구

- 동일 관찰자 신뢰도 (Intra-observer reliability): 동일 관찰자가 일정 기간을 두고 동일한 작업 자세를 2회 이상 관찰하여 두 관찰의 일치도에 대한 연구는 매우 일부 연구에서만 수행되었다. 그러나, 대부분의 연구에서 매우 높은 신뢰도를 보고하고 있으며, 관찰자간 신뢰도보다 더 높은 신뢰도 수준을 가지는 것으로 보고하고 있다. 그러나, 이들 연구는 연구 규모가 소규모이거나, 관찰 대상 작업자세가 일부 신체부위에 제한적이거나, 자세 분류가 세분화되지 못한 점에서 좀 더 충분한 연구가 필요한 것으로 판단된다.

- 관찰자간 신뢰도 (Inter-observer reliability): 관찰자간 신뢰도는 심한 비중립자세를 판독하는 경우에는 매우 높게 나타난 것으로 보고되고 있으나, 중립자세와 비중립자세의 경계부분에서는 관찰자간의 차이가 큰 것으로 나타났다. 또한, 자세의 지속시간이 빈도에 비해 상대적으로 관찰자간 신뢰도가 높은 것으로 보고되었다. 신체부위와 위험요인 중에는 허리의 자세에 대한 신뢰도가 목과 취급중량물에 대한 신뢰도가 더 높은 것으로 보고되었다. 그러나, 팔과 손목 자세에 대한 신뢰도는 연구에 따라 다른 결과를 보이고 있다. Ketola 등(2001)은 신체 부위 일부에 압박이 가해지는 위험요인을 관찰에 포함시켰는데 이에 대한 관찰자간 신뢰도는 높지 않은 것으로 나타났다. 관찰자가 관찰하고 기록해야 하는 항목의 수가 증가할수록 관찰자간 신뢰도가 감소하였는데, 이에 따라 작업자세와 중량물 취급 항목에 대한 기록을 구분하여 서로 다른 관찰자가 기록하는 것이 필요하다는 의견도 제시되었다(Van der Beek et al., 1992).

- 관찰의 정확도 (Internal Validity): 관찰자간 신뢰도와 마찬가지로 심한 비중립자세를 대상으로 한 관찰에서 신뢰도가 더 높은 것으로 나타났다. 각 관절에서 중립자세와 비중립자세의 경계 부분에 대한 관찰자의 판단이 상대적으로 낮은 신뢰도를 보이고 있으며, 목 자세의 굴곡자세의 경우에는 매우 낮은 신뢰도를 보이고 있다. 또한, 허리의 회전과 측면굴곡, 목의 회전과 측면 굴곡에 대한 관찰자의 신뢰도가 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 그런데, 여러 연구에서는 주로 특정 평가기법에서 정의하고 있는 자세 분류체계를 대상으로만 연구하고 있어 중립과 비중립자세의 경계, 회전자세에 대한 관찰의 신뢰도 등에 대해서는 연구가 부족한 상황이다. 단, Paul and Douwes (1993)는 카메라의 초점축의 방향 각도를 바탕으로 해서 중립자세와 비중립자세를 구분하는데 영향을 줄 수 있는 시각 오차를 실험적으로 제시하고 있어 이 자료가 관찰의 신뢰도를 높이는데 참고 자료로 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

< 표 1 > 관찰적 평가기법의 관찰 신뢰도 연구 요약

| Researcher                 | body parts & variables                             | # subjects          | # observations | media for observation | Objective measure  | analysis                            | statistic   | etc.  |
|----------------------------|--|---------------------|----------------|-----------------------|--|-------------------------------------|---|---|
| de Bruijin et al. (1998)   | shoulder, trunk, neck, legs (OWAS)                 | 2                   | 45             | fixed picture         | -  | inter- & intra-observer reliability | kappa percentage of agreement                                     | 3 sec for 1 observation/ 4 & 14 weeks of interval |
| Corlett et al. (1979)      | Posture Targetting                                 | 10                  | 6              | fixed picture         | cine film  | inter- & intra-observer reliability | correlation coefficient   | 3 weeks of interval                               |
| Keysersling (1986)         | Trunk, Arms  | 1(intra) /5 (inter) | -              | video                 | -  | inter- & intra-observer reliability | frequency, elapsed time   | 20-hour & 2-hour training 8 weeks of interval     |
| Van der Beek et al. (1992) | trunk, arms, legs, load (TRAC)                     | 2                   | about 800      | video                 | -  | inter-observer reliability          | kappa percentage of agreement                                     | 3 weeks of interval                               |
| Ketola et al. (2001)       | repetition, hand force, wrist, grip, arm elevation | 2                   | 127 cycles     | video                 | Expert   | inter-observer reliability          | kappa percentage of agreement                                     | 12-h training (Modified Delphi technique)         |
| Burt and Punnett (1999)    | wrist, grip, elbow, shoulder, trunk                | 2                   | 70 jobs        | on-site               | -  | inter-observer reliability          | Kappa, weigther kappa percentage of agreement paried t-test ANOVA | -   |
| Paquet et al. (2001)       | shoulder, leg, trunk                               | 3                   | over 450       | on-site               | electronic inclinometer, video analysis (leg), lumbar motion monitor | internal validity                   | chi-square, proportion of agreement Kappa                         | 3 sec for 1 observation                           |
| Burdorf et al. (1992)      | trunk  | 1                   | 2880           | on-site               | inclinometer   | internal validity                   | Kohen's Kappa Spearman rank correlation coefficient               | -   |
| Baluyut et al. (1995)      | wrist, elbow, shoulder, neck, trunk                | 33                  | 60             | fixed picture         | pre-determined posture   | internal validity                   | percentage of correct response                                    | 10 sec for 1 observation                          |
| Leskinen et al. (1997)     | hand, neck, trunk, leg, lifting, handling (PEO)    | 1                   | -              | on-site               | optoelectronic measuring device                                      | internal validity                   | proportion of specific inter-observer agreement                   | -   |
| De Looze et al. (1994)     | trunk, arms, legs, load (TRAC)                     | 2                   | 84             | on-site               | optoelectronic measuring device                                      | internal validity                   | -   | 1-week training                                   |

## 4. 결 론

이 연구는 기존의 문헌에 대한 고찰을 통해 관찰적 작업자세 평가기법의 가장 큰 단점인 관찰자의 관찰 신뢰도에 영향을 미치는 요소를 파악하고, 관찰의 신뢰도를 평가하는 연구를 수행함에 있어 고려하여야 할 요소를 분석하였다. 2차원 사진을 통해 3차원 자세를 관찰하는 과정에서 발생할 수 있는 관찰 오류에 영향을 미치는 요소는 크게 네 가지로 요약할 수 있었으며, 그 중 가장 큰 요소는 관절의 신체부위가 이루는 면과 촬영면이 이루는 각도라 할 수 있다. 이러한 주요 요소를 바탕으로 현실적으로 관찰 오류를 최소화하기 위한 촬영 지침이 제시되었다.

작업자세 평가와 관련하여 관찰의 신뢰도를 평가한 연구는 모두 11건이 조사되었다. 이들 연구들을 대상으로 관찰 대상 신체부위, 관찰자수, 관찰횟수, 관찰방법, 객관적 자세 측정 방법, 분석 내용, 통계량 등을 조사하여 요약하였다. 이들 연구들을 대상으로 한 조사결과를 통해 관찰의 신뢰도 연구에서는 평가 신뢰도의 특징, 신뢰도 검증 통계량의 선택이 매우 중요하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 기존의 문헌연구에서 이용된 평가 신뢰도와 검증 통계량을 요약하여 신뢰도 평가 연구에 기초 자료로 이용될 수 있도록 하였다.

## 5. 참 고 문 헌

- [1] Baluyut, R., Genaidy, A. M., Davis, L. S., Shell, R. L. and Simmons, R. J., 1995, Use of visual perception in estimating static postural stresses: magnitudes and sources of errors, *Ergonomics*, 38 (9), 1841-1850.
- [2] Bernard, B. (Ed.), *Musculoskeletal disorders and workplace factors: A critical review of epidemiological evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and lower back*, DHHS (NIOSH) Publication No. 97-141, US Department of Health and Human Services, 1997.
- [3] Burdorf, A., Derksen, J., Naaktgeboren, B. and Riel, M. V., 1992, Measurement of trunk bending during work by direct observation and continuous measurement, *Applied Ergonomics*, 23 (4), 263-267.
- [4] Burt, S. and Punnett, L., 1999, Evaluation of interrater reliability for posture observations in a field study, *Applied Ergonomics*, 30, 121-135.
- [5] Chaffin, D. B., Andersson, G. B. J. and Martin, B. J., *Occupational Biomechanics* (3rd Ed.), John Wiley & Sons, New York, 1999.
- [6] Corlett, E. N., Madeley, S. J., and Manenica, I., 1979, Postural targetting: A technique for recording working postures, *Ergonomics*, 22 (3), 357-366.



- [7] De Bruijin, I., Engels, J. A. and van der Gulden, J. W. J., 1998, A simple method to evaluate the reliability of OWAS observations, *Applied Ergonomics*, 29 (4), 281-283.
- [8] De Looze, M. P., Toussaint, H. M., Ensink, J. and Mangnus, C., 1994, The validity of visual observation to assess posture in a laboratory-simulated, manual materials handling task, *Ergonomics*, 37, 8, 1335-1343.
- [9] Ericson, M., Kilbom, A., Wiktorin, C., Winkel, J. and Stockholm MUSIC 1 Study Group, 1991, Validity and reliability in the estimation of trunk, arm and neck inclination by observation, In: Queinnee, Y., Daniellou, F. (Eds), *Proceedings of the International Ergonomics Association Congress Paris*, London: Taylor & Francis, 245-247.
- [10] Genaidy, A. M., Al-shedi, A. A. and Karwowski, W., 1994. Postural stress analysis in industry, *Applied Ergonomics*, 25 (2), 77-87.
- [11] Hagberg, M., Siverstein, B., Wells, R., Smith, M. J., Hendrick, H. W., Carayon, P., Perusse, M., Kuorinka, I. and Forcier, L. (eds), *Work-related musculoskeletal disorders (WMSDs): A reference book for prevention*, Taylor & Francis: London, 1995.
- [12] Hignett, S. and McAtamney, L., "Rapid Entire Body Assessment (REBA)." *Applied Ergonomics*, 31, 201-205, 2000.
- [13] Karhu, O., Kansil, P. and Kuorinka, I., "Correcting working postures in industry: A practical method for analysis." *Applied Ergonomics*, 8(4), 199-201, 1977.
- [14] Kee, D. and Karwowski, W., "LUBA: an assessment technique for postural loading on the upper body based on joint motion discomfort and maximum holding time." *Applied Ergonomics*, 32, 357-366, 2001.
- [15] Ketola, R., Toivonen, R. and Viikari-Juntura, E., 2001, Interobserver repeatability and validity of an observation method to assess physical loads imposed on the upper extremities, *Ergonomics*, 44 (2), 119-131.
- [16] Keyserling, W. M., 1986, Postural analysis of the trunk and shoulders in simulated real time, *Ergonomics*, 29, 569-583.
- [17] Kilbom, A., 1994, Assessment of physical exposure in relation to work-related musculoskeletal disorders - what information can be obtained from systematic observations, *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*, 20, 30-45.
- [18] Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA), KOSHA NET (<http://www.kosha.net/>), 2003.
- [19] Kroemer, K. H. E., "Cumulative trauma disorders: Their recognition and ergonomics measures to avoid them." *Applied Ergonomics*, 20(4), 274-280, 1989.

- [20] Leskinen, T., Hall, C., Rauas, S., Ulin, S., Tonnes, M., Viikari-Juntura, E. and Takala, E., 1997, Validation of portable ergonomic observation (PEO) method using optoelectronic and video recordings, *Applied Ergonomics*, 28 (2), 75-83.
- [21] Li, G. and Buckle, P., 1999. Current techniques for assessing physical exposure to work-related musculoskeletal risks, with emphasis on posture-based methods. *Ergonomics*, 42 (5): 674-695.
- [22] McAtamney, L. and Corlett, E. N., "RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders." *Applied Ergonomics*, 24(2), 91-99, 1993.
- [23] Ministry of Labor, 2002, <http://www.molab.go.kr>.
- [24] Paquet, V., Punnett, L., and Buchholz, B., 2001, Validity of fixed-interval observations for postural assessment in construction work, *Applied Ergonomics*, 32, 215-224.
- [25] Paul and Douwes, 1993, Two-dimensional photographic posture recording and description: a validity study, *Applied Ergonomics*, 24 (2), 83-90.
- [26] Putz-Anderson, V., *Cumulative trauma disorders: A manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs*, Taylor & Francis: London, 1988.
- [27] Stetson, D. S., Keyserling, W. M., Silverstein, B. A. and Lonard, J. A., *Observational analysis of the hand and wrist: a pilot study*, *Applied Occupational Environmental Hygiene*, 1991, 6, 11, 927-937.
- [28] Van der Beek, A. J., van Gaalen, L. C. and Frings-Dresen, M. H. W., 1992, Working postures and activities of lorry drivers: A reliability study of on-site observation and recording on a pocket computer, *Applied Ergonomics*, 23, 331-336.
- [29] Winkel, J. and Mathiassen, S. E., "Assessment of physical work load in epidemiologic studies: concepts, issues and operational considerations." *Ergonomics*, 37(6), 979-988, 1994.
- [30] World Health Organization (WHO), *Health and environment in sustainable development: Five years after the earth summit*, Geneva: WHO, 1997.

## 저 자 소 개

이 인 석 : 환경대학교 산업공학과 교수로 재직 중.  
주요 관심 분야는 인간공학이다.