Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 30, No. 5 pp.637-644, October 2011 http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2011.30.5.637

A Study for the Appropriateness of the Different Reference Points in the Analysis of Working Posture

Day Sung Kim[1], Chol Hong Kim[2]

[1]Occupational Safety and Health Research Institute, KOSHA, Incheon, 403-711
[2]Department of Industrial & Management Engineering, Institute of Labor Science, of Incheon, Incheon, 406-772

ABSTRACT

Objective & Background: When applying various evaluation tools that analyze work posture risk through observation, accurate measurement of body flexion angle is very important. **Method:** This study investigated differences and appropriateness of 5 different existing reference points commonly used in the analysis of the work posture. Twenty five ergonomist and trained professionals were participated in this study. A Same flexion angle was utilized for the evaluation of risk assessment of musculoskeletal disorders using five different reference points to investigate the degree of difference between them. To investigate how different the observers' preferred flexion angle measuring methods were compared to the ISO 11226 Reference Posture, a virtual body model was constructed using the Poser 6.0 program. Six types of body flexion postures were constructed, and since neck flexion differs according to body angle, five types of neck flexion postures were constructed with the trunk bending 20° forward, making up a total of 30 virtual flexion postures. **Results:** Results showed that the observers used personally preferred reference points instead of reference points recommend in the evaluation tools. Also the results revealed the their seems to be 6 types of flexion angle for the trunk and 11 types of measurement methods for the neck flexion angle in the form of personally preferred reference points. The results showed that a mean difference of 14°(4~23°) occurred in the trunk, and a mean difference of 20°(-8~51°) occurred in the neck. To increase accuracy when using the 5 evaluation tools in combination, the ISO 11226 standards, observers' preferred flexion posture standards, and common flexion posture standards of the evaluation tools were compared with the reference points of the 5 evaluation tools. Results showed considerable variance in angle difference for each evaluation tool. **Conclusion:** According to the results of this study, considering the angle difference between the flexion angle reference points of the evaluation tool and the reference points selected by the observers, it is concluded that instead of personally preferred reference points, the standardized reference points to enhance the accuracy and the objectivity. **Application:** The result of this study can be used as reference guide to develop the standardized reference point in the future.

Keywords: Work-related Musculoskeletal Disorders, Analysis of Working posture, Standardized reference points

1. Introduction

부자연스런 작업자세로 인한 근골격계질환 증상이나 상해는 직업적으로 특정 신체부위가 피로하거나 불편해서 발생한다. 특히 몸통의 굽힘자세는 대표적인 부자연스런 자세의 형태로 알려져 있다. 제조업의 조립작업뿐만 아니라 최근에 보건의료종사자 등 비제조업의 서비스업종에서도 과도

Corresponding Author: Day Sung Kim. Occupational Safety & Health Research Institute, KOSHA, Incheon, 403-711.
E-mail: ergomania@gmail.com
Copyright@2011 by Ergonomics Society of Korea(pISSN:1229-1684 eISSN:2093-8462). All right reserved.

한 몸통의 굽힘으로 근골격계질환이 상당히 증가하고 있다(Korean Ministry of Labor, 2009). 또한, 컴퓨터의 발달과 사무 자동화의 영향으로 영상표시단말기(Visual Display Terminal; VDT) 사용이 보편화되면서 VDT를 사용하는 작업자의 작업관련 근골격계질환이 커다란 문제가 되고 있다. 대표적인 이상 징후는 주로 목을 장시간 굽힌 자세로 인한 통증이 가장 많은데, 목의 굽힘 동작은 목 부위 조직의 부하를 증가시키며 목 부위의 근육들의 활동을 증가시켜 피로하게 만든다. 이처럼 몸통 및 목의 굽힘각도는 부자연스런 작업자세로 인한 근골격계질환 등을 유발하는 대표적인 유해요인으로 잘 알려져 있다(NIOSH, 1997).

작업자세의 위험성을 평가하기 위해 Park(2010)은 간이적 작업부하 평가도구들에 대한 특징과 상호 비교를 통해 체크리스트 방법, 자세 관찰 위주로 하는 방법, 중량물 취급 작업에 대한 평가방법 등으로 구분하여 장단점을 제시하고 있다. 이중에서 자세 관찰법이 가장 일반적으로 사용되고 있는데, 이러한 분석방법은 반복적인 작업을 하는 동안 동작의 움직임을 비디오카메라를 통해 촬영한 후 분석하는 방법과 각도기 등을 사용하여 직접 측정하는 방법이 있다. 이 두 방법은 분석인력, 시간 및 비용적인 측면에서 장단점을 가지고 있어 작업 및 작업장 상황에 따라 최적의 분석법을 선택하는 것이 매우 중요하다. 대표적인 자세 관찰 위주의 평가도구로는 RULA(Rapid Upper Limb Assessment), OWAS (Ovako Working posture Analysis System), REBA(Rapid Entire Body Assessment) 등이 있는데, Kee et al.(2005)은 철강, 전자, 자동차, 화학산업 등 224개의 자세에 대해 이러한 평가도구를 이용하여 작업부하를 평가해 그 결과를 상호 비교하였다. 이처럼 작업자세 분석 시 유사한 평가도구를 혼용하여 사용하는 것이 매우 일반적이며, 일부 논문에서는 권장하고 있다.

다만, Juul-Kristensen et al.(2001)의 연구에서는 비디오를 통한 관찰법과 전자 각도기를 이용한 직접 측정법을 비교한 결과에 의하면 비디오 분석(해부학적 각도 측정; 귀의 중심과 목관절점(C7에서 안쪽으로 3cm)을 연결한 선과 무게 중심선간의 각도 변화 측정)에 의한 목의 굽힘각도 >20°인 작업이 전체 92%인 반면에 직접 측정법(기능적 각도 측정; 눈을 똑바로 앞은 본 상태에서 눈높이를 중심으로 각도 변화 측정)은 65%로 나타났다. 이는 두 측정법의 기준점이 달라서 발생한 것으로 직접 측정법에는 목과 머리의 각도가 함께 고려되었기 때문으로 그 차이를 약 5° 정도 조정한 결과 27%에서 13%로 감소하는 것으로 보고되고 있다. 또한, 작업자세 평가 시 관찰로 인해 7~10° 정도의 측정오차가 발생하고 있으며, 특히, RULA에 있어서 잘못된 몸통 굽힘각도로 인해 평가 결과에 영향을 미치는 경우가 12% 정도 되는 것으로 조사되었다(Elizabeth, 2003). Burt et al.(1999)는 648개의 작업에 대해 관찰자간의 신뢰성을 비교한 결과, 45° 이하의 몸통 굽힘각도를 구분하는데 어려움을 겪고 있는 것으로 보고하고 있다.

이처럼 평가도구를 혼용하여 사용하는 과정에서 동일한 작업자세를 서로 다른 관찰자, 서로 다른 평가도구에 따라서 신체의 굽힘각도에는 상이한 차이가 발생하고 있다. 이는 관찰자마다, 평가도구마다 신체 굽힘각도를 측정하는 기준점이 다르기 때문으로, 평가도구 적용 시 정확한 평가기준점에 따라 분석하는 것이 매우 중요하다. 따라서, 본 연구에서는 근골격계질환을 예방사업을 담당하고 있는 인간공학 기사 및 기술사를 대상으로 동일한 작업자세에 대한 굽힘각도 측정 기준점에 어떠한 차이가 있는지를 알아보고, 대표적으로 사용하고 있는 5가지 평가도구의 굽힘각도 기준점과 비교하여 어느 정도 차이가 발생하는지 알아 보고자 하였다.

2. Methods

몸통의 굽힘으로 인한 부하는 L5/S1 부위, 목의 굽힘으로 인한 부하는 C7/T1 부위에서 발생하는 것으로 알려져 있으나, 관찰법에 의한 작업자세 조사 시 해부학적인 위치를 정확하게 지정하여 해당 각도를 측정하는 것은 매우 어렵기 때문에 굽힘각도의 측정은 신체의 정중면(Midsagittal plane)과 관상면(Coronal plane)과의 각도를 측정하는 것이 일반적이다. 우리나라 표준신체치수 및 동작범위를 측정하고 있는 사이즈코리아(Size Korea)에서도 굽힘각도에 대한 측정방법 등을 Table 1과 같이 기술하고 있으나 관상면과 정중면의 기준점이 명확하게 설명되어 있지 않고 있다(Korea Agency for Technology and Standards, 2004).

Table 1. Method for Measuring body flexion angle and specific instructions by SizeKorea

Measurement item	Measurement methods	Specific instructions
목 굽힘범위 (최대)	똑바로 선자세로 머리를 관상면과 일치시킴, 피측정자가 자의적으로 최대한 목의 굽힘동작을 취하도록 하고 이때 각도를 측정	목의 굽힘동작 시 몸통 구부림이 없도록 함
몸통 굽힘범위 (최대)	벽을 등지고 팔을 자연스럽게 내린 상태에서 똑바로 선자세 유지. 피측정자가 자의적으로 최대한 몸통의 굽힘동작을 취하도록 하고 있을 때 각도를 측정	몸통의 굽힘동작 시 하체가 움직이지 않도록 한다. 몸통이 좌/우로 기울어지지 않도록 함

2.1 ROM of trunk

생체역학적으로 몸통의 각도는 시상면(Sagittal-Plane)에서 골반부위(Hip-L5/S1), 요추부위(L5/S1-T12), 가슴부위(T12-C7) 3지점에서 발생하는 시상면의 굽힘각도(Sagittal Flexion)에 기초하며(Lariviere et al., 2000), Chaffin et al.(1986)에 의하면, 몸통의 각도는 Hip-몸통어깨점을 잇는 선과 수평선간의 각도로 정의하고 있다. Hsiao et al.(1991)은 몸통의 각도를 측정하기 위해 Hip 관절의 위치를 L5/S1의 위치로 가정해 측정하도록 제안하면서, L5/S1-T1/T2를 잇는 선과 수직선의 각도로 측정토록 권장하고 있다. Neumann et al.(2001)은 시상면의 수직선을 기준으로 L3와 C7을 잇는 선의 각도로 몸통의 굽힘각도를 측정하였다. 최근에 가장 일반적인 몸통의 굽힘각도 측정은 시상면(Sagittal-Plane)에서 굽혀진 각도를 측정하는데, Hip-몸통어깨점이나 어깨돌기를 잇는 선과의 수직선간의 각도로 측정한다(Kilbom et al., 1986). 다만, 중량물 취급작업 시 몸통의 자세는 시상면상의 Hip 관절보다는 부하가 가장 큰 L5/S1을 기준으로 하고 있다. Lee(2006)은 3차원 동작분석기를 이용하여 작업자세를 분석하기 위해 목 굽힘범위는 목관절점을 기준으로 머리가 중립으로부터 앞으로 굽혀진 각도, 몸통 굽힘범위는 몸통이 허리관절점(Hip Joint)을 중심으로 중립으로부터 굽혀진 각도로 보고하고 있다.

2.2 ROM of neck

해부학적인 측면에서 관찰법에 의한 목 굽힘각도 측정은 귓구멍-목관절점을 잇는 선과 무게 중심선으로 정의하며, <20°, >20°으로 분류한다(Kilbom et al., 1986). 최근 들어, 목의 굽힘각도는 VDT 작업 시 최적의 디스플레이 화면의 크기 및 높이 등을 결정하는데 중요한 항목으로써 연구되고 있는데, Straker et al.(2008)는 24개의 연구 결과를 조사하여 디스플레이 화면의 특성을 결정짓는 자세의 영향을 알아보았다. 다양한 연구 결과를 토대로 머리/목, 몸통, 특히, 머리/목의 굽힘각도로 구성된 Cranio-cervical 각도는 응시각(Gaze angle)에 영향을 받으며, 여기서 응시각은 눈의 측면과 귓볼을 잇는 선(Ear-eye line; EEL)과 수평선간의 각도로써 0~15°일 때 정위치에 가장 근접하는 것이며, 머리 굽힘각도는 EEL과 수직선간의 각도이며, 목 굽힘각도는 귀볼-C7을 잇는 선과 수직선간의 각도로 정의하였다. Hsiao et al.(1991)은 머리/목의 각도는 몸통의 움직임이 없다는 조건에서 정위치의 Frankfurt Line(FL; EEL과 같음)과 동작 후 FL간의 각도로 보고하고 있다. Figure 1은 신체 굽힘각도 측정을 위한 연결점을 나타낸 것이다.

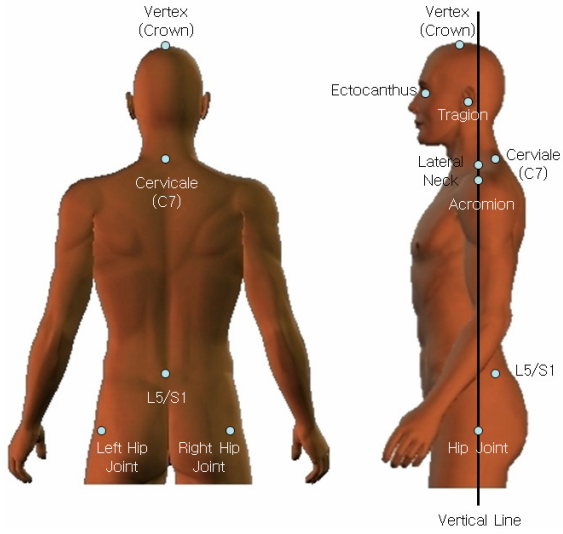

Figure 1. Joint points for the measuring body flexion angle

2.3 Reference postures(ISO 11226)

신체 굽힘각도에 대한 측정기준점은 실제 현장조사 시 사용하는 것만큼이나 다양하여 몸통이나 목의 굽힘각도에 대한 올바른 평가에 제약이 되고 있다. 본 연구에서 신체 굽힘각도 측정기준점을 어떠한 기준을 사용하느냐에 따라 논란의 소지가 있을 수 있으므로 앞에서 제시된 다양한 논문의 측정기준점을 사용하기 보다는 국제표준의 하나인 ISO 11226(2000)을 사용하도록 하였다. ISO 11226 표준의 작업자세 결정방법을 살펴보면, 몸통의 굽힘각도는 몸통의 움직임으로 인해 몸통각(Greater Trochanter의 상단 측 Hip-C7의 가시돌기를 잇는 선과 수직선간의 각도)의 전후 차이값을 말하며, 참조자세(Reference posture)는 몸통각이 약 4° 정도인 자세를 의미한다. 몸통의 굽힘각도는 0~20°, 20~60°, >60°으로 구분하다. 머리 굽힘각도는 머리의 움직임으로 인해 머리각(EEL과 수직선간의 각도)의 전후 차이값을 말하며, 참조자세는 응시각이 약 71°인 자세를 의미한다. 머리의 굽힘각도는 0~25°, 25~85°, >85°로 구분하며, 목의 굽힘각도는 머리의 굽힘각도와 몸통의 굽힘각도의 차이값으로 계산하며, 0~25°, >25°로 구분한다.

2.4 Procedures and methods

본 연구에서는 관찰에 의한 작업자세의 위험성을 평가할 때 신체 굽힘각도에 대한 측정오차가 발생하는 원인을 개별 관찰자들 스스로가 알고 있는 굽힘각도 측정기준점이 서로 다르기 때문에 발생하는 것으로 가정하고, 사업장 등에서 5년 이상 평가도구(OWAS, RULA, REBA 등)를 사용해본

인간공학 기사 및 기술사 25명을 대상으로 Figure 2와 같은 동일한 기본자세에 대하여 몸통 및 목의 굽힘각도 측정기준점 3개를 찍고, 선으로 연결하도록 하였다. 이때 다리는 굽힘이 없이 직립이라고 가정하였다. 이렇게 관찰자들이 선택한 굽힘각도 측정방법이 ISO 11226 표준 작업자세와 어느 정도의 차이가 발생하는지를 알아보기 위해 가상의 인체모델을 Poser 6.0 프로그램 이용하여 구성하였다. 몸통은 6가지 굽힘자세(0°, 15°, 20°, 30°, 45°, 60°)를 기준으로 하였고, 목의 굽힘각도는 몸통의 각도에 따라 달라지기 때문에 몸통을 20도 앞으로 굽힌 상태에서의 5가지의 목 굽힘자세(0°, 15°, 20°, 30°, 45°)를 기준으로 총 30개의 가상의 굽힘자세를 구성하였다(Figure 3, Figure 4). 이렇게 구성된 자세를 기초하여 관찰자가 선택한 측정방법과 ISO 표준 작업자세에 대한 각도 차이를 분석하였다.

또한 본 연구에서는 작업자세 평가를 위해 혼용하여 사용하고 있는 대표적인 인간공학 평가도구 5가지에 대하여 작업자세 평가 시 굽힘각도에 대한 측정기준점을 명확히 하고자 평가도구별로 굽힘각도 평가기준점을 원문 논문에 제시된 것은 그 내용을 그대로 인용하였고, 제시되어 있지 않은 것은 국내외 분석사례 연구를 통해 평가기준점을 기술하였다. 오랜 전에 개발된 평가도구일수록 원본 논문에서 조차 굽힘각도에 대한 정확한 평가기준점을 제시하고 있지 않은 것이 대부분이었다. 5가지 평가도구의 평가기준점에 대해서 ISO 11226 기준, 관찰자들이 선호하는 굽힘각도 기준, 평가도구의 보편적인 평가기준과 비교하였다.

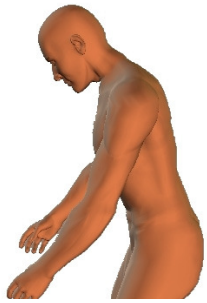

Figure 2. Basic observation posture

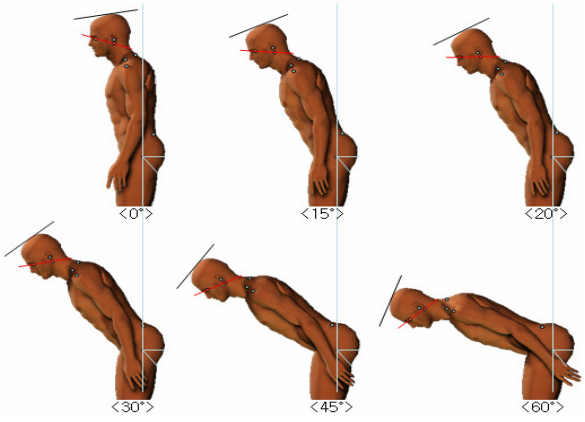

Figure 3. Six types of trunk flexion postures

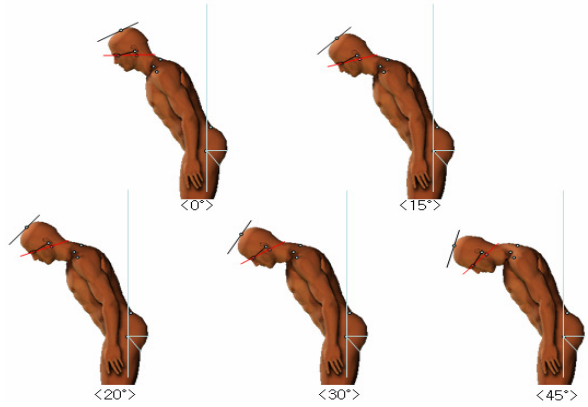

Figure 4. Five types of neck flexion postures

3. Results

3.1 Body flexion angle reference points

25명의 관찰자를 대상으로 신체 굽힘각도 측정기준점에 대한 조사 결과, 대부분의 관찰자의 경우 평가도구를 사용하여 작업자세를 평가하는 방법은 잘 알고 있으나, 평가도구별 굽힘각도에 대한 측정기준점은 정확히 알지 못하며, 각 평가도구에서 제시하고 있는 체크리스트에 포함된 이미지에 기초하여 신체 굽힘각도를 측정해온 것으로 조사되었다. 무엇보다, 인간공학 평가도구를 혼용하여 사용할 경우에 동일한 굽힘각도 값을 서로 다른 평가도구에 동일하게 적용하고 있는 것으로 조사되었다.

관찰자들이 제시한 굽힘각도 측정기준점을 살펴보면, 몸통의 굽힘각도는 Table 2와 같이 6가지 형태로 분류되며, 몸통각도5(수직선-L5/S1-C7)가 가장 높은 36%, 몸통각도2(수직선-Hip-C7)이 20%를 점유하고 있다. 목의 굽힘각도는 몸통의 굽힘각도의 몸통선에 영향을 받으며, Table 3과 같이 11가지 형태로 분류되며 목각도8(몸통선5-C7-정수리)이 가장 높은 20%, 목각도4(몸통선2-C7-정수리)가 12%를 점유하는 것으로 조사되었다. 본 조사에서 관찰자들이 가장 높은 비율로 선택한 굽힘각도 측정방법은 Figure 5와 같은 자세인 것으로 나타났다.

Table 2. Measuring methods of trunk flexion angle

Measurement methods	Trunk flexion angle	Rate (%)	Define of body line
몸통각도1	수직선-Hip-몸통어깨점	12	몸통선1
몸통각도2	수직선-Hip-C7	20	몸통선2
몸통각도3	수직선-Hip-목관절점	8	몸통선3
몸통각도4	수직선-L5/S1-몸통어깨점	16	몸통선4
몸통각도5	수직선-L5/S1-C7	36	몸통선5
몸통각도6	수직선-L5/S1-목관절점	8	몸통선6

Table 3. Measuring methods of neck flexion angle

Measurement methods	Neck flexion angle	Rate(%)
목각도1	몸통선1-C7-정수리	4
목각도2	몸통선1-몸통어깨점-정수리	8
목각도3	몸통선2-C7-귓구멍	4
목각도4	몸통선2-C7-정수리	12
목각도5	몸통선3-C7-정수리	8
목각도6	몸통선4-C7-정수리	4
목각도7	몸통선4-몸통어깨점-정수리	12
목각도8	몸통선5-C7-귓구멍	16
목각도9	몸통선5-C7-정수리	20
목각도10	몸통선6-목관절점-정수리	8
목각도11	수직선-C7-정수리	4

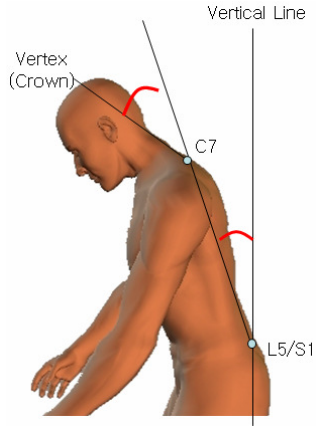

Figure 5. Reference point selected by the observers

3.2 Comparing difference according to measuring methods

표준 작업자세(ISO 11226, Reference Posture)에 따른 Figure 3, Figure 4의 자세와 Table 2, Table 3의 각 굽힘각도 측정방법을 비교하고자 몸통의 경우 6가지 굽힘자세(0, 15, 20, 30, 45, 60)를 구성하였고, 목의 경우에는 몸통선에 영향을 받으므로 몸통을 20° 굽힌자세에서 5가지의 목 굽힘자세(0, 15, 20, 30, 45)를 구성하여, 총 30개의 굽힘자세와 표준 작업자세와의 차이 분석을 실시하였다.

그 결과, 몸통 굽힘각도의 경우 기준자세에 비해 6가지 굽힘자세에서 4~23°(평균 14°)의 차이가 발생하는 것으로 조사되었으며, 이러한 결과는 유의수준 0.01에서 매우 유의한 것으로 나타났다. 몸통 굽힘각도 측정방법 6가지 중에서 기준자세와 비교하여 그 차이가 가장 적은 자세는 몸통각도2인 수직선-Hip-C7을 잇는 선간의 굽힘각도로 분석되었다. 관찰자들이 가장 많이 사용하고 있는 몸통 굽힘각도인 몸통각도5는 평균 14°의 차이를 보이는 것으로 조사되었다.

목 굽힘각도의 경우 표준 작업자세(ISO 11226)에 비해 -8~51°(평균 20°)의 차이가 발생하는 것으로 조사되었으며, 이러한 결과는 유의수준 0.01에서 매우 유의한 것으로 나타났다. 11가지 목 굽힘각도 측정방법 중에서 목각도 10인 몸통선6-목관절점-정수리를 잇는 선간의 각도로 측정하는 방법이 ISO 표준 작업자세에 비해 그 차이가 가장 적은 것으로 분석되었다. 관찰자들이 가장 많이 사용하고 있는 목각도9인 몸통선5-C7-정수리를 잇는 각도는 평균 17°의 차이를 보이는 것으로 조사되었다. 이러한 목 굽힘각도의 차이는 머리의 굽힘각도와 혼재되어 사용하고 있다는 Juul-Kristensen et al.(2001)의 연구와 같이 관찰자들이 목과 머리의 굽힘각도를 정확히 구분하지 못하는 것을 알 수 있었다.

3.3 Flexion angle reference points for the evaluation tools

앞에서도 언급하였듯이 관찰자들에 대한 조사 결과, 평가도구마다 신체 굽힘각도 평가기준점이 서로 다르다는 것을 인지하지 못하고 관찰자 스스로의 기준에 따라 신체 굽힘각도를 측정하고 있는 것으로 조사되었다. 또한, 분석 결과의 신뢰성을 높이기 위해 두 가지 이상의 평가도구를 혼용하여 사용하고 있으며, 이때, 신체 굽힘각도는 동일한 굽힘각도값을 여러 평가도구에 동일하게 적용하고 있는 것으로 조사되었다. 평가도구별 평가기준점에 대한 조사 결과, 평가도구마다 서로 다른 평가기준점을 사용하고 있다. 몸통 굽힘각도로는 Hip-몸통어깨점을 잇는 선과 수직선간의 각도, 목의 굽힘각도는 목관절점-귓구멍을 잇는 선과 몸통선간의 각도가 보편적인 평가기준으로 사용되는 것으로 조사되었다. Figure 6은 5가지 평가도구의 몸통과 목의 굽힘각도 평가기준점 중에서 가장 보편적으로 사용하고 있는 평가기준점을 나타낸 것이다.

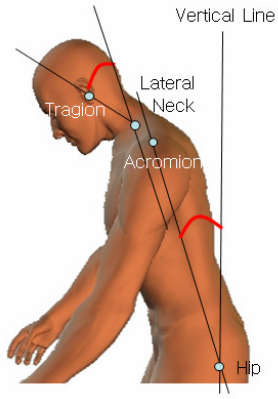

Figure 6. Reference point for the evaluation tools

5가지 평가도구를 혼용하여 사용할 때 보다 높은 신뢰성을 확보하기 위해 ISO 11226 기준, 관찰자들이 선호하는 굽힘자세 기준, 평가도구의 보편적인 굽힘자세 기준이 5가지 평가도구의 평가기준점과 비교해 얼마나 차이가 나는지 조사하였다. Table 4는 대표적으로 사용하고 있는 작업자세 평가도구별 몸통 굽힘각도 평가기준점과 세가지 기준을 비교한 것이다. ISO 11226의 기준과 비교해 REBA의 몸통 굽힘각도는 평균 16°의 차이를 보이고, 나머지 평가도구는 5°의 차이를 보이고 있다. 평가도구의 보편적인 기준과 비교해서도 REBA는 평균 12°의 차이를 보이고 있었다. 다만, 관찰자들이 선호하는 기준과는 전체적으로 5~7°의 차이를 보여 가장 적은 것으로 나타났다. Table 5는 평가도구별 목 굽힘각도 평가기준점과 세가지 기준을 비교한 것이다. ISO 11226의 기준과 비교해 REBA의 목 굽힘각도는 평균 29°, RULA와 Keyserling은 평균 20°의 차이를 보이고, QEC는 평균 7°의 차이가 있는 것으로 분석되었다. 평가도구 보편적인 기준과 비교해서는 QEC가 평균 12°, REBA는 9°의 차이를 보이고 있었다. 또한 관찰자들이 선호하는 기준과 비교해서는 REBA의 목 굽힘각도는 평균 12°, RULA와 Keyserling은 평균 3°의 차이를 보이고, QEC는 평균 10°의 차이를 보였다. 이처럼 평가도구별 각도 차이가 상당히 다양하게 나타나고 있는 것으로 분석되었다.

각 평가도구들은 나름대로의 굽힘각도 평가기준점에 따라 Table 6과 같이 위험도를 분류하고 있다. 분석 결과에 따른 각도 차이를 감안해 볼 때, 해당 평가도구의 특성을 반영하

Table 6. Each evaluation tools categorizes the degree of risk

Evaluation tools	Trunk			Neck		
	Low	Moderate	High	Low	Moderate	High
Keyserling	0~20°	20~45°	>45°	0~20°	20~45°	>45°
OWAS	0~20°	>20°		0~30°	>30°	
RULA	0~20°	20~60°	>60°	0~10°	10~20°	>20°
REBA	0~20°	20~60°	>60°	0~20°	>20°	
QEC	0~20°	20~60°	>60°	0~20°	>20°	

Table 4. Comparison of trunk flexion angle for the evaluation tools with the three reference points

Evaluation tools	Trunk flexion angle	ISO 11226 (수직선-Hip-C7)	평가도구 (수직선-Hip-몸통어깨점)	관찰자 선호 (수직선-L5/S1-C7)
Keyserling	수직선-Hip-몸통어깨점	5°	0°	5°(3~6°)
OWAS	수직선-Hip-몸통어깨점	5°	0°	5°(3~6°)
RULA	수직선-Hip-몸통어깨점	5°	0°	5°(3~6°)
REBA	수직선-L3/L4-몸통어깨점	16°(15~18°)	12°(10~13°)	7°
QEC	수직선-Hip-몸통어깨점	5°	0°	5°(3~6°)

Table 5. Comparison of neck flexion angle for the evaluation tools with the three reference points

Evaluation tools	Neck flexion angle 몸통선A: 수직선-Hip-몸통어깨점 몸통선B: 수직선-L3/L4-몸통어깨점	ISO 11226 (머리각-몸통각)	평가도구 (몸통선-목관절점-귓구멍)	관찰자 선호 (몸통선-C7-정수리)
Keyserling	몸통선A-목관절점-귓구멍	20°(17~23°)	0°	3°(2~4°)
OWAS	-	-	-	-
RULA	몸통선A-목관절점-귓구멍	20°(17~23°)	0°	3°(2~4°)
REBA	몸통선B-목관절점-귓구멍	29°(26~32°)	9°	12°(11~13°)
QEC	몸통선A-몸통어깨점-정수리	7°(3~11°)	12°(10~14°)	10°(9~10°)

여 작업자세를 정확하고 신뢰도 높게 평가하기 위해서는 평가도구별 굽힘각도 평가기준점을 명확히 알고 그 기준에 따라 굽힘각도를 측정하는 것이 무엇보다 중요하다. 관찰자들이 선호하는 굽힘각도 측정기준을 사용할 경우에는 평가도구에 맞게 각도 보정이 반드시 필요하다.

4. Discussion and Conclusion

본 연구에서는 신체 굽힘각도에 대한 정확한 평가를 위해 기존 연구들에 대한 문헌조사를 통해 다양한 굽힘각도 측정기준점에 대해 살펴보았고, 사업장 등의 인간공학 기사 및 기술사 25명을 대상으로 작업자세 평가도구별로 굽힘각도 측정기준점을 조사하였다. 조사 결과, 평가도구별로 별도의 굽힘각도를 구분해 사용하기 보다는 한가지의 몸통과 목의 굽힘각도 측정법을 사용하고 있으며, 몸통 굽힘각도는 6가지, 목의 굽힘각도는 11가지의 측정방법을 사용하고 있는 것으로 조사되었다. 관찰자들이 선택한 몸통의 굽힘각도에 대한 조사 결과, L5/S1에서 수직선을 잇는 선과 L5/S1에서 C7을 잇는 수직선-L5/S1-C7, 목의 굽힘각도는 L5/S1와 C7을 잇는 몸통선과 C7와 정수리를 잇는 선이 가장 높은 비율을 나타내는 것으로 조사되었다.

이러한 측정방법에 기초하여 30가지 굽힘자세를 구성하여 ISO 11226 표준자세와 비교하여 몸통 및 목의 굽힘각도에 대한 차이 분석을 실시하였다. 그 결과, 몸통의 경우 평균 14°(4~23°), 목의 경우 평균 20°(-8~51°) 정도 차이가 발생하는 것으로 분석되었다. 또한, 5가지 평가도구를 혼용하여 사용할 때 보다 높은 신뢰성을 확보하기 위해 ISO 11226 기준, 관찰자들이 선호하는 굽힘자세 기준, 평가도구의 보편적인 굽힘자세 기준이 5가지 평가도구의 평가기준점과 비교해 본 결과, 평가도구별 각도 차이가 상당히 다양하게 나타나고 있는 것으로 분석되었다. 예를 들어, RULA와 REBA의 몸통 굽힘각도의 차이는 세가지 기준점에 따라 12° 정도 발생하고 있는데, 몸통의 위험도 분류기준은 같은 수준이므로 두 평가도구를 병행하여 사용할 경우에는 분석결과에 커다란 차이를 나타낼 수 있다. 이러한 차이는 굽힘각도 측정기준점이 다름으로 인해 평가도구를 이용한 분석결과에 대한 신뢰도에 문제가 발생할 수 있음을 보여주는 결과라 할 수 있다. 따라서 평가도구를 병행하여 사용함에 있어 주의를 요하는 부분이라 할 수 있다.

본 연구는 실제 작업자세를 관찰해 차이 분석을 실시한 것이 아니고 가상의 인체모델을 통해 각 신체부위를 지정한 것으로 현실을 반영하지는 못하는 한계를 갖고 있다. 다만, Burt et al.(1999)는 실제 작업자세를 분석하는 것이 해부학적인 자세를 참조해 평가하는 것보다 더 어렵다고 보고하고 있다. 특히, 실제 작업 상황에서는 입고 있는 옷이나 머리카락 등으로 몸통이나 목 부위의 굽힘정도 정확하게 인지할 수 없어 특별한 교육을 실시해 작업을 분석한 사례(Dartt et al., 2009)도 있다. 따라서, 본 연구의 연구방법은 실제 작업 분석 시 측정기준점을 정확히 인지하지 못하는 단점을 인체모델을 이용한 분석에서 더 정확히 분석할 수 있는 장점도 있다.

이상과 같이, 본 연구 결과에 따라 평가도구의 굽힘각도 기준점, 관찰자가 선호하는 기준점 등의 각도 차이를 감안해 볼 때, 작업자세 분석 시 정확하고 신뢰도가 높게 평가하기 위해서는 사용하게 될 평가도구의 특성을 제대로 반영하여 평가도구별 굽힘각도 평가기준점을 명확히 알고 그 기준에 따라 굽힘각도를 측정하여 사용하는 것이 필요하다. 또한 관찰자 나름대로 ISO 11226 굽힘각도 측정기준이나 관찰자들이 선호하는 굽힘각도 측정기준을 사용할 경우에는 반드시 평가도구에 맞게 각도 보정이 필요한 것을 알 수 있었다.

References

Burt, S. and Punnett, L., Evaluation of interrater reliability for posture observations in a field study, *Applied Ergonomics*, 30, 121-135, 1999.

Chaffin, D., Andersson, G. and Martin, B., *Occupational Biomechanics*, 3rd ed., New York: John Wiley, 1999.

Dartt, A., Rosecrance, J., Gerr, F., Chen, P., Anton, D. and Merlino, L., Reliability of assessing Upper Limb postures among workers performing manufacturing tasks. *Applied Ergonomics*, 40, 371-378, 2009.

Elizabeth, C., Visual Posture Observation Error and Training. *North Carolina State University*, 2003.

Hignett, S. and McAtamney, L., Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31, 201-205, 2000.

Hsiao, H. and Keyserling, W. M., Evaluating posture behavior during seated tasks, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 8, 313-334, 1991.

ISO 11226, Ergonomics-Evaluation of static working postures, *International Organization for Standardization*, 2000.

Juul-Kristensen, B., Hansson, G.-A., Fallentin, N., Andersen, J. H. and Ekdahl, C., Assessment of work postures and movement using a video-based observation method and direct technical measurements, *Applied Ergonomics*, 32, 517-524, 2001.

Kee, D., A Review of Postural Classification Schemes for Evaluating Postural Load-focused on the Observational Methods, *Journal of the KIIS*, Vol. 15, No. 4, 2000.

Kee, D. and Park, K., Comparison of Posture Classification Schemes of OWAS, RULA and REBA, *Journal of the KOSOS*, Vol. 20, No. 2, 2005.

Keyserling, M., Brouwer, M. and Silverstein, B., A checklist for evaluating ergonomic risk factors resulting from awkward postures of the legs, trunk, and neck. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 9, 283-301, 1992.

Kilbom, A., Persson, J. and Jonsson, B. G., Disorders of the cervicobrachial region among female workers in the electronics industry. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1, 37-47, 1986.

Korean Agency for Technology and Standards, Korean anthropometric data of Size Korea. Retrieved January 23, 2005, from *http:// sizekorea.ats.go.kr/ 01_Size Korea /01_SizeKoreaOutline.asp*, 2004.

Korean Ministry of Labor, Statistics of Industrial Accident in 2008. *Korean Ministry of Labor, Seoul, Korea*, 2009.

KOSHA(Korea Occupational Safety and Health Agency), Guideline for the examination of risk factors related to WMSDs. *KOSHA, Seoul, Korea*, 2003.

Lariviere, C., Gagnon, D. and Loisel, P., The effect of load on the coordination of the trunk for subjects with and without chronic low back pain during flexion-extension and lateral bending tasks. *Clinical Biomechanics*, 15, 407-416, 2000.

Lee, I., Effects of Viewing Angle on the Estimation of Joint Angles in the 2 dimensional Plane, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 25(2), 51-61, 2006.

Li, G. and Buckle, P., Current techniques for assessing physical exposure to work-related musculoskeletal risks with emphasis on posture-based methods, *Ergonomics*, 42, 5, 674-695, 1999.

Marras, W., Fathallah, F., Miller, R., Davis, S. and Mirka, G., Accuracy of a three-dimensional lumbar motion monitor for recording dynamic trunk motion characteristics. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 9, 75-87, 1992.

McAtamney, L. and Corlett, E., RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24, 91-99, 1993.

Neumann, P., Wells, R. P., Norman, R. W., Frank, J., Shannon, H. and Kerr, M. S., the OUBPS Working Group, A posture and load sampling approach to determining low-back pain risk in occupational settings, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 27, 65-77, 2001.

NIOSH(National Institute for Occupational Safety and Health). Musculo-skeletal disorders and workplace factors: A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. *Cincinnati, OH: NIOSH Publ*. No. 97-141, 1997.

Park, J., A Survey on the Workload Evaluation Methods and Their Applications to WMSD Work in Industries, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 29(4), 435-444, 2010.

Straker, L., Burgess-Limerick, R., Pollock, C., Murray, K., Netto, K., Coleman, J. and Skoss, R., The impact of computer display height and desk design on 3D posture during information technology work by young adults, *J Electromyogr Kinesiol*, 18, 336-349, 2008.

Author listings

Day Sung Kim: ergomania@gmail.com

Highest degree: PhD, Department of Industrial & Management Engineering, University of Incheon

Position title: Researcher, Occupational Safety & Health Research Institute, KOSHA

Areas of interest: Industrial Ergonomics, Musculoskeletal Disorders

Chol Hong Kim: chkim@incheon.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, Wichita State University

Position title: Professor, Department of Industrial & Management Engineering, University of Incheon

Areas of interest: Ergonomics, Musculoskeletal Disorders, Industrial Safety

Date Received : 2011-05-13

Date Revised : 2011-09-06

Date Accepted : 2011-09-08