

스크류 드라이버 작업장의 인간공학적 분석에 관한 연구

Ergonomic Analysis of Screw Driver Workstation

박 희 석 국 정 훈

홍 익 대 학 교 산 업 공 학 과

Abstract

Twenty six subject drove screws with a screw driver into thick wooden sheet at three vertical and horizontal locations. Subjects drive screws for 3 minutes at each location and they assessed the condition using the psychophysical scale. An ANOVA showed that only vertical location was a significant factor in determining the pain ratings of various body parts. Driving screws at elbow height on the vertical surface and with the lower arm close to the body on the horizontal surface were the work locations with the smallest ratings of perceived pain and discomfort. Wearing gloves had significant effects on reducing the pain of the hand.

1. 서 론

오늘날 우리가 누리고 있는 기계 문명의 발전은, 많은 경우 공구의 개발과 활용에 의존한다 하여도 과언이 아니다. 실제로 고대 사회의 흥망 성쇠는 그 사회가 보유하고 사용하였던 공구의 우수성에 좌우되었음을 우리는 인류 역사속에서 알 수 있다. 현대 사회에서는 컴퓨터, 자동 기계 등의 출현으로 전통적인 공구의 중요성이 간과되고 있으나, 아직까지 산업체와 가정에서는 공구, 특히 수공구의 사용을 배제할 수 없다.

인간공학(ergonomics)은 물건, 기구나 기계, 그리고 환경을 인간이 사용하기에 편리하고 안전하게 설계하는 과정을 다루는 과학이며, 그 궁극적인 목표는 전체 시스템의 효능을 높

이고 건강, 안전, 만족도 등의 인간 가치를 높이는데 있다[4]. 종래의 시스템 설계 개념은 제품이 제 기능만을 다하도록 설계하는 것이 주목적이었으며, 종종 사용자에게 대한 고려는 무시되어 왔다. 그 예로 수공구 사용시, 상당한 수준의 힘이 가해져야 하는 경우 또는 수공구 작업시 불편한 자세가 초래되는 경우를 들 수 있다. 이러한 요인이 장기간 지속되면 통증이나 피로를 느끼게 되며 나아가 손목이나 어깨의 질환을 초래할 수 있다.

본 연구는 가장 흔히 사용되는 수공구중의 하나인 스크류 드라이버(screw driver) 작업의 인간공학적 분석과 설계에 관한 것으로서, 수직면과 수평면상에서 스크류 드라이버를 사용하여 나사못을 박는 작업을 할 때 작업자가 각 신체 부위에서 느끼는 통증 정도를 분석하여 적정 수공구와 작업장을 설계함을 그 목적으로 한다.

II. 연구 방법

1. 피실험자 (Subjects)

26명의 대학생들(남 20명, 여 6명)이 실험에 참가하였다. 피실험자들의 평균 연령은 21세였으며, 피실험자 전원이 손과 팔, 그리고 어깨로 이루어지는 상지(upper extremities)의 근육골격계(musculoskeletal system)에 아무런 문제가 없음을 실험 진행자가 질문을 통하여 확인하였다.

2. 실험장비 (Apparatus)

가. 인체제원과 근력 측정 (Anthropometric and Static Strength Measurements)

신체 각 부위의 제원 측정을 위하여 마틴식 인체측정 세트를 이용하였다. 그리고 근력측정을 위하여 근력측정장치와 악력계(잡는 거리 : 4cm, 5cm, 6cm, 7cm)를 사용하였다.

나. 스크류 드라이버 (Screw Driver)

일반적인 형태의 스크류 드라이버(손잡이 직경 2.2cm)와 나사못(길이 2.4cm, 직경

0.4cm)이 실험에 사용되었다.

3. 실험절차 (Experimental Procedure)

가. 인체제원과 근력 측정 (Anthropometric and Static Strength Measurements)

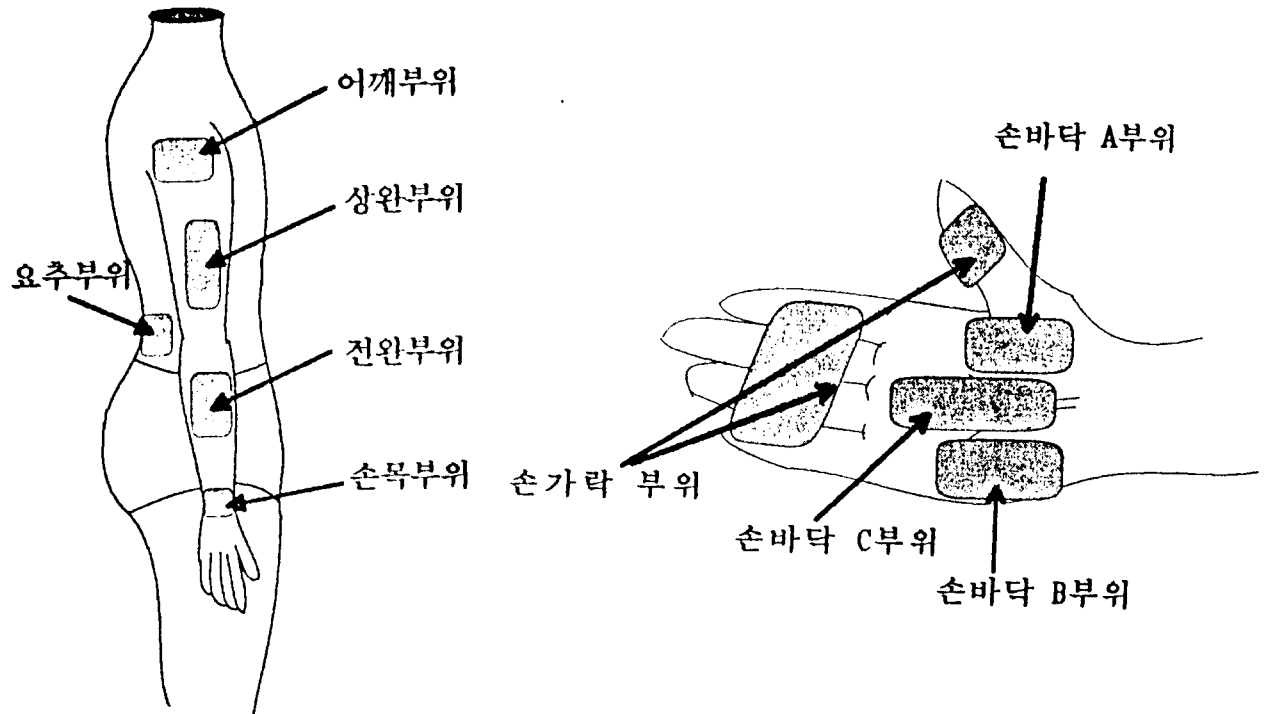
모든 피실험자에 대하여 신장, 체중, 손목높이, 전완돌레, 상완돌레, 팔꿈치높이, 손두께, 손길이, 손너비, 손돌레 등 신체 부위의 제원과 팔근력, 악력(잡는 거리 4, 5, 6, 7cm) 등의 근력 데이터를 측정하였다 [1].

나. 실험계획 (Experimental Design)

작업조건과 신체 부위의 통증과의 관계를 평가하기 위하여 스크류 드라이버 작업시, 몸에서 작업점까지의 수평거리와 수직거리를 변화시켰다. 수평거리의 영향을 분석하기 위하여 작업점의 수직높이를 마루에서 103cm로 고정시키고 수평거리가 각각 5cm, 25cm, 45cm일 때(수평면 작업)의 통증을 분석하였다. 그리고 수직거리의 영향을 평가하기 위하여 수평거리를 몸에서 25cm로 고정시키고 수직거리가 마루에서 각각 103cm, 138cm, 164cm일 때(수직면 높이)의 통증을 분석하였다. 또한 장갑 착용의 효과를 분석하기 위하여 수평거리가 25cm, 수직거리가 103cm일 때는 장갑을 착용시, 미착용시 2회의 실험을 실시하였다.

다. 심리육체적 평가 (Psychophysical Scaling)

스크류 드라이버를 사용하여 작업할 때 신체 각 부위에 부여되는 통증(pain)과 불편함(discomfort) 정도를 평가하였다. 실험계획상의 각 실험조건하에서 3분간 3개의 나사못을 나무합판에 스크류 드라이버를 사용하여 돌려서 박는 실험을 실시한 뒤, 손바닥, 손가락, 손목, 상완, 어깨, 요추 등의 신체부위에서 느껴지는 통증을 피실험자가 직접 평가하게 하였다(<그림 1> 참조). 상기한 각 신체 부위에 대하여 길이 10cm의 psychophysical scale상에 통증 정도를 연필로 X 표시를 하였다. 이 psychophysical scale의 가장 왼쪽(0점)은 통증이 전혀 없을 때이며 가장 오른쪽(10점)은 더 이상 참지 못할 정도의 통증을 느낄 때로 정의되었다.



<그림 1> 평가대상 신체 부위

III. 결 과

1. 인체 데이터

인체제원 측정의 결과로 각 제원의 평균값과 표준편차가 <도표 1>에 나타나 있다.

<도표 1> 인체측정 결과

인체 특성	데 이 타	인체 특성	데 이 타
신장 (cm)	170.9 (8.0)	팔꿈치높이 (cm)	103.7 (5.5)
체중 (Kg)	62.2 (9.1)	손두께 (cm)	3.7 (0.7)
손목높이 (cm)	82.9 (4.9)	손길이 (cm)	18.1 (1.0)
전완둘레 (cm)	25.1 (2.2)	손너비 (cm)	10.0 (1.2)
상완둘레 (cm)	29.0 (2.8)	손둘레 (cm)	20.0 (1.8)

근력측정의 결과는 <도표 2>에 나타나 있다.

<도표 2> 근력측정 결과

근 육	근 력	근 육	근 력
팔근력	24.6 (8.9)		
악력 4cm	39.4 (12.1)	악력 6cm	39.3 (12.5)
악력 5cm	39.4 (12.6)	악력 7cm	36.5 (11.5)

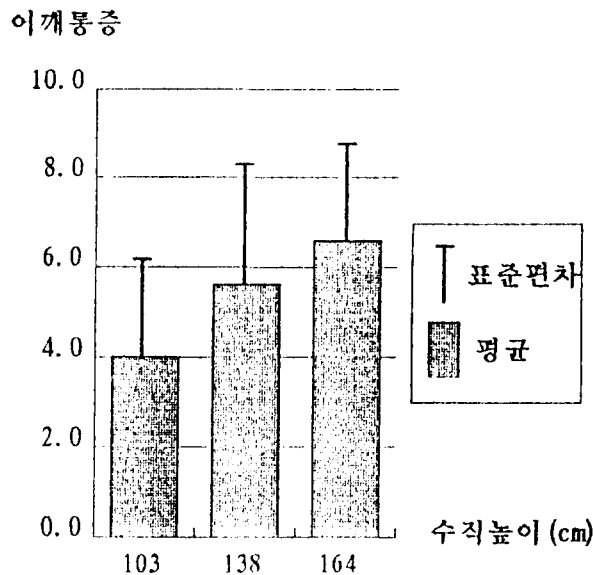
2. 신체 제원과 통증과의 관계

각 신체 부위의 제원과 통증과의 상관관계(Correlation Analysis)을 실시하였다. 그 결과, 일반적으로 악력, 손길이, 손둘레, 전완둘레, 상완둘레와 통증과는 음의 상관관계를 가짐을 나타냈다.

3. 수평거리와 수직거리의 영향

각 신체 부위에 대하여 psychophysical scale상에 표시된 통증 정도를 0점을 기준으로 측정 한 뒤 수평거리와 수직거리를 독립변수(independent variable)로 하여 분산분석(Analysis of Variance)을 실시하였다. 그 결과, 전 대상 신체 부위에 대하여 수평거리는 유의하지 않은 것으로 나타났다(유의수준 0.05). 비록 유의수준에는 미치지 못하나 전완($p=0.12$)와 어깨($p=0.21$) 부위가 수평거리에 민감하여, 작업점이 몸으로부터 멀리 있을수록 통증이 심한 경향을 보였다.

수직거리는 어깨 부위에 대하여 유의하여 수직거리 103cm일 때 통증이 가장 약했으며, 138cm와 164cm 간에는 통증상 유의한 차이가 없었다. (<그림 2> 참조). 그 외 상완($p=0.11$), 전완($p=0.16$) 부위가 수직거리에 민감한 것으로 나타났다.



<그림 2> 수직거리와 어깨 통증

4. 장갑의 영향

장갑을 착용하였을 때 느끼는 통증은 손바닥, 손가락, 어깨 부위에 대하여 장갑 미착용 시에 비하여 현저히 감소하는 것으로 나타났다. 그 외 신체 부위에 대하여는 장갑 착용의 뚜렷한 영향을 발견할 수 없었다.

IV. 결론 및 토의

본 연구는 수직면과 수평면에서 스크류 드라이버를 사용하여 나사못을 박는 작업을 할 때 작업자가 각 신체 부위에서 느끼는 통증 정도를 분석하였다. 몸과 작업점과의 수평거리가 신체 부위의 통증에 유의할 것으로 예상되었으나 본 실험의 결과로는 수평거리가 변화하여도 신체 각 부위에서 감지되는 통증에는 큰 변화가 없었다. 이것은 작업점의 높이가 103cm로 고정되어 있었으며 이는 피실험자들의 평균 팔꿈치 높이에 해당하며 이 때 상지가 위로 들리게 되는 것(elevated)이 최소가 된다. 따라서 수평거리가 변화하더라도 손목과 어깨를 비롯한 상지의 자세가 크게 변화하지 않아 피실험자들이 통증의 변화를 민감하게 느끼지 못한 결과이며, 또한, 반복적인 작업으로 인한 피로의 누적에 대한 실험 배제로 인하여 생기는 결과로 여겨진다. 본 실험에서 유의한 것으로 나타나지는 않았으나 작업점이 몸에서 가까울수록 좋은 경향이 발견되어지며, 따라서, 반복적인 작업일수록 몸에서 떨어진 위치에서의 작업은 피하는 것이 좋을 것으로 예상되어진다. (이는 여타의 결과와 일치한다[5]).

수직거리에 대하여는 높이가 103cm(팔꿈치 높이)일 때 통증이 최소였으며, 높이가 138cm, 164cm, 즉, 위로 올라갈수록 통증이 점점 증가하였다. 이는 팔꿈치 높이에서 작업을 할 때 상지의 자세가 중립 자세(neutral posture)와 유사하여 신체에 부여되는 스트레스가 적게 된다. 따라서, 수직거리와 관련된 작업(특히, 반복되는 작업)에서는 되도록이면 팔꿈치 높이에서의 작업을 실시해야 하며, 이것이 불가능할 경우에는 작업장을 이에 맞추도록 설계해야 한다. (작업점이 높을 경우에는 발 받침대를 사용하고, 낮을 경우에는 앉아서 작업을 하도록 하거나, 작업대를 높여야 한다.)

장갑을 착용하면 특히 손바닥에서 느껴지는 통증은 현저히 감소하였다. 하지만 장갑 착용은 항상 권장할 수 만은 없는데 이는 장갑 착용시에는 악력이 증가하게 되므로 [2] 근육의 피로가 증가하기 때문이다. 따라서 장갑의 크기나 재질의 선정에 주의를 기울여야 한다. 그리고 인체 제원과 통증과의 관계에서 손이 크고 손과 팔의 힘이 큰 사람들이 통증을 적게 느끼는 것으로 나타났다.

위에서 나타난 바와 같이 스크류 드라이버 작업시에는 가능하면 작업점을 몸에 가까이 두는 것이 통증을 작게 하며, 또한, 수직 높이에 대해서는 작업점을 팔꿈치 높이로 하는 것이 적당하다고 볼수 있다.

스크류 드라이버 작업시 신체 각 부위에서 느끼는 통증을 제거하기 위하여는 전동 수공구의 도입을 고려할 수 있다. 하지만 전동 수공구를 사용하면 자동적으로 수반되는 기계진동(vibration)은 우리 몸에 각종 악영향을 줄수 있으므로 [3], 이 경우에는 진동을 흡수하는 물질의 사용이나 주파수 조정, 공구 무게의 조정 등을 통하여 그 악영향들을 최소화하여야 한다.

< 참 고 문 헌 >

- 1) Chaffin, D.B. and Anderson, G.B.J. Occupational biomechanics, 2nd edition, John Wiley & New York (1991).
- 2) Eastman Kodak Company, Ergonomic design for people at work, Van Nostrand Reinhold, New York (1986).
- 3) Park, H.S. and Martin, B.J., "Contribution of the tonic vibration reflex to muscle stress and muscle fatigue" Scandinavian journal of Work, Environment and Health, Vol. 19: 35-42 (1993).
- 4) Sanders, M.S. and McCormic, E.J., Human factor in engineering and design, 7th edition, McGraw-Hill, New York (1992).
- 5) Uin, S.S., Armstrong, T.J., Snook, S.H. and Keyserling, W.M., "Perceived exertion and discomfort associate with driving screws at various work location and at different work frequencies "Ergonomics, Vol. 36, 833-846 (1993).