Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 27, No. 1 pp.53-60, February 2008

좌식 작업에 있어서 슬관절 각도 변화에 따른 하지 근력 및 압력분포 분석에 관한 연구†

여 민 우 · 이 동 춘

동아대학교 산업경영공학과

An Analysis on Muscle Strength of Lower-extremity and Pressure Distribution in Sitting Posture

Min Woo Yeo, Dong Choon Lee

Department of Industrial and Management Systems Engineering, Dong-A University, Busan, 604-714

ABSTRACT

The purpose of this study is to provide basic data, such as exerting muscle power of the lower-extremity, EMG test and pressure distribution for designing ergonomic workstation in sitting posture. The exerting muscle power of the lower-extremity was measured by PRIMUS in 4 postures of 90°, 120°, 150° and 180°. And performed ANOVA test on Max. and Mean 100%MVC. In EMG test for surveying muscle mobiligation, 5 muscles(Rectus Femoris, Vastus Lateralis, Gastrocnemius, Soleus, Tibialis Anterior) were employed. Additional experiment in pressure distribution in sitting posture by Pliance(16×16 poles), Max. pressure was measured and performed ANOVA test on the results. Concludingly, sitting posture with 120° lower-extremity is the best design criterion for ergonomic workstation in sitting posture.

Keyword: Lower-extremity, Muscle Strength, Pressure Distribution, Sitting posture, Work-related Musculoskeletal Disorders

1. 서 론

작업관련 근골격계 질환과 관련된 대부분의 국내 · 외 연구들은 생체역학적 접근, 생리학적 접근, 정신물리학적 접근, 각 접근의 혼합론 등을 통하여 주어진 반복횟수에서 요통 등의 허리와 관련된 재해를 줄이는 최대허용한계 및 권장최대중량만을 결정함으로써 누적된 반복 작업에 의하여 발생되는 타 부위의 누적외상성 질환을 간과하는 문제점을 가지고 있으며 여러 가지 인력 운반 작업 재해 발생 방지대책 중, 가장 중요하게 고려해야 할 보호 장비 및 기계화 설계에는 초점을 맞추지 못하는 단점을 내포하고 있다(Clement et al., 1981; Jiang, 1984; Kim, 1990).

실제로 부적절한 작업 자세는 무리한 중량물의 취급과 함께 작업관련 근골격계 질환(Work-Related Musculo-skeletal Disorders; WMSDs) 유발의 주요 요인으로 꼽히고 있으며, 이미 많은 연구 결과에서 보고되고 있다(Armstrong et al., 1993; Bernard, 1997). 근골격계 질환의 요인으로서 작업 자세에 대한 연구는 주로 상지, 어깨, 목, 허리 등의 상체를 대상으로 이루어졌으며, 하지에 대한 연구는 상체에 비해 상대적으로 적게 이루어지고 있다(Bernard, 1997; Corlett et al., 1986). 이는 작업 중 하지의 자세가 상대적으로 상지에 비해 제한적이며, 하지에서의 근골격계 질환의 유발이 상체에 비해 상대적으로 적기

*본 연구는 2006학년도 동아대학교 학술연구비(공모과제) 지원으로 수행되었음.
교신저자: 이동춘
주 소: 604-714 부산광역시 사하구 하단 2동 840번지, 전화: 051-200-7600, E-mail: dclee@dau.ac.kr

때문인 것으로 추정된다(이인석 등, 2002). 그러나, 근골격계 질환의 유발과 하지 자세간의 상관성은 여러 연구에서 보고되고 있으며, 하지 자세를 근골격계 질환의 주요 위험요인 중 하나로 보고한 연구도 있다(Gallagher et al., 1988).

또한, Arnhein(1986)은 상체의 신체활동보다 하체의 신체활동을 통해 심혈관계 및 폐 기능의 향상, 산소 섭취량의 증가, 유연성 및 관절가동범위의 기능 향상을 가져온다고 보고했다. 또한 김양곤(1982)은 하지 운동능력이 숙달됨으로써 운동의 범위가 확대되고 미적 신체운동으로 하지 기관의 기능을 향상시킨다고 하였다. 하지의 운동학적 변인에 영향을 주는 요인들을 보면 Simpson(1992)은 운동수행의 특성을 형태학적 특성, 환경적 특성, 동작 특성, 운동역학적인 특성으로 크게 나누었다. 형태학적인 특성에는 질량, 동작범위, 상해 경력, 심리적인 요인, 환경적인 특성에는 신발, 표면종류, 규칙, 날씨로, 동작특성은 방향, 동작속도, 발을 딛는 방법으로, 운동역학적인 특성은 힘, 회전력, 작용점, 작용시간으로 나누고 운동학적 변인에 미치는 요인들을 설명하였다. 작업관련에 있어서 하지 자세는 전신의 안정성(stability)과 동작성(mobility)에 영향을 미치기 때문에 하지의 자세에 따라서 전신의 작업 자세 부하가 영향을 받게 된다(Kirby et al., 1987).

서서 작업하는 작업자나, 착좌 작업자 하지의 작업관련 근골격계 질환들에서 자각 증상 정도와 유병율이 높음에도 불구하고 그 동안 국내에서 선행된 연구가 미비한 실정이었다. 따라서 작업관련 근골격계 질환에서 하지에 대한 연구를 시도함으로써 근골격계 질환을 예방하는데 있어서 다양한 근거 자료를 제시할 수 있으며, 선행 연구 결과가 미비한 하지에 대한 인간공학적인 다양한 연구 필요성은 상대적으로 높다고 할 수 있다.

그러므로, 본 연구에서는 좌식 작업장 설계를 위한 하지 근력의 힘 발휘에 대한 데이터를 제공하였으며, 작업역 공간에서 발생하는 슬관절 각도에 따른 하지의 힘 발휘 시 근육의 피로 정도를 근전도(electromyogram: EMG)를 측정함으로써, 실질적인 근골격계질환을 예방할 수 있는 작업장 설계 가이드 라인을 제공해주고자 한다. 또한 좌식 작업시에 발생되는 좌면 부하에 대한 여러 가지 문제점을 해결하기 위해서 슬관절 각도에 따른 힘 발휘시의 좌면 압력분포의 최대압력을 파악하여 작업 자세간의 상대적 비교가 가능하도록 하였다.

2. 연구 방법

2.1 피험자

본 연구에서는 현재까지 하지 관련 근골격계 질환 경험이 없는 건강한 20~29세 연령의 한국 성인 남자 대학생 10명이 피험자로 참가하였다. 피험자의 주요 부위 인체측정 결과는 Table 1에 정리하였다.

Table 1. Antropometric data of the subjects

Item \ Statistic	평균	표준편차
Age	25.8(세)	2.5(세)
Height	172.4(cm)	6.3(cm)
Weight	71.3(kg)	7.3(kg)
Buttock to knee length, sitting	60.0(cm)	5.3(cm)
Buttock to politeal length, sitting	49.9(cm)	4.5(cm)
Waist height	103(cm)	7.6(cm)
Crotch height	78(cm)	9.8(cm)

2.2 실험 장비

2.2.1 근력측정시스템

본 측정에 사용된 근력측정시스템은 미국 BTE사의 PRIMUS(Model PR 20, 가로 50.8cm × 세로 152.4cm × 높이 198.1cm)이며, 사진 1과 같다. 이것은 본래 작업자의 재활(Rehabilitation)을 돕기 위하여 개발된 장비인데 들어올리기(Lifting), 밀기(Pushing) 및 당기기(Pulling) 등의 다양한 동작에 대해서도 측정 할 수 있는 장비이다. 본 실험에서는 슬관절 각도에 따른 하지 근력의 pushing power를 측정하는데 사용하였다.

Photo 1. Muscle power measuring system

2.2.2 좌면 압력분포 측정시스템

본 실험에 사용된 압력분포 측정시스템(Pliance)은 사진 2와 같으며, 압력매트는 16×16개의 센서로 이루어져 있다. 압력분포 측정시스템은 사용자의 신체 하중에 의해 발생되는 좌면의 압력분포 측정할 수 있는 Novel사의 제품을 사용하였다.

Photo 2. Pressure distribution measuring system(Pliance)

2.2.3 근전도 측정시스템

근육의 힘 발휘 정도를 측정하기 위해서 사용된 EMG (electromyogram)는 사진 3과 같으며 NORAXON사의 Myosystem 2000을 사용하여 표면전극(Surface electrode)으로부터 1,024Hz로 신호샘플을 획득하였고, Bandpass filter(10~512Hz)를 사용하여 필터링하였다.

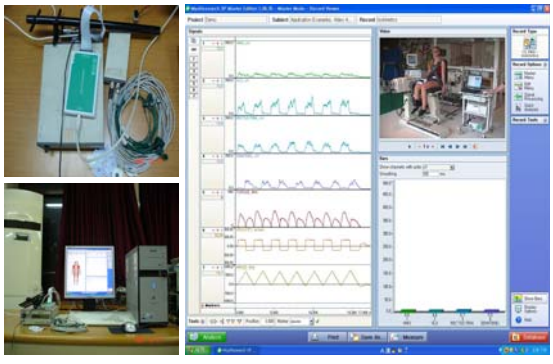


Photo 3. EMG measuring system(NORAXON, Myosystem 2000)

2.3 실험계획

본 실험에 사용된 독립변수는 착좌시 하지 힘 발휘점으로 슬관절 굴곡 90°, 120°, 150°, 180°를 선정하였다. 그리고 힘 발휘 동안 발생되는 근육의 동원 정도를 측정하기 위하여 근전도 값을 측정하였는데 이때 선택된 근육은 고관절 굴곡운동 및 슬관절 신전운동의 주동근인 대퇴직근(Rectus Femoris Muscle), 슬관절 신전운동의 주동근인 외측광근((Vastus Lateralis Muscle), 슬관절 굴곡운동의 보조 주동근이며 발목관절의 저측굴곡(Plantar Flexion)의 주동근인 비복근(Gastrocnemius Muscle), 발목관절의 저측굴곡의 주동근인 가자미근(Soleus Muscle), 발목관절의 배측굴곡의 주동근인 전경골근(Tibialis Anterior Muscle)이다(그림 5).

그에 따른 종속변수로서는 다양한 작업역 내에서 피험자에 발휘되는 힘의 차이를 알아보기 위하여 각 힘 발휘점에서 발생되는 등척성 근육 수축(Isometic Contraction)에 따른 최대힘, 즉 100%MVC(Maximum Voluntary Contraction; MVC)와 Mean 100%MVC를 측정하였다. 근전도 생리신호는 1,024Hz로 신호샘플을 획득하였고, Bandpass filter (10~512Hz)를 사용하여 필터링 한 후 근육에 따른 중간주파수(Median Frequency; MF)를 구하여 비교 분석하였다. Frequency 분석은 일정한 구간에서의 frequency 수를 측정하여 근육의 피로 정도를 분석하는 방법으로서 예를 들면, 낮은 강도의 수축력이나 피로가 발생되지 않았을 경우에는 비교적 frequency가 높은 반면 큰 힘을 발휘하거나 피로가 발생된 근육에서는 낮은 frequency를 나타낸다. 중간 주파수 값은 근전도 신호의 특성을 잘 나타내며, 근육이 피로할수록 고주파수 대역은 감소하고 저주파수 대역이 증가한다고 알려져 있다(원종임 등, 2001). 또한, 실험시 의자에 설치된 압력분포 측정시스템을 통해 좌면압력분포의 최대압력을 측정하였다. 이는 좌면에 미치는 체압과 좌면에 체압이 받는 면적을 측정하여 좌면의 부하의 정도를 파악하고자 하였다.

통제변수는 착좌시의 작업 형태로써 피험자의 몸통, 허리, 오른쪽 대퇴는 스트랩을 이용하여 고정하여 다른 부위들의 힘 발휘의 영향을 배제하였으며, 고관절과 발목관절의 각도는 90° 자세로 유지시켰다. 또한, 힘 발휘 형태(force exertion type)로써는 좌식 작업에서 하지 활동의 대표적인 형태인 밀기(push)를 선택하였으며, 피험자가 주로 사용하는 부위를 사용하도록 하였다. 다음의 내용을 Table 2와 같이 정리하였다.

2.4 실험절차

본 실험에 앞서 본 실험에 대한 내용을 피험자들에게 인지시켜 실험의 내용을 이해하도록 하였으며 인체계측 후 각각의 실험 자세들에 대해서 숙지를 하게 한 다음 주 사용 부위의 하지 5부위의 근육에 표면전극을 부착하였다. 그리고 근력측정시스템에서 사용되는 등받이가 있는 의자에 앉

Table 2. Experimental variables

Variables	Levels of variables
Independent	knee flexion = 90°, 120°, 150°, 180°
Dependent	1. Peak Pressure of Sitting
	2. 100% maximum voluntary contraction
	3. Mean 100% maximum voluntary contraction
Independent	knee flexion = 90°, 120°, 150°, 180°
	Rectus Femoris, Vastus Lateralis Gastrocnemius, Soleus, Tibialis Anterior
Dependent	1. Median Frequency
Control	sitting posture, push exertion type

아서 자신의 신체 치수에 맞도록 조절한 후 팔을 지지하지 않고 움직이지 않도록 자세를 스트랩으로써 고정하였다(사진 4). 또한, 자세를 고정하기 전에 실험용 의자에 압력분포 측정시스템을 올려놓고 실험 자세를 취하도록 하여 근력측정시스템을 자세에 맞도록 조절하였다. 각 자세에 대해서는 1분 정도 자세가 안정화 되도록 하여 실제 실험에 들어가도록 하였으며, 실제 실험은 하지에 점진적으로 힘을 가하도록 하여 자신의 100%MVC에 도달하도록 하고 3~4초간 최대 근력을 유지하도록 하였다. 또한, 각각의 자세에 대해서는 10초간 3회씩 총 12회를 실시하였으며, 각각의 자세간의 휴식은 근육의 회복을 위해 10분으로 하였다(황규성, 1992). 이상의 실험절차들과 하지의 근육 부위에서 본 실험에 사용된 근육의 EMG 표면전극 부착 부위를 사진 5와 같이 나타내었다.

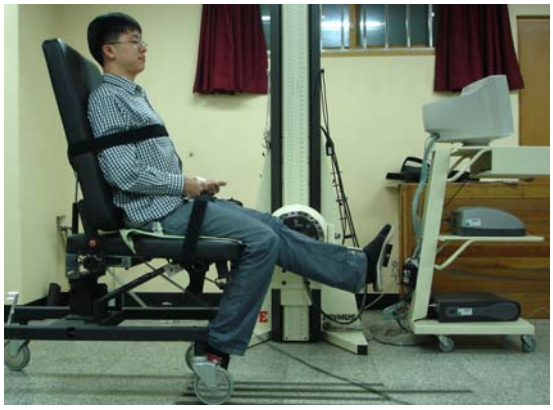


Photo 4. An example of experiment posture

슬관절 각도에 따른 착좌시의 좌면 압력분포에 대한 최대압력, 밀기 작업에 대한 하지의 최대 수의적 수축(100% MVC), 근육 부위별 근 피로의 차이에 대해 분석하기 위하여 표준화된 데이터를 통해 통계적분석(p<0.05)을 수행하

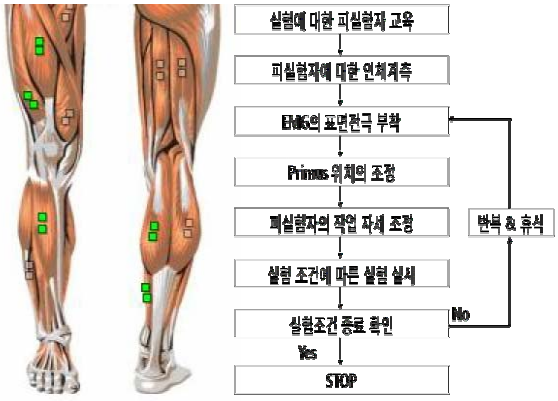


Photo 5. Experimental procedure and mobiliged muscles for EMG test

였다. 통계적 분석은 통계분석 프로그램인 SAS 8.1을 이용하여 수행하였다.

3. 실험 결과 및 분석

10명의 피험자를 대상으로 실시한 착좌시 4가지 유형(90°, 120°, 150°, 180°)의 슬관절 각도 변화에 따른 하지의 정적 자세를 대상으로 좌면 압력분포의 최대압력과 밀기 작업에서의 최대 수의적 수축, 근육 부위별 피로도의 결과는 다음과 같다.

3.1 압력분포 측정 결과 및 분석

착좌시 슬관절 각도 변화에 따른 좌면 압력분포의 최대압력에 대한 분산분석 결과 자세에 대해서는 통계적으로 유의한(p<0.01) 차이를 보이고 있는 것으로 나타났다(Table 3). 슬관절 각도의 변화에 따른 착좌시 밀기 자세에서의 좌면의 압력분포에 대한 최대압력 측정 결과를 Fig. 1, 2에 나타내었다.

Table 3. ANOVA test on Max. pressure

SOURCE	DF	SS	MS	F	Pr>F
Posture	3	378542.75	126180.9	46.92	<.001

착좌시 슬관절의 각도가 90°일 때 평균 최대압력분포는 289Nm이었으며, 120°일 때는 265Nm, 180°일 때는 410 Nm가 나타났다. 측정결과 120°일 때 좌면의 최대압력이 가장 작게 나타났으며, 180°일 때 가장 높게 나타났다. Fig. 2에서와 같이, 180° 작업에서 슬관절 각도 변화에 따라 대

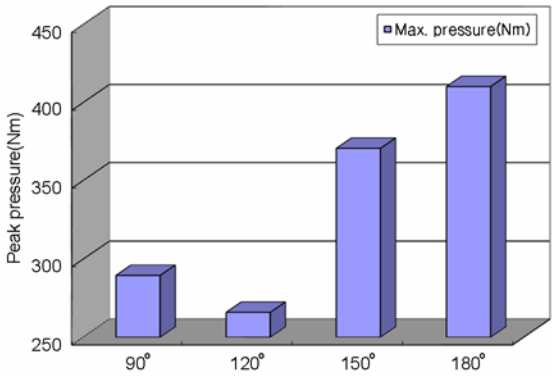
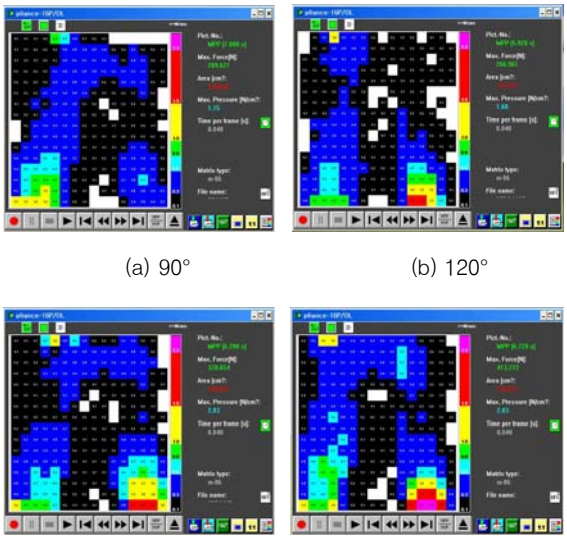


Fig. 1. Max. pressure by sitting posture



(a) 90° (b) 120°

(c) 150° (d) 180°

Fig. 2. Pressure distribution by sitting posture

퇴부 압력이 증가하며 다른 좌면 부위 보다 높은 경향을 보였다.

이는 운전작업 자세, 제조업에서 착좌 작업시 슬관절의 각도가 변화함에 따라 좌면의 피로도가 증가한다고 할 수 있겠다. 그러므로 착좌 작업 설계시 슬관절의 각도가 120°가 가장 바람직한 설계가 된다고 할 수 있다.

실험 결과 착좌시 신체의 압력중심이 분산되지 못하고 국부적인 부위에 압력이 집중되면 착좌시 자세에 따른 피로가 증가하게 된다. 따라서, 의자를 인체에 밀착하여 인체의 무게중심이 균형 있게 분산될 수 있도록 하거나 설계상에 있어서 조절이 가능하게 하여 슬관절의 각도를 변화시킬 수 있도록 하는 것이 좋겠다고 할 수 있을 것이다.

3.2 최대 수의적 수축 측정 결과 및 분석

착좌시 슬관절 각도 변화에 따른 최대 100%MVC에 대한 분산분석 결과 자세에 대해서는 통계적으로 유의한 차이를 보이고 있는 것으로 나타났다(Table 4). 슬관절 각도의 변화에 따른 착좌시 밀기 자세에서의 최대 수의적 수축 및 평균 최대 수의적 수축에 대한 측정 결과를 Fig. 3에 나타내었다.

Table 4. 최대 100%MVC에 대한 분산분석 결과

SOURCE	DF	SS	MS	F	Pr>F
Posture	3	245397.54	81799.18	54.2	<.001

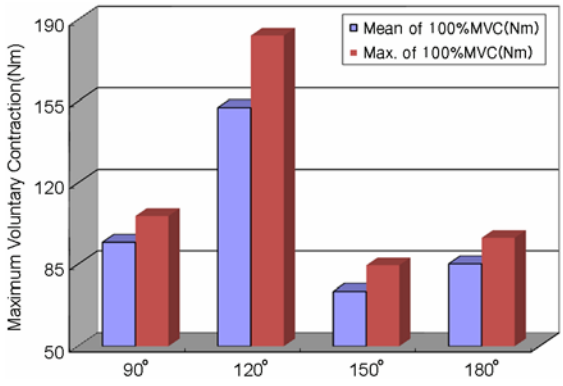


Fig. 3. MVC values by pushing postures

하지 자세에 대한 많은 연구들에서 고관절, 슬관절, 발목관절에서의 굴곡(Flexion)과 신전(Extension) 동작, 발의 위치, 무릎과 엉덩이의 지지 여부 등 다양한 요소에 의해 작업장 설계가 고려되어야 된다고 보고되고 있다. 특히, 이인석 등은 하지의 자세를 결정하는 다양한 요소 중 불편도 수준에 가장 큰 영향을 미치는 것은 무릎의 굴곡 자세인 것으로 보고하였다(이인석 등, 2002).

Fig. 3에서 보는 바와 같이 착좌시 슬관절의 각도 90°에 대한 최대 수의적 수축 측정 결과에서 Mean 100%MVC는 94.5Nm이었으며, Max. 100%MVC는 105.8Nm였다. 또한, 120°일 때는 각각 152.4Nm, 183.2Nm였고, 150°일 때는 가장 낮은 값을 보였다. 따라서 슬관절의 각도가 120°일 경우 최대 수의적 수축이 가장 높게 나타났으며, 좌면의 최대 압력은 가장 작은 결과를 보였다. 이는 슬관절 각도가 120°일 경우에 근력의 사용량은 증대하며 좌면의 최대압력은 가장 작게 나타나므로 착좌시의 피로도도 가장 작게 나타날 것으로 예측된다. 본 연구의 결과를 통해 작업장의 인간공학적인 개념의 설계시 작업역에 대한 다양한 인간공학적 연구가 필요할 것으로 보이며 이를 통해 착좌시 근골격계 질환을

예방하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 보인다.

3.3 근전도 측정 결과 및 분석

착좌시 슬관절 각도 변화에 따른 근육별 근전도(MF)값에 대한 분산분석 결과 자세에 대해서는 통계적으로 유의한 차이를 보이고 있는 것으로 나타났다(p<0.01)(Table 5). 실험에서 피험자가 착좌시 슬관절 각도 변화에 따라 발휘한 근력의 근전도 MF 값을 Fig. 4에 나타내었다.

Table 5. ANOVA on EMG test by posture

SOURCE	DF	SS	MS	F	Pr>F
Posture	5	486579.54	97315.8	35.2	<.001
Muscle	4	349825.2	87456.25	2.86	0.2465
Posture*Muscle	20	35785.2	1789.26	1.84	0.7358

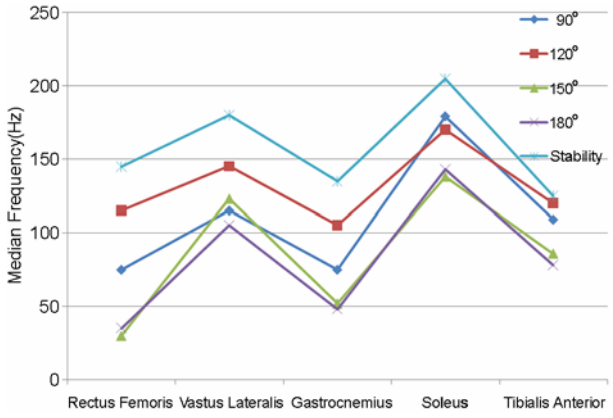


Fig. 4. Median frequency of EMG by pushing posture

5개 부위의 근육에 대한 MF값들 중에서 안정시에 비해 대퇴직근의 경우가 가장 높게 나타났으며, 슬관절의 각도 변화에 따른 MF값의 차이 또한 다른 근육에 비해 가장 크게 나타났다. 또한, 대퇴직근은 슬관절 각도가 150°와 180°에서 MF가 가장 높게 나타났으며 120°의 경우에 가장 낮게 나타났다. 전경골근은 다른 근육들에 비해 안정시 MF값보다 슬관절 각도의 변화에 있어서 가장 낮은 변화량을 보였으며, 각 각도에 대한 활성도의 차이도 가장 적게 나타났다. 모든 근육들에서 안정시에 비해 120°의 경우에 가장 낮은 MF값을 보였으나 가자미근에 경우 90°에 대해서 MF값이 낮게 나타났다.

본 연구 결과를 통해 착좌시 슬관절 각도 변화에 따른 MF값에서 120°의 슬관절 각도의 경우 가장 적은 활성도를 보였으므로, 착좌시 작업 환경에서 최적의 작업장 설계 조건이라고 할 수 있겠다.

4. 결론 및 검토

본 연구에서는 10명의 피험자가 착좌시 4가지 유형의 슬관절 각도 변화에 따른 하지의 정적 자세를 대상으로 좌면 압력분포의 최대압력과 밀기 작업에서의 하지 최대 수의적 수축, 근육 부위별 피로도를 평가하였다. 실험 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 좌면 압력분포의 최대압력 측정 결과 착좌시 슬관절의 각도가 120°일 때 좌면의 최대압력이 가장 작게 나타났으며, 180°일 때 가장 높게 나타났다. 그러므로 착좌 작업 설계시 좌면의 최대압력 측면에서 슬관절의 각도가 120°의 경우 가장 바람직한 설계가 된다고 할 수 있겠다

둘째, 착좌시 슬관절 각도 변화에 따른 최대 100%MVC에 대한 측정 결과 슬관절의 각도가 120°일 경우 최대 수의적 수축이 가장 높게 나타났다. 착좌 작업시 슬관절 각도가 120°일 경우에 미는 힘이 가장 크다고 할 수 있다.

셋째, 착좌시 슬관절 각도 변화에 따른 안정시 MF값에 비해 대퇴직근, 외측광근, 비복근, 전경골근의 경우 120°의 슬관절 각도에서 가장 작은 활성도를 보였으므로 하지의 피로도는 가장 작게 나타날 것이다.

그러므로 120°의 슬관절 각도의 경우 착좌시 작업 환경에서 최적의 작업장 설계 조건이라고 할 수 있다.

오랜 시간 동안 의자에 앉아서 작업을 해야 하는 작업자의 경우 앉는 습관 및 자세에 따라 피로를 느끼는 정도가 다르며 둔부에서 받는 압력으로 인한 요통 등 신체의 불편함을 호소하는 경우가 많이 나타날 수 있다.

인간이 작업 수행 동안 각 신체 부위는 평면적, 입체적으로 동작영역에 있어서 한계 값이 발생하게 되며, 이러한 작업 공간은 작업역을 형성하게 된다. 작업장 설계에 있어 치수나 위치를 결정할 때 작업역의 고려는 무리한 동작으로 인한 작업능률의 저하, 피로, 사고의 원인 등을 방지할 수 있는 중요한 열쇠가 된다고 할 수 있다. 특히 작업장의 설계에 있어서 작업의 수행에 따른 가장 많은 부분을 차지하는 동적 작업을 위해서는 인체의 정적인 치수보다는 동적 치수가 더 중요하다고 할 수 있다. 그러나 실제 작업역을 구성하더라도 작업은 정적, 동적 치수만으로 이루어지는 것이 아니라 물자를 다루기 위한 다양한 힘 발휘를 요구하게 된다. 따라서 기존의 작업장 설계를 위한 작업역에 관한 연구는 작업자들의 동작 범위를 중심으로 한 인체치수에 대한 연구로 한정되어서 이루어져 왔으며, 그로 인해 기존의 인체치수 데이터를 바탕으로 설계된 작업장은 작업자들의 근골격계 질환과 같은 다양한 신체적 상해에 노출 또는 유발시킬 가능성을 포함하고 있다.

이를 해결하기 위해서는 다양한 인간공학적인 연구를 통

해서 작업역과 작업장 설계가 매우 중요하다. 인간공학적인 작업역과 작업장 설계를 위해서는 먼저 인간에 대한 신체적 능력 측면, 공간적 측면, 시각적 측면, 생활 환경적 측면, 기능적 측면, 특수 환경(신체부자유자에 대한 고려)까지를 고려하여 인간이 안전하고 효율적으로 작업을 할 수 있게 설계하고 인간의 삶과 작업에 적당한 환경을 조성하는 것이 매우 중요하며, 이를 바탕으로 인간공학적인 작업역을 설계시 인체치수를 기반으로 하는 연구뿐만 아니라 인간에 대한 피로 부위의 조사, 동작범위의 조사, 주관적인 판단의 조사, 근전도에 의한 분석, 피로에 수반되는 자세의 변화 등과 같은 다양한 분석적 자료가 요구되는 종합적인 판단을 통한 적용이 필요할 것이다.

그러므로 본 연구에서는 인간공학적인 개념의 작업장 설계를 위해 인간의 다양한 정적 · 동적인 인체측정 데이터와 한국 성인의 근력측정을 기반으로 하는 작업역 구축에 관한 연구를 통해서 기존의 연구에서 보여지는 단순한 인체치수 위주의 가이드라인 및 설계를 벗어나 근력을 포함시킴으로써 복합적인 작업역을 형성하는데 도움을 줄 것으로 판단된다. 이러한 연구의 결과는 기본적인 작업역 설정뿐만 아니라 산업현장 및 일상생활에 사용되는 다양한 기계나 설비의 설계시 필요한 인간의 다양한 정적 · 동적 인체계측의 기초적인 데이터화와 함께 근력측정으로 통한 근력 기반의 작업역을 제공함으로써 근골격계 질환 예방 및 사용자의 편의성을 도모하는 설계가 가능하도록 해 줄 것이다. 또한, 근력측정기를 통한 한국인의 정상 작업역과 최대 작업역 시의 최대 힘과 근육의 사용 정도에 따른 힘 발휘점, 힘 발휘 형태, 근육 간에 따른 차이를 파악함으로써 작업역 상의 최대 힘 발휘 영역을 결정짓는 중요한 정량적 정보로 활용될 수 있을 것이다. 또한, 이러한 기본적인 데이터 및 분석 데이터를 활용함으로써 최종적으로 인체치수를 기반으로 한 작업역의 설정뿐만 아니라 근력을 기반으로 한 정상 작업역 및 최대 작업역에 대한 작업 포락면(work envelope)을 형성하고 이러한 결과들을 종합하여 Database화함으로써 3차원적인 데이터의 활용이 가능하다고 할 수 있다. 향후 본 연구 결과를 바탕으로 다양한 연령층 및 성별에 따른 확장이 가능할 것으로 기대되며, 특히 다가오는 고령화 사회를 대비하여 노인에 대한 근력기반 작업역에 대한 연구를 추진한다면 현재 국내에서 겪고 있는 제조업의 인력난에도 크게 도움을 줄 것으로 예상된다.

참고 문헌

김양곤, 무용교육, 서울: 학문사, 1982.

이인석, 정민근, 기도형, "심물리학적 방법을 이용한 다양한 하지 자세의 부하평가", *대한인간공학회지*, Vol. 21, No.4, pp. 47-65, 2002.

원종임, 조상현, 이충휘, 권오윤, "등속성 운동시 근전도 주파수분석에서 얻은 피로지수의 특성", *한국전문물리치료학회지*, 제8권, 3호, pp.11-26, 2001.

황규성, 이동춘, 최재호, "착좌시 하지 동작의 생체역학적 모델", *대한인간공학회지*, Vol. 11, No. 1, 1992.

Arnhein, H. H. and Hayes, W. C., "Relative importence of various tissues in joint stiffness", *Journal Appl Physiol*, 17, 824-828.

Armstrong, T. J., Buckle, P., Fine, L. J., Harberg, M., Jonsson, B., Kilbom, A., Kuorinka, I. A .A., Silverstein, B. A., Sjogaard, G. and Viikari-Juntura, E. R. A., "A conceptual model for work-related neck and upper-limb musculoskeletal disorders". *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 19, 73-74, 1993.

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.

Clement, D. B., Tauntion, J. E., Smart, G. W. and McNicol, K. L., "A survey of overuse running injuries". *Physician Sports Medicin*, 9, 47-58, 1981.

Corlett, E. N., Wilson, J. and Manenica, I., "The ergonomics of working postures: Models, methods and cases", *London*: Taylor & Francis, 1986.

Gallagher, S., Marras, W. S. and Bobick, T. G., "Lifting in stooped and kneeling postures: effects on lifting capacity, metabolic costs, and electromyography of eight trunk muscles", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 3, 65-76, 1988.

Jiang, B. C., "Psychophysical capacity modeling of individual and combined manual materials handling activities", *Ph. d. Dissertation, Texas tech*, 1984.

Kim, Hong, Ki, "Development of a model for combined ergonomic approaches in manual materials handling tasks", *Ph. d. Dissertation*, Texas tech. university, lubbock, texas, 1990.

Kirby, R. L., Price, N. A. and Macleod, D. A., "The influence of foot position on standing balance", *Journal of Biomechanics*, 20(4), 423-427, 1987.

Simpson, K. J., "Factors influencing rearfoot kinematics During a rapid lareral braking movement", *Sports Medicine*, 24, 5, 586-594, 1992.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 여 민 우 ❖ mwyeo@donga.ac.kr

동아대학교 산업시스템공학과 학사, 석사

현 재: 동아대학교 산업시스템공학과 박사과정

관심분야: 작업안전, 생체역학, 제품설계 및 평가, WMSDs

❖ 이 동 춘 ❖ dclee@dau.ac.kr

동아대학교 산업공학과 공학박사

현 재: 동아대학교 산업경영공학과 교수

관심분야: WMSDs, 작업안전, Workstation Design

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2007년 10월 19일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2007년 11월 19일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2007년 12월 24일