



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사학위논문

들기작업시 목 자세에 따른 근육의
활동에 관한 연구



2019년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

안 전 공 학 과

허 무 홍

공학석사학위논문

들기작업시 목 자세에 따른 근육의 활동에 관한 연구

지도교수 : 장 성 록

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

2019년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

안 전 공 학 과

허 무 홍

허무홍의 공학석사 학위논문을 인준함.

2019 년 8 월



위 원 장 공학박사 권 오 현 (인)

위 원 공학박사 오 창 보 (인)

위 원 공학박사 장 성 록 (인)

목 차

제 1 장 서 론	1
1.1 연구의 필요성	1
1.2 연구의 목적	6
제 2 장 배경 이론	7
2.1 근골격계질환의 개요	7
2.2 최대발휘근력 (Maximum Voluntary Contraction, MVC)	9
2.3 근전도 (Electromyography, EMG)	10
제 3 장 실험방법 및 절차	12
3.1 피실험자 선정	12
3.2 실험장비	13
3.3 실험변수	15
3.4 실험절차	16
제 4 장 연구 결과	20
4.1 최대발휘근력	20
4.2 근전도	24

5. 토의	28
6. 결론	29
참고문헌	30



표 목 차

Table 1 Occupational disorders for 7 years (2011-2017)	2
Table 2. The participant's characteristics	11
Table 3 MVC values	20
Table 4 Result of ANOVA	21
Table 5 Post-hoc of MVC ANOVA	22
Table 6. EMG value	26

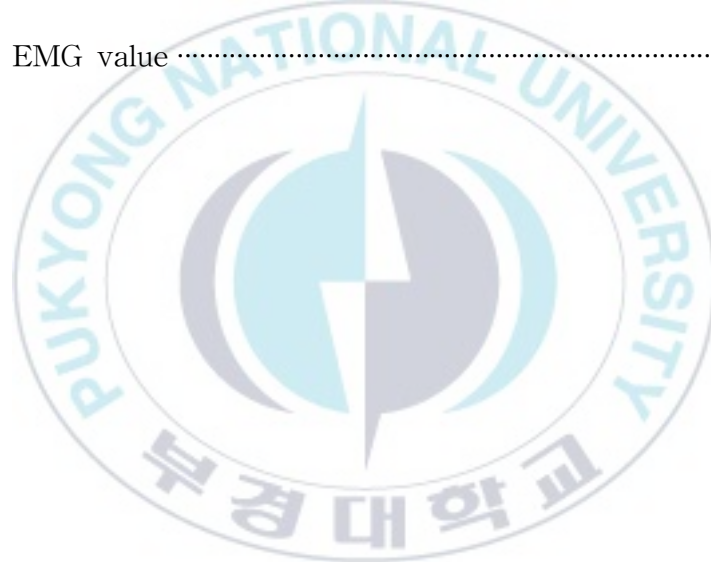


그림 목 차

Fig. 1 Occupational disorders for 7 years (2011-2017)	2
Fig. 2 Risk factors related to lumbar diseases by behavior	3
Fig. 3 Digital Dynamometer	12
Fig. 4 Noraxon TeleMyo 2400T G2	13
Fig. 5 Working Postures	17
Fig. 6 Target muscles	18
Fig. 7 EMG values of Splenius capitis by %MVC	24
Fig. 8 EMG values of Upper trapezius by %MVC	24
Fig. 9 EMG values of Middle trapezius by %MVC	25
Fig. 10 EMG values of Iliocostalis lumborum by %MVC	25

Relationship between Neck Posture and Muscular Activity in Lifting Task

Muhong Huh

Department of Safety Engineering Graduate School

Pukyong National University

Abstract

Despite the fact that most of the manufacturing sites, heavy industries, and construction sites are mechanized and automated, many jobs are being made by manpower. According to the Ministry of Employment and Labor 's analysis of the status of industrial accidents, the number of disaster victims of musculoskeletal diseases in 2017 is 5,195, of which 2,638 are musculoskeletal injuries related to back pain. Musculoskeletal injuries related to the lumbar spine are very high, accounting for about 50.8% of the total musculoskeletal disorders. According to the data of the Korea Occupational Safety and Health

Agency, the major cause of lumbar disease is lifting/dropping, transportation/movement, etc. There are many studies on frequency of lifting, symmetry/asymmetry, and lower limb, but there is little research on the difference in load on the waist and neck muscle according to the angle of the neck. Therefore, this study aims to provide basic data for improvement of lifting work posture and prevention of musculoskeletal diseases by analyzing the degree of mobilization of splenius capitis, upper trapezius, middle trapezius, iliocostalis lumborum muscles according to the angle of neck in lifting work. Independent variables were set as 30° flexion, neutral, 30° extension of neck posture, maximum voluntary contraction(MVC), 75% MVC, 50% MVC, 25% MVC and 0% MVC. The dependent variable was set as the EMG value for each strength. The experimental equipment used was a TeleMyo 2400T G2 for EMG measurement and a Digital Dynamometer to maintain each% MVC. The EMG was measured for 3 seconds in three posture and five load conditions with independent variables, and the rest interval was 10 minutes. Experimental results showed the maximum MVC at 30° extension. Muscle mobilization was continuously increased according to the level of the load.

제 1 장 서 론

1.1 연구의 필요성

현재 대부분의 제조업, 중공업, 건설업 등의 산업현장이 기계화 및 자동화가 되었음에도 불구하고 많은 작업들이 인력 운반 작업에 의해 이루어지고 있다. 인력운반작업이란 작업자가 기계 또는 동력기구의 도움 없이 작업자 스스로의 근력을 이용하여 중량물을 들어 올리거나 내리고, 밀거나 당기는 동작을 함으로써 중량물을 원하는 장소까지 운반하는 작업을 지칭한다. 인력운반작업의 경우 부적절한 작업 자세, 과도한 힘 사용, 반복적 동작 등에 따라 과부하로 인한 일시적 상해뿐만 아니라 작업관련 요부질환 및 다양한 부위를 포함하는 근골격계질환을 유발하는 등 많은 문제점을 가지고 있다. 이러한 근골격계질환은 작업 시간의 손실 및 비효율성의 증가, 비용의 증가, 작업자의 신체장애 등을 야기하는 원인으로 여겨지고 있다¹⁾.

고용노동부 산업재해 조사 결과 2011년 기준 업무상질병환자 6,516명, 근골격계질환 요양재해자 5,077명이 발생하였으며 2017년까지 업무상질병환자는 8,910명으로 크게 증가 하였고, 근골격계질환 요양재해자는 미세한 증가, 감소추이를 보이며 2017년 기준 5,195명의 근골격계질환 요양재해자가 발생하였다. 이 중 근골격계 요부질환 요양재해자는 2,638명으로 전체 근골격계질환 요양재해자의 50.8%로 매우 높은 비율을 차지하는 것으로 나타

났다²⁾. 아래의 Fig.1은 연도별 업무상질병환자, 근골격계질환 요양재해자, 요부질환 요양재해자 수의 변화 추이를 나타내고 있다.

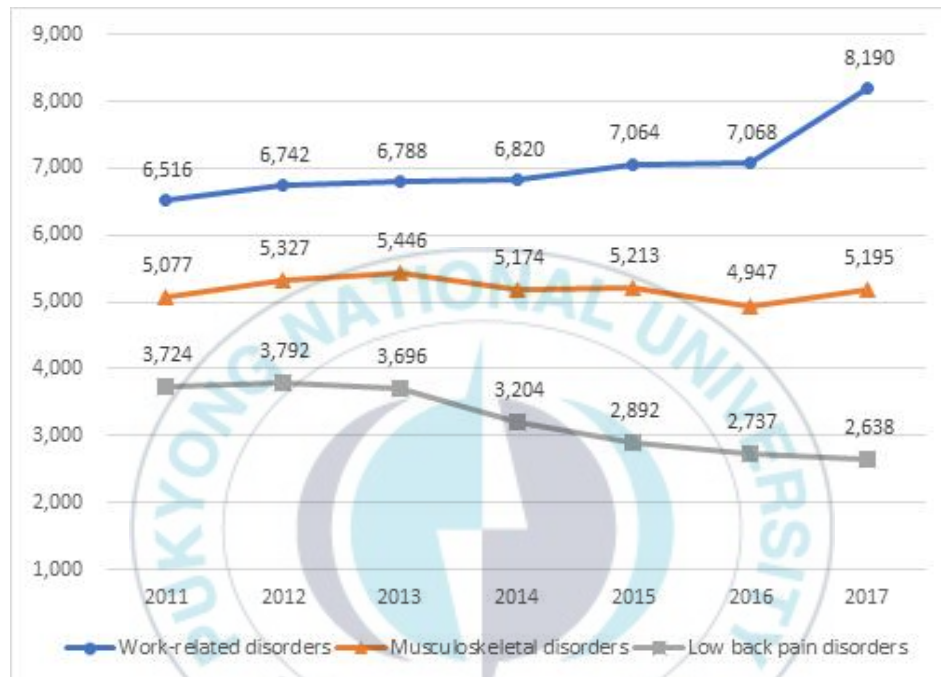


Fig. 1 Occupational disorders for 7 years (2011-2017)

Table 1 Occupational disorders for 7 years (2011-2017)

	Work-related disorders	Musculoskeletal disorders	Low back pain disorders	Percentage of Low back pain disorders(%)
2011	6,516	5,077	3,724	73.4
2012	6,742	5,327	3,792	71.2
2013	6,788	5,446	3,696	67.9
2014	6,820	5,174	3,204	61.9
2015	7,064	5,213	2,892	55.5
2016	7,068	4,947	2,737	55.3
2017	8,190	5,195	2,638	50.8

2014년 한국산업안전보건공단이 발표한 산업재해원인조사보고서에 따른 근골격계 요부질환의 주요 유발행위의 분석결과는 Fig. 2와 같다. 이때 주요 유발행위의 비율은 들기/놓기 51.1%로 가장 많았으며, 운반/이동 28.5%, 조립/해체 12.4% 등의 순서로 나타났다³⁾.

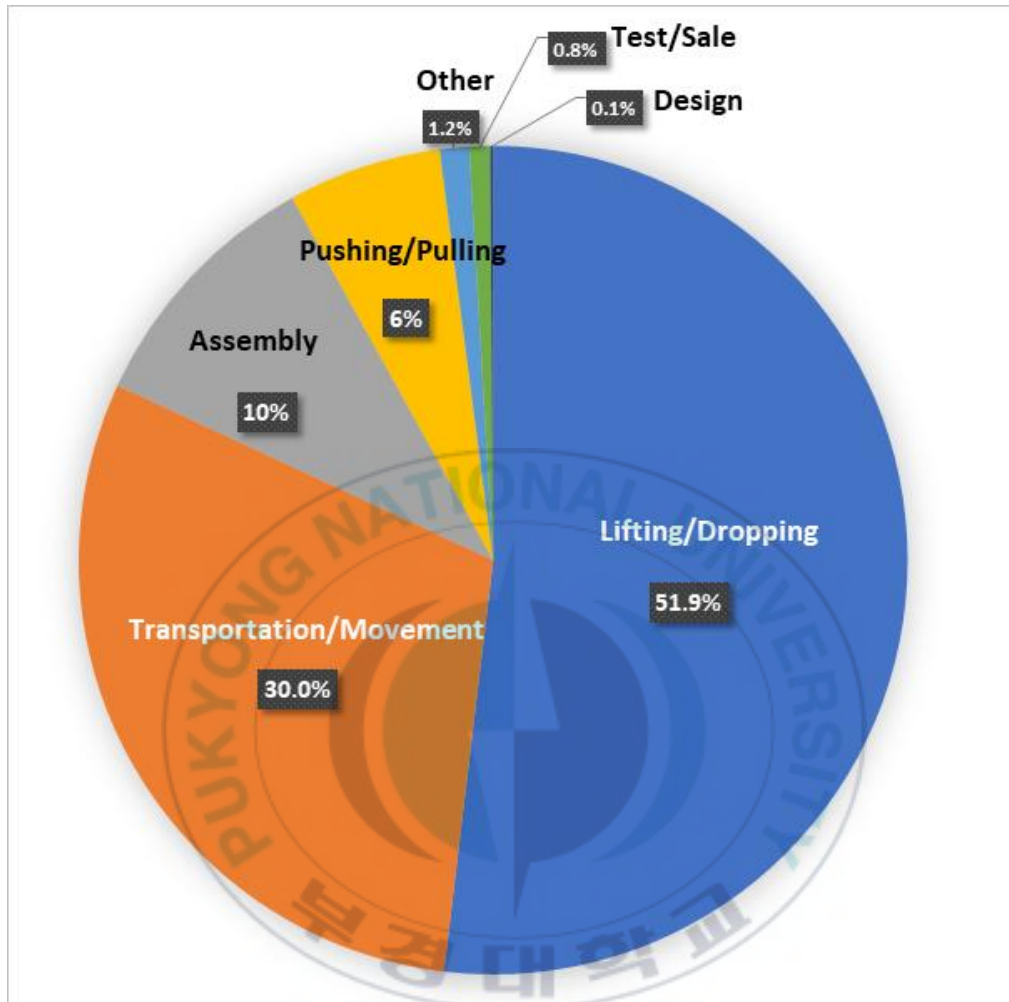


Fig. 2 Risk factors related to lumbar diseases by behavior

이에 따라 들기 작업에 대한 많은 연구가 이루어졌다.

김원호는 반복 들기 작업 시 허리 주변 근육의 근활성도 및 근피로도에 대해 분석하였으며, 반복 들기 작업 시 근육피로에 따른 손상을 방지하기 위해 3분 이상 지속적 들기 작업을 하지 않는 것으로 나타났다⁴⁾. D.V. Donnelly 외 2인은 시선의 방향이 스쿼트 운동의 미치는 영향에 대하여 연

구 하였으며, 연구 결과 시선의 중립 위치 아래로 떨어질 경우 몸통과 엉덩이의 굴곡이 증가하는 하는 것으로 나타났다⁵⁾. A. Dejanovic 외 2인은 머리 자세의 굴곡, 중립, 신전에 따른 허리근육의 지구력에 관한 연구를 하였다. 측정결과 신전, 중립, 굴곡의 순으로 지구력이 큰 것으로 나타났다⁶⁾. 양성환 외 2인은 들기작업 시 악력과 몸통각도가 요배근력에 미치는 영향에 관한 연구를 하였다⁷⁾. 김정아 외 2인은 손잡이 너비, 높이, 수평 각도가 들기, 밀기, 회전에 미치는 영향에 관한 연구를 하였으며, 밀기작업 시 수평각도가 10°보다 0°일 때 더 큰 힘을 발휘하나, 들기 작업에서는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다⁸⁾.

들기 작업의 반복, 몸통의 각도, 비틀림, 악력 및 손잡이의 영향 등에 관한 연구와 시선, 머리 자세에 따른 지구력 등에 관한 연구가 이루어 졌다. 그러나 목 자세가 들기 작업에 있어서 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구가 부족한 실정이며, 목 각도에 따른 허리 및 목 근육에 미치는 부하가 어떻게 다른 지에 대한 연구가 필요한 것으로 사료된다.

1.2 연구의 목적

인력에 의한 중량물 취급으로 인한 요부질환 요양재해자는 전체 근골격계질환 요양재해자에서 많은 부분을 차지하고 있다. 근골격계 요부 질환의 주요 원인은 들기 작업으로 들기 작업에 대한 다양한 연구가 이루어 졌으나, 반복 작업, 몸통의 각도, 비틀림, 지구력 등의 자세에 대한 연구였다. 들기 작업에 있어 목의 자세 및 각도가 최대발휘 근력 및 근육 활동에 미치는 영향에 대하여 이루어진 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 들기 작업 시 목의 자세 변화에 따른 작업자의 작업능력 및 근육의 활동을 알아보기 위해 최대발휘근력(Maximum Voluntary Contraction, MVC)을 측정하였다. 또한 근전도(Electromyography, EMG)를 이용하여 각 자세에서 어떠한 근육이 가장 많이 동원되는가를 측정하였다. 이를 통해 들기작업 시 목 자세가 최대발휘근력 및 근전도에 미치는 영향을 분석하고 작업 자세의 개선과 근골격계 질환 예방을 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

제 2 장 배경 이론

2.1 근골격계질환의 개요

근골격계질환이란 인체의 근골격계에 지속적으로, 반복적으로 과도한 부하가 가해질 때 근육, 건, 신경, 인대 등에 미세한 손상이 가해져 물리적 스트레스가 신체에 누적됨에 따라 손목, 손, 팔꿈치, 팔, 어깨, 목 등의 근육, 건, 신경 및 그 주변조직에 발생하는 질환을 의미한다. 일반적으로 이러한 근골격계질환은 작업시간의 손실, 비용의 증가, 신체장애를 초래하는 주요 원인이다^{9,10)}.

산업안전보건법 산업안전보건기준에 관한 규칙 제 12장 656조(정의)에 따르면 근골격계질환이란 반복적인 동작, 부적절한 작업자세, 무리한 힘의 사용, 날카로운면과 신체접촉, 진동 및 온도 등의 요인에 의하여 발생하는 건강장해로서 목, 어깨, 허리, 팔·다리의 신경·근육 및 그 주변 신체조직 등에 나타나는 질환을 말한다¹¹⁾.

1980년부터 미국, 유럽 등에서 매우 큰 산업 재해 문제로 대두되고 있는 근골격계 질환은 1960년 ILO(International Labour Organization)에 의하여 직업성 질환으로 인정되었다. 1960년 ILO에서의 인정과 1980년 주요 산업 재해 문제로 대두 되던 근골격계질환은 그 발생 속도가 급진적으로 빨라졌다. 이에따라 미국의 경우 1990년경 부터 전체 직업성질환 환자의 약 60%

가 근골격계질환을 앓고 있었으며, 일반적 질환이 아닌 중대한 문제로 인식하기 시작하였다¹²⁾.

근골격계질환에 대한 증상의 기준을 미국 국립산업안전보건연구원 (National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)는 '적어도 1주일 이상 또는 과거 1년간 적어도 한 달에 한 번 이상 지속되는 목, 어깨, 팔꿈치 및 손목 등 하나 이상의 관절부위에서 통증, 화끈거리는 느낌, 무감각, 저림, 쑤시는 느낌 등의 하나 이상의 증상들이 존재하며, 이러한 증상이 나타나는 부위는 과거 사고, 병력 또는 유사질환을 앓은 적이 없었고, 현재의 작업을 시작한 이래로 위의 증상들이 나타난 경우'라 하였다. 그리고 유럽연합의 공동연구에서는 근골격계질환의 가능성을 '현재의 이상증상이 존재하거나 또는 지난 7일 중 4일 이상 지속되는 경우'라고 인정하였다.

일본산업위생학회에서는 종래의 정형외과에서 병리적 질병개념으로 사용하는 “경견완증후군(經肩腕症候群)”과 구별하여 경견완장해(經肩腕障害)를 노동부담의 관점에서 명명한 원인론적 질병개념으로서 장기간에 걸쳐서 누적된육체적 및 정신적 노동부담이 복합적으로 작용하여 유발되는 산업의학 적 특징을 가지고 있는 것으로 알려져 있다. 근골격계질환의 일종인 직업적 경견완장해 때문에 1970년대 초기에 이미 많은 피해가 발생했던 일본에서는 산업 위생학회가 신속히 그 대책을 연구하기 시작하였다¹³⁾.

2.2 최대발휘근력 (Maximum Voluntary Contraction, MVC)

근육은 수많은 방법으로 수축하고, 이러한 근육의 수축은 근육이 긴장하도록 한다. 등척성 수축(isometric contraction)은 수축하는 동안 근육의 길이가 변하지 않고, 때때로 등척성 수축은 정적 수축과 같은 의미로 사용된다. 이에 반해 등장성 수축(isotonic contraction)은 근육의 길이가 변화하며 동적 수축으로 불린다. 등장성 수축은 지속적인 간격의 힘을 생성하며, 근육이 짧아지는 특징이 있다. 동적활동이란 일정 하중또는 저항을 가니는 것으로 정의하며, 실제 일상 생활에서는 하중이 변하기 때문에 순수한 의미로서 등장성 수축은 드물다고 할 수 있다. 그리고 근육은 등척성 수축이 등장성 수축에 비하여 더 큰 힘을 발휘 할 수 있다. 외부의 힘이 내부의 힘보다 더 강한 경우를 편심성 수축(eccentric contraction)이라고 말하며 특징으로서 근육이 긴장을 유지하는 동안은 길어지는 것이다. 따라서 편심성 수축을 하는 근육은 초기의 상태로 돌아가지 못하며, 등척성 수축보다 더 큰 인장력을 가진다. 그러나 이러한 상태는 근육 파열의 위험성이 존재한다. 다른 형태로서는 등속성 수축(isokinetic contraction)이 있다. 이는 최근에 각광 받고 있는 힘의 측정 법 및 운동 요법으로 동작범위 내에서 관절의 지속적인 속도로 수행되는 것을 의미한다¹⁴⁾.

본 연구에서의 최대발휘근력(MVC)는 특정 작업자세에서 등척성 수축으로 발휘한 최댓값으로 정의한다.

2.3 근전도 (Electromyography, EMG)

근전도는 우리 눈에 보이지 않는 동작 움직임 시 근육의 움직임을 보여주므로 근육 내에서 발생하는 전기적 신호를 근전도 장비를 통하여 측정하는 것이다. 근섬유막에서 생리적 변화에 의하여 발생하는 전기적 신호를 측정하는 것이 근전도 측정의 기본원리이다¹⁵⁾.

활동전위(Action Potential)은 근육의 자율적 수축에 의하여 극성이 세포막에서 바뀌는 것을 말한다. 이때 힘은 활동전위가 증가함에 따라 같이 증가하게 된다. 이 밖에 근전도(EMG)의 크기는 근육의 수축, 이완속도, 피로도, 주위의 환경 등 많은 요소에 의하여 영향을 받는다. 근전도 신호는 근육의 외부 또는 내부에서 무작위한 신호의 형태로 검출되며, 지속적인 근수축은 근육 내 젖산을 축적하게 되며 결국 피로도가 높아지게 된다¹⁶⁾. 피로한 근육의 평균 근전도 주파수는 그러하지 않은 경우의 평균 주파수보다 낮아지게 된다. 근전도의 주파수가 고주파수에서 저주파수로 이동하는 이유는 첫번째로, 동원된 운동단위들이 피로해 졌기 때문에 신경반사를 더 이상 하지 않게 되고 남아 있는 지근 운동단위만 신경반사를 하게 된다. 그리고 신경반사를 하는 지근 운동단위의 신경속도는 느리기 때문이다¹⁷⁾.

근전도의 분석은 크게 정성적, 정량적 두 가지의 방법으로 나뉜다. 근전도 신호의 파형을 유형별로 서로 비교하는 방법을 정성적 분석방법이라 한다. 이러한 정성적 분석방법은 주로 임상의학적 연구에 사용되는 방법으로 서 말초 신경과 신경근 접합부 및 골격근에 나타나는 이상상태를 검사하는

방법이다¹⁸⁾.

근전도 파형을 분석하는 정성적 분석방법과 달리 정량적 분석방법은 근전도 신호의 주파수나 진폭에 집중하여 비교하여 분석한다. 이러한 정량적 분석방법은 운동단위의 종류, 근수축, 지속시간에 따른 근육의 피로 현상 및 근력의 변화에 따른 근육의 피로 분석에 이용되고 있다. 정량적 분석방법은 적분 분석(integrated EMG), 주파수 분석, 진폭 분석 등이 이용되고 있다.

본 연구에서는 근육활동을 분석하기 위하여 정량적 분석방법 중 하나인 진폭 분석방법을 이용한다. 진폭 분석이란 근전도 신호를 정류하고, 그 진폭을 Root Mean Square(RMS) 값으로 측정하는 방법이며, 주로 근수축 지속시간에 따른 근력의 변화, 발휘한 근력에 따른 근육피로현상, 운동단위의 수 및 그 종류에 대한 분석을 하는데 사용된다¹⁸⁾.

제 3 장 실험방법 및 절차

3.1 피실험자 선정

피실험자들의 개인적인 신체특성이나 컨디션의 차이 등에 의한 실험결과
의 편차를 줄이기 위해 과거 많은 관련 연구에서는 피실험자의 수를 최소
30명으로 결정하여 실험을 하였다^{19,20)}. 따라서 본 연구에서는 과거 요부관
련 질환 및 근골격계질환의 병력이 전무한 건강한 대학생 남학생 30명을
대상으로 실험을 진행하였다. 실험에 참여한 피실험자들의 연령, 신장, 체
중의 평균 및 표준편차는 Table 2과 같다.

Table 2. The participant's characteristics

	Mean	SD
Age(yrs)	25.0	1.7
Height(cm)	175.5	4.2
Weight(kg)	75.7	7.7

3.2 실험장비

본 실험에서 사용된 실험 장비는 다양한 자세에서의 최대발휘근력을 측정하기 위해 Digital Dynamometer를 사용하였으며, 근전도를 측정하기 위하여 Noraxon사의 TeleMyo 2400T G2를 사용하였다.

Digital Dynamometer(제작사 : Takei KiKi Kogyo사의 Takei DD1999)는 Fig. 3과 같다. 이 기기는 피실험자가 발휘하고 있는 힘을 실험자나 피실험자가 확인하기 쉽도록 스트레인게이지에 작용하는 힘의 수치를 나타내게 되며, 1.999~1999kg까지 0.1kg 단위로 측정이 가능하다. 본 실험에서 사용한 Digital Dynamometer은 0~200kg까지 측정할 수 있는 장비를 사용하였다.



Fig. 3 Digital Dynamometer

Noraxon사의 TeleMyo 2400T G2는 Fig. 4와 같이 무선 방식의 근전도 측정 장비이며, 총 8 채널의 표면 전극과 와이어 전극을 사용한다. 2개의 전극단자와 1개의 접지 단자로 구성되어 있으며 측정범위는 10~1500Hz 영역이다.



Fig. 4 Noraxon TeleMyo 2400T G2

3.3 실험변수

3.3.1 독립변수

본 실험에서 최대발휘근력 분석을 위한 독립변수는 목의 자세로 독립변수는 선행 연구와 작업평가기법 중 RULA (Rapid Upper Limb Assessment), REBA (Rapid Entire Body Assessment)에서 사용된 수준을 고려하였으며, 그 결과 목의 굴곡 30°, 중립, 신전 30°의 수준으로 설정 하였다. 또한 근전도 분석을 위한 독립변수는 최대발휘근력과 같이 목의 굴곡 30°, 중립, 신전 30°과 발휘근력(0% MVC, 25% MVC, 50% MVC, 75% MVC, MVC)으로 설정 하였다.

3.3.2 종속변수

본 실험에서 종속변수는 목 자세에 따른 최대발휘근력과 근전도 값으로 설정하였다.

3.4 실험절차

본 실험을 진행하기에 앞서 피실험자들에게 실험의 목적에 대해 상세히 설명을 하였으며, 실험이 원활하게 이루어지도록 실험 방법 및 기타 유의사항을 전달하였다. 목 자세에 따른 3가지 들기작업의 자세는 Fig. 5과 같으며, 피실험자들에게 자세에 대한 시범을 보였고, 피실험자가 실험장비와 조건에 익숙해지도록 적응 기간을 제공하였다.

3.4.1 최대발휘근력 측정

적응이 끝난 피실험자들은 각 자세별로 3초 동안 3회씩 최대발휘근력을 측정 하였으며, 상지나, 하체의 힘을 최대한 배제하기 위하여 상지와 하체는 곧게 편 자세를 유지한 채 최대발휘근력을 측정하였다. 각각의 최대발휘 근력 측정 사이에 휴식시간을 10분씩 주었다. 이는 근육피로로 인한 영향을 배제하는 동시에, 실험의 재현성을 유지하기 위함이다. 또한 누적효과를 없애기 위하여 각 자세에 대한 실험순서는 무작위로 실시하였다.

3.4.1 근전도 측정

과거 요부관련 질환 및 근골격계 질환이 없는 건강한 남자 대학생 1명에게 근전도 측정을 실시하였다. 전극부착위치는 Fig. 6와 같으며, 과거 목, 등, 허리 근육에 대한 근전도 측정 논문에서 주로 사용되었던 여러 근육들 중 예비실험을 통해 본 연구에 가장 적합하다고 판단되는 두판상근(Splenius capitis), 상부 승모근(Upper trapezius), 중부 승모근(Middle trapezius), 요장늑근(Iliocostalis lumborum)으로 선정하였다¹⁵⁾.

전극 부착 후 안정화를 위해 에이징 시간 10분을 주었으며, 작업 자세에 따른 작업부하 별 발휘근력을 3초 동안 측정하였다. 3초의 측정시간을 총 3구간으로 나누었으며, 첫 1초는 서서히 힘을 주어 올리는 구간, 중간 1초는 힘을 최대한 많이 주는 구간, 마지막 1초는 힘을 서서히 빼는 구간으로 설정 하였다. 근육피로에 의한 영향을 배제하기 위하여 근전도 측정 1회 실험 후 10분의 휴식시간을 주었다. 또한 실험순서는 무작위로 실시하였으며, 측정시간 중 최대 근수축 상태의 근전도 값이 가장 높게 나타난 값의 전.후 0.5초씩 총 1초에 대한 평균값을 사용하였다.

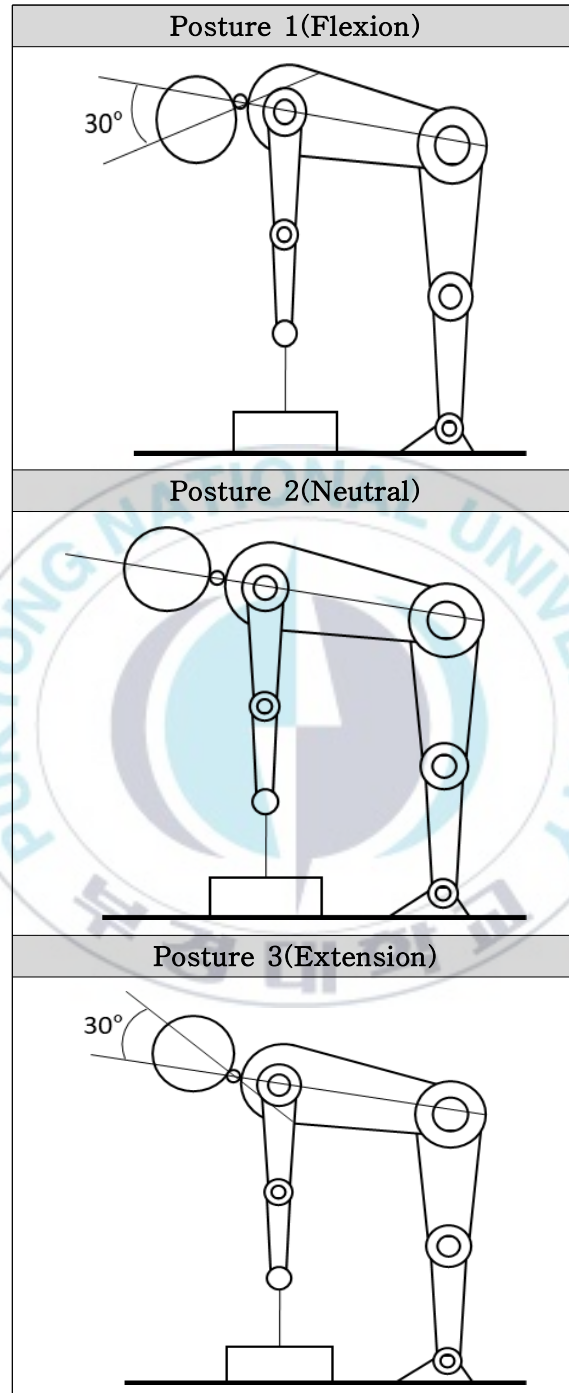


Fig. 5 Working Postures

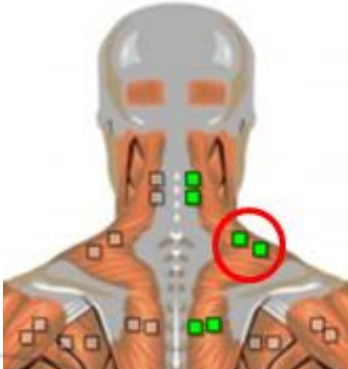
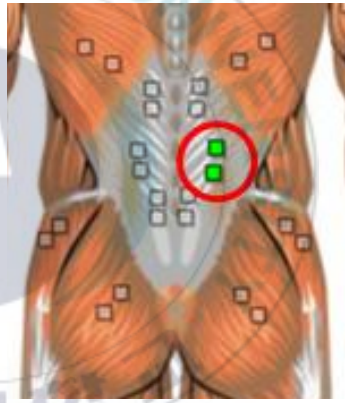
Splenius capitis	Upper trapezius
	
Middle trapezius	Iiocostalis lumborum
	

Fig. 6 Target muscles

제 4 장 연구 결과

4.1 최대발휘근력

Table 3은 피실험자 30명의 3가지 목의 자세(굴곡 30°, 중립, 신전 30°)에 대한 최대발휘근력 결과를 나타낸 표이다. 3가지 자세의 최대발휘근력 평균값은 1번 자세(굴곡 30°)일 때 92.3kg, 2번 자세(중립)일 때 99.3kg, 3번 자세(신전 30°)일 때 105.8kg으로 나타났다. 들기작업 자세에 따라 최대발휘근력이 굴곡 자세 기준으로 중립의 경우 약 7kg, 신전의 경우 약 13.5kg 증가하는 것으로 나타났다.

Table 3 MVC values

(Unit : kg)

	Posture 1 (Flexion)	Posture 2 (Neutral)	Posture 3 (Extension)
Sub. 1	82.7	82.6	94.0
Sub. 2	83.2	108.1	126.1
Sub. 3	87.9	88.3	96.0
Sub. 4	87.5	99.2	106.8
Sub. 5	95.3	113.1	116.7
Sub. 6	104.6	112.7	122.5
Sub. 7	83.2	88.5	100.0
Sub. 8	72.4	91.7	92.7
Sub. 9	95.0	98.0	99.4
Sub. 10	162.1	145.6	171.2
Sub. 11	130.1	146.6	158.1
Sub. 12	111.4	111.3	119.1
Sub. 13	74.0	87.0	88.5
Sub. 14	88.2	98.1	103.6
Sub. 15	80.2	81.4	85.8
Sub. 16	102.4	105.9	109.3
Sub. 17	83.2	98.1	110.1
Sub. 18	99.8	99.0	103.1
Sub. 19	82.4	87.4	85.7
Sub. 20	107.0	123.0	118.3
Sub. 21	89.7	97.1	105.7
Sub. 22	102.8	121.0	118.9
Sub. 23	73.1	79.2	85.2
Sub. 24	82.0	84.2	92.0
Sub. 25	85.7	87.4	91.2
Sub. 26	81.6	83.9	88.9
Sub. 27	73.4	80.3	86.2
Sub. 28	74.4	81.7	89.7
Sub. 29	107.4	113.3	121.7
Sub. 30	85.3	86.1	86.7
Mean	92.3	99.3	105.8
SD	18.8	17.9	20.6

4.1.1 최대발휘근력 분석

서로 다른 변수들 간에 동일한 반응을 관측하고 변수들 사이에 평균 반응의 차이가 있는지를 검정하기 위해 IBM SPSS Statistics 23을 이용하여 분산분석(ANalysis Of VAriance; ANOVA)을 실시하였다. Table 4는 통계 분석을 실시한 결과이며, 유의수준 0.05 기준으로 들기작업 시 3가지 목 자세에 따른 최대발휘근력은 $p=0.028$ 로 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다.

Table 4 Result of ANOVA

Variable	f-value	p-value
Neck posture	3.732	0.028

목 자세에 따른 최대발휘근력이 차이가 있다는 것을 ANOVA를 통하여 알 수 있으나 정확히 어떠한 차이가 있는지 판별하기 위해 사후분석을 추가로 실시하였으며, 그 결과는 Table 5와 같다. 사후분석은 가장 일반적인 Scheffe 방법을 사용하였다.

Table 5 Post-hoc of MVC ANOVA

Neck posture		p-value
Posture 1 (Flexion)	Posture 2 (Neutral)	0.365
	Posture 3 (Extension)	0.028
Posture 2 (Neutral)	Posture 1 (Flexion)	0.365
	Posture 3 (Extension)	0.431
Posture 3 (Extension)	Posture 1 (Flexion)	0.028
	Posture 2 (Neutral)	0.431

사후 분석을 실시한 결과 굴곡 자세와 신전 자세 사이에 최대발휘근력이 유의수준 0.028로서 유의미한 차이가 있다는 것으로 분석되었으나, 굴곡 · 중립, 중립 · 신전 간의 최대발휘근력은 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 분석되었다.

4.2 근전도

피실험자 1명에 대한 3가지 작업 자세에 따른 작업부하별 두관상근(Splenius capitis), 상부 승모근(Upper trapezius), 중부 승모근(Middle trapezius), 요장늑근(Iliocostalis lumborum)의 근전도 측정결과는 Table 6과 같다. 측정 부위 모두 부하수준에 따라 근육의 동원 정도가 지속적으로 증가 하였다. 두관상근은 신전 자세에서 가장 큰 힘을 사용하며 굴곡 자세와 중립 자세는 서로 비슷한 크기의 힘을 사용하는 것으로 나타났다. 상부 승모근은 굴곡 자세에서 가장 큰 힘을 사용하였고, 중립 자세, 신전 자세의 순서로 큰 힘을 사용하는 것으로 나타났다. 중부 승모근은 신전 자세에서 50% MVC부터 큰 힘을 사용하였으며, 굴곡 자세와 중립 자세는 서로 비슷한 크기의 힘을 사용하는 것으로 나타났다. 요장늑근은 신전 자세에서 가장 큰 힘을 사용하며, 굴곡 자세와 중립 자세에서 서로 비슷한 크기의 힘을 사용하는 것으로 나타났다. 상부승모근(굴곡 자세>중립 자세>신전 자세)을 제외한 모든 부위에서 신전 자세가 가장 큰 힘을 사용하였으며, 굴곡 자세와 중립 자세는 비슷한 정도 크기의 힘을 사용하는 것으로 나타났다.

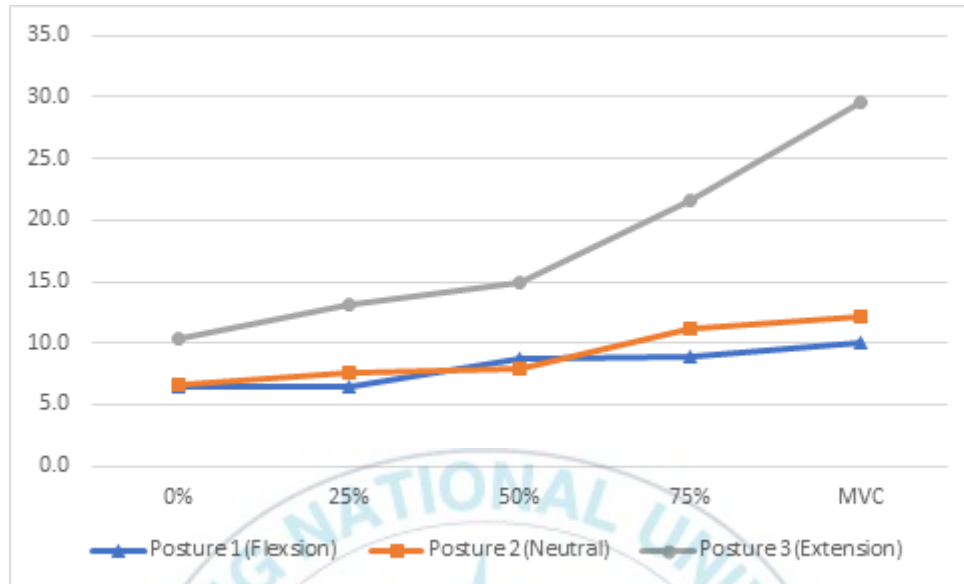


Fig. 7 EMG values of Splenius capitis by %MVC

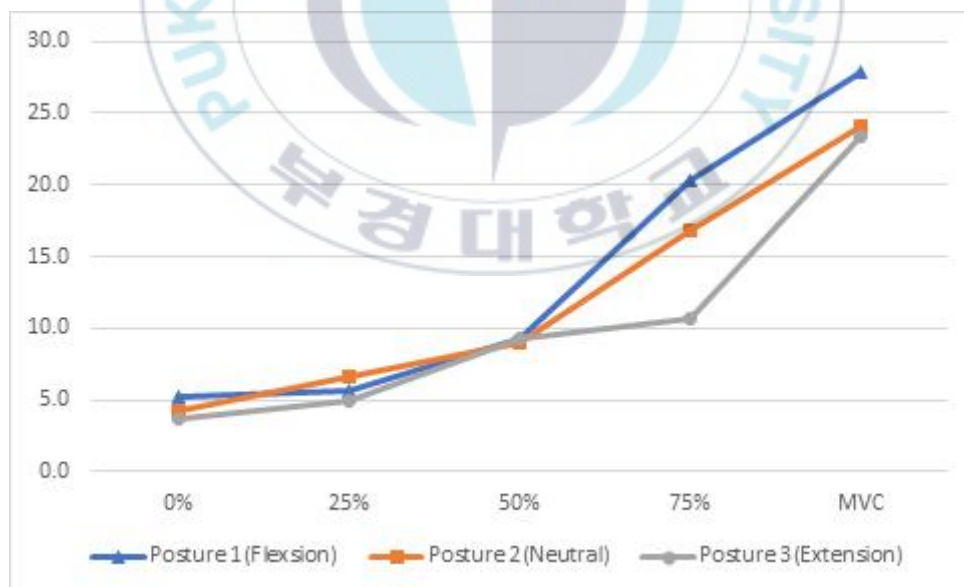


Fig. 8 EMG values of Upper trapezius by %MVC

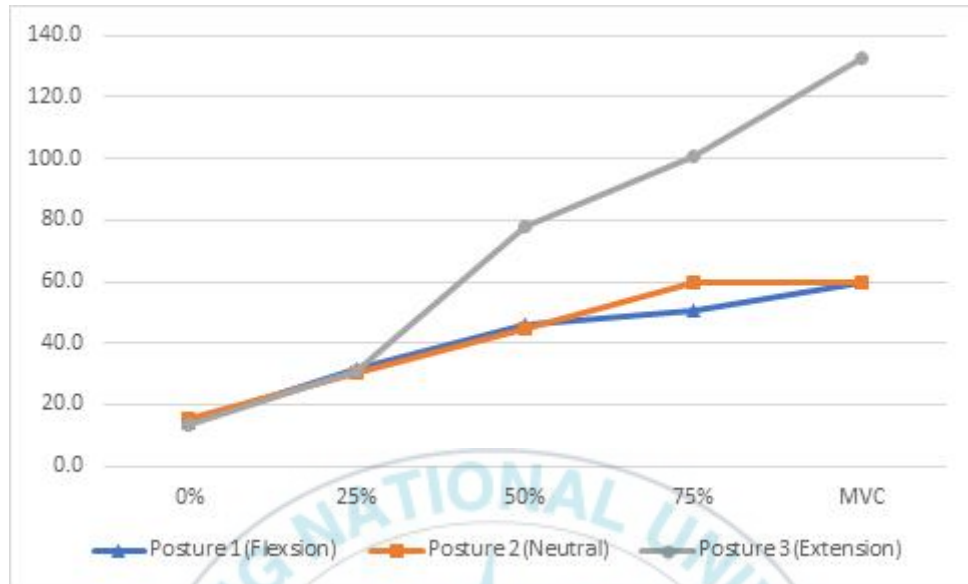


Fig. 9 EMG values of Middle trapezius by %MVC

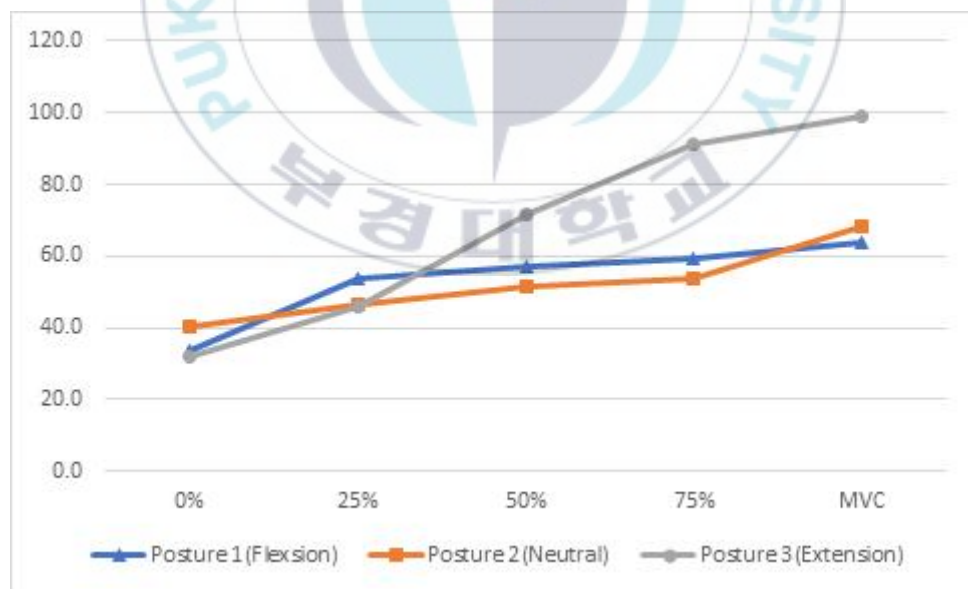


Fig. 10 EMG values of Iliocostalis lumborum by %MVC

Table 6. EMG value

(Unit : uV)

Splenius capitis	0%	25%	50%	75%	MVC
Posture 1 (Flexsion)	6.5	6.5	8.8	8.8	10.1
Posture 2 (Neutral)	6.7	7.6	7.9	11.1	12.1
Posture 3 (Extension)	10.3	13.1	15.0	21.7	29.5

(Unit : uV)

Upper trapezius	0%	25%	50%	75%	MVC
Posture 1 (Flexsion)	5.3	5.6	9.3	20.3	27.8
Posture 2 (Neutral)	4.3	6.6	9.0	16.8	24.0
Posture 3 (Extension)	3.7	4.9	9.3	10.7	23.4

(Unit : uV)

Middle trapezius	0%	25%	50%	75%	MVC
Posture 1 (Flexsion)	14.0	31.9	46.3	50.3	60.0
Posture 2 (Neutral)	15.6	30.7	44.8	59.6	60.0
Posture 3 (Extension)	13.1	30.9	78.0	101.0	132.4

(Unit : uV)

Iliocostalis lumborum	0%	25%	50%	75%	MVC
Posture 1 (Flexsion)	33.7	53.6	57.1	59.6	63.5
Posture 2 (Neutral)	40.5	46.2	51.8	54.0	68.2
Posture 3 (Extension)	31.8	45.8	71.5	91.0	99.1

5. 토의

본 연구의 결과로 목 자세가 굴곡에서 중립, 신전으로 변함에 따라 들기 작업 시 최대발휘근력이 증가하였으며 통계적으로 굴곡과 신전 사이에 유의미한 차이가 있으며, 근전도 결과로 신전 자세의 경우 두관상근, 중부승모근, 요장늑근에 더 많은 근육의 동원 정도를 보였다. 이는 신전 자세가 들기 작업에 있어 더 많은 무게를 들 수 있는 동시에 목, 등, 허리에 많은 부담이 가해진다고 해석 할 수 있으며 들기작업에 적합하지 않은 자세라 사료된다.

선행연구 J.R. Potvin 외 2명에 따르면 들기 작업에 있어 들어 올리는 기술보다 허리 굴곡의 정도가 부상에 더 많은 영향을 끼친다는 것을 알 수 있다²¹⁾. 또한 T.M. Halvenka 외 2명에 따르면 들기작업 시 목의 중립 자세의 경우 그러하지 않은 자세(굴곡 자세)보다 허리 굴곡의 정도가 줄어들 수 있다²²⁾. 들기작업 시 목의 굴곡 자세는 목, 등, 허리에 가해지는 부담이 신전 자세에 비하여 낮은 자세이지만 허리의 굴곡의 증가로 인하여 부상위험이 높아질 수 있으므로 신전 자세와 마찬가지로 들기작업에 적합하지 않다고 사료된다. 따라서 들기 작업에 있어 목의 중립 자세가 신체의 부담과 부상의 위험이 낮으며 근골격계질환을 예방하라 수 있는 자세라고 사료된다.

6. 결론

본 연구는 목의 자세(굴곡, 중립, 신전)가 들기작업에 있어서 미치는 영향을 최대발휘근력과 근전도를 활용하여 분석하였다.

연구결과 신전 자세에서 들기작업시 발휘근력이 가장 큰 것으로 측정되었으며, 굴곡 자세를 기준으로 중립 자세와 신전 자세에서 각각 약 7%, 13%의 증가하는 것으로 측정되었고, 굴곡 자세와 신전 자세간의 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다. 근전도 분석결과 신전 자세에서 두관상근, 중부승모근, 요장늑근 동원 정도가 가장 활발하게 나타났다.

본 연구에서 피실험자를 대학교 재학중인 20대 남성 대상으로 실시하였기 때문에 현장의 경험 미흡, 연령 및 성별의 편향으로 모든 연령대, 주된 근로자의 연령대 그리고 성별을 대표할 수 있는 결과를 도출할 수 없었다. 따라서 향후에는 다양한 연령대와 여성 피실험자를 대상으로 추가적 실험이 필요할 것으로 사료된다. 또한 목 이외의 상.하체, 몸통의 불균형 등 여러 자세를 고려하지 못한 한계점이 있다. 따라서 목 자세와 상.하체, 몸통의 불균형 등 다른 자세를 고려한 추가적인 실험이 필요할 것으로 사료된다. 실험실과 같은 통제된 환경에서 실험이 이루어졌기 때문에 실제 작업 환경을 나타 낼 수 있는 변수들을 고려한 현실적이고 세부적인 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. A. Bhattacharya and J. D. McGlothlin, "Occupational Ergonomics Theory and Applications", MarcelDekkerInc, pp. 137-164, 1996
2. The Korea Occupational Safety and Health Agency, Industrial Accident Analysis, 2011-2017.
3. The Korea Occupational Safety and Health Agency, Industrial Accident Cause Investigation Report, 2014.
4. W. H Kim, "Electromyographic Analysis of Muscle Activity and Fatigue of the Paraspinal muscles During a Repetitive Lifting Task", Physical Therapy Korea, 2009.
5. D. V. Donnelly, W. P. Berg and D. M. Fiske, "The Effect of the Direction of Gaze on the Kinematics of the Squat Exercise", Journal of Strength and Conditioning Research, 2006.
6. A. Dejanovic, C. Balkovec and S. McGill, "Head Posture Influences Low Back Muscle Endurance Tests in 11-Year-Old Children", Journal of Motor Behavior, 2015.
7. S.H. Yang, W.M Kal and P. Park, "An Approach to Ergonomics Evaluation of Grip Strength; Case by the Manual Lifting", Journal of the Korean Society of Safety, 1997.
8. K. A. Kim, H. C. Lee and Y. W. Song, "Effects of the Handle Width, Height and Horizontal Angle on the Pushing, Lifting and Twisting Forces Required for the Handling of Barrows", Journal of the Korean Society of Safety, 2011.
9. Bureau of Labor Statistics, "Number of nonfatal occupational injuries

- and illnesses involving days away from work by event or exposure leading to injury or illness and selected parts of body affected by injury or illness”, Table R32, 1998.
10. A. Garg and J. Banaag, “Maximum acceptable weights, heart rates and RPEs for one hour’s repetitive asymmetric lifting”, *Ergonomics*, Vol. 31, No. 1, pp. 77-96, 1988.
 11. Ministry of Employment and Labor, “Occupational Safety and Health Acts”, 2019
 12. B. Y. Jeong, “Ergonomics’ Role for Preventing Musculoskeletal Disorders”, *The Ergonomics Society of Korea*, Vol. 29, No. 4, pp. 393-404, 2010.
 13. C. J. Kim, “Result of survey on work-related musculoskeletal disorder among female workers in electronic assembly manufactory”, Department of Industrial Engineering, Graduate School, Dong Eui University, 2004.
 14. Grandjean, E., *Fitting the Task to the Man*, 4th ed., Taylor & Francis Ltd., pp.82-99, 1988.
 15. P. Konrad, “The ABC of EMG; A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography, Version 1,4”, Noraxon Inc., USA, 2006.
 16. J. H. Jung, “A Study on the Effect of Forearm Supporter and Elbow Height when doing mouse”, Pukyong National University master’s thesis, 2005.
 17. Cram, R. Jeffery, C. S. Kasman and H. Jonathan, “Introduction to surface Electromyography Second Edition”, Aspen, 1998.
 18. D. C. Bae, “A study on the Evaluation of Horizontal, Vertical,

- Asymmetric and Coupling Multipliers of the NIOSH Lifting Equation in Korean Male”, Pukyong National University doctorate’s thesis, 2005.
19. J. U. Bystrom, G. A. Hansson, L. Rylander, K. Ohlsson, G. Kallrot and S. Skerfving, “Physical Workload in Neck and Upper Limb using Two CAD Application”, *Applied Ergonomics*, Vol. 33, No. 1, pp. 63-74, 2002.
 20. M. Forsman, R. Kadefors, Q. Zhang, L. Birch, P. Palmerud, “Motor-unit Recruitment in the Trapezius Muscle during Arm Movements and in VDU Precision Work”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 24, No. 6, pp. 619-360, 1999.
 21. J. R Potvin, S. M. McGill and R. W. Norman, “Trunk Muscle and Lumbar Ligament Contributions to Dynamic Lifts with Varying Degrees of Trunk Flexion”, *Spine*, 1991.
 22. T. M Hlavenka, V. F. K Christner and D. E Gregory, “Neck posture during lifting and its effect on trunk muscle activation and lumbar spine posture”, *Applied Ergonomics*, 2017.