

렌치 작업에서의 청년층의 상지근력 및 근피로도에 관한 연구

윤훈용[†] · 김은식

동아대학교 산업경영공학과

Upper Limbs Related Muscle Strength and Fatigue During the Wrench Job for Korean Young Aged

Hoon-Yong Yoon[†] · Eun-Sik Kim

Dept of Industrial and Management Systems Engineering, Dong-A University

The muscle strengths in various postures are still used in the workplace, although mechanization and automation have been continuously accomplished. The aim of this study is to measure the maximum muscle strength and analyze the muscle fatigue during the various wrench jobs which are one of the upper limbs related works. Four hundreds and eighty five college students (243 males and 242 females) participated in this study. Twelve muscle strengths which are using for pulling, pushing, lifting and lowering the wrench with various postures are measured. For every moment, the muscle strengths for both hands were measured. In each measurement, five seconds averaged value and peak value were collected. The averaged value of preferred hand and non-preferred hand was compared. Also, the averaged value of opposite movement was compared through t-test. The fatigue of agonist for each movement was analyzed using EMG analysis. The result of this study can provide some basic information not only in designing the tools in work but also in selection, training and management of workers.

Keywords : Wrench Job, EMG, Upper-limb Related Muscle Strength, Muscle Fatigue

1. 서론

산업현장의 많은 작업들이 기계나 로봇으로 대체되고 있으나, 일부 작업은 여전히 인간의 힘을 동력원으로 하는 수작업의 형태로 이루어지고 있는 실정이며, 일상적인 생활에서도 우리가 인식하지 못하는 사이에 다양한 종류의 근력을 사용하는 경우를 많이 접할 수 있다.

인간의 근력은 신체능력의 주된 척도로서 정적 근력(Static strength)과 동적 근력(Dynamic strength)으로 나누어 볼 수 있다. 정적 근력은 근육의 길이변화 없이 자발적으로 발휘 할 때의 최대 근력이다[2]. 동적 근력은 근육의 수축 및 이완작업에 의해 근육의 힘을 자발적으로

발휘 할 때의 최대 근력을 말하며, 등장성 근력(Isotonic strength), 등가속 근력(Isokinetic strength), 등관성 근력(Isoinertial strength)으로 나누어 진다.

인체측정 자료는 1980년대부터 최근까지 주기적으로 한국인의 인체치수에 대한 전면적인 측정조사를 실시하여 다양한 부위의 인체 측정이 행해짐에 따라 축적이 되어가고 있다. 하지만, 근력의 경우 전 산업의 작업인력의 활용뿐만 아니라 근골격계질환자의 예방 및 관리 등의 안전한 육체 작업 기준 설정에 기초자료로써 필수적인 정보임에도 불구하고 일부 항목에 대한 소수 집단을 대상으로 측정된 결과만 발표되어 있는 실정이다. 이에 따라 2007년 산업자원부 기술 표준원에서 한국인에 대한

논문접수일 : 2012년 03월 15일 게재확정일 : 2012년 04월 25일

[†] 교신저자 yhyoon@dau.ac.kr

※ 이 논문은 동아대학교 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음.

근력 측정조사 사업을 수행하여 기본적인 인체치수와 더불어 신체적 조건에 맞추어 제품을 설계하기 위한 80자세의 근력을 측정하였다[7].

근력 측정은 작업자의 근력관련 능력을 나타내는 척도로 외국의 경우 많은 연구가 이루어졌으며 작업자 선별에 필수적인 부분으로 광범위하게 적용되고 있다[1, 6, 8, 9, 14, 15, 18, 19, 20]. 국내에서의 근력측정에 관한 연구를 살펴 보면 상지 관련 연구로는 한국청년의 쥐는 힘, 당기는 힘, 미는 힘, 비트는 힘 등을 측정하고 인체부위와 근력, 근력간의 관계를 분석하였고[5], 어깨 및 상지 관절을 이용한 18가지 자세에 대한 근력을 측정 및 분석하는 등의 연구가 이루어 졌다[4]. 전신에 대한 근력측정에 관한 연구로는 한국 근로자의 팔근력, 몸통근력, 다리근력을 측정하여 근력측정치와 이에 영향을 줄 수 있는 요소(성별, 신장, 체중, 연령)들간의 관계를 제시하였다[12]. 현재까지 근력에 관한 연구가 어느 정도 진행되고 있으나 외국에 비해 자료가 상대적으로 부족하며 대부분이 기본 항목 중심으로 연구가 진행됨에 따라 실제 근력이 발휘되는 자세 및 동적 근력(Isoinertial strength)에 대한 측정된 자료가 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 작업 현장 및 일상 생활에서 많이 사용되고 있는 렌치작업 관련 총 12가지 자세에 대한 정적 근력을 측정 및 분석하고자 하였으며, 정적 근력치의 기준(정적 최대 근력치의 25%, 50%, 75%)으로 동적 근력을 발휘하였을 때의 근피로도를 측정하고자 하였다. 정적 근력치를 기준으로 동적 근력을 사용하였을 때의 근피로도를 측정하는 목적은 일반적으로 우리가 사용하는 근력 대부분이 정적 근력이 아닌 동적 근력임에도 불구하고 근력 측정 실험 환경 및 조건 등의 여러 제약으로 인해 정적 근력 측정이 이루어지고 있음에 따라 이러한 데이터를 동적 근력 데이터로 활용 할 수 있는 방안을 마련 하기 위한 것이다. 따라서 본 연구의 결과를 통하여 각 자세에서의 정적 근력치의 최대값 및 동적 근력의 피로도가 높지 않은 수준의 정적 근력치의 적정값을 제시하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 피실험자

본 연구의 측정은 20대 남·여 각각 243명과 242명에 대해서 이루어졌으며 이 중 남·여 각 6명을 선발하여 근피로도분석 실험을 실시하였다. 본 연구에 참여한 피측정자들의 평균 나이는 남, 여 각각 23.42 ± 2.40 세, 21.92 ± 2.14 세이다.

2.2 측정도구

본 연구에서는 체중계와 마틴식 측정자를 사용하여 기본조사 항목을 측정하였고, 미국 BTE사의 PRIMUS와 NORAXON사의 Myosystem 2000을 사용하여 근력 및 근피로도를 측정하였다. 사용된 장비는 <Figure 1>과 같다.



<Figure 1> Muscle Measurement System and Myosystem 2000

2.3 측정 및 절차

2.3.1 근력 측정

근력측정 시 피측정자는 남·여 구분 없이 6인이 한 그룹으로 구성되었다. 측정 시작전 측정에 관한 유의사항을 전달받고 각 신체부위별 스트레칭을 실시하였다. 각 근력 항목의 측정은 실제 측정에 앞서 측정자세, 방향, 방법에 대해 시범 및 교육을 실시한 후 피측정자들에게 측정 장비에 충분히 익숙해 질 수 있도록 친숙 기간(familiarization session)을 제공하였다.

그리고 같은 근육의 연속적인 사용을 피할 수 있도록 각 측정 자세마다 오른손/왼손 순으로 측정하였다. 또한, 반복되는 측정에 의한 피측정자들의 피로를 줄이기 위해 3분 정도의 휴식시간을 부여 하였으며, 측정 시 장비문제 혹은 피실험자의 자세 문제로 인해 현격한 이상치가 발생하였을 경우 측정 종료 후 해당 피측정자와 해당 측정항목에 대해서만 재측정이 이루어 졌다.

인적 조사 항목으로는 주 사용 손(Preferred hand), 성명, 성별, 생년월일, 연령, 거주지, 혼인여부, 운동상태, 병력 등이고 인체치수 정보는 몸무게, 키, 뺨은 팔꿈치 높이, 뺨은 주먹 수평 길이, 굽힌 팔꿈치 높이, 팔꿈치 주먹수평길이, 손길이, 손직선 길이, 검지손가락 길이, 중지손가락 길이, 주먹너비, 막대권 손안둘레이다.

몸무게, 키, 주먹너비의 경우 한국인 인체치수조사 사업과 동일한 방법으로 측정하였으며, 그 외의 항목은 각 생산현장 및 일상생활에서의 활용을 중심으로 측정값을 도출하기 위해 한국인 인체치수조사 사업의 측정 방법과는 다르게 신발을 착용한 상태에서 측정 하였다. 즉, 기본 측

정 항목의 목적은 각 생산현장 및 일상생활에서의 활용을 중심으로 측정값을 도출하기 위해 개인의 신체사이즈를 측정하여 이를 측정 장비의 높이 조절에 활용하고자 하는데 있다.

본 연구에서의 근력 측정 항목은 총 12가지 자세의 근력에 대해 측정하였으며, 측정 순서는 오른팔, 왼팔 순으로 번갈아 측정하도록 하였다. 또한 측정 주기의 경우 “측정 횟수가 15회 정도 일 때 2분 정도의 휴식시간을 갖는 것이 좋다(2)”는 문헌 연구를 통하여 각 항목 측정 후 적어도 3분 이상의 휴식시간을 가질 수 있도록 측정하였다.

측정항목은 렌치 올리는 동작, 내리는 동작, 미는 동작, 당기는 동작 등의 12자세이며, 근력 측정항목 및 측정 자세는 <Table 1> 및 <Figure 2>와 같다.

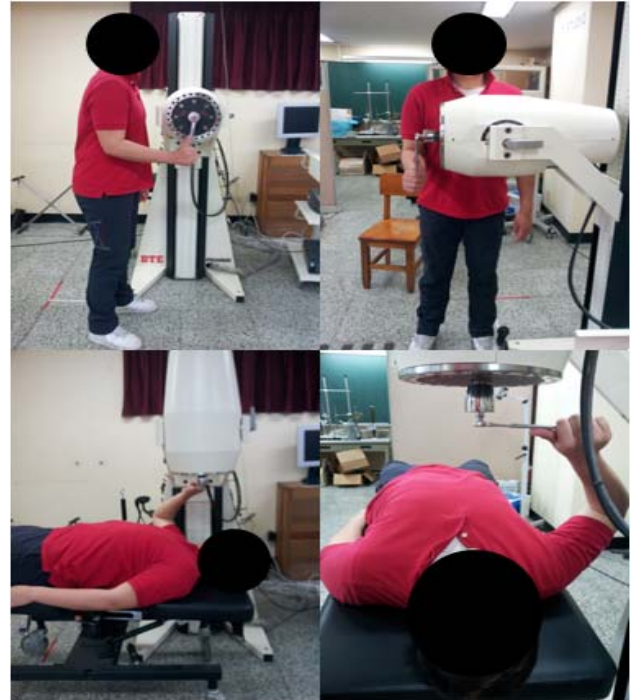
<Table 1> Item and Posture

Item	Posture
렌치 당기는 힘 (선 자세/90°오른손)	피측정자는 측면방향으로 양 발을 어깨너비로 벌리고 서서 오른쪽(왼쪽) 위팔을 수직으로 내리고 팔꿈치는 90도로 구부린 상태에서 앞(뒤) 방향으로 최대한의 근력을 발휘하여 5초 이상 렌치를 민(당긴)다. 이 때 상체를 좌로 제쳐 체중이 실리지 않도록 상체를 곧은 자세를 유지한다.
렌치 당기는 힘 (선 자세/90°왼손)	
렌치 미는 힘 (선 자세/90°오른손)	피측정자는 양 발을 어깨너비로 벌리고 서서 오른쪽(왼팔)을 편 상태에서 수평 위(아래) 방향으로 최대한의 근력을 발휘하여 5초 이상 렌치를 올(내)린다. 이 때 상체를 좌로 제쳐 체중이 실리지 않도록 상체를 곧은 자세를 유지한다.
렌치 미는 힘 (선 자세/90°왼손)	
렌치 올리는 힘 (선 자세/180°오른손)	피측정자는 침대에 누운 상태에서 오른쪽(왼쪽)팔을 최대한 편한 자세로 정면에 있는 렌치를 수평 위(아래) 방향으로 최대한의 근력을 발휘하여 5초 이상 렌치를 올(내)린다. 이때 반대편의 손은 렌치가 낙하되지 않도록 받쳐준다.
렌치 올리는 힘 (선 자세/180°왼손)	
렌치 내리는 힘 (선 자세/180°오른손)	
렌치 내리는 힘 (선 자세 /180°왼손)	
렌치 올리는 힘 (누운 자세/오른손)	피측정자는 침대에 누운 상태에서 오른쪽(왼쪽)팔을 최대한 편한 자세로 정면에 있는 렌치를 수평 위(아래) 방향으로 최대한의 근력을 발휘하여 5초 이상 렌치를 올(내)린다. 이때 반대편의 손은 렌치가 낙하되지 않도록 받쳐준다.
렌치 올리는 힘 (누운 자세/왼손)	
렌치 내리는 힘 (누운 자세/오른손)	
렌치 내리는 힘 (누운 자세/왼손)	

2.3.2 등가속 근력

동적 근력에 대한 근피로도 측정은 3인이 한 그룹으로 구성되어 총 12명의 피측정자를 대상으로 측정 되었고 측정 방향 및 방법 등은 정적 근력측정과 동일하다. 동적 근력에 대한 기준치는 3수준으로 하여 정적 근력치의 25%, 50%, 75%의 근력치이다.

근피로도 측정 근육 선정은 문헌 연구를 통해 총 12개의 상지 근육을 선정하였으며, 12개의 근육 중 예비 실험을



<Figure 2> Examples of Experimental Postures

통하여 가장 높은 반응을 보인 척측수근신근(Extensor Carpi Ulnaris), 요측수근신근(Flexor Carpi Radialis), 삼각근 후면근(Deltoid Posterior), 삼각근전면근(Deltoid Anterior) 등의 4개의 근육이 선정되었다.

측정 자세는 정적 근력의 자세와 동일하며 작업(렌치 이동) 범위는 중양을 기준으로 하여 각 15°로 임의 설정하였다. 작업(렌치 이동)범위 설정 관련 문헌 연구결과는 이전 연구를 찾을 수 없었지만, 근력관련 논문에서 상지의 각도에 따라 근력치가 변한다는 문헌들의 결과를 토대로 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°의 범위 설정에 대한 예비 실험을 실시하였다[3, 13, 10]. 그 결과, 작업(렌치 이동) 범위를 15°설정시 각 자세에서의 정적 근력치의 편차가 가장 적게 나타남에 따라 작업(렌치 이동)범위를 15°로 설정하였다. 1회 측정시간은 총 1분이며 4초의 사이클 타임으로 총 15회 동작에 대해 측정하였다.

3. 결 과

3.1 신체특성

실험에 참여한 피측정자들의 인체치수 결과는 <Table 2>와 같으며, 피측정자의 키와 몸무게의 경우 산업자원부 기술 표준원(2007)에서 실시한 한국인 인체치수조사사업 보고서 자료의 평균치와 비교하였을 때 차이가 없었다.

<Table 2> Basic Body Dimensions and Weight

Item	Gender	Mean ± SD
Weight (kg)	Male	71.29 ± 12.60
	Female	50.88 ± 5.21
Stature (cm)	Male	174.71 ± 5.21
	Female	158.98 ± 19.12
Shoulder height (cm)	Male	142.29 ± 10.11
	Female	130.71 ± 9.56
Shoulder-hand length (cm)	Male	65.69 ± 4.25
	Female	60.02 ± 3.68
Elbow height (cm)	Male	116.71 ± 38.95
	Female	104.16 ± 11.50
Elbow-hand length (cm)	Male	36.86 ± 3.22
	Female	33.03 ± 1.78
Hand length (cm)	Male	18.74 ± 1.41
	Female	17.07 ± 0.74
Palm length (cm)	Male	10.95 ± 0.72
	Female	9.90 ± 0.55
Forefinger length (cm)	Male	7.02 ± 0.44
	Female	6.69 ± 3.22
Middle finger length (cm)	Male	7.82 ± 0.46
	Female	7.18 ± 0.44
주먹너비 (cm)	Male	8.39 ± 0.51
	Female	7.30 ± 0.46
Hand circumference (cm)	Male	5.35 ± 0.30
	Female	4.65 ± 0.28

<Table 3> The Result of Muscle Strength by Gender

() : 표준편차	성별	Peak (단위 : N)	Average (단위 : N)
렌치 당기는 힘 (선/90°/오른손)	남	129.78(47.54)	115.06(41.38)
	여	66.59(23.27)	59.40(20.71)
렌치 당기는 힘 (선/90°/왼손)	남	127.44(45.81)	113.55(40.78)
	여	64.64(22.51)	57.80(20.70)
렌치 미는 힘 (선/90°/오른손)	남	110.99(46.82)	99.60(41.90)
	여	50.44(21.35)	44.89(19.36)
렌치 미는 힘 (선/90°/왼손)	남	110.00(47.42)	98.44(42.49)
	여	51.02(20.07)	44.95(18.23)
렌치 올리는 힘 (선/180°/오른손)	남	88.98(37.80)	78.65(34.93)
	여	41.07(21.38)	35.39(19.48)
렌치 올리는 힘 (선/180°/왼손)	남	90.63(50.71)	78.16(37.30)
	여	39.57(19.85)	34.12(18.70)
렌치 내리는 힘 (선/180°/오른손)	남	125.68(48.51)	112.33(42.49)
	여	55.37(19.72)	49.61(17.78)
렌치 내리는 힘 (선/180°/왼손)	남	123.06(47.64)	109.27(42.22)
	여	54.01(18.65)	47.95(16.39)
렌치 올리는 힘 (누/오른손)	남	136.50(60.16)	123.26(56.31)
	여	58.67(45.71)	48.40(18.42)
렌치 올리는 힘 (누/왼손)	남	129.49(60.06)	116.22(54.44)
	여	49.55(17.96)	43.34(16.13)
렌치 내리는 힘 (누/오른손)	남	177.66(82.05)	161.26(75.84)
	여	68.81(29.43)	61.32(26.88)
렌치 내리는 힘 (누/왼손)	남	173.86(81.52)	157.96(75.63)
	여	71.95(63.04)	64.48(59.20)

3.2 근력

3.2.1 성별 근력값

성별에 따른 정적 근력 측정 항목의 결과는 <Table 3>과 같다. 평균치(Average)는 최대 근력 각각 5초간의 평균치를 말하며, 최대치(Peak)는 5초 동안의 최대치를 의미한다.

평균치를 기준으로 남자의 경우 근력의 크기가 렌치 내리는 힘(누운 자세), 렌치 올리는 힘(누운 자세), 렌치 당기는 힘(선 자세/90°), 렌치 내리는 힘(선 자세/180°), 렌치 미는 힘(선 자세/90°) 렌치 올리는 힘(선 자세/180°) 순으로 나타났고, 여자의 경우 렌치 내리는 힘(누운 자세), 렌치 당기는 힘(선 자세/90°), 렌치 내리는 힘(선 자세/180°), 렌치 올리는 힘(누운 자세), 렌치 미는 힘(선 자세/90°) 렌치 올리는 힘(선 자세/180°)순으로 나타났다. 또한, 각 근력 항목에 대해 평균치와 최고치를 비교한 결과 모든 항목에서의 근력 평균치가 최대치에 비해 82~90% 정도로 나타나 선행 연구 결과 및 한국인에 대한 근력 측정조사사업 보고서의 결과와 비슷한 결과를 나타내었다[4, 7].

3.2.2 성별 근력 비교

각 근력의 평균치 측정 항목을 성별에 대해서 t-Test를 통하여 분석하였으며, 결과는 <Table 4>와 같이 성별에 대해 12가지 모든 근력 측정 항목이 유의한 차이를 보였다 (p < 0.01). 따라서 모든 근력 측정 항목에 대하여 남, 여 간에 차이가 있다고 말할 수 있다. 앞의 <Table 3>의 평균치를 이용하여 남, 여간의 근력차이를 비교하였을 때 여성의 근력이 남성의 근력에 비해 37~53% 정도로 나타났으며, 렌치 올리는 힘(누운 자세/왼손)에서 여성 근력이 남성 근력에 37% 정도로 근력 차이가 가장 크게 나타났고, 렌치 당기는 힘(선 자세/90°/오른손)의 경우 여성 근력이 남성 근력에 52% 정도의 근력을 발휘하여 남, 여간의 근력 차이가 가장 작게 나타났다. 성별에 따른 근력 측정 관련 연구에 의하면 들기 관련 근력의 경우를 제외한 근력(밀기, 당기기, 올리기, 내리기 등)의 경우 여성의 근력이 남성의 근력의 33~86% 정도로 나타났다[1, 16, 17, 21]. 또한, 한국인에 대한 근력 측정조사 사업보고서 (2007)의 경우 근력의 유형과 연령대에 따라 차이는 있

으나 대체로 여성의 근력이 남성의 근력에 비해 50~70% 정도로 나타났는데, 특히 본 연구결과와 비교할 수 있는 20대의 경우 남, 여간의 편차가 가장 크게 나타났으며, 여성의 근력이 남성의 근력에 비해 50% 정도로 나타 본 연구와 비슷한 결과를 나타내었다.

<Table 4> T-Test for Muscle Strength by Gender

근력 측정 항목	DF	t	P-value
렌치 당기는 힘 (선 자세/90°/오른손)	483	18.72	<.0001**
렌치 당기는 힘 (선 자세/90°/왼손)	483	18.97	<.0001**
렌치 미는 힘 (선 자세/90°/오른손)	483	18.45	<.0001**
렌치 미는 힘 (선 자세/90°/왼손)	483	18.01	<.0001**
렌치 올리는 힘 (선 자세/180°/오른손)	483	16.84	<.0001**
렌치 올리는 힘 (선 자세/180°/왼손)	483	16.40	<.0001**
렌치 내리는 힘 (선 자세/180°/오른손)	483	21.19	<.0001**
렌치 내리는 힘 (선 자세/180°/왼손)	483	21.07	<.0001**
렌치 올리는 힘 (누운 자세/오른손)	483	19.66	<.0001**
렌치 올리는 힘 (누운 자세/왼손)	483	19.97	<.0001**
렌치 내리는 힘 (누운 자세/오른손)	483	19.33	<.0001**
렌치 내리는 힘 (누운 자세/왼손)	483	15.13	<.0001**

3.2.3 반대 방향 동작에서의 근력 비교

서로 반대되는 방향의 동작을 취했을때의 근력을 비교 하기 위해 각 동작에서 피실험자의 주사용손(Preferred hand)의 평균 근력치를 비교하였다.

렌치 당기는 힘(선/90°) vs 렌치 미는 힘(선/90°)

렌치 당기는 힘(선 자세/90)과 렌치 미는 힘(선 자세/90)에 대해 Paired t-Test를 한 결과는 <Table 5>와 같다.

<Table 5> Paired t-Test for Muscle Strength on Pull the Wrench and Push the Wrench

근력 항목	성별	Mean	95% CI		p-value
			Lower	Upper	
렌치 당기는 힘-미는 힘	남	16.65	12.49	20.81	<.0001**
	여	13.94	11.65	16.23	<.0001**

주)** significant at 0.01 level.

Paired t-Test을 실시한 결과 남성, 여성의 모두 두 근력의 차이가 통계적으로 유의하게 나타났으며, 95% 신뢰구간(12.49, 20.81), (11.65, 16.23)이 모두 양수의 값을 나타내므로 렌치 당기는 힘(선 자세/90)이 렌치 미는 힘(선 자세/90)보다 크다는 것을 알 수 있다(p < 0.0001). 따라서 남성의 팔꿈치 굴곡(flexion)시의 근력이 팔꿈치 신전(extension)시의 근력보다 크다는 문헌 연구의 결과와 같은 결과를 나타내고 있다[4].

렌치 올리는 힘(선/180°) vs 렌치 내리는 힘(선/180°)

렌치 올리는 힘(선 자세/180°)과 렌치 내리는 힘(선 자세/180°)의 근력에 대해 Paired t-Test를 한 결과는 <Table 6>과 같다.

<Table 6> Paired t-Test for Muscle Strength on up the Wrench and Down the Wrench at Standing Posture

항목	성별	Mean	95% CI		p-value
			Lower	Upper	
렌치 올리는 힘-미는 힘	남	-33.42	-37.36	-29.47	<.0001**
	여	-14.19	-16.28	-12.1	<.0001**

주)** significant at 0.01 level.

Paired t-Test을 실시한 결과 남, 여 모두 두 근력의 차이가 통계적으로 유의하게 나타났으며, 95% 신뢰구간(-37.36, -29.47), (-16.28, -12.1)이 모두 음수의 값을 나타내므로 렌치 올리는 힘(선 자세/180°)이 렌치 내리는 힘(선 자세/180°)에 비해 작다고 말할 수 있다(p < 0.0001).

렌치 올리는 힘(누운자세) vs 렌치 내리는 힘(누운자세)

렌치 올리는 힘(누운 자세)과 렌치 내리는 힘(누운 자세)의 근력에 대해 Paired t-Test를 한 결과는 <Table 7>과 같다.

<Table 7> Paired t-Test for Muscle Strength on up the Wrench and Down the Wrench at Supine Posture

근력 항목	성별	Mean	95% CI		p-value
			Lower	Upper	
렌치 올리는 힘-미는 힘	남	-38.38	-44.60	-32.15	<.0001**
	여	-13.45	-15.87	-11.02	<.0001**

주)** significant at 0.01 level.

분석 결과 남, 여 모두 두 근력의 차이는 통계적으로 유의하게 나왔으며, 95% 신뢰구간(-37.36, -29.47), (-16.28, -12.1)이 모두 음수의 값을 나타내므로 선 자세와 마찬가지로 렌치 올리는 힘(누운 자세)이 렌치 내리는 힘(누운 자세)에 비해 작다고 말할 수 있다(p < 0.0001).

3.3 등가속 근력에 대한 피로도 분석

3.3.1 척추수근신근 피로도 분석

척추수근신근(Extensor Carpi Ulnaris)에 대해서 동적 근력에 대한 피로도 분석은 수준(L), 자세(P) 등에 따른 MPF (Median Power Frequency)의 분산분석 결과는 <Table 8>과 같다. 앞에서 언급 하였듯이, 수준(L)의 경우 정적 최대 근력치의 25%, 50%, 75%의 3가지 수준의 동적 근력으로 하였으며 자세는 기존의 12가지 자세를 취하도록 하였다. <Table 8>에서 나타난 바와 같이 척추수근신근의 경우 자세에 대해서만 유의하게 나타났으며, 수준 및 자세의 교호작용과 수준에 대한 주효과에 대해서는 유의하지 않게 나타났다(p = 0.01).

<Table 8> ANOVA for MPF for Isokinetic Strength by Posture, Level : Extensor Carpi Ulnaris

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
L	2	1119.98	559.99	2.71	0.0678
P	11	12260.02	1114.55	5.39	<.0001***
L×P	22	1143.41	51.97	0.25	0.9998
ERROR	396	81825.07	206.63		
TOTAL	431	96348.49			

수준(L)의 경우 통계적으로 유의한 차이(p < 0.05)는 나타나지 않았지만 유의 수준에 가까운 결과치를 보였으므로 <Table 9>에서 수준에 대한 TUKEY의 다중범위 검정한 결과를 보여주고 있다. 척추수근신근의 경우 정적 근력의 25%, 50%의 경우 A그룹, 정적 근력의 50%, 75%의 경우 B그룹으로 나타나 정적 근력의 75%의 동적 작업에서 median 주파수 천이가 가장 크게 나타남을 알 수 있다.

<Table 9> TUKERY's Test for Level on Extensor Carpi Ulnaris

TUKEY GROUPING	MEAN	N	LEVEL
A	-15.862	144	25
A B	-16.719	144	50
B	-19.624	144	75

<Table 10>은 자세에 대한 TUKEY의 다중범위 검정한 결과이다. 척추수근신근은 손목의 신전 및 내전 작용, 팔꿈치의 신전 작용에 대한 주동근이므로, 팔꿈치의 굴곡 작용을 유발하는 렌치 당기는 힘이 다른 자세에 비해 동적 작업에서 median 주파수 천이가 작게 나타남을 알 수 있으며, 즉 근육의 피로도가 적게 나타난 것이라고 볼 수 있다.

<Table 10> TUKERY's test for Posture on Extensor Carpi Ulnaris

TUKEY GROUPING	MEAN	N	POSTURE
A	-9.358	36	렌치 당기는 힘 (선자세/90°오른손)
A B	-9.506	36	렌치 내리는 힘 (선자세/180°오른손)
A B C	-12.850	36	렌치 당기는 힘 (선자세/90°왼손)
A B C	-14.219	36	렌치 내리는 힘 (선자세/180°왼손)
A B C	-16.169	36	렌치 올리는 힘 (선자세/180°왼손)
A B C	-16.406	36	렌치 올리는 힘 (선자세/180°오른손)
A B C D	-17.825	36	렌치 미는 힘 (선자세/90°오른손)
A B C D	-19.531	36	렌치 미는 힘 (선자세/90°왼손)
B C D	-20.589	36	렌치 올리는 힘 (누운자세/오른손)
C D	-21.817	36	렌치 올리는 힘 (누운자세/왼손)
C D	-21.972	36	렌치 내리는 힘 (누운자세/왼손)
D	-28.578	36	렌치 내리는 힘 (누운자세/오른손)

3.3.2 요측수근신근 피로도 분석

요측수근신근(Flexor Carpi Radialis)에 대해서 동적 근력에 대한 피로도 분석으로서 MPF(Median Power Frequency)의 분산분석 결과는 <Table 11>과 같다. <Table 11>에서 나타난 바와 같이 요측수근신근의 경우 수준 및 자세에 대해서만 유의하게 나타났으며, 수준 및 자세의 교호작용에 대해서는 유의하지 않게 나타났다(p = 0.01).

<Table 11> ANOVA for MPF for Isokinetic Strength by Posture, Level : Flexor Carpi Radialis

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
L	2	1279.97	639.99	5.41	0.0048***
P	11	3399.59	309.05	2.61	0.0032***
L×P	22	1289.45	58.61	0.50	0.9744
ERROR	396	46838.72	118.28		
TOTAL	431	52807.73			

<Table 12>은 수준에 대한 TUKEY의 다중범위 검정한 결과이다. 요측수근신근의 경우 정적 근력의 50%, 75%가 B그룹으로 나타나 동적 작업에서 median 주파수 천이가 가장 크게 나타남을 알 수 있다.

<Table 12> TUKERY's test for Level on Flexor Carpi Radialis

TUKEY GROUPING	MEAN	N	LEVEL
A	-10.335	144	25
B	-13.390	144	50
B	-14.380	144	75

주) p < 0.05.

<Table 13>은 자세에 대한 TUKEY의 다중범위 검정한 결과이다. 요측수근신근의 경우 렌치 당기는 힘을 제외하고는 모든 자세에서 B그룹으로 나타났다. 요측수근신근은 손목의 신전 및 내전 작용, 팔꿈치의 굴곡 작용에 대한 주동근이다. 하지만 본 연구의 결과 팔꿈치의 굴곡 작용을 유발하는 렌치 당기는 힘이 피로도가 가장 적게 나타나 이에 대한 추가적인 측정 및 분석이 필요하게 나타났다.

<Table 13> TUKERY's test for Posture on Flexor Carpi Radialis

TUKEY GROUPING	MEAN	N	POSTURE
A	-7.669	36	렌치 당기는 힘 (선 자세/90°오른손)
A	-8.169	36	렌치 당기는 힘 (선 자세/90°왼손)
A B	-10.844	36	렌치 미는 힘 (선 자세/90°오른손)
A B	-10.997	36	렌치 올리는 힘 (선 자세/180°오른손)
A B	-11.558	36	렌치 내리는 힘 (선 자세/180°왼손)
A B	-11.839	36	렌치 올리는 힘 (선 자세/180°왼손)
A B	-12.192	36	렌치 내리는 힘 (선 자세/180°오른손)
A B	-13.144	36	렌치 미는 힘 (선 자세/90°왼손)
A B	-13.758	36	렌치 올리는 힘 (누운 자세/오른손)
A B	-15.678	36	렌치 내리는 힘 (누운 자세/왼손)
B	-16.322	36	렌치 내리는 힘 (누운 자세/오른손)
B	-18.247	36	렌치 올리는 힘 (누운 자세/왼손)

3.3.3 삼각근전면근 피로도 분석

삼각근전면근(Deltoid Anterior)에 대해서 동적 근력에 대한 피로도 분석으로서 수준(L), 자세(P) 등에 따른 MPF (Median Power Frequency)의 분산분석 결과는 <Table 14>와 같다. <Table 14>에서 나타난 바와 같이 삼각근전면근의 경우 수준 및 자세에 대해서만 유의하게 나타났으며, 수준 및 자세의 교호작용에 대해서는 유의하지 않게 나타났다(p = 0.01).

<Table 14> ANOVA for MPF for Isokinetic Strength by Posture, Level : Deltoid Anterior

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
L	2	356.31	178.16	3.50	0.0311**
P	11	3518.96	319.90	6.29	< .0001**
L×P	22	1376.83	62.58	1.23	0.2180
ERROR	396	20153.47	50.89		
TOTAL	431	25405.56			

<Table 15>은 수준에 대한 TUKEY의 다중범위 검정한 결과이다. 삼각근전면근의 경우 정적 근력의 75%가 경우 B그룹으로 나타나 동적 작업에서 median 주파수 천이가 크게 나타남을 알 수 있다.

<Table 15> TUKERY's Test for Level on Deltoid Anterior

TUKEY GROUPING	MEAN	N	LEVEL
A	-8.8389	144	25
A B	-9.0500	144	50
B	-10.8623	144	75

<Table 16>은 자세에 대한 TUKEY의 다중범위 검정한 결과이다. 삼각근전면근의 경우 렌치 올리는 힘, 렌치 내리는 힘, 렌치 미는힘에서 D그룹으로 동적 작업에서 median 주파수 천이가 가장 크게 나타남을 알 수 있다. 삼각근전면근의 경우 견갑골의 외전 및 굴곡 작용의 주동근임에 따라 견갑골의 신전을 요구하는 렌치 당기는 힘을 제외한 나머지 자세에서 근피로도가 높게 나타난 것으로 추정 할 수 있다.

3.3.4 삼각근후면근 피로도 분석

삼각근후면근(Deltoid Posterior)에 대해서 동적 근력에 대한 피로도 분석으로서 수준(L), 자세(P) 등에 따른 MPF (Median Power Frequency)의 분산분석 결과는 <Table 17>과 같다. <Table 17>에서 나타난 바와 같이 삼각근후면근의 경우 수준 및 자세에 대해서만 유의하게 나타났으며, 수준 및 자세의 교호작용에 대해서는 유의하지 않게 나타났다(p = 0.01).

<Table 16> TUKERY's Test for Posture on Deltoid Anterior

TUKEY GROUPING				MEAN	N	POSTURE
A				-4.948	36	렌치 당기는 힘 (선 자세/90°/왼손)
A	B			-5.381	36	렌치 당기는 힘 (선 자세/90°/오른손)
A	B	C		-6.706	36	렌치 내리는 힘 (누운 자세/왼손)
A	B	C		-6.781	36	렌치 내리는 힘 (누운 자세/오른손)
A	B	C	D	-9.586	36	렌치 미는 힘 (선 자세/90°/왼손)
A	B	C	D	-10.008	36	렌치 내리는 힘 (선 자세/180°/오른손)
A	B	C	D	-10.014	36	렌치 미는 힘 (선 자세/90°/오른손)
	B	C	D	-10.769	36	렌치 올리는 힘 (누운 자세/오른손)
		C	D	-12.022	36	렌치 내리는 힘 (선 자세/180°/왼손)
			D	-12.489	36	렌치 올리는 힘 (누운 자세/왼손)
			D	-12.503	36	렌치 올리는 힘 (선 자세/180°/왼손)
			D	-13.799	36	렌치 올리는 힘 (선 자세/180°/오른손)

<Table 17> ANOVA for MPF for Isokinetic Strength by Posture, Level : Deltoid Posterior

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
L	2	846.47	423.24	5.44	0.0047***
P	11	5040.13	458.19	5.89	<.0001***
L*P	22	1355.83	61.63	0.79	0.7370
ERROR	396	30831.48	77.85		
TOTAL	431	38073.90			

<Table 18>은 수준에 대한 TUKEY의 다중범위 검정 한 결과이다. 삼각근후면근의 경우 정적 근력의 50%, 75%가 경우 B그룹으로 나타나 동적 작업에서 median 주 파수 천이가 크게 나타남을 알 수 있다.

<Table 18> TUKERY's Test for Level on Deltoid Posterior

TUKEY GROUPING	MEAN	N	LEVEL
A	-8.094	144	25
A	B	-9.655	144
	B	-11.519	144

<Table 19>는 자세에 대한 TUKEY의 다중범위 검정 한 결과이다. 삼각근후면근의 경우 렌치 올리는 힘과 당기는 힘에서 D그룹으로 동적 작업에서 median 주파수 천이가 가장 크게 나타남을 알 수 있다. 삼각근후면근은 견갑골의 신전작용의 주동근임에 따라 견갑골의 신전을 유발시키는 자세인 렌치 올리는 힘과 당기는 힘에서 근 피로가 높게 나타난 것을 추정할 수 있다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 산업현장이나 일상생활에서 빈번하게 발생하는 상지 관련 작업인 렌치 작업 자세에 대한 근력 및 근피로도를 측정 및 분석함으로써 근력에 대한 기초자료를 알아보고자 하였다. 총 485명(남 : 243명, 여 : 242명)을 대상으로 측정이 이루어졌으며, 이 중 남녀 각 6명(총 12명)을 선발하여 주요 근육에 대한 근피로도 (EMG) 분석을 실시하였다.

<Table 19> TUKERY's Test for Posture on Deltoid Posterior

TUKEY GROUPING				MEAN	N	POSTURE
A				-3.436	36	렌치 내리는 힘 (누운 자세/왼손)
A	B			-5.283	36	렌치 내리는 힘 (누운 자세/오른손)
A	B	C		-7.111	36	렌치 미는 힘 (선 자세/90°/왼손)
A	B	C	D	-8.278	36	렌치 내리는 힘 (선 자세/180°/오른손)
A	B	C	D	-8.492	36	렌치 미는 힘 (선 자세/90°/오른손)
A	B	C	D	-8.517	36	렌치 내리는 힘 (선 자세/180°/왼손)
A	B	C	D	-9.728	36	렌치 올리는 힘 (누운 자세/왼손)
	B	C	D	-10.078	36	렌치 당기는 힘 (선 자세/90°/오른손)
		C	D	-12.211	36	렌치 당기는 힘 (선 자세/90°/왼손)
			D	-14.075	36	렌치 올리는 힘 (선 자세/180°/오른손)
			D	-14.225	36	렌치 올리는 힘 (선 자세/180°/왼손)
			D	-14.539	36	렌치 올리는 힘 (누운 자세/오른손)

12가지 각 자세에 대한 평균 근력 측정 결과 여성의 근력이 남성의 근력에 비해 37~53% 정도로 나타났으며 이는 여성의 근력이 남성의 근력의 경우 33~86% 정도로 나타난다는 선행 연구의 결과들과 같은 양상으로 나타났다. 렌치 올리는 힘(누운 자세/왼손)에서 여성 근력이 남성 근력에 37% 정도로 근력 차이가 가장 크게 나타났고, 반대로 렌치 당기는 힘(선 자세/90°/오른손)에서는 여성 근력이 남성 근력에 52% 정도의 근력을 발휘하여 남, 여 간의 근력 차이가 가장 작게 나타났다.

정적 근력치를 이용하여 작업(동적근력)을 실시하였을 때의 각 자세별, 수준별 근피로도에 관한 분석을 실시하였다. 그 결과, 모든 근육에서 정적 근력치의 75%의 작업에서 근피로도가 가장 높게 나타났다. 이 결과 작업자들이 렌치작업시 적정 근력치의 값은 자신의 최대 근력치의 75% 미만으로 해야 한다고 할 수 있다. 또한, 자세별 근피로도를 분석한 결과 근육별로 결과값이 차이가 났으나 대체적으로 렌치 당기는 힘에서의 자세가 근피로도가 적게 나타났다.

본 연구의 결과를 통해 산업현장에서 대표적인 상지 작업인 렌치작업에 관한 총 12가지 자세의 근력의 최대 근력치 등의 기초자료를 제공하였으며, 근피로도 분석을 통하여서 적정 근력치를 알아보았다. 일상 생활에서 근력을 요구하는 제품, 혹은 산업 현장에서 쓰이는 설비, 시설의 설계 시 한국인의 인체 특성에 적합한 설계를 위한 기초 자료를 제공하여 사용자의 편의성을 도모하는 설계가 가능하도록 해 줄 것으로 기대된다. 하지만, 본 연구의 경우 렌치 작업자세의 한계점과 정적 근력치의 값을 기준으로 동적 작업을 수행하였을 시의 근피로도를 분석한 결과로서의 한계점을 가지고 있음에 따라 실제로 동적 최대근력치의 값을 기준으로 한 결과와 비교 검증은 실시하는 추후연구가 뒷받침 되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Chaffin, D. B., Herrin, G. D., Keyserling, W. M., and Foulke, J. A.; Pre-employment Strength Testing in Selecting Workers for Materials Handling Jobs (Cincinnati : National Institute for Occupational Safety and Health) Publication, CDC-99-74-62, 1977.
- [2] Chaffin, D. B.; "Ergonomics Guide for the Assessment of Human Static Strength," *American of Human Association Journal*, 36(7) : 505-511, 1975.
- [3] David, M. F., Donald, W. G., and Stenphan, T. P.; "Human strength capabilities during one-handed maximum voluntary exertions in the fore and aft plane," *Ergonomics*, 34(5) : 563-573, 1991.
- [4] Hoon-Yong Yoon and Eun-Sik Kim; "Muscle Strength Measurement using Shoulder and Upper Joint for Korean Young-aged," *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 28(3) : 125-134, 2009.
- [5] Jin-Ho Kim, Su-Chan Park, Myung-Hyun Jang, and Chul-Joong Kim; "A Study on Muscular Strenth of Korean Young Males," *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 9(2) : 37-45, 1990.
- [6] Kamon, E., Kiser, D., and Pytel, J.; "Dynamic and static lifting capacity and muscular strength of steelmill workers," *American Industrial Hygiene Association Journal*, 43 : 853-857, 1982.
- [7] Korean Agency for Technology and Standards, The report on Muscle Strength Measurement for Korean, 2007.
- [8] Koyl, L. F. and Hanson, P. M.; Age, Physical Ability and Work Potential, National Council on Aging Report, 1969.
- [9] Kraus, H.; Prevention of low back pain, *Journal of Occupational Medicine*, 9 : 555-559, 1967.
- [10] Kumar, S.; "Upper body push-pull strength of normal young adults in sagittal plane at three heights," *International journal of industrial ergonomics*, 15 : 427-436, 1995.
- [11] Laubach, L. L.; Comparative muscular strength of men and women : A review of the literature, *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 47 : 534-542, 1976.
- [12] Min-Keun Chung, Do-Hyung Kee, and Tae-Bok Kim; "A Study of Maximum Voluntary Strength Evaluation for Korean Workers," *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 18(1) : 141-154, 1992.
- [13] Mital, A. and Faard, H. F.; "Effects of sitting and standing, reach distance and arm orientation on isokinetic pull strengths in the horizontal plane," *International journal of industrial ergonomics*, 6 : 241-248, 1990.
- [14] Mital, A. and Manivasagan, I.; "Development of non-linear polynomials in identifying human isometric strength behavior," *International Journal of Computers and Industrial Engineering*, 8 : 1-9, 1984.
- [15] Mital, A., Karwowski, W., Mazouz, A. K., and Orsarh, E.; "Prediction of maximum weight of lift in the horizontal and vertical planes using simulated job dynamic strength," *American Industrial Hygiene Association Journal*, 47 : 288-291, 1986.
- [16] Mortimer, R. G.; "Foot brake pedal force capability of

- drivers,” *Ergonomics*, 17 : 509-513, 1974.
- [17] Nordgren, B.; “Anthropometric measures of muscle strength in young women,” *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 4 : 165-169, 1972.
- [18] Pytel, J. L. and Kamon, E.; “Dynamic strength test as a predictor for maximal and acceptable lifting,” *Ergonomics*, 24 : 663-672, 1981.
- [19] Rowe, M. L.; “Low back pain in industry : updated position,” *Journal of Occupational Medicine*, 13 : 476-478, 1971.
- [20] Rowe, M. L.; *Backache at Work*(Fairport), New York : Perinton Press, 1983.
- [21] Yates, J. W., Kamon, E., Rodgers, S. H., and Champney, P. C.; Static lifting strength and maximal isometric voluntary contractions of back, arm and shoulder muscles, *Ergonomics*, 23 : 37-47, 1980.