

## 상지의 움직임과 저항 적용에 따른 Formetric 4D를 이용한 척추의 3차원적 분석

김현진 · 신원섭<sup>1†</sup>

대전대학교 보건의료대학원 물리치료학과, <sup>1</sup>대전대학교 물리치료학과

### Three-dimensional Analysis of the Spine using Formetric 4D according to Upper Limb Movement and Resistance Application

Hyun-Jin Kim, PT · Won-Seob Shin, PT, PhD<sup>1†</sup>

Department of Physical Therapy, Graduate school of Health and Medicine, Daejeon University,

<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, College of Health and Medical Science, Daejeon University

Received: May 12, 2020 / Revised: May 15, 2020 / Accepted: June 1, 2020

© 2020 J Korean Soc Phys Med

#### | Abstract |

**PURPOSE:** The aim of this study was to measure changes in spine inclination and thoracolumbar structure and morphology according to upper-extremity movements with and without resistance in order to evaluate the spine stability in workers.

**METHODS:** Forty-eight middle-aged male workers (mean age,  $40.48 \pm 6.27$  years) participated in this study. Using the spine analysis system, changes in the inclination of the spine and structure as well as shape of the thoracolumbar spine were measured. For posture measurement, the postures of standing, lifting the right and left arms (shoulder joint  $90^\circ$  flexion), and lifting with both arms were measured in random order. In addition, variables were measured using a resistance of 3 kg for each posture. The statistical significance level was set at  $\alpha = .05$  for all variables.

**RESULTS:** There were statistically significant differences

between the front and back inclinations of the spine, kyphotic curve of the thoracic spine, lordotic curve of the lumbar spine, rotation changes in the thoracolumbar spine, and rotation changes in the T4 vertebra ( $p < .05$ ). However, there was no significant difference in the left and right tilts of the spine. In the post-hoc analysis, rotation changes in the T4 vertebra showed a significant difference in posture when resistance was applied to the left and right sides

**CONCLUSION:** Causes of musculoskeletal diseases include excessive thoracic spine rotation, torsion, and hyperlordosis of the lumbar spine. Therefore, it is necessary to improve the working environment in order to ensure a healthy posture and prevent musculoskeletal diseases that can reduce the ability to carry various and/or excessive loads.

**Key Words:** Upper extremity deformity, Spine, Workload, Thoracic disease

#### I. 서 론

근골격계 질환(Musculoskeletal disorders, MSDs)은 작업과 관련하여 특정 신체 부위 및 근육의 과도한 사용으로 인해 신체 내부에 미세한 손상이 발생하여 신체에 나타나는 만성적인 건강 장애로 정의한다. 근골격계

†Corresponding Author : Won-Seob Shin  
shinws@dju.kr, <https://orcid.org/0000-0002-6515-7020>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

질환의 발생은 근로자의 활동에 영향을 미쳐 삶의 질 저하, 노동력 손실, 작업의 질 저하, 산재보상 비용의 증가 등 많은 사회적, 경제적 문제를 일으킨다[1]. 특히 자동차 부품 제조업체의 경우 생산하는 제품의 특성상 다른 업종에 비해 인력작업의 비중이 높은 편이다. 작업장에서 가장 큰 위험요인은 중량물 작업 등으로 인한 작업형태상의 문제점 및 작업장 설비의 문제점을 내포하고 있을 것으로 추정해 볼 수 있다[2].

척추 자세는 목관절과 어깨관절, 허리의 통증뿐만 아니라, 어깨관절 기능에도 영향을 미친다. 증가된 등뼈 뒤쪽 굽음(Thoracic kyphosis)은 어깨뼈와 위팔뼈 사이의 관계를 바꾸고, 더 나아가 이 자세는 어깨관절 복합체에 근력 약화를 이끌며, 어깨관절 가동범위(ROM)에 제한을 야기하고, 결과적으로 어깨관절 찰힘(Impingement)병리의 원인이 된다고 했다[3]. 등뼈의 자세는 분명 어깨뼈면(Scapular plane)으로 팔을 들어 올릴 때 가동범위와 근력에 영향을 미친다[4]. 대부분의 작업자들은 허리높이 정도의 높이에서 크고 작은 중량물들을 이동, 조립, 이동 등을 반복하는 작업을 하고 있는데 이는 손을 끊임없이 사용하는 팔의 움직임이 나타나게 한다. 척추의 정렬 중 등뼈는 팔 움직임에 크게 관여한다. 시상면과 어깨뼈면 모두에서 한쪽 팔을 들어 올릴 때 상부등뼈는 같은 쪽으로 바깥쪽 굽음과 회전적 짝 움직임(Coupled motion)이 나타나고, 또 짝 움직임은 등뼈 펴고 연관된다.[5]. 또한 양측 팔을 동시에 들어 올리면 상부와 하부 등뼈가 더 펴 되고, 이는 시상면을 따라 팔을 들어올릴 때 가장 크게 나타난다[6]. 위의 선행 연구들에서는 그냥 팔만 들어 올리는 움직임만 분석했지만 산업체근무자들은 작업도구나 제품들을 반복적으로 들어 올리는 일을 하는 상황에 있기 때문에 무게를 가지고 들어 올릴 때의 변화를 알아볼 필요성이 있다. 또한 척추의 굽힘과 펴기 팔의 움직임에 미치는 영향을 연구하는 선행연구들은 있었으나 등뼈와 허리뼈의 회전과 팔의 움직임과의 관계를 연구한 연구는 없었다. 특히 기본 선 자세, 그냥 팔만 움직였을 때, 부하를 가지고 팔을 움직였을 때 척추의 변화를 비교한 연구는 없었다.

허리뼈 앞쪽 굽음에 대한 생체역학적 분석을 위해

삼차원 동작분석 시스템을 즉 6대의 적외선 카메라와 2개의 힘판, 근전도 등을 사용하여 척추를 분석한 선행 연구에서는 운동 형상학적 결과와 운동학적 결과 그리고 근전도 결과가 움직임의 관절운동 특성에 대해 일관된 제시를 하지 못하였다[7]. 이전의 연구에서는 방사선 촬영법이나 자기공명 촬영법을 이용해 체형분석을 많이 하였으나 방사선 촬영법은 평면적 분석에 그칠 뿐만 아니라 방사능에 노출되는 위험이 있고, 특정한 장소로 가야만 하는 불편함과 또 자기공명 촬영법은 고가의 장비임에 한계가 있었다. 그러나 척추구조분석 시스템(Formetric 4D)는 신속하고 정확한 측정시간(.04~6초) 및 할로겐램프 이용으로 인한 방사선 피폭 위험이 없으며, 자극판(Stimulation platform)기능으로 치료 효과를 예상할 수 있다[8]. 기존의 측정방법은 정적인 선자세에서 척추의 자세만을 평가하였고, 상지의 움직임과 연관되어 척추의 변위를 알아본 연구는 없었다.

자동차 부품 제조공장에서 일하는 근로자들에게 나타나는 등뼈·허리뼈 분절의 불안정성, 그로인한 제한된 운동성이 나타나고, 통증으로 인한 척추 운동성 감소에 따른 균형능력 상실은 대상자들의 작업 시 기능적 동작의 감소로 이어지고 일상생활에서도 지장이 많이 받고 있다[9]. 따라서 실제로 공장에서 근무하고 있는 근로자들을 대상으로 저항을 가진 상지의 움직임 시 등뼈·허리뼈 형태변화의 관계를 비교분석하고, 허리, 어깨, 목 통증을 야기하는 근골격계 질환의 검진에 자세 평가 및 특히 등뼈의 위치와 회전 등의 요인의 관찰 필요성을 제시하고[10], 중재 방향을 설정하고 예방프로그램을 설계하는데 기여하기 위하여 연구하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

본 연구는 충남 서산시에 소재한 H 자동차 부품공장 에서 근무하는 근로자들을 대상으로 실시하였다. 대상자는 60세 미만의 우세손이 오른손인 남성으로 신경학적 질환이나 정형외과적 질환이 없는 자, 6개월 내에 수술 이력이 없는 자, 통증으로 인하여 업무에 어려움이 없는 자로 하였다. 병가나 휴직 등의 이유로 출근하

지 않는 자는 제외하였다. 또 체질량지수가 29 kg/m<sup>2</sup> 초과인 자도 제외하였다[11]. 연구에 총 48명의 지원자가 참가하였다. 시험에 참가한 대상자들은 시험과정에 대하여 충분히 설명을 들었으며 모두 자발적으로 동의서에 서명하였다. 설문지에 의하여 대상자들의 일반적인 특성을 수집하였다(Table 1). 본 연구는 대전대학교 윤리위원회(IRB-1040647-202004-HR-001-03)로부터 승인을 받았다.

## 2. 연구절차

본 연구는 무작위 교차 설계(Randomized cross-over design)으로 최종 선정된 48명의 대상자(Fig. 1)를 척추 구조분석 시스템(Formetric 4D, Diers, Germany)를 사용하여 척추의 기울기 변화, 등뼈·허리뼈의 구조와 형태 변화를 측정하였다. 측정을 위해서 대상자의 상의를

탈의하고 하의는 꼬리뼈가 보일정도로 내리고 바닥에 지정된 포인트에 발뒤꿈치를 맞추고 측정자 쪽으로 등을 보이고 서게 한다. 발뒤꿈치 포인트는 측정 장비와 2 m 떨어진 위치이며 긴 머리일 경우 목선이 보일정도로 올려 고정하여야 하고, 몸에 부착하고 있는 모든 귀금속물이나 악세사리는 제거한 상태로 시선은 고개를 15°정도 숙인 편안하게 팔을 내리고 선 자세가 준비 자세이다[11]. 촬영자는 촬영 시작 전에 기준점을 오른쪽 어깨뼈 아래각의 위치로 측정 위치를 조정하고 준비가 되면 촬영을 시작한다[13]. 3차원 척추구조분석시스템(Formetric 4D)의 촬영 모습은 다음의 Fig. 2와 같다.

## 3. 측정방법

### 1) 신체조성

체성분분석기 인바디(Inbody 770-2.0, Biospace, Korea)를 이용하여 키, 몸무게, 골격근량, 체지방량, 체질량지수를 측정하였다. 대상자는 최대한 가벼운 옷차림으로 몸에 부착 및 착용한 금속이나 악세사리의 물질을 모두 제거하고 전극과 발뒤꿈치가 닿게 측정 장비에 올라가게 하였다. 정면을 보고 바로 선 자세로 전극 손잡이를 잡고 겨드랑이 사이가 벌어지도록 몸통의 거리는 30

Table 1. General Characteristic of Subjects (N = 48)

Variables	Values
Age (years)	40.48 ± 6.27
Height (cm)	174.56 ± 5.53
Weight (kg)	77.95 ± 9.32
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	25.33 ± 2.33

Mean ± Standard Deviation

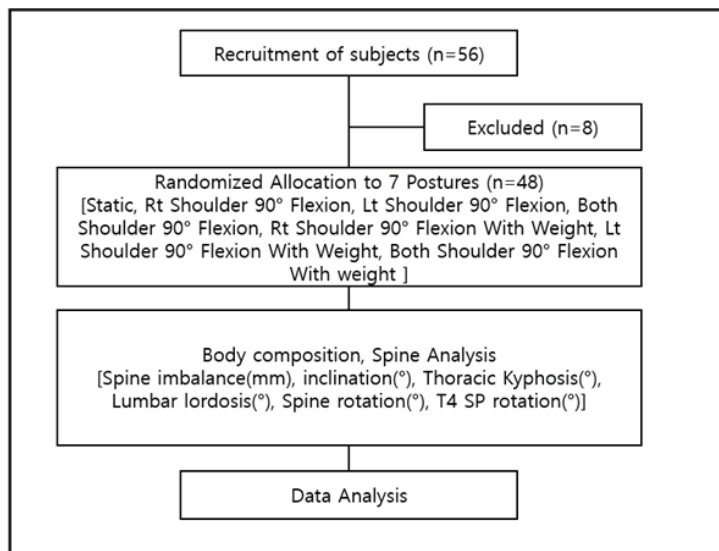


Fig. 1. Flow chart.

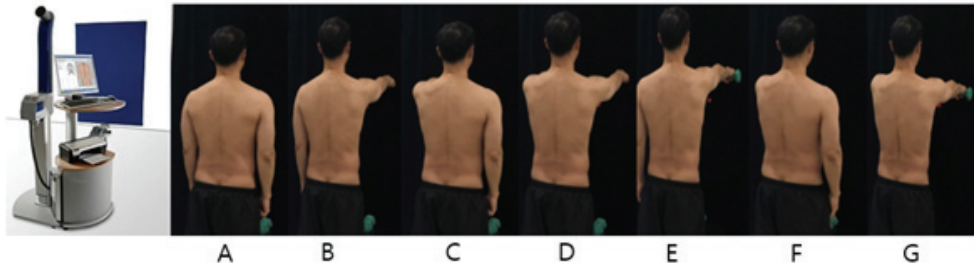


Fig. 2. 3D Spine analysis system & posture. (A) Static, (B) Rt. shoulder 90° flexion, (C) Lt. shoulder 90° flexion, (D) Both shoulder 90° flexion, (E) Rt. shoulder 90° flexion with 3 kg weight, (F) Lt. shoulder 90° flexion with 3 kg weight, (G) Both shoulder 90° flexion with 3 kg weight.

Table 2. Detailed Explanation of the Variables of the Structural Analysis of the Spine

Variables (unit)		Description
Spine Grade	Trunk Imbalance (mm)	The Distance between the Vertical Line Starting At C7 and the Middle Point of the Left and Right PSIS
	Trunk Inclination (°)	Front and Rear Grade of the Torso in Side Posture
Spine Curvature	Kyphotic Angle (°)	Maximum Value of Posterior Thoracic Curvature
	Lordotic Angle (°)	Maximum Value of the Entire Curve of the Lumbar Region
Spine Rotation	Trunk Rotation (°)	Each Vertebra Rotation Angle between C7 and L5
	T4 SP Rotation (°)	T4 Spine Process Rotation

cm정도 벌리도록 청각적 신호를 준 뒤 측정하였다[14].

## 2) 척추구조분석시스템

척추의 구조 분석은 척추구조분석 시스템(Formetric 4D, Diers, Germany)을 사용하여 측정하였다. 이 장비가 보여주는 정확도는 표면 분석에 대한 평균 편차가 .15 mm이고, 척추 만곡(Lateral deviation)의 평균 편차가 3°이다[15]. 또한 신뢰도 측면에서 측정된 매개변수의 유형에 따라 시스템의 우수한 신뢰성에 대한 결과를 보여준다고 하였습니다[16]. Formetric 4D Video 방식을 사용하며 피검자의 등 표면에 할로겐 광원을 투사하여 3각 측량법으로 얻은 영상으로 3차원 모델을 만들었다[17]. 촬영된 영상은 등 표면의 굴곡을 분석하여 대칭선을 찾아내는데 이 선은 척추의 극돌기를 이은선과 거의 유사하다. 그 다음 등 표면이 분석되고 이에 따라 4개의 해부학적 정점, 즉 목뼈7번과 꼬리뼈 끝점, 골반 좌우의 뒤엉덩뼈가시를 기준점으로 척추의 형태를 분석하

였다. 이러한 측정변수에 대한 자세한 설명은 Table 2에 기술하였다.

측정자세는 먼저 기본 선 자세를 측정하였다. 이는 무게부하 없이 편안하게 팔의 움직임이 없이 바로 선 자세를 말한다. 두 번째 자세는 오른팔만 어깨관절을 90°굽힌 자세(이하 오른팔 든 자세), 세 번째 자세는 왼팔만 어깨관절을 90°굽힌 자세(이하 왼팔 든 자세), 네 번째는 양팔을 모두 어깨관절을 90°굽힌 자세(이하 양팔 든 자세)로 측정한다. 그 다음은 3 kg의 아령 들고 오른팔 든 자세, 아령 들고 왼팔 든 자세, 아령 들고 양팔 든 자세를 측정한다[18]. 이 모든 7가지의 자세 측정 순서는 무작위로 정하였다[19].

## 4. 분석

본 연구에서 수집된 자료들은 윈도우용 SPSS Statistics ver. 25 프로그램(IBM Co., Armonk, NY USA)을 사용하

Table 3. Changes in Spine Imbalance and Inclination (N = 48)

Variables	Quiet Standing	Without Resistance			Resistance			F (p)
		Right	Left	Both	Right	Left	Both	
Spine Imbalance (mm)	-7.90 ± 9.87	-5.67 ± 14.79	-7.90 ± 17.05	-6.50 ± 12.76	-7.10 ± 12.78	-5.81 ± 13.84	-4.42 ± 11.77	.595 (.666)
Spine Inclination (mm)	7.40 ± 17.41*	-17.94 ± 17.84*	-16.25 ± 17.62*	-27.92 ± 19.92*	-30.19 ± 21.26*	-29.63 ± 24.43*	-34.63 ± 27.63*	71.656 (.000**)

Mean ± Standard Deviation, \*: < .05, \*\*: < .01, Right: Rt Shoulder 90° Flexion, Left: Lt Shoulder 90° Flexion, Both: Rt + Lt Shoulder 90° Flexion, +: Right, -: Left, +: Spine Flexion, -: Spine Extension

Table 4. Changes in Thoracic Kyphosis and Lumbar Lordosis (N = 48)

Variables	Quiet Standing	Without Resistance			Resistance			F (p)
		Right	Left	Both	Right	Left	Both	
Thoracic Kyphosis (°)	47.88 ± 7.11	48.10 ± 8.15	48.67 ± 8.14	45.52 ± 10.36	46.79 ± 9.56	46.65 ± 9.03	40.27 ± 13.08*	10.541 (.000)**
Lumbar Lordosis (°)	33.73 ± 6.07	36.21 ± 6.41*	36.04 ± 6.92*	36.46 ± 6.41*	36.58 ± 7.26*	36.35 ± 7.08*	35.94 ± 7.85	3.732 (.009)**

Mean ± Standard Deviation, \*: < .05, \*\*: < .01, Right: Rt Shoulder 90° Flexion, Left: Lt Shoulder 90° Flexion, Both: Rt + Lt Shoulder 90° Flexion, +: Right, -: Left, +: Spine Flexion, -: Spine Extension

여 통계처리 하였다. 대상자의 일반성 특성과 신체조성은 기술통계를 사용해 평균 및 표준편차를 제시하였으며, Shapiro-Wilks test를 통한 정규성 검정을 실시하였다. 몸통 기울기, 골반 기울기, 척추 구조 비교는 반복측정 분산분석(Repeated measure ANOVA)을 이용하였으며, 사후분석은 Bonferroni correction을 이용하였다. 본 연구의 통계적 유의성은  $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

### III. 연구결과

#### 1. 척추의 기울기

대상자들의 척추 좌·우 기울기를 비교한 결과는 통계적으로 유의한 변화가 없었다(Table 3). 척추의 전·후 기울기를 비교한 결과 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $F = 71.656, p = .000$ ). 사후분석(Post hoc analysis) 결과, 자세 대응 별 비교에서도 모든 자세에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

#### 2. 등뼈와 허리뼈의 만곡도

등뼈 뒷굽은 각의 결과 분석은 Table 4에서 보는 바와

같이, 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $F = 10.541, p = .000$ ). 사후분석(Post hoc analysis) 결과, 각 자세 대응 별 비교 검정에서는 기본선자세와 비교하여 아령 들고 양쪽팔 든 자세에서만 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p = .002$ ).

허리뼈 앞굽은 각의 분석 결과는 Table 4에서 보는 바와 같이 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $F = 3.732, p = .009$ ). 사후분석(Post hoc analysis) 결과, 각 자세 대응 별 비교 검정에서는 기본 선 자세와 비교했을 때 아령들고 양쪽팔 든 자세를 제외하고 모두 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

#### 3. 등뼈·허리뼈의 회전

등뼈·허리뼈 회전 분석 결과는 Table 5에서 보는 바와 같이, 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $F = 8.870, p = .000$ ). 사후분석(Post hoc analysis) 결과, 각 자세 대응 별 비교 검정에서는 기본선자세와 비교하여 왼쪽 팔 든 자세에서만 유의한 차이( $p = .000$ )가 있었고, 저항을 가지고 들었을 땐 아령들고 오른팔 든 자세( $p = .001$ ), 아령들고 왼팔 든 자세( $p = .000$ )에서 각각 유의한 차이

Table 5. Changes in Spine Rotation and T4 SP Rotation

(N = 48)

Variables	Quiet Standing	Without Resistance			Resistance			F (p)
		Right	Left	Both	Right	Left	Both	
Spine Rotation (°)	3.00 ± 1.01	3.94 ± 2.03	4.67 ± 1.97*	3.54 ± 1.49	5.46 ± 3.51*	4.69 ± 1.74*	3.48 ± 1.86	8.870 (.000)**
T4 SP Rotation (°)	1.64 ± 4.44	3.77 ± 4.32	0.33 ± 4.83	3.29 ± 4.23	7.73 ± 5.30*	-2.40 ± 4.64*	2.83 ± 4.47	32.530 (.000)**

Mean ± Standard Deviation, \*: < .05, \*\*: < .01, Right: Rt Shoulder 90° Flexion, Left: Lt Shoulder 90° Flexion, Both: Rt + Lt Shoulder 90° Flexion, +: Right, -: Left, +: Spine Flexion, -: Spine Extension

가 있었다. 부하가 있는 움직임이나 없는 움직임 모두 양쪽 팔을 들었을 때 유의한 차이는 없었다.

등뿔4번 극돌기 회전변화(T4 SP Rotation) 분석 결과는 다음과 같았다(Table 5). 통계적으로 유의한 차이가 있었다(F = 32.530, p = .000) 사후분석(Post hoc analysis) 결과, 각 자세 대응 별 비교 검정에서는 저항을 가진 상지 움직임에서 아령 들고 오른팔 든 자세(p = .001), 아령 들고 왼팔 든 자세(p = .001)에서 각각 유의한 차이를 보였고, 방향은 오른쪽만 들었을 때 등뿔4번의 극돌기는 오른쪽으로 회전하였고, 왼쪽만 들었을 때 왼쪽으로 회전한 결과를 보였다(F = 32.530, p = .000)

#### IV. 고 찰

본 연구는 자동차 부품 제조공장에 근무하는 근로자를 대상으로 기본 선 자세, 저항 없는 상지의 움직임과 저항을 가진 상지의 움직임 시 척추의 자세변화를 측정하였다.

척추의 좌·우 기울기 변화는 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 대부분의 대상자들이 기본 선 자세 즉 편안하게 양손을 내리고 서있는 자세에서 정상범위 ± 7 mm[20]를 벗어나 왼쪽으로 볼록한 척추의 자세를 가지고 있었다. 이는 모든 대상자들이 우세손이 오른쪽인 것과 관련이 있을 것으로 사료된다. 이는 선행연구에서 오른손잡이의 45%가 왼쪽으로 볼록하다는 연구의 결과와 일치한다. 우세손이 오른손인 사람들이 개인마다 습관의 차이는 있겠지만 오른손으로 물건을 들고 서있거나 걷는다고 생각하면 좌측 넓다리근막긴장근, 중간볼기근, 작은볼기근 같은 좌측 엉덩관절 별립근육

에 수축이 발생하게 되는데, 이런 습관이 오래 되면 근육의 단축이 일어나면서 좌우측 골반 높이와 하지 길이에 차이가 발생하게 되고, 무게중심이 좌측 다리에 더 쏠리게 된다. 여기에 보상작용으로 허리뼈가 좌측으로 볼록하게 변위 되면서 좌우 균형이 왼쪽으로 더 편향될 것으로 보인다[21]. 양팔을 모두 들었을 때는 치우침의 정도가 감소하는 패턴을 보였고, 아령 들고 양팔 든 자세는 척추의 치우침이 더 감소하였다.

척추의 전·후 기울기는 모든 측정자세 비교에서 통계적으로 유의한 결과가 나타났다. 기본 선 자세와 비교해보면 양쪽손에 저항을 준 팔의 움직임이 척추의 자세변화가 가장 컸다. 대상자들은 기본 선 자세에서 척추가 앞으로 기울어진 자세를 나타냈다. 선행연구에서도 90%가 앞으로 기울어진 결과를 보였다. 이는 머리와 목의 기울기와 밀접한 관련이 있는 것으로 사료된다. 노화, 근육약화로 인한 근육불균형, 생활습관 등으로 인해 머리와 목을 지지하는 근육의 약화로 머리와 목이 서서히 앞으로 나오게 되고 척추 전체가 앞으로 기울어진 자세를 나타내게 한다[21]. 전체적으로 보면 저항을 가진 팔의 움직임이 더 큰 척추의 뒤쪽 기울어짐 보여주었고, 양측과 편측을 비교해 보면 양측손을 들 때 더 크게 뒤로 기울어졌다. 어깨 주변의 근육들은 위팔어깨 관절에 압박 부하를 가하고 편심성 수축을 함으로써 어깨 관절의 안정성을 유지한다. 위팔어깨 관절은 팔을 뻗은 상태로 들고 있을 때 몸무게 절반 정도의 부하가 걸린다[22]. 이 부하가 중력중심을 앞으로 옮기고 그 보상작용으로 몸통이 펴 되고 저항이 더 클수록 펴 폭도 커짐을 확인하였다. 편측들끼리는 왼쪽 팔을 들거나 오른쪽 팔을 들거나 큰 차이가 없었다.

척추의 움직임은 팔이 공간에서 제 위치를 차지하는데 중요한 역할을 한다. 이는 좌우의 위치보다는 앞으로 가해지는 무게에 더 큰 영향을 받음을 알 수 있었다.

등뼈·허리뼈 부위의 자세분석에서 등뼈·허리뼈 뒤쪽 굽음(Thoracic kyphotic angle)은 등뼈가 얼마나 뒤쪽으로 굽어 있는지 각도의 최대값을 나타내며, 기본 선 자세와 비교하여 양쪽 저항을 가진 팔의 움직임에서 통계적으로 유의하게 크게 나타났다. 정상적인 등뼈 뒤쪽 굽음의 값이 47~50도[20]인 것을 참고하면, 기본 선자세의 뒤쪽 굽은 각은 정상 범위에 있다. 양쪽 모두 저항을 들었을 때는 평균 40도로 정상범위에서 많이 벗어난 뒤쪽 굽은 각의 감소를 보여주고 있다. 이는 등뼈가 펴진 자세로 앞에서 언급한 척추의 뒤쪽 기울어짐 기전과 동일한 결과이다. 허리뼈 앞쪽 굽은 각은 허리뼈부위가 앞으로 볼록 굽은 최대 각도 값을 말한다. 정상적인 허리뼈 앞쪽 굽은 각은 38~40도[20]로 알려져 있다. 참가한 대상자들은 기본 선자세에서 허리뼈 앞쪽 굽은 각이 평균 5°이상 감소된 상태이며 부하가 없거나 부하가 있는 팔의 움직임 모두에서 허리뼈 앞쪽 굽은 각이 증가하는 비슷한 결과를 보여주었으나, 양쪽 모두 저항을 가진 팔의 움직임 때는 통계적으로 유의한 차이는 보여주지 못하였다. 척추는 기능이상이 발생하면 다른 부위에서 협응적 작용이 나타나 균형과 안정성 등의 신체적 보상작용이 일어나게 된다[23]. 팔을 들어 올리는 것만으로도 중력중심의 변화가 생겨 보상작용이 일어나고 이는 허리뼈 앞쪽 굽음의 새로운 균형을 잡기위해 변화를 보이는 것으로 사료된다.

등뼈·허리뼈 회전각(Surface rotation)은 척추의 극돌기(Spinous process) 회전에 기인한 피부의 회전각의 변화량을 말한다. 목뼈 7번에서 허리뼈 5번까지 척추의 분절 좌·우 회전을 측정하는 것으로 0°가 회전이 전혀 없는 가장 이상적인 수치이다. 분석결과 대상자들의 기본 선자세와 비교하여 왼팔 든 자세만 유의하게 크게 회전하였다. 저항을 가지고 들었을 때 양쪽 손 보다는 한쪽 손을 들 때 유의하게 크게 회전함을 알 수 있었다. 일반적으로 등뼈를 상부·하부로 구분한다. T1~T4를 상부등뼈, T5~T12를 하부등뼈로 구분하며, 상부등뼈는 목뼈와 연관성이 있고 하부등뼈는 허리뼈와 연관성

을 가지고 있다고 제시하고 있다[24]. 상부등뼈가 상지의 움직임에도 연관성이 많다[25]고 사료되는 바 상부·하부 등뼈를 나누는 기준점인 등뼈4번 극돌기의 회전변화를 측정하고 분석한 결과 저항을 가진 상지의 움직임에서 아령 들고 오른팔 든 자세와 아령 들고 왼팔 든 자세 각각 유의한 차이를 보였고 방향은 오른쪽만 들었을 때 등뼈4번의 극돌기는 오른쪽으로 회전하였고, 왼쪽만 들었을 때 왼쪽으로 회전한 결과를 보인다. 선행연구에서 척추 옆굽음의 경우 수평면에서 회전변형이 일어나고 체간과 흉곽이 변화되는 것뿐만 아니라 머리와 어깨 그리고 골반의 전위를 유발하며 균형능력의 변화에 영향을 줄 수 있다고 했다[26]. 그만큼 척추의 회전변형이 근골격계의 불균형으로 이어지고 자세의 변형이 드러나고 이것이 통증으로도 이어질 수 있다는 것을 알 수 있다. 즉 이러한 크고 작은 물건들을 들고 편측으로 작업하는 환경에 노출되어 있는 근로자들은 척추의 한 부분에 이상 만곡 변화 발생 시 신체가 불균형 상태에 도달하기 전에 새로운 균형 상태를 이루려고 하는 보상작용을 할 것이며[27]. 이러한 작용이 실패할 경우 근골격계가 불균형해지면서 요통, 구조적 근육 변형에 의한 비대칭 자세 변형과 통증 및 피로 등이 나타나 일을 할 때나 일상생활에 많은 지장을 초래하게 되는 것이다[28].

자동차 부품 제조 공장에서 근무하는 근로자들의 작업환경, 작업형태, 개개인의 습관, 몸의 상태 등을 반영하여 척추의 안정성에 기여하는 척추 기울기, 골반 기울기, 특히 척추의 회전변화에 따른 변형을 줄이기 위한 작업 자세의 표준화와 규칙적인 휴식시간에 근골격계 질환 발생을 예방하는 스트레칭을 비롯한 운동 프로그램 개발에 본 연구가 조금이나마 기여할 것을 희망한다.

본 연구의 제한점은 대상자의 성별을 남성으로 국한된 점이다. 측정분석에 사용된 척추구조분석 시스템이 피검자의 등 표면에 할로겐 광원을 투사하여 등표면의 굴곡을 분석 방식으로 여성들의 상의 탈의부분에 모집의 어려움이 있었다. 우세손의 영향을 줄이기 위해 오른손 우세손인 사람만 대상으로 모집하였다. 왼손 우세손인 경우에 대해서는 본 연구의 결과로 판단하기에는

어려움이 있을 것이다. 앞으로의 연구는 이러한 제한점을 극복하여 여성근로자들의 특성과 왼손 우세손인 근로자들을 대상으로 하는 연구가 필요하겠다.

## V. 결 론

본 연구는 H자동차 부품 제조공장에서 일하고 있는 60세 미만의 남성이며 모두 오른손을 우세손으로 사용하는 근로자를 대상으로 척추의 안정성을 알아볼 수 있는 척추의 좌우, 전후 기울기, 등뼈 뒤쪽 굽음, 허리뼈 앞쪽 굽음, 척추의 회전 변화량, 등뼈4번의 회전변화 등을 측정하였다. 그 결과 척추의 좌·우 불균형에 대해서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 척추의 전·후 기울기는 모든 자세에서 유의한 차이가 나타났다. 등뼈 뒤쪽 굽음은 양쪽 모두 저항을 가진 상지의 움직임에서만 유의했고, 허리뼈 앞쪽 굽음은 양쪽저항을 가진 상지의 움직임만 제외하고 모두 유의한 차이가 있었다. 등뼈4번 극돌기의 회전변화는 부하를 가진 오른쪽, 왼쪽 각각의 경우에만 유의한 차이가 있었다. 근로자들은 각자 주어진 직무를 하루에 8시간씩 수행하면서 수없이 많은 반복된 작업과 습관화된 움직임 또 자신의 신체에 맞지 않은 작업환경 등에서 일을 하면서 각종 근골격계의 질환으로부터 자유로울 수 없는 상황에 놓여 있다. 따라서 위 결과에서 나타난 등뼈 회전에 의한 변형과 이로 인해 증가될 수 있는 비틀림 부하와 증가된 요추전만으로 인한 각종 부하를 줄일 수 있는 작업환경 개선과 작업 습관 개선 및 예방차원의 운동프로그램의 개발 등의 지속적인 관리가 필요하겠다.

## References

- [1] Shin ES, Kim YC. An analysis of functional movement of motor company works. The Korean Operations Research and Management Science Society. 2015;4:2783-88.
- [2] Kang YS, Cho MS, Yang SH. Case study of working environment improvement at plastic product companies for reducing reducing the musculoskeletal disorders risk factors. Journal Safety Management & Science. 2009; 11(2):51-7.
- [3] Park SK, Han SE. The effect of Thoracic Posture on the shoulder range of motion and on three-dimensional scapular kinematics. Korean Journal of Sport Biomechanics. 2010;20(2):194-204.
- [4] Kebaetse M., McClure E, Pratt NE. Thoracic position effect on shoulder range of motion, strength, and three-dimensional scapular kinematics. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 1999;80:945-50.
- [5] Teodoridis, D., Ruston, S. The effect of shoulder movements on thoracic spine 3D motion. Clinical Biomechanics. 2002;17:418-21.
- [6] Crosbie J, Kilbreath SL., Hallmann L. Scapulohumeral rhythm and associated spinal motion. Clinical Biomechanics. 2008;23:184-92.
- [7] Hwang SH, Kim YE, Kim YH. Biomechanical analysis of lower limb motions and lumbar lordosis during squat and stoop lifting. Journal of the Korean Society for Precision Engineering. 2008;25(11):107-18.
- [8] L. Hackenberg, E. Hierholzer, W. PÖtzl, et al. Rasterstereographic back shape analysis in idiopathic scoliosis after anterior correction and fusion. Clinical Biomechanics. 2003;18:1-8.
- [9] Kwon IH, Shin WS. Characteristics of muscle strength and posture among automobile parts manufacturing workers and the necessity of the musculoskeletal injury prevention program. J Korean Soc Phys Med. 2019; 14(4):173-81.
- [10] Hwang DG, Lee JH, Moon SY, et al. The reliability of the nonradiologic measures of thoracic spine rotation in healthy adults. Physical Therapy Rehabilitation Science. 2017;6(2):65-70.
- [11] P Knott, S Mardjetko, D Tager, et al. The influence of body mass index(BMI) on the reproducibility of surface topography measurements. Scoliosis. 2012;7(1):018.
- [12] Kim JS, Park TS. A comparative analysis on the effects of 8 week stretching and core exercise program on posture correction of the youth. The Korean Journal of Growth



- and Development. 2019;27(2):101-6.
- [13] Nam HJ, Hong DS, Lee JH. Analysis of interrelation with repeated motion practice in the spine and pelvis deformation for a sports specificity and balance activity. The Korea Journal of Sports Science. 2017;26(4):1361-82.
- [14] Lee SH, Im IC, Lee HY. A study on correlation of the results VFA measured by CT position with VFA measured by inbody. Journal of the Korean society of Radiology. 2019;13(5):691-8.
- [15] B Drerup, E Hierholzer. Back shape measurement using video rasterstereography and three-dimensional reconstruction of spinal shape. Clinical Biomechanics. 1994;9:28-36.
- [16] Johnny Padulo, Paolo Ardigò. Formetric 4D Rasterstereography. Hindawi Publishing Corporation BioMed Research International. 2014;315041:2.
- [17] Yang DJ. A study on the structure of three-dimensional spine, pelvic deviation and foot pressure in golf players. Korean Journal of Sports Biomechanics. 2012;22(2): 151-8.
- [18] R.E. Rikli, C.J. Jones. Senior Fitness Test Manual. The Journal on Active Aging. 2002;3,4:24-30.
- [19] Kim BS, Lim KU, Back IS, et al. Effectiveness of whole body vibratory stimulation for fall prevention in super-aged woman: a preliminary randomized trial. Physical Therapy Rehabilitation Science. 2019;8(1):32-9.
- [20] Dr Harzman. Diagnostic parameter range of VRS, 1999.
- [21] Kim MS, Lee JY, Shin HR, et al. Posture analysis of healthy right-handed male and the effect of chuna treatment. Journal of Korean Medicine Rehabilitation. 2017;27(3):125-36.
- [22] Kim SB, Kwak H. Anatomy and Biomechanics of shoulder girdle. J Korean Assoc Pain Med. 2004;3:1-10.
- [23] Kim HS, Jang SH, Lee KH, et al. The relationship between lumbar shape and lumbar disc herniation. J of Korean Acad. Of Rehab. Med. 2005;29(6):619-23.
- [24] Kaltenborn FM, Evjenth O, Kaltenborn TB, et al. The spine: Basic evaluation and mobilization techniques, 3rd ed. Osls, Olaf Norli Bokhandel. 1993;11(87)163-216.
- [25] Lee JD, Shin WS. Immediate effect of neuromuscular control exercise on neck pain, range of motion, and proprioception in person with neck pain. Phys Ther Rehabil Sci. 2020;9(1):1-9.
- [26] Jun AY, Ko WJ, Hwang BG. The study on static balance, muscular strength and flexibility of trunk in adolescent idiopathic scoliosis. J Korean Soc. Living Environ. Sys. 2012;19(1):111-8.
- [27] Magee DJ. Orthopedic Physical Assessment. 6th ed. Philadelphia, Saunders. 2013;508-49.
- [28] Wiliam SM., Robert GC., Susan EB., et al. National occupational research agenda(NORA) future directions in occupational musculoskeletal disorder health research. Applied Ergonomics. 2009;40(1):15-22.