

# 특발성 척추측만증 환자의 척추 만곡 위치와 방향이 자세 균형에 미치는 영향성 평가

정지용<sup>1</sup>, 김정자<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>전북대학교 바이오메디컬공학부, <sup>2</sup>전북대학교 고령친화복지기기 연구센터

## Evaluation of the Effect of Location and Direction of the Scoliotic Curve on Postural Balance of Patients with Idiopathic Scoliosis

Ji-Yong Jung<sup>1</sup>, Jung-Ja Kim<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Division of Biomedical Engineering, Chonbuk National University

<sup>2</sup>Research Center of Healthcare&Welfare Instrument for the Aged, Chonbuk National University

**요약** 본 연구에서는 척추측만증 환자의 척추 만곡 위치와 방향이 자세 균형에 미치는 영향을 평가하였다. 총 15명의 실험 대상자를 흉추 만곡 그룹, 요추 만곡 그룹, 이중 만곡 그룹으로 분류하여 연구를 진행하였다. 초음파 기반 동작 분석 시스템과 압력 분포 시스템을 사용하여 환자의 동적 체간 움직임(요추, 흉요추, 하흉추, 상흉추에서의 각도 변화)과 족저 압력 분포(최대힘, 최대압력)를 측정하였다. 측정 결과를 통해, 특발성 척추측만증 환자의 동적 체간 움직임과 족저 압력 분포 모두 척추 만곡의 발생 부위와 방향에 따라 비대칭적으로 각도와 압력이 증가하면서 자세 불균형이 발생하는 것을 알 수 있었다. 또한, 단일 만곡과 이중 만곡을 가진 그룹 간의 자세 균형 패턴에서의 차이를 확인할 수 있었다. 추후 연구에서는 본 연구에서의 결과를 기반으로 척추측만증 환자의 자세 조절 능력과 체간 균형을 향상시키고 척추측만을 치료하는데 도움을 줄 수 있는 재활 훈련 장치를 개발하고자 한다.

**Abstract** This study examined the effects of the location and direction of the scoliotic curve on postural balance in patients with idiopathic scoliosis. Fifteen subjects were divided into three groups: right thoracic curve group, left lumbar curve group, and double curve group. The dynamic trunk motion (angle variation in the lumbar, thoracolumbar, lower thoracic and upper thoracic region) and plantar pressure distribution (maximum force and peak pressure) were assessed using an ultrasound-based motion analysis system and Emed-at platform system. From the results, it was confirmed that patients with idiopathic scoliosis showed postural imbalance with an increased angle and pressure asymmetry according to the location and direction of the scoliotic curve for dynamic trunk motion and plantar pressure distribution. In addition, there were differences in the postural balance pattern between the single curve and double curve groups. Further studies for developing a rehabilitation training device will be conducted to improve the postural control ability and trunk balance as well as treat scoliosis based on the results of this study.

**Keywords** : Dynamic trunk motion, Idiopathic scoliosis, Plantar pressure distribution, Postural balance, Types of scoliosis

### 1. 서론

자세를 올바르게 하는 것은 인체가 정상적으로 생체 역학적 기능을 수행하는데 있어 필수적이다. 척추는 인

체가 정적 및 동적 환경에서 균형과 안정성을 유지할 때 매우 중요한 역할을 담당한다. 척추는 크게 경추(목, C1-C8), 흉추(등 상부, T1-T12), 요추(등 하부, L1-L5) 로 구분할 수 있다. 척추의 변형으로 인해 가해지는 비정

이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2016R1A2B4015623).

\*Corresponding Author : Jung-Ja Kim(Chonbuk National Univ.)

Tel: +82-63-270-4102 email: jungjakim@jbnu.ac.kr

Received January 11, 2017

Revised February 10, 2017

Accepted April 7, 2017

Published April 30, 2017

상적인 부하 분포는 진행성 척추 만곡과 직접적으로 연관되어 나타난다. 이러한 진행성 만곡은 시상면(sagittal plane), 관상면(frontal plane), 횡단면(transverse plane)에서 골반에 부정적인 영향을 미치게 되고 결과적으로 신체의 균형 능력에 지속적인 문제를 발생시킨다[1].

척추측만증(scoliosis)은 척추의 비정상적인 외측 만곡으로 정의할 수 있는 3차원 변형이다. 이러한 만곡은 우측이나 좌측에서 비대칭적으로 나타나며 척추의 비틀림 또는 회전이 발생한다. 일반적으로 선천성 척추측만증(congenital scoliosis)과 특발성 척추측만증(idiopathic scoliosis)으로 구분할 수 있으며, 가장 흔하게 나타나는 형태인 특발성 척추측만증은 11-17세의 청소년들 중 약 2-4%에게서 나타난다[2-3].

특발성 척추측만증은 측만이 발생한 위치에 따라 크게 흉추 만곡(thoracic curve), 이중 만곡(double curve), 흉요추 만곡(thoracolumbar curve), 요추 만곡(lumbar curve)과 같은 4가지 측만 유형으로 분류할 수 있다. 이와 같은 만곡 유형은 통증과 관련된 다양한 증상을 발생시키는 골반의 비대칭성 회전(rotation), 거상(elevation), 기울어짐(tilting)과 직접적으로 연관되어 나타난다. Raczkowski [4]등은 척추에서 나타나는 초기의 비대칭으로 인한 보상적인 척추측만증이 골반 비대칭(pelvic obliquity)과 다리 길이 차이(leg length discrepancy)와 동반되어 나타날 수 있다고 하였으며, Fortin [5]등은 흉추와 요추에서의 만곡 진행이 청소년기의 급속한 성장으로 인해 가속화되면서 자세 불균형을 발생시켜 신체적 활동에 부정적인 영향을 미칠 수 있다고 하였다. Gur [6]등은 척추의 외측 만곡에 의한 몸의 비대칭이 선 자세에서의 틀어진 체간 움직임과 자세 불균형의 주요 원인이 될 수 있다는 사실을 보고하였다.

기존 연구를 통해 척추측만증이 성장 중인 청소년의 자세 균형에 많은 영향을 미친다는 사실이 보고되면서, 척추측만으로 인한 변형을 조기에 진단하고 환자의 자세 균형을 평가한 결과를 반영하여 치료를 진행하는 것이 매우 중요하다는 인식이 높아지고 있다.

척추측만으로 인한 변형을 진단하는 콕스각(Cobb's angle) 측정은 의학계에서 측만의 정도를 평가할 때 사용되는 가장 기본적인면서도 중요한 검사로, 측정값이 10° 이상으로 나타날 때 척추측만증이라고 정의한다[7]. 콕스각은 환자가 선 상태에서 척추 전부를 포함하는 척추 엑스레이를 촬영하고 만곡으로 인해 가장 크게 휘 부

분의 양쪽 끝에 위치한 척추 뼈에 평행선을 그은 후 각각 선에서 직각이 되는 선이 이루는 각도값을 계산하여 구할 수 있다. 방사선 사진 촬영은 청소년 환자들의 잠재적인 척추 만곡의 유무를 확인하고 환자에게 어떠한 치료를 적용할 지에 대한 결정을 하는데 있어 매우 유용하게 사용된다. 하지만 환자에게 지속적으로 방사능을 노출할 경우 암, 중앙, 백내장, 유전적 변형과 관련된 문제를 초래할 수 있으며, 검사 비용이 상당히 비싸다는 단점이 있다. 또한, 2차원 영상을 통해 진단하기 때문에 척추의 회전에 대한 분석이 어려우며, 동적 상태에서의 변화를 반영하지 못한다는 한계점이 있다[8]. 이로 인해, 기존의 방사선 사진 촬영으로 인한 방사능 노출의 위험을 제거하고 측정 시 발생하는 오차 없이 동적 상태에서의 환자의 척추 변형을 진단하는데 도움을 줄 수 있는 시스템의 필요성이 증가하고 있다.

척추측만증 환자의 자세 균형에 관한 기존 연구에서는 다양한 측정기기를 활용하여 척추측만증 환자의 비대칭적인 만곡이 자세 균형에 어떠한 영향을 미쳤는지에 대해 보고하였다. Odernatt [9]등은 근전도(electromyography) 측정기기를 이용하여 특발성 척추측만증 환자의 흉추, 요추, 복부 근육에서의 근 활성도를 관찰한 결과, 만곡이 있는 요추 또는 흉요추 부위의 볼록면(convex side)에서 근육의 불균형이 나타난다는 것을 확인하였다. Mahaudens [10]등은 3차원 동작 분석기기를 통해 척추측만증 환자가 정상인에 비해 보행 길이뿐만 아니라 관상면에서는 골반, 횡단면에서는 어깨, 시상면에서는 무릎의 움직임이 감소한다는 결과를 보고하였다. Nault [11]등은 힘 판을 사용하여 정상 그룹과 척추측만증 환자 그룹의 압력 중심(center of pressure, COP)과 무게 중심(center of mass, COM)을 비교하였을 때, 척추측만증 환자 그룹의 중심 이동이 증가하면서 선 자세에서의 안정성이 감소한다고 하였다. 이와 같이 자세 균형을 측정하는 다양한 측정기기가 선행연구에서 많이 활용되었지만, 현재까지 정적 및 동적 상태에서 정상 혹은 비정상적인 자세 균형 패턴에 대한 정량적인 데이터를 보기 쉽게 제공하는 족저 압력 분포 측정기기가 척추측만증 환자의 자세 균형을 평가하는데 사용된 경우는 거의 없었다.

이에 본 연구에서는 특발성 척추측만증을 진단받은 청소년들을 대상으로 초음파 기반의 동작 분석 시스템과 족저 압력 분포 측정 시스템을 이용하여 측만의 발생 위

치와 만곡 방향이 동적 체간 움직임과 자세 균형에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 분석하였다.

## 2. 본론

### 2.1 연구 대상

본 연구에서는 대전시 소재의 C대학교 병원 재활의학과에서 Whole spine AP X-ray 검사를 통해 척추측만증을 진단받은 청소년들을 대상으로 연구 대상자를 모집하였다. 기존에 수술적 치료 또는 보조기, 인슐, 운동 치료와 같은 보존적 치료를 받은 경험이 있거나 허리 통증을 포함한 다른 척추 질환이 있어 정상적인 체간 움직임 및 보행이 불가능한 연구 대상자들은 연구 대상에서 제외하였으며, 이러한 과정을 거쳐 총 15명의 피험자를 선별하였다. Fig. 1에 보이는 바와 같이 연구 대상자들을 측만 발생 위치와 만곡 방향에 따라 우측 흉추 만곡 그룹(right thoracic curve group, RTCG), 좌측 요추 만곡 그룹(left lumbar curve group, LLCG), 이중 만곡 그룹(double curve group, DCG)과 같은 3개의 그룹으로 분류하였다. 연구에 참가한 모든 연구 대상자와 부모들에게 실험 전 실험 목적과 실험 절차에 대해 충분히 설명하였으며 동의서를 작성 후 실험을 실시하였다. 연구 대상자의 신체적 특성은 Table 1에서 확인할 수 있다.

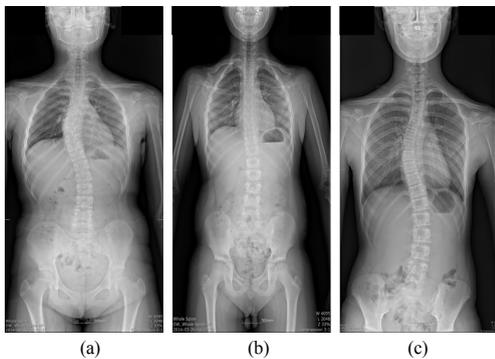


Fig. 1. Scoliosis group  
 (a) Right thoracic curve group (b) Left lumbar curve group  
 (c) Double curve group

Table 1. The characteristics of subjects (M±SD)

Spec.	RTCG(n=5)	LLCG(n=5)	DCG(n=5)	
Age(years)	13.6±3.5	14.6±2.7	13.6±2.1	
Height(cm)	156.3±13.4	154.8±11.9	154.0±9.2	
Weight(kg)	49.9±13.4	47.4±12.7	46.0±11.1	
Cobb's angle(°)	Major	18.9±9.0	19.9±6.4	29.4±6.3
	Minor	-	-	24.3±6.8

### 2.2 연구 장비

#### 2.2.1 초음파 기반 동작 분석 시스템

초음파 기반 동작 분석 시스템 CMS 20(Zebris Medical GmbH, Isny, Germany)은 Fig. 2에 보이는 바와 같이 3개의 초음파 수신기(ultrasound microphones), 연결 단자(basic unit), 6개의 초음파 마커(ultrasound markers)로 구성되어 있다. 초음파 수신기는 피험자의 신체적 특성에 맞게 측정할 수 있도록 길이, 높이, 각도 조절이 가능하며 측정 시 피험자 뒤에 위치시킨다. 초음파 마커는 40kHz의 연속적인 전기적 신호(pulse)를 보내게 되며 연결 단자를 통해 실시간으로 체간의 움직임을 측정한다.

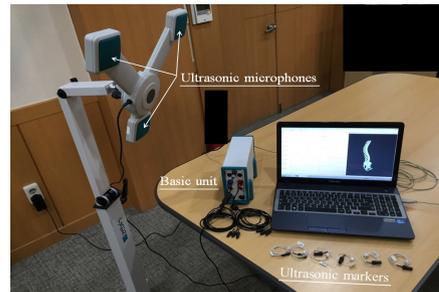


Fig. 2. Ultrasound based motion analysis system

#### 2.2.2 족저 압력 측정 시스템

Fig. 3은 족저 압력 측정 시스템 Emed-at platform (Novel GmbH, Munich, Germany)을 나타낸 것으로, 보행 시 발의 국소적 부위에 가해지는 압력을 50Hz의 샘플링 속도로 측정 가능하도록 1,760개의 전기 용량형 센서(capacitive sensor)를 내장하고 있다. 전기 용량형을 포함하여 저항형(resistive), 유도형(inductive), 압전형(piezoelectric) 등과 같은 다양한 유형의 압력 측정 센서도 있지만, 높은 민감도와 선형 특성으로 인해 주로 전기 용량형 센서로 시스템이 구성되어 있다.



Fig. 3. Emed-at platform

### 2.3 실험 방법 및 절차

동적 체간 움직임 분석을 위해 Fig. 4에 보이는 바와 같이 양면 테이프와 점착 테이프를 사용하여 총 6개의 초음파 마커를 피험자의 등에 부착하였다. 부착 전, 알코올을 이용하여 해당 부위의 피부를 깨끗하게 하였으며 정확한 위치에 마커를 부착시키기 위해 피험자가 상체를 앞으로 숙인 상태에서 마커를 부착하였다. 첫 번째 마커는 요추 5번(L5)과 천추 1번(S1), 여섯 번째 마커는 경추 7번(C7)과 흉추 1번(T1), 남은 네 개의 마커는 첫 번째 마커와 여섯 번째 마커 사이의 남은 공간 사이를 균등하게 분할하여 마커를 위치시켰다. 피험자가 똑바로 선 상태를 초기 자세, 좌측과 우측으로 체간을 5초간 최대로 기울였을 때의 기울임 자세로 구분한 후 초기 자세에서 좌측과 우측으로 체간을 기울였을 때 나타나는 각 분절간의 각도 값을 측정하였다. 측정된 데이터는 WinSpine software(Zebris Medical GmbH, Isny, Germany)를 사용하여 요추(lumbar, region 1), 흉요추(thoracolumbar, region 2), 하흉추(lower thoracic, region 3), 상흉추(upper thoracic, region 4)로 구분하였으며, 두 개의 마커가 각각 연결되어 나타나는 차이를 각도 변화로 분석하였다.

보행 시 나타나는 자세 균형을 평가하기 위해 피험자가 two-step protocol을 사용하여 지면에 설치된 족저 압력 측정 시스템 위를 걸을 때의 압력 분포를 측정하였다. 측정 데이터는 Novel software(Novel GmbH, Munich, Germany)를 사용하여 왼발과 오른발로부터 나오는 최대 힘(maximum force)과 최대 압력(peak pressure)으로 구분하여 분석하였으며, 압력 값과 상응하는 색깔에 맞춰 2D로 측정 데이터가 나올 수 있게 하였다.

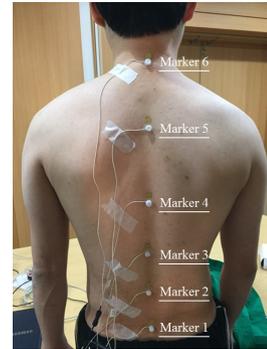


Fig. 4. Marker position

### 2.4 분석 방법

수집된 모든 데이터에 대한 통계 분석은 SPSS 18.0 소프트웨어를 이용하여 수행되었다. 측만의 발생 위치와 만곡 방향이 좌측과 우측에서의 동적 체간 움직임과 족저 압력 분포에 유의한 차이를 발생시키는지에 대해 분석하기 위해 정규성을 검증한 후 독립 t-test를 실시하였다. 통계적 유의 수준은  $p < 0.05$ 로 하였다.

## 3. 연구 결과

### 3.1 동적 체간 움직임

Fig. 5는 동적 체간 움직임에 대한 분석 결과를 나타낸 것으로, 좌측과 우측으로 체간을 움직일 때 측정된 요추 부위에서의 각 그룹 간 각도 차이를 살펴보면, RTCG는  $1.09^\circ$ , LLCG는  $2.94^\circ$ , DCG는  $0.09^\circ$ 로 세 그룹 모두 우측에 비해 좌측으로의 움직임이 더 크다는 것을 알 수 있으며, 요추 부위에서는 LLCG에서만 통계적으로 유의한 차이가 나타나는 것을 확인할 수 있다. 흉요추 부위에서의 결과를 보면 LLCG는 요추 부위에서와 마찬가지로 좌측으로의 움직임이  $1.69^\circ$ 로 더 높게 나타난 반면 RTCG와 DCG는 좌측에 비해 우측으로의 움직임이 각각  $4.47^\circ$ ,  $1.97^\circ$ 로 증가하는 것을 알 수 있으며, 흉요추 부위에서는 RTCG와 DCG에서 통계적으로 유의한 차이가 있다는 것을 확인할 수 있다. 하흉추 부위에서의 결과를 살펴보면, RTCG, LLCG, DCG 그룹 모두 각각  $3.96^\circ$ ,  $0.56^\circ$ ,  $0.42^\circ$ 로 좌측에 비해 우측으로의 움직임이 더 크게 나타났지만, 통계적으로 유의한 차이는 RTCG에서만 나타났다. 상흉추 부위에서의 결과를 보면 RTCG와 LLCG는 우측에 비해 좌측으로의 움직임이 각

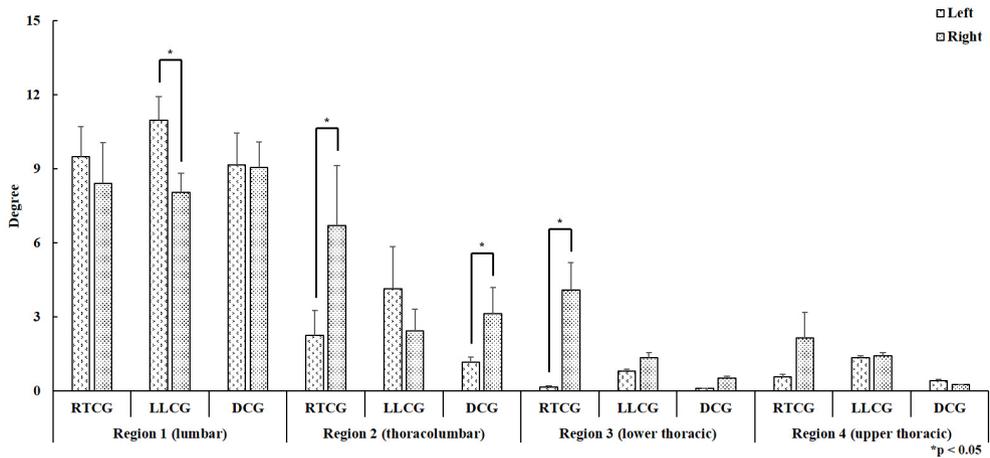


Fig. 5. Differences in angles between left and right lateral bending of scoliosis groups

각 1.56°, 0.08° 높은 반면 DCG는 좌측에 비해 우측으로의 움직임이 0.15° 더 크게 나타났으며, 세 그룹 모두 좌측과 우측간의 유의한 차이가 보이지 않았다.

### 3.2 족저 압력 분포

족저 압력 분포에 대한 분석 결과와 족저 압력 분포도는 Table 2와 Fig. 6에 나타나 있다. 최대 힘에서의 결과를 살펴보면 RTCG에서는 좌측에 비해 우측의 최대 힘이 6N, LLCG에서는 우측에 비해 좌측의 최대 힘이 20N 더 높은 반면에 DCG는 좌측과 우측에서의 최대 힘 차이가 거의 없다는 것을 알 수 있다. 최대 압력에서의 결과를 살펴보면 RTCG와 LLCG는 최대 힘에서의 결과와 마찬가지로 각각 우측과 좌측이 반대편에 비해 81kPa, 83kPa로 더 높은 압력을 보였으며 DCG는 최대

힘의 결과와는 다르게 우측이 좌측에 비해 19kPa 더 높은 압력을 나타낸다는 것을 확인할 수 있다. 모든 그룹의 좌측과 우측에 대한 최대 힘과 최대 압력에 대한 유의한 차이는 보이지 않았다.

Table 2. Results of plantar pressure distribution (M±SD)

		RTCG	LLCG	DCG
Maximum force (N)	Left	609.3±142.2	602.8±165.7	561.4±113.6
	Right	615.5±147.0	582.3±156.4	562.9±121.8
Peak pressure (kPa)	Left	433.3±175.5	560.3±200.2	418.0±126.7
	Right	514.7±179.2	477.7±98.3	437.0±81.9

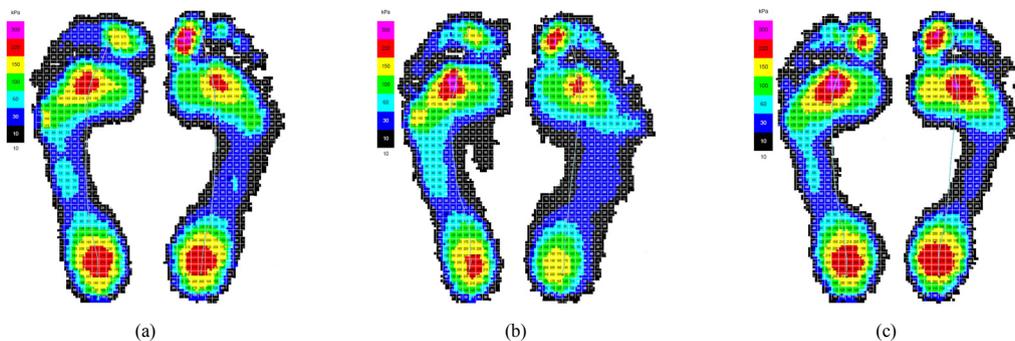


Fig. 6. Differences in 2D plantar pressure distribution between scoliosis groups  
(a) Right thoracic curve group (b) Left lumbar curve group (c) Double curve group

#### 4. 논의

본 연구에서는 특별성 척추측만증을 진단받은 청소년들을 대상으로 초음파 기반의 동작 분석 시스템과 족저압력 분포 측정 시스템을 이용하여 흉추와 요추에서 발생한 만곡과 우측과 좌측으로 나타나는 볼록면의 차이가 동적 체간 움직임과 자세 균형에 미치는 영향에 대해 평가하였다.

척추측만증의 형태는 크게 C자 모양의 형태(C-shaped curve)와 S자 모양의 형태(S-shaped curve) 두 가지로 분류할 수 있다. 두 가지 형태 모두 흉추, 흉요추, 요추에서 만곡이 발생하며 어느 부위에서 발생했느냐에 따라 흉추 만곡, 이중 만곡, 흉요추 만곡, 요추 만곡으로 세분화할 수 있다. 환자마다 측만의 유형과 만곡의 발생 위치가 각각 다르지만 흉추 만곡과 흉요추 만곡은 우측, 요추 만곡은 좌측, 이중 만곡은 흉추 만곡과 요추 만곡이 결합되어 나타나는 것이 일반적이다.

척추에 대한 동작 분석은 실제 임상에서 체간 움직임의 범위와 자세 변화에 대한 결과를 정량화하는데 있어 매우 유용한 방법이다. 본 연구에서 우측의 흉추 만곡, 좌측의 요추 만곡, 우측의 흉추 만곡과 좌측의 요추 만곡을 동시에 진단받은 척추측만증 환자 그룹의 척추에 6개의 초음파 마커를 부착한 후 요추, 흉요추, 하흉추, 상흉추의 동적 체간 움직임을 분석한 결과 흉추 만곡이 있는 그룹은 흉요추와 하흉추 부위에서 우측으로의 움직임이 좌측에 비해 유의하게 증가한 것을 알 수 있었다. 요추 만곡이 있는 그룹은 요추 부위에서 좌측으로의 움직임이 우측에 비해 유의하게 증가한 반면 흉추와 요추 만곡이 모두 있는 그룹은 흉요추 부위에서 우측으로의 움직임이 좌측에 비해 유의하게 증가한 것을 알 수 있었다. 분석된 결과를 살펴보면, 흉추 만곡이 있는 그룹과 요추 만곡이 있는 그룹 모두 볼록면이 있는 위치와 만곡 방향에 따라 체간의 움직임이 비대칭적으로 증가한다는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 본 연구에서의 결과가 Timgren [12]등의 척추측만증으로 인한 척추에서의 볼록면과 오목면이 비대칭적인 자세 균형과 서로 연관되어 나타난다는 연구 결과와 Bruyneel [13]등의 진행성 척추측만증이 선 자세에서의 불균형적인 근육 수축, 자세 균형, 체간 기울기에 많은 영향을 미친다고 보고한 연구 결과와 일치한다는 것을 알 수 있다. 반면, 흉추 만곡과 요추 만곡이 모두 있는 그룹은 만곡이 위치한 흉추와 요추

부위에서는 좌측과 우측에서 유의한 차이가 없었으며 흉요추 부위에서만 유의한 차이가 발생하였다. 흉추와 요추에서의 콥스각 차이가 크지 않았기 때문에 볼록면의 위치와 만곡 방향에 미치는 영향이 감소했지만 상대적으로 콥스각 차이가 큰 흉추에서의 만곡으로 인해 흉요추 부위에서는 우측으로의 움직임이 유의하게 증가한 것으로 사료된다. 또한, 흉추 만곡과 요추 만곡이 모두 있는 그룹은 단일 만곡이 있는 그룹에 비해 모든 측정 부위에서 좌측과 우측으로의 체간 움직임에 따른 각도 차이가 크지 않았는데 이러한 결과는 흉추나 요추 부위에 발생한 C자 형태의 척추측만증이 있는 환자들이 S자 형태의 척추측만증이 있는 환자들에 비해 더욱 심한 불균형을 보인다고 보고한 기존 연구 결과와 일치한다고 볼 수 있다.

척추 만곡의 방향은 특별성 척추측만증 환자의 자세 균형과 직접적인 관계가 있다. Haber [14]등은 척추측만의 방향이 비대칭적인 보행 패턴과 연관되어 나타나며 보행 속도를 감소시켜 균형 조절과 에너지 소비에 부정적인 영향을 미친다고 하였으며, Razak [15]등은 특별성 척추측만증 환자는 자세를 유지하기 위한 전략으로 보행 형태의 운동학적(kinematic) 특성이 비대칭적인 형태를 보인다고 보고하였다. 측정된 족저 압력 분포에서의 결과를 살펴보면 우측의 흉추 만곡이 있는 그룹은 우측의 최대 힘과 최대 압력이 증가한 반면 좌측의 요추 만곡이 있는 그룹은 좌측의 최대 힘과 최대 압력이 증가하였다. 이러한 결과를 통해 볼록면의 방향으로 인해 족저 압력 분포가 불균형적으로 나타나게 되며 동적 및 정적 환경에서의 자세 균형에도 영향을 미칠 수 있다는 것을 확인할 수 있다. 각 척추측만증 그룹에 대한 2차원 족저 압력 분포도를 상호 비교했을 때, 흉추 만곡 그룹과 요추 만곡 그룹의 족저 압력 분포가 이중 만곡 그룹에 비해 비대칭적으로 나타난다는 것을 알 수 있으며, 전족, 중족, 후족 부위에서 국소적으로 발생하는 높은 압력은 향후 환자의 부분적 궤양(ulcer) 발생의 원인이 될 수도 있다고 판단된다.

#### 5. 결론

본 연구에서는 우측의 흉추 만곡, 좌측의 요추 만곡, 우측의 흉추 만곡과 좌측의 요추 만곡을 동시에 진단받은 청소년 특별성 척추측만증 환자를 대상으로 척추 만

곡이 발생한 부위와 볼록면의 방향이 동적 체간 움직임과 족저 압력 분포에 어떠한 영향을 미치는지를 분석하였다.

요추, 흉요추, 하흉추, 상흉추에서의 좌측과 우측으로의 동적 체간 움직임을 평가한 결과 단일 만곡을 가진 척추측만증 그룹은 척추 만곡의 발생 부위와 볼록면의 방향에 따라 비대칭적으로 유의하게 증가하는 체간 기울기 각도를 나타낸 반면, 이중 만곡을 가진 척추측만증 그룹은 발생 부위와 볼록면의 방향보다는 상대적으로 콧스각이 더 큰 방향에 체간 기울기 각도로 영향을 받는다는 것을 확인할 수 있었다.

좌측과 우측에서의 족저 압력 분포는 각 그룹의 척추측만으로 인해 발생하는 볼록면의 방향에 따라 최대 힘과 최대 압력이 비대칭적으로 나타났으며 단일 만곡을 가진 그룹이 이중 만곡을 가진 그룹에 비해 자세 불균형이 더 크다는 것을 알 수 있었다.

일반적으로 척추측만증 환자를 진단하고 치료할 때 방사선 촬영을 통해 콧스각 측정을 하고 측만의 발생 위치, 방향, 정도를 판별한 후 기존의 재활 훈련 장치를 사용하여 환자에게 맞는 재활 훈련을 적용시킨다. 하지만 단순히 측만의 발생 위치, 방향, 정도만을 측정하여 운동 치료를 수행하게 하는 기존의 장치보다는 환자의 측만 유형에 따라 다르게 나타나는 척추 분절에서의 움직임과 자세 균형을 측정하고 분석된 결과를 기반으로 환자에게 맞는 재활 치료 방법을 제시할 수 있는 장치가 환자에게 더 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 향후 연구에서는 초음파 기반의 동작 분석 시스템과 족저 압력 분포 시스템을 통해 분석된 척추측만증 환자의 만곡 발생 부위와 볼록면의 방향에 따른 척추 분절의 동적 움직임과 자세 균형 데이터를 활용하여 척추측만증 환자 맞춤형 재활 훈련 장치를 개발하고 실제 임상에서의 활용성을 평가하고자 한다.

## References

- [1] P. Mahaudens, J. L. Thonnard, C. Detrembleur, "Influence of structural pelvic disorders during standing and walking in adolescents with idiopathic scoliosis", *The Spine Journal*, vol. 5, no. 4, pp. 427-433, July-August, 2005.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2004.11.014>
- [2] C. W. Cheung, S. Y. Law, Y. P. Zheng, "Development of 3-D ultrasound system for assessment of adolescent idiopathic scoliosis (AIS): and system validation", *Proc. of 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, pp. 6474-6477, July, 2013.  
DOI: <https://doi.org/10.1109/embc.2013.6611037>
- [3] Y. H. Bae, S. H. Park, H. L. Lee, S. M. Lee, "Effect of sling lumbar stabilization exercise program on the balance of adolescent idiopathic scoliosis patients", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 13, no. 7, pp. 3074-3084, July, 2012.  
DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.7.3074>
- [4] J. W. Raczkowski, B. Daniszewska, K. Zolynski, "Functional scoliosis caused by leg length discrepancy", *Archives of Medical Science*, vol. 6, no. 3, pp. 393-398, June, 2010.  
DOI: <https://doi.org/10.5114/aoms.2010.14262>
- [5] C. Fortin, D. E. Feldman, F. Cheriet, D. Gravel, F. Gauthier, H. Labelle, "Reliability of a quantitative clinical posture assessment tool among persons with idiopathic scoliosis", *Physiotherapy*, vol. 98, no. 1, pp. 64-75, March, 2012.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physio.2010.12.006>
- [6] G. Gur, B. Dilek, C. Ayhan, E. Simsek, O. Aras, S. Aksoy, Y. Yakut, "Effect of spinal brace on postural control in different sensory conditions in adolescent idiopathic scoliosis: a preliminary analysis", *Gait Posture*, vol. 41, no. 1, pp. 93-99, January, 2015.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.09.001>
- [7] J. H. Kim, D. H. Oh, S. A. Zhang, J. K. Lee, "Effects of schroth 3-dimensional exercise on Cobb's angle, abdominal endurance, flexibility and balance in adolescents with idiopathic scoliosis", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 16, no. 6, pp. 4098-4107, June, 2015.  
DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.6.4098>
- [8] S. Y. Kim, "Differences in male and female spinopelvic alignments in middle school and high schools students of gyeongnam areas in korea: a three dimensional analysis using rasterstereography", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 15, no. 2, pp. 962-969, June, 2014.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.2.962>
- [9] D. Odermatt, P. A. Mathieu, M. Bequesejour, H. Labelle, C. E. Aubin "Electromyography of scoliotic patients treated with a brace", *Journal of Orthopaedic Research*, vol. 21, no. 5, pp. 931-936, September, 2003.  
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0736-0266\(03\)00038-X](https://doi.org/10.1016/S0736-0266(03)00038-X)
- [10] P. Mahaudens, X. Banse, M. Mousny, C. Detrembleur, "Gait in adolescent idiopathic scoliosis: kinematics and electromyographic analysis", *European Spine Journal*, vol. 18, no. 4, pp. 512-521, April, 2009.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00586-009-0899-7>
- [11] M. L. Nault, P. Allard, S. Hinse, R. Le Blanc, O. Caron, H. Labelle, H. Sadeghi, "Relationship between standing stability and body posture parameters in adolescent idiopathic scoliosis", *Spine*, vol. 27, no. 17, pp. 1911-1917, September, 2002.  
DOI: <https://doi.org/10.1097/00007632-200209010-00018>
- [12] J. Timgren, S. Soimila, "Reversible pelvic asymmetry: An overlooked syndrome manifesting as scoliosis, apparent leg length difference, and neurologic symptoms", *Chunhill Livingstone*, London, 2002.

- [13] A. V. Bruyneel, P. Chavet, G. Bollini, S. Mesure, "Gait initiation reflects the adaptive biomechanical strategies of adolescents with idiopathic scoliosis", *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, vol. 53, no. 6-7, pp. 372-386, August-September, 2010.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2010.06.005>
- [14] C. K. Haber, M. Sacco, "Scoliosis: lower limb asymmetries during the gait cycle", *Archives of Physiotherapy*, vol. 5, no. 4, pp. 1-8, July, 2015.  
DOI: <https://doi.org/10.1186/s40945-015-0001-1>
- [15] A. H. A. Razak, A. Zayegh, R. K. Begg, Y. Wahab, "Foot plantar pressure measurement system: a review", *Sensors*, vol. 12, no. 7, pp. 9884-9912, March, 2012.  
DOI: <https://doi.org/10.3390/s120709884>
- 

### 정 지 용(Ji-Yong Jung)

[정회원]



- 2012년 2월 : 전북대학교 헬스케어 공학과 (공학석사)
- 2016년 8월 : 전북대학교 헬스케어 공학과 (공학박사)
- 2016년 8월 ~ 현재 : 전북대학교 바이오메디컬공학부 연구교수

<관심분야>

의용공학, 생체역학, 재활공학, 족부 의공학

---

### 김 정 자(Jung-Ja Kim)

[정회원]



- 1988년 2월 : 전남대학교 전산학과 (이학석사)
- 2002년 2월 : 전남대학교 전산학과 (이학박사)
- 1988년 3월 ~ 2002년 2월 : 전남대학교 전산학과 외래교수
- 2002년 3월 ~ 2004년 2월 : 전남대학교 전자통신 연구소 post-doc
- 2004년 3월 ~ 2006년 2월 : 한국 Bio-IT 파운드리 사업단 광주센터 연구교수
- 2006년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 바이오메디컬공학부 교수

<관심분야>

바이오인포매틱스, 데이터 마이닝, 생체역학, 족부 의공학