

# Effect of the Type and Position of Scoliosis on the Static Balance of Adolescents

Na-Mi Yoon, Hee-Jong Yoon, Geon Kim

Department of Physical Therapy, Mokpo Science University, Mokpo, Korea

**Purpose:** This paper provides basic clinical data on the treatment of scoliosis patients by analyzing the effects of the type and position of scoliosis on the static balance using Tetrax on adolescents who have balance disorders as a consequence of structural changes, such as scoliosis.

**Methods:** A total of 110 adolescents were divided into 6 groups according to the radiographs and 60 adolescents were sampled, 10 each for each group. The static balance was measured and analyzed on the existence of sight using Tetrax.

**Results:** The changes followed by existence of sight in static balance group showed a significant difference statistically in Stability index in all groups ( $p < 0.001$ ). The changes in the static balance in each group in terms of the stability index were significant in all groups, where the experiments were performed under the eyes opened and eyes-closed condition ( $p < 0.01$ )( $p < 0.001$ ). The post-hoc comparison revealed the stability index to be the highest in the eyes-opened condition in group III, but not in group IV. In the eyes-closed condition, group III showed the highest stability index of all the groups.

**Conclusion:** Adolescents with lumbar scoliosis had a lower static balance in single scoliosis with the eyes-closed condition or had little movement compensation. In addition, unlike the other normal scoliosis, back scoliosis has negative effects on the posture because it causes an increase in the disturbance of posture. Therefore, future studied will be needed to examine the imbalance of posture in people suffering from back pain.

**Keywords:** Adolescent, Scoliosis, Static balance

## 서론

척추측만증은 척추 분절의 하나 혹은 둘 이상이 옆으로 치우쳐 휘어 지거나 돌림이 일어난 것으로 청소년 시기에 가장 많이 발생한다.<sup>1,2</sup> 이 시기에 근골격계가 급성장하며 장시간 앉아 있는 시간이 많고, 나쁜 학습 환경과 운동 부족, 컴퓨터나 핸드폰 과다 사용 등의 생활습관이 부정적 영향을 미친 것으로 보인다.<sup>3</sup> 척추 측만의 유형은 척추가 비정상적인 만곡을 가지고 있으며 외측으로 기울어지고 회전을 동반한 3차원 변형이다. 이러한 만곡은 우측이나 좌측에서 비대칭적으로 나타나면서 척추의 비틀림 또는 회전이 발생한다. 또한 발생한 위치에 따라 흉추 만곡(thoracic curve), 이중 만곡(double curve), 흉요추 만곡(thoracolumbar curve), 요추 만곡(lumbar curve) 등이 있으며, 유형에 따라 골반의 비대칭 회전, 거상, 기울어짐과 같이 나타난다.<sup>4,5</sup> 이러한 척추의 변형으로 인해 가해지는 비정상적인 부하는 시상면(sagit-

tal plane), 관상면(frontal plane), 횡단면(transverse plane)에서 골반에 문제를 만들고, 결과적으로 신체의 균형 능력에 지속적인 저하를 일으킨다.<sup>6</sup>

Nault 등<sup>7</sup>에 의하면 척추측만증 환자는 정상인보다 무게중심(center of gravity)의 동요(sway)가 심하고, 체중 중심의 위치가 정상인보다 평균 1.2 cm 후방으로 이동되어 있다고 하였으며, Raczkowski 등<sup>8</sup>은 척추 비대칭으로 인한 보상작용으로 골반의 비대칭과 다리 길이 차이가 동반될 수도 있다고 하였다. 이런 증상은 임상적으로 비정상적인 자세와 8자 걸음 등의 보행에 문제를 만들고,<sup>9</sup> 비정상 체성감각유발전위(somatosensory evoked potentials, SSEPs)가 발생하여 균형능력을 유지하기 어렵게 한다.<sup>10</sup> Fortin 등<sup>11</sup>은 자세 불균형은 청소년기의 급속한 성장이 척추의 비대칭 만곡 진행을 가속화시키면서 신체적 활동에 부정적인 영향을 미칠 수 있다고 하였다. 선행 연구를 통해 성장 중인 청소년이 척추 측만이 생겼을 때 자세 균형에 많은 영향을 미친

Received Oct 2, 2017 Revised Oct 25, 2017

Accepted Oct 25, 2017

Corresponding author Geon Kim

E-mail hot486zz@naver.com

Copyright ©2017 The Korea Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

다는 사실이 보고되면서, 척추 측만으로 인한 변형을 조기에 진단하고 환자의 자세 균형을 평가한 결과를 반영하여 치료를 진행하는 것이 중요하다는 인식이 높아지고 있다. 이처럼 척추 측만을 진단하기 위해 X-ray를 이용하여 Cobb's angle을 측정하였다. 병원에서 측만의 정도를 평가할 때 사용되는 가장 기본적이면서도 중요한 검사이며, 각이 10° 이상일 때 척추측만증이라고 정의한다.<sup>12</sup> Cobb's angle은 청소년 환자들의 잠재적인 척추 측만의 유무를 확인하고,<sup>13</sup> 치료의 방향을 결정을 하는 데 있어 유용하다. 그리고 척추측만증 환자의 균형은 Tetrax를 이용하였다. Tetrax는 측정 도구의 검사-재검사 r=0.89로 신뢰도가 높은 측정 도구이다.<sup>14,15</sup> 최근에는 Cobb's angle과 인체와의 연관성에 대해 알아보기 위해 측정 값에 대해 신뢰도가 높은 장비를 사용하고 있고,<sup>16</sup> Jun 등<sup>17</sup>도 Tetrax 등과 같은 장비를 Cobb's angle에 따라 근력, 유연성, 균형의 변화를 측정하고, 정상인과의 비교하여 적절한 치료 방향을 선택하기 위해 사용하였다. 하지만 척추에 위치나 유형에 따라 균형에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 연구가 필요한 실정이다.

따라서 본 연구는 척추 측만과 같이 구조적인 척추 변화로 인해 균형 장애가 발생하는 청소년을 대상으로 Tetrax를 이용하여 척추 측만의 위치나 유형이 정적 균형에 미치는 영향을 분석하여, 척추측만증 환자의 치료에 대한 임상 기초자료를 제시하고자 한다.

## 연구 방법

### 1. 연구대상

본 연구는 2016년 9월 1일부터 2017년 8월 31일까지 약 12개월간 실시하였다. 대상자는 대한민국 서울시에 소재한 의료기관에 허리 통증으로 내원하여 연구의 목적을 이해하고 자발적으로 참여한 14-19세의 청소년 110명을 연구 대상으로 선정하였고, X-ray 상에서 목이나 목가슴 부위에 측만이나 골절, 수술경험, 척추전위증 등과 같은 척추 관련 질병, 다른 정형 외과적 혹은 신경학적 질환이 있는 대상자는 제외하였으며, 일반적 특성은 다음과 같다(Table 1).

Table 1. General characteristics

| Items                    | Group I       | Group II      | Group III     | Group IV      | Group V       | Group VI      | F     | p     |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------|-------|
|                          | (n=10) (M±SD) |       |       |
| Age (year)               | 15.90±1.45    | 15.90±1.37    | 15.80±1.32    | 15.70±1.77    | 16.00±1.49    | 15.50±1.35    | 0.149 | 0.980 |
| Height (cm)              | 164.30±10.12  | 162.86±7.65   | 158.88±7.72   | 159.60±4.06   | 162.83±9.28   | 162.40±9.97   | 0.629 | 0.678 |
| Weight (kg)              | 56.47±11.68   | 57.18±10.07   | 53.76±13.83   | 54.37±7.41    | 55.29±10.00   | 55.97±10.95   | 0.142 | 0.982 |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> ) | 19.47±1.45    | 19.61±0.97    | 19.20±1.60    | 20.11±1.15    | 19.34±1.06    | 19.80±1.65    | 0.605 | 0.696 |
| VAS (point)              | 3.00±1.25     | 3.60±1.07     | 3.30±1.16     | 3.70±1.25     | 3.60±1.07     | 3.60±1.17     | 0.520 | 0.760 |
| Cobb's angle (°)         | 8.89±3.05     | 9.23±1.66     | 13.87±4.40    | 11.46±6.17    | 12.97±3.70    | 0.00±0.00     |       |       |
|                          |               |               |               | 17.98±9.50    | 14.74±5.98    | 0.00±0.00     |       |       |

BMI : body mass index, VAS: visual analogue scale.

## 2. 실험방법

### 1) 연구 설계

본 연구는 방사선 영상을 영상의학과 의사가 판독한 결과의 측만 유형과 위치에 따라 단일 만곡이 등에 있으면 실험군 I로, 단일만곡이 등허리에 있으면 실험군 II로, 단일 만곡이 허리에 있으면 실험군 III로, 이중 만곡이 등과 등허리에 있으면 실험군 IV로, 이중 만곡이 등과 허리에 있으면 실험군 V로, 만곡이 없고, 정상이면 실험군 VI로 나누었다. 그리고 110명의 대상자 중에 연구 조건에 적합하지 않는 50명을 제외하고, 그룹 당 10명씩 청소년 60명을 표본 추출하였다. 이와 같이 분류된 청소년을 대상으로 자세분석균형시스템(Tetrax)을 이용하여 8가지 측정 방법 중에 바로 서서 눈을 뜬 상태와 감은 상태에서 측정하여 시각의 유무에 따라 정적 균형을 분석하였다.

### 2) 측정도구 및 방법

#### (1) Cobb's angle

척추의 측만 검사는 바로 선 자세에서 전·후면 전신척추 단순 방사선 사진을 촬영하여 Cobb's angle을 측정하였다. 만곡의 오목한 쪽으로 가장 기울어진 상부 끝 척추의 상단과 만곡의 하부 끝 척추의 하단에서 평행하게 선을 긋고 이 선에서 직각으로 수직선을 그려 교차된 각도를 측정하여 Cobb's angle을 구하였다.<sup>18</sup> Cobb's angle 값은 영상의학 전문의가 측정하였다.

#### (2) 정적 균형

정적 균형 능력을 평가하기 위하여 자세 분석을 진단 검사하는 자세 분석균형시스템(Tetrax, Sunlight®, Petach Tikva, Israel)을 이용하여 측정하였다. 대상자가 좌·우 발의 발뒤꿈치와 발가락의 독립적인 4개의 지면반발력 장치인 힘판을 이용하여 압력 센서에 의해서 측정되는 압력중심의 이동패턴을 이용하여 자세진동을 알아낸다. 본 연구에서는 총 8개의 측정 자세 중 눈 뜨고 머리 바로 하여 서기 자세와 눈 감고 머리 바로 하여 서기 자세를 이용하여 측정된 체중분포지수(weight distribution index, WDI)와 안정성지수(stability, ST)를 활용하

였다. 체중분포지수는 4개의 힘판에 주어지는 체중의 분포 정도이고, 안정성지수는 자세의 동요 정도를 말한다. 두 지수는 높을수록 병적 상태를 나타낸다. 본 평가도구의 검사-재검사 간의 신뢰도는  $r=0.89$ 로 높은 신뢰도를 보였다.<sup>14,15</sup>

### 3. 자료분석

자료분석 방법은 Window용 SPSS 20.0을 이용하여 연구대상자의 일반적 특성에 대한 정규성 검증을 위해 Shapiro-wilk 검정을 실시하였다. 그리고 시각의 유무에 따라 집단 내 정적 균형을 비교하기 위해 대응 표본 t-test (paired t-test)를 시행하였고, 집단 간 정적 균형의 변화 비교를 위해 일원 배치 분산분석(one-way ANOVA)을 시행하였다. 사후 검정은 Tukey를 시행하였고, 유의 수준은  $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

## 결 과

### 1. 시각에 따른 정적 균형 변화비교

집단 내 정적 균형 비교는 WDI에서 모든 군에서 통계학적으로 유의

한 차이가 없었고, ST는 모든 군에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p<0.01$ )( $p<0.001$ )(Table 2)(Figure 1).

### 2. 눈 뜬 상태에서 정적 균형 변화비교

집단 간 정적 균형 비교는 WDI에서 통계학적으로 유의한 차이가 없

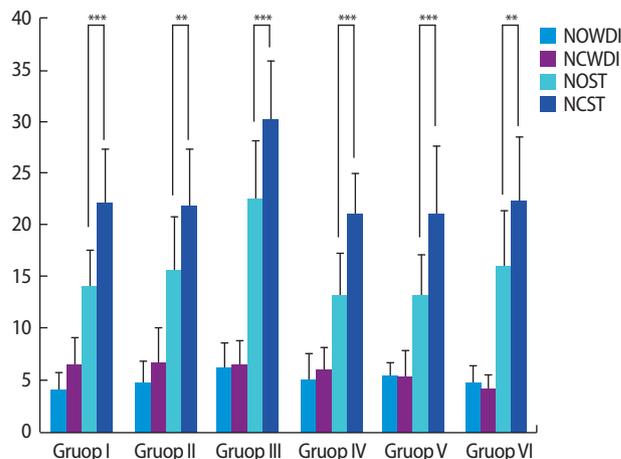


Figure 1. The picture of comparisons of changes within groups in static balance.

Table 2. Comparisons of changes within groups on static balance (Unit : points)

| Items | Groups    | Open eyes (M±SD) | Closed eyes (M±SD) | t       | p                  |
|-------|-----------|------------------|--------------------|---------|--------------------|
| WDI   | Group I   | 4.07±1.74        | 6.59±2.58          | -1.999  | 0.077              |
|       | Group II  | 4.86±2.01        | 6.79±3.32          | -2.412  | 0.069              |
|       | Group III | 6.27±2.36        | 6.49±2.40          | -0.580  | 0.576              |
|       | Group IV  | 5.13±2.52        | 6.01±2.21          | -3.313  | 0.059              |
|       | Group V   | 5.47±1.26        | 5.43±2.49          | -1.525  | 0.162              |
|       | Group VI  | 4.84±1.66        | 4.26±1.30          | 1.312   | 0.222              |
| ST    | Group I   | 14.09±3.52       | 21.96±5.28         | -12.634 | 0.000 <sup>§</sup> |
|       | Group II  | 15.66±5.13       | 21.78±5.57         | -4.876  | 0.001 <sup>†</sup> |
|       | Group III | 22.45±5.63       | 30.11±5.61         | -6.765  | 0.000 <sup>§</sup> |
|       | Group IV  | 13.22±4.03       | 20.96±3.90         | -10.066 | 0.000 <sup>§</sup> |
|       | Group V   | 13.22±3.88       | 21.06±6.52         | -6.742  | 0.000 <sup>§</sup> |
|       | Group VI  | 16.03±5.25       | 22.34±6.13         | -2.960  | 0.016 <sup>†</sup> |

paired t-test, <sup>†</sup> $p<0.05$ , <sup>‡</sup> $p<0.01$ , <sup>§</sup> $p<0.001$ .  
WDI: weight distribution index, ST: stability index.

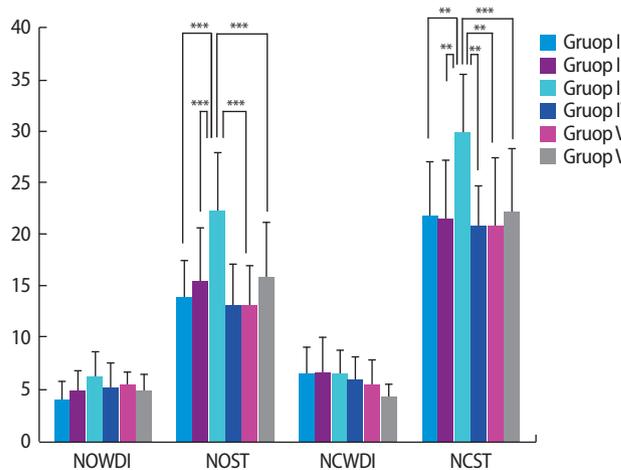


Figure 2. The picture of comparisons of changes between groups in static balance.

Table 3. Comparisons of changes between groups on static balance (Unit : points)

| Items | Group I (n=10) (M±SD) | Group II (n=10) (M±SD) | Group III (n=10) (M±SD) | Group IV (n=10) (M±SD) | Group V (n=10) (M±SD) | Group VI (n=10) (M±SD) | F     | p                  | Post-hoc                   |
|-------|-----------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-------|--------------------|----------------------------|
| NOWDI | 4.07±1.74             | 4.86±2.01              | 6.27±2.36               | 5.13±2.52              | 5.47±1.26             | 4.84±1.66              | 0.483 | 0.248              |                            |
| NOST  | 14.09±3.52            | 15.66±5.13             | 22.45±5.63              | 13.22±4.03             | 13.22±3.88            | 16.03±5.25             | 6.031 | 0.000 <sup>§</sup> | I, II, IV, V, VI < III, VI |
| NCWDI | 6.59±2.58             | 6.79±3.32              | 6.49±2.40               | 6.01±2.21              | 5.43±2.49             | 4.26±1.30              | 1.510 | 0.202              |                            |
| NCST  | 21.96±5.28            | 21.78±5.57             | 30.11±5.61              | 20.96±3.90             | 21.06±6.52            | 22.34±6.13             | 3.976 | 0.004 <sup>†</sup> | I, II, IV, V, VI < III     |

One way ANOVA, <sup>†</sup> $p<0.01$ , <sup>§</sup> $p<0.001$ .  
NOWDI: neutral open eyes weight distribution index, NOST: neutral open eyes stability index.  
NCWDI: neutral closed eyes weight distribution index, NCST: neutral closed eyes stability index.

었으나, ST에서는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.001$ ). 사후 검정 결과 실험군 III이 실험군 I, II, IV, V보다 안정성 지수가 높게 나타났다(Table 3)(Figure 2).

### 3. 눈 감은 상태에서 정적 균형 변화비교

집단 간 정적 균형 비교는 WDI에서 통계학적으로 유의한 차이가 없었으나, ST에서는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.01$ ). 사후 검정 결과 실험군 III이 나머지 실험군보다 안정성 지수가 높게 나타났다(Table 3)(Figure 2).

## 고찰

척추측만과 관련된 연구에서 청소년 시기에 골격이 급성장하고, 자세나 잘못된 습관 등으로 인해 증상이 나타나며, 지속적인 반복으로 구조적 문제까지 생겨 신체의 불균형을 만든다.<sup>13</sup> 따라서 본 연구는 신체의 불균형이 생긴 청소년들을 대상으로 자세분석시스템(Tetrax)을 통하여 척추 측만의 유형과 형태에 따라 정적 균형에 미치는 영향에 대해 평가하였다.

척추측만증은 척추 형태의 변화로 인해 자세 불균형을 만들어 균형에 문제를 가져오고,<sup>7</sup> 골격이 급성장하는 청소년시기에 두드러지게 나타나며, 이로 인해 비정상적인 자세가 지속되면서 척추측만을 가속화시킨다.<sup>11</sup> 이러한 균형은 시각과 자세변화에 미치는 영향이 크며,<sup>19</sup> 고유수용기 등과 같은 체성감각에 따라 변화하게 된다. Cuo 등<sup>10</sup>은 105명의 특발성 척추측만증 청소년과 57명의 정상 청소년의 균형을 검사한 결과, 15명의 특발성 척추측만증 청소년에서 체성감각, 시각, 전정기관의 기능 감소가 일어나 균형이 떨어진다고 하였다. 본 연구에서도 척추측만이 있는 청소년의 시각의 유무에 따라 정적 균형을 비교한 결과, 안정성 지수가 모든 군에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. 이러한 결과는 시각이 차단되면서 visual feed back이 되지 않아 불균형을 가져와 자세 동요가 크게 증가한 것으로 사료된다.

척추측만증의 형태는 크게 C자 모양의 형태(C-shaped curve)와 S자 모양의 형태(S-shaped curve)로 분류하고, 어느 부위에서 발생했느냐에 따라 등 만곡, 이중 만곡, 등허리 만곡, 허리 만곡으로 세분화할 수 있다. 측만의 유형과 만곡의 발생 위치가 환자마다 다르지만 일반적으로 등 만곡과 등허리 만곡은 우측, 허리 만곡은 좌측, 이중 만곡은 등 만곡과 허리 만곡이 결합되어 나타난다. Jung and Kim<sup>15</sup>은 특발성 측만증 청소년 15명을 등 만곡, 허리 만곡, 이중만곡으로 나누어 자세 균형을 검사한 결과, 단일 만곡을 가진 그룹은 볼록면의 방향에 따라 비대칭이 증가하고, 이중 만곡을 가진 그룹은 방향보다는 Cobb's angle의 크기가 체간의 기울기가 증가한다고 하였다. 또한 Jun 등<sup>17</sup>은 특발성 척추측만증 청소년 20명과 정상인 청소년 21명을 대상으로

정적 균형과 체간 근육을 검사한 결과, 척추측만증이 있는 청소년은 정상 학생의 정적 균형과 유의한 차이가 없다고 하였다. 본 연구에서도 척추측만증 청소년과 정상 청소년과 정적균형을 비교했을 때 체중분포지수는 눈을 뜨거나 감은 상태에서 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. 하지만 안정성 지수는 눈을 뜨거나 감은 상태에서는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. 이러한 결과는 척추 형태의 변화로 비정상적인 자세를 가진 청소년은 고유수용감각이 떨어지고, 이로 인해 불규칙한 자세로 자세동요가 심해지면서 정적 균형이 나빠진다고 사료된다.

Kim 등<sup>20</sup>은 단일 허리 측만증 환자 12명을 대상으로 신발 높이를 한 후 하지길이와 골반 경사도를 검사한 결과, 교정 유지 효과보다 단기간내의 골반 경사도와 허리측만의 교정효과가 있다고 하였다. Kim 등<sup>21</sup>은 척추 측만을 있는 여자중학생 20명을 대상으로 바른체형 운동 프로그램을 적용한 결과, Cobb's angle의 감소와 허리통증장애 지수 감소와 체형 및 근력 균형을 통해 최대의 운동효과를 가져오게 한다고 보고하였다. 본 연구에서도 눈을 뜬 상태에서는 골반의 보상이 있는 실험군III이 실험군VII를 제외한 나머지 실험군에 비해 안정성 지수가 높게 나타났고, 눈을 감은 상태에서는 실험군III이 나머지 실험군에 비해 안정성 지수가 높게 나타났다. 이러한 결과는 골반의 비대칭이 안정성 지수에 영향을 미치고, 단일 만곡의 골반 비대칭의 정도가 이중 만곡보다 심하기 때문이고, 척추측만증을 치료하기 위해서 근육보다 자세의 불균형과 골반의 비대칭을 해결하는 것이 오히려 긍정적인 효과를 가져온다고 사료된다. Bruyneel 등<sup>22</sup>은 척추 측만증이 비대칭적인 자세를 만들어 균형, 체간 기울기, 근육에 문제를 만든다고 보고하여 연구 결과를 지지하고 있다.

따라서 비대칭적인 자세 불균형이 나타나는 척추 측만을 동반한 환자들에게는 측만의 유형이나 위치에 따라 자세 동요나 신체의 문제를 가져오고, 특히 허리에 단일 만곡이 생겨 골반의 비대칭이 있는 환자의 경우에는 자세 동요가 다른 유형이나 위치보다 크게 나타나므로, 초기에 특히 더 관리해야 한다. 이를 통해 임상적으로 척추측만증 환자의 재활에 적용할 필요성이 제시되지만, 척추 측만이 가져오는 다른 문제와의 비교 연구와 측만 방향과 중재 기간을 늘려 이를 검증하기 위한 전향적 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점으로는 단일 의료기관에서 실험을 진행하였기에 모든 척추 측만이 있는 청소년에게 일반화하기엔 한계가 있으며, 대상자들이 식습관이나 일상생활을 통제하지 못하였기에 각가지 변수가 나타날 수 있어 연구결과에 영향을 미칠 수 있다는 점이다.

## Acknowledgements

본 논문은 2017년 목포과학대학교의 학술연구비에 의하여 지원되었음

## 참고문헌

1. Gupta P, Lenke LG, Bridwell KH. Incidence of neural axis abnormalities in infantile and juvenile patients with spinal deformity. *Spine*. 1998; 23(2):206-10.
2. Kim JJ, Song GB, Park EC. Effects of Swiss ball exercise and resistance exercise on respiratory function and trunk control ability in patients with scoliosis. *J Phys Ther Sci*. 2015;27(6):1775-8.
3. HwangBo PN. Psychological and physical effects of Schroth and Pilates exercise on female high school students with idiopathic scoliosis. *J Kor Soc Phys Ther*. 2016;28(6):364-8.
4. Cheung CW, Law SY, Zheng YP. Development of 3-D ultrasound system for assessment of adolescent idiopathic scoliosis (AIS): and system validation. *ConfProc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2013;2013:6474-7.
5. Bae, YH, Park SH, Lee HL et al. Effect of sling lumbar stabilization exercise program on the balance of adolescent idiopathic scoliosis patients. *JKAIS*. 2012;13(7):3074-84.
6. Mahaudens P, Thonnard JL, Detrembleur C. Influence of structural pelvic disorders during standing and walking in adolescents with idiopathic scoliosis. *Spine J*. 2005;5(4):427-33.
7. Nault ML, Allard P, Hinse S et al. Relations between standing stability and body posture parameters in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*. 2002;27(7):1911-7.
8. Raczkowski JW, Daniszewska B, Zolynski K. Functional scoliosis caused by leg length discrepancy. *Arch Med Sci*. 2010;6(3):393-8.
9. Mahaudens P, Banse X, Mousny M et al. Gait in adolescent idiopathic scoliosis: kinematics and electromyographic analysis. *Eur Spine J*. 2009; 18(4):512-21.
10. Guo X, Chau WW, Hui-Chan CW et al. Balance control in adolescents with idiopathic scoliosis and disturbed somatosensory function. *Spine*. 2006;31(14):437-40.
11. Fortin C, Feldman DE, Cheriet F et al. Reliability of a quantitative clinical posture assessment tool among persons with idiopathic scoliosis. *Physiotherapy*. 2012;98(1):64-75.
12. Kim JH, Oh DH, Zhang SA et al. Effects of schroth 3-dimensional exercise on Cobb's angle, abdominal endurance, flexibility and balance in adolescents with idiopathic scoliosis. *JKAIS*. 2015;16(6):4098-107.
13. Jung JY, Kim JJ. Evaluation of the effect of location and direction of the scoliotic curve on postural balance of patients with idiopathic scoliosis. *JKAIS*. 2017;18(4):341-8.
14. Kim GY, Ahn CS, Kim SS. The effects of 3-dimensional lumbar stabilization exercise have an effect on the improvement of pain and static or dynamic balance ability in 20's age group with low back pain. *J Korean Soc Phys Med*. 2003;6(2):235-46.
15. Kohen-Raz R. Application of tetra-ataxiometric posturography in clinical and developmental diagnosis. *Percept Mot Ski*. 1991;73(2):635-56.
16. Lee SE. Relationship between Cobb's angle and health related physical fitness in idiopathic scoliosis middle school girls. *The Korean Journal of Growth and Development*. 2016;24(3):217-23.
17. Jun AH, 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.
18. Cailliet R. *Scoliosis: Diagnosis and Management*. Philadelphia, FA Davis, 1975:41-8.
19. Seo SK, Kim SH, Kim TY. Evaluation of static balance in postural tasks and visual cue in normal subjects. *J Kor Soc Phys Ther*. 2009;21(4):51-6.
20. Kim YM, Kim DS, Choi ES et al. The effect of shoe lift on lumbar scoliosis associated with pelvic obliquity. *J Korean Soc Spine Surg*. 2004;11(2): 104-12.
21. Kim ES, Yang JO, Lee JS. Utilization of sport biomechanics for the correct posture exercise program (centering in female middle school students). *Korean Journal of Sport Biomechanics*. 2013;23(3):261-9.
22. Bruyneel AV, Chavet P, Bollini G et al. Gait initiation reflects the adaptive biomechanical strategies of adolescents with idiopathic scoliosis. *Ann Phys Rehabil Med*. 2010;53(6-7):372-86.