

측만증 환자의 3차원 체표면 영상분석

최 은 정

(동신대학교 순천한방병원 물리치료실)

김 태 열

(동신대학교 물리치료학과)

김 용 남

(전남과학대학 물리치료과)

최 은 영

(광양보건대학 작업치료과)

최 현 석

(성화대학 작업치료과)

Analysis of the 3D-Surface Topography in Scoliosis

Choi Eun-Jung, P.T., M.S.

(Dept. of Physical Therapy, Dongshin University Oriental Hospital)

Kim Tae-Youl, P.T., Ph.D.

(Dept. of Physical Therapy, Dongshin University)

Kim Young-Nam, P.T., Ph.D.

(Dept. of Physical Therapy, Chunnam Techno College)

Choi Eun-Young, P.T., M.P.H.

(Dept. of Occupational Therapy, Kwangyang Health College)

Choi Hyun-Suk, P.T., M.P.H.

(Dept. of Occupational Therapy, Sunghwa College)

ABSTRACT

This study understood measured items of significantly difference through the surface topographical comparison of dorsal trunk's surface between normal and scoliosis subjects. 300 subjects for this study were participated (middle, high school and college students). Normal 28(males 12, females 16) and scoliosis subjects 16(males 4, females 12) were chosen by assessment tools (physical examination, 3D-surface topography) among subjects at Dongshin University Oriental Hospital. The results were as follow:

1. It was shown that the significantly difference was observed by distance of peak to curve with scoliosis between two groups($p<0.001$).
2. It was shown that top difference of between groups in anterior-posterior view was the significantly difference at cervicothoracic, thoracic, thoracolumbar and dorsal part of lumbar($p<0.001$).

These results suggest that method to use 3D-surface topography measurement would be useful diagnosis method and clinical use of physical therapy.

Key word : Scoliosis, 3D-surface topography

I. 서론

측만증(scoliosis)은 해부학적인 정중앙 축으로부터 척추가 측방으로 만곡 혹은 편위 되어 있는 기형일 뿐 아니라 대개 추체의 회전변형과 시상면에서 정상적 만곡이 소실 되는 것을 말한다(진재도 등, 2001). 측만증은 척추의 자연적인 만곡이 3차원적으로 변형이 생긴 것으로(Benameur, 2003) 추체에 따라 회전하는 정도가 다르며 한 면에 잇달

아 다른 면에서도 회전이 일어난다(D' Osualdo 등, 2002).

측만증은 구조적 측만증과 비구조적 측만증으로 분류되는데 비구조적 측만증은 자세에 의한 것으로 만곡이 가역적이며, 만곡내의 추체의 회전이나 비대칭적인 변화가 동반되지 않은 경우로 자세에 의해서나 요부의 통증이나 좌골신경의 자극으로부터 피하기 위해, 다리길이 차이에 따른 보상작용에 의해서 발생하게 된다(Ellen 등, 2003). 구조적 측만증은 척추와 늑골의 회전성 변형을 가진 형태학적 이상이 있는 것으로 특발성

측만증, 선천성 측만증, 신경 섬유종에 의해 생기는 측만증과 뇌성마비, 소아마비, 척추 신경손상으로 인한 신경성 측만증, 근육이 영양증 등으로 인한 근육성 측만증 등이 있으나 대다수의 환자에서는 원인을 알 수 없는 특발성 측만증을 보이고 있다 (Cassar-Pullicino 등, 2002).

특발성 측만증은 구조적 측만증의 가장 흔한 형태로 전체 측만증환자 중 70~80%를 차지하며 성장의 속도가 가장 빠른 사춘기 연령에서 가장 많이 호발하며(이희영, 2001), 여자가 남자에 비해 7배 높다고 보고되었다(Michael, 2000). 측만증은 사춘기 이전에 만곡의 60%가 빠르게 진행되기 때문에 지속적인 관찰과 진행의 여부의 추적에 매우 중요하다. 이러한 결과를 간과하게 되면 심한 경우 극적으로 진행되어 심폐기능의 문제(이병규 등, 1998)뿐만 아니라 기능장애를 초래하고, 수명을 단축시킬 수도 있다는 것에 그 심각성이 있다(이숙희, 1998). 측만증의 만곡 양상에는 크게 흉추만곡, 흉요추만곡, 요추만곡의 세 종류가 있으며, 대개의 경우 흉추만곡은 우측만곡으로 요추만곡은 좌측만곡으로 나타난다(이춘성, 1999). 특발성 측만증에서는 우측 흉추만곡이 가장 많이 나타난다(진재도 등, 2001).

측만증은 대부분 척추변형이 급격히 유발되어 고착되는 것이 아니라 점진적으로 진행되며, 척추가 단순히 측만곡만 진행되는 것이 아니라 체간부가 3차원적으로 변형을 일으켜 체형을 변하게 하는 결과를 가져오게 된다. 따라서 측만증 관리에 있어 척추 변형에 대한 교정치료도 매우 중요하지만, 만곡의 크기의 예측이 무엇보다 중요하며,

정확한 평가가 이루어져야 하므로 방사선학적 진단법의 보완이 중요하다(Morrisy, 2000). 측만증에 대한 물리치료 진단방법으로 대개의 경우 육안적 관찰을 통한 이학적 검사 방법을 주로 사용하고 있으나 객관적 기준을 제시하는데 어려움이 있어 보다 정확한 의학적 평가를 위해 방사선 영상을 이용한 진단방법을 이용하고 있다(유한길, 2003).

방사선 촬영을 통한 진단법으로는 Cobb 방법과 Risser-ferguson 방법이 있지만, Cobb 방법이 신뢰도와 타당도가 높아서 보편적으로 가장 많이 사용된다(Theologis 등, 1997). 그러나 Cobb 방법은 3차원적 변형인 측만증을 측정하는데 있어서 오직 시상면 영상만 획득할 수 있어 반복 측정을 하는 경우에 자세나 시간에 따른 변화에 의해 관찰자에 따라 10°이상의 차이가 날 수 있으며, 따라서 측만증의 진행과정을 예측하는 데 있어 오차가 생길 수도 있다(Cassar-Pullicino 등, 2002). 또한 방사선 촬영을 통한 영상진단은 비용이 비싸고, 시간이 오래 걸리며, 방사선에 노출되는 위험을 가지고 있다(Oxborrow, 2000).

방사선 촬영을 통한 영상진단의 문제점이 대두되면서 최근에는 인체에 무해하면서 보다 근본적인 치료접근이 가능한 생체역학적인 모델 개발에 관심을 갖기 시작했다(변혜경, 2003). 척추를 진단하는데 있어 방사선의 위험요소를 제한할 수 있는 새로운 방법이 끊임없이 논의되어 오면서 열, 또는 초음파를 이용한 진단법(D'Oswaldo 등, 2002)이나 배측 체표면 자료를 기초로 한 3차원적 진단법(Drerup과 Hierholzer, 1996)이 개

발되기 시작하였다. 현재 다양한 자세에서 진단이 가능하고, 빠르고 정확하게 만곡의 변화를 예측할 수 있으며, 신뢰성이 높은 진단법으로 Moire topography, BACES system, Raster stereophotography, ISIS (Intergrated Shape Imaging System) scanning 등이 개발되어 사용되어지고 있다 (D'Oswaldo 등, 2002). Moire topography는 대상자의 3차원적인 정보를 쉽고 충분하게 만들어 내어 관상면에서는 측만증에 대한 세밀한 분석을 하고, 시상면에서는 척추전만과 척추후만, 편평척추를 측정한다. 그리고 수평면에서는 보다 정확한 척추후만의 진단을 해주어 척추의 변형을 정확히 구분하여 변형에 따른 적절한 치료를 위한 정보를 제공해 준다(Batouche 등, 1996).

BACES system은 척추측만을 측정하는데 있어서 측만이 회전을 동반한 보다 복잡한 증상이기 때문에 신뢰성이 떨어지지만, 척추후만을 측정하는데 있어서 유용하게 사용되어지고 있다. 최근 이렇게 다양한 종류의 surface topography가 개발되어지고 개별적인 만곡의 다양성을 정확히 측정하는데 관심이 집중되고 있다(D'Oswaldo 등, 2002). ISIS를 이용한 연구에서는 회전의 범위에 한정된 자세변화와 정량적으로 증명된 회전효과의 적절한 측정치를 제공하는 것으로 보고되었다(Xue 등, 2002).

본 연구에서는 정상인과 측만증 환자를 대상으로 배측 체간부의 표면 형태학적 특성을 분석하여 측만증 등 체간부 변형에 대한 물리치료진단, 경과 및 예후를 평가하는 방법으로 유의성을 가지고 있는지를 알아보 고자 하였다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

대상자는 중·고등학교 및 대학에 재학 중인 학생 300명을 대상으로 면담과 이학적 측정을 통해 28명을 정상군으로, 방사선 촬영을 통해 측만증으로 확진된 16을 측만증군으로 선정하였다. 정상군의 평균연령은 19.7세, 측만증군은 21.7±5.6세이었으며, 모든 대상자는 본 연구의 취지를 이해하여 3차원 체표면 영상 촬영에 동의한 자로 한정하였다.

2. 연구방법

1) 이학적 검사

시진으로 대상자의 상의를 탈의시킨 후 신발을 벗고 어깨너비만큼 다리를 벌리고 서게 하여 좌우 견갑부의 비대칭성 여부(이숙희, 1998)를 관찰하였다. 또한 체간을 전방으로 90° 굴곡시켜 양쪽 배부돌출고의 높이를 비교 관찰하는 Adams forward bending test(Cassar-Pullicino 등, 2002)를 실시하였다.

2) 3차원 체표면 영상의 측정

3차원 체표면 영상기(Koastron, IBS-2000, Korea)기기를 이용하여 배부표면을 측정하는 것으로 측정방법은 바닥에서 높이 110 cm, 렌즈에서 흑판까지의 거리는 170 cm로 맞추고 흑판중앙과 카메라가 수평인가를 확인하였다. 기기를 상하로 조절하여 대상자

의 상의를 탈의시킨 후 배부체형이 화면의 중앙에 위치했을 때 측정하였다. 목에서 둔부까지 노출되도록 하여 신발을 벗고 바닥에 부착된 발 모양의 스티커에 서게 한 뒤 가슴중심이 흑판에 살짝 닿게 해 몸이 흔들리지 않게 5초간 유지하게 하고 대상자는 전방을 주시하고 해부학적 자세를 취하게 한 뒤 측정하였다. 촬영 시 제7경추, 제2천

추, 견갑골의 하각, 견봉첨, 장골능에 표시를 한 다음 측정하였다(Figure 1, 2, 3, 4).

본 연구에 사용된 측정기기 IBS-2000은 레이저를 이용한 위상천이격자발생방법의 장치로 크게 probe, 삼각대, 컴퓨터로 구성되었으며, 각각의 부품은 브라켓 및 케이블로 연결되어 구성되어 있다.

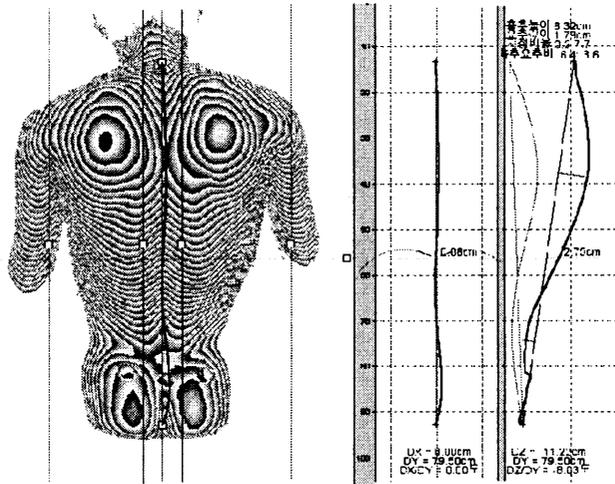


Figure 1. 3D-surface topography finding of longitudinal axis on normal.

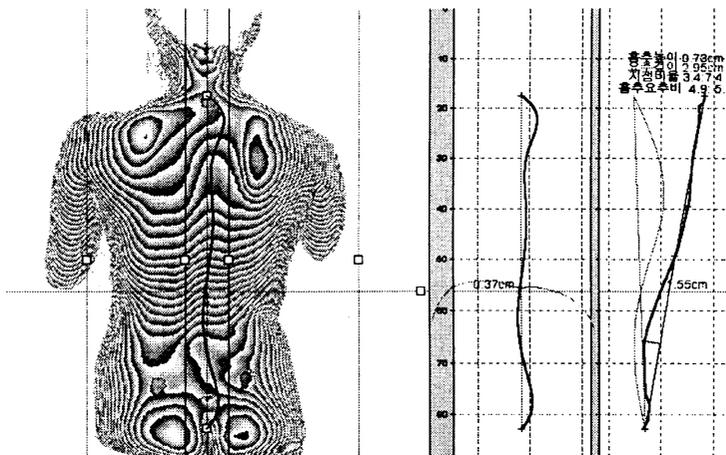


Figure 2. 3D-surface topography finding of longitudinal axis on scoliosis.

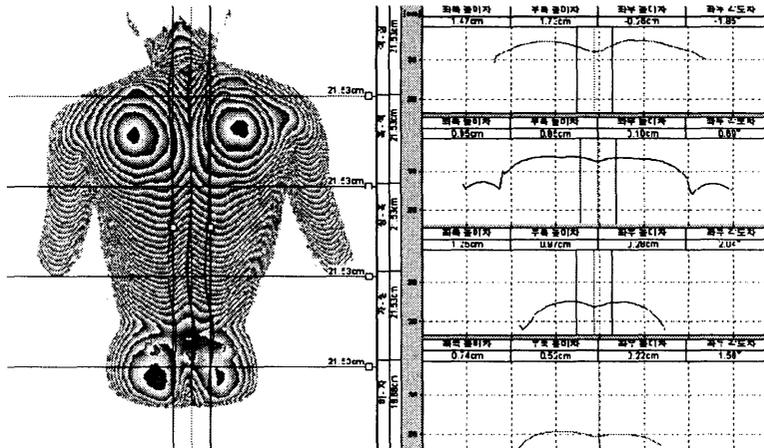


Figure 3. 3D-surface topography finding of anterior-posterior axis on normal.

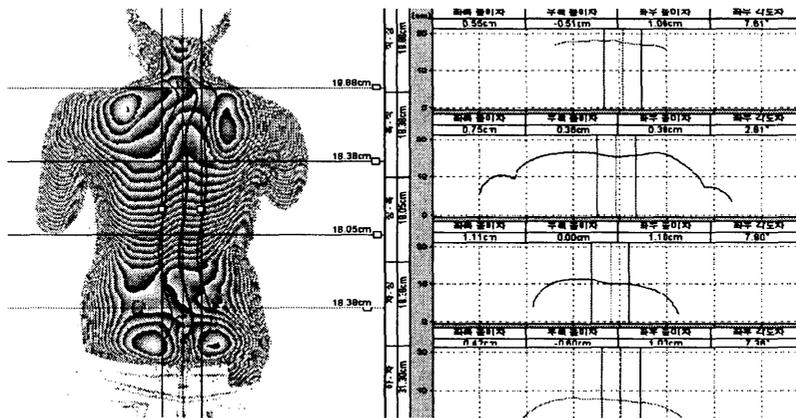


Figure 4. 3D-surface topography finding anterior-posterior axis on scoliosis.

4. 분석방법

통계분석은 3차원 체표면 영상의 측정 항목에 대한 각 집단 내 비교는 대응표본 (paired t-test)을 실시하였고, 집단 간 비교는 독립표본(independent t-test)을 실시하였다. 모든 통계는 Windows SPSS 10.0 프로

그램으로 분석하였으며 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

III. 결과

1. 3차원 체표면 영상분석

1) 수평축 선상의 거리 분석

(1) 실험군의 좌·우 거리 비교

수평축 선상에서 각 실험군의 좌·우 거리비교로 견갑대 수준에서 정상군은 차이가 없었으며, 측만증군은 좌측이 길었으나 유

의하지는 않았다. 골반대 수준에서 정상군은 차이가 없었으며, 측만증군은 좌측이 길었으나 유의한 차이는 없었다.

(2) 실험 군 간의 좌·우 거리차 비교

수평축 선상의 실험군 간의 좌·우 거리차의 비교에서는 견갑대의 거리차, 골반대의 거리차에서 차이가 있었으나 유의하지는 않았다. 측만곡 정점거리는 정상군보단 측만증군이 길어 유의한 차이를 나타내었다 ($p<0.001$)(Figure 5).

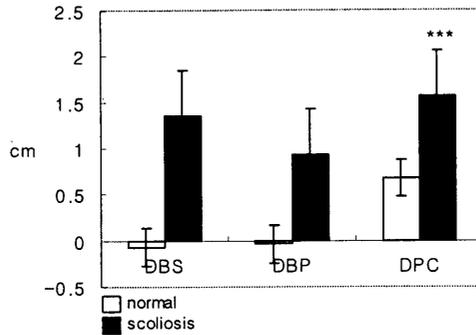


Figure 5. Distance of between level each groups.

Values are mean±SD.

*** : $p<0.001$

DBS: Distance of between shoulder level.

DBP: Distance of between pelvic level.

DPC: Distance of peak to curve.

2) 수직축 선상의 거리 분석

수직축 선상의 실험군 간의 거리 비교에서 흉부 정점비, 요부 정점비, 흉추비, 요추비 모두에서 유의한 차이는 없었다.

3) 전후축 선상의 높이 분석

(1) 실험군의 좌·우 높이 비교

전후축 선상의 각 실험군의 좌·우 높이 비교에서 경흉부 높이는 정상군은 유의한

차이가 없었으며, 측만증군은 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.01$)(Figure 6). 흉부 높이는 정상군이 유의한 차이를 나타냈으며 ($p < 0.05$), 측만증군은 유의한 차이가 없었다 (Figure 7). 흉요부 높이는 정상군은 유의한

차이가 없었으며, 측만증군은 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.001$)(Figure 8). 요부 높이는 정상군은 유의한 차이가 없었으며, 측만증군은 유의한 차이를 나타내었다 ($p < 0.001$)(Figure 9).

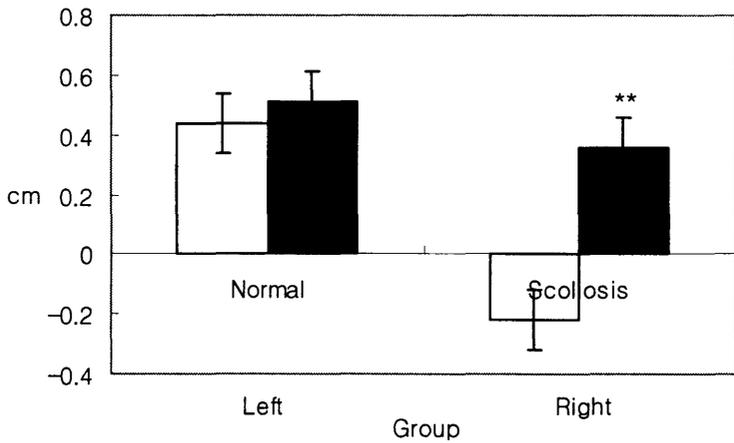


Figure. 6. Height of cervicothoracic level.

Values are mean±SD.

** : $p < 0.01$

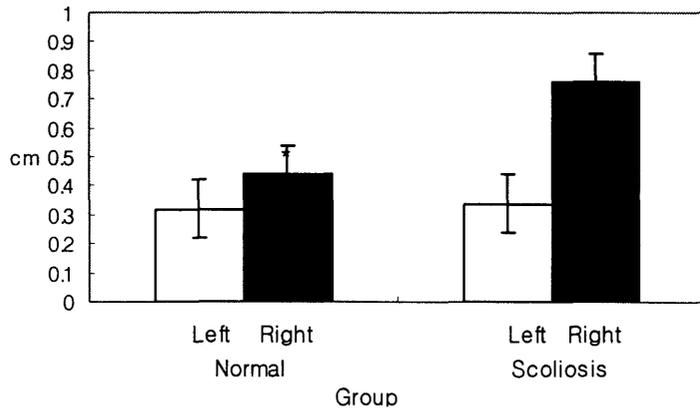


Figure. 7. Height of thoracic level.

Values are mean±SD.

* : $p < 0.05$

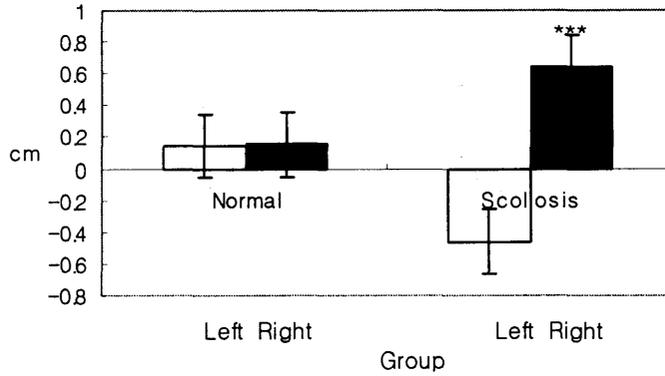


Figure. 8. Height of thoracolumbar level.

Values are mean±SD.

***: p<0.001

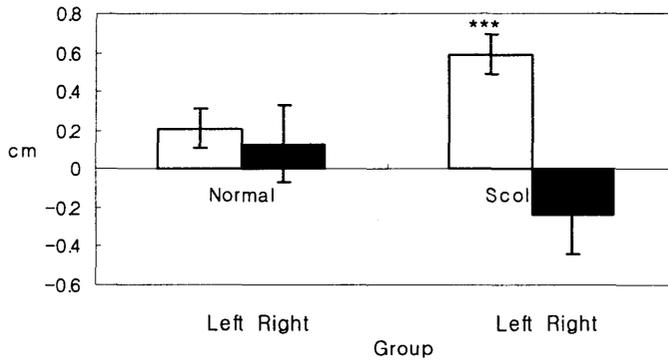


Figure. 9. Height of lumbar level.

Values are mean±SD.

***: P<0.001

(2) 실험군 간의 높이차 비교
 전후측의 실험군 간의 높이차 비교에서
 흉부 높이는 유의한 차이는 없었으나, 요추
 깊이는 유의한 차이가 있었다(p<0.01)(Fig.

10). 경흉부의 높이차(p<0.05), 흉부 높이차
 (p<0.001). 흉요부 높이차(p<0.001), 요부의
 높이차(p<0.001)에서 모두 유의한 차이가
 있었다(Fig. 11).

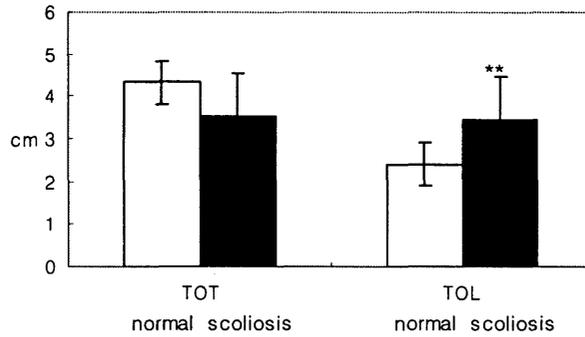


Figure. 10. Height of TOT and TOL.

Values are mean±SD.

** : p<0.01

TOT: Top of the thoracic height

TOL: Top of the lumbar depth

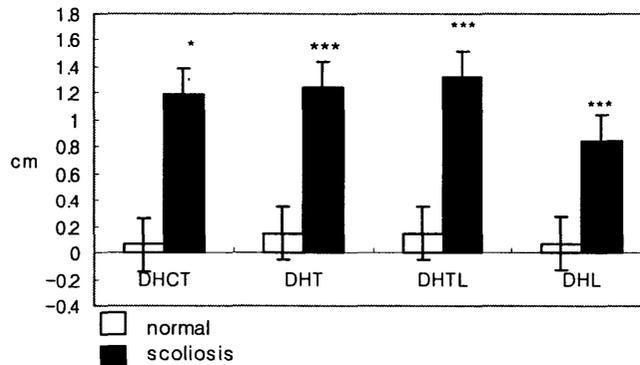


Fig. 11. Height of each level on groups.

Values are mean±SD.

*: p<0.05, ***: p<0.001

DHCT: Difference of height cervicothoracic

DHT: Difference of height thoracic

DHTL: Difference of height thoracolumbar

DHL: Difference of height lumbar

Ⅳ. 고 찰

측만증의 진단과 치료는 조기에 이루어지는 것이 중요하다고 하였다(최홍식과 민경진, 2000). 그러나 초기 측만증에서는 통증이나 다른 증상이 없기 때문에 측만을 발견하기가 어렵다(송준찬, 2002). 3차원 체표면 영상의 연구에서는 Cobb angle보다는 Quantec measurement의 측정 결과에서 각도가 적게 나타나는 결과를 보였으며, 작은 각도도 정확히 측정하여 만곡의 회전정도나 크기여부를 방사선 측정보다 1년 정도 빨리 진행을 예측할 수 있었다(Thometz 등, 2000)고 보고되고 있다. 이러한 결과로 3차원 체표면 영상의 측정방법은 각도가 적어 육안적으로 쉽게 관찰할 수 없고 통증이나 자각적 증상이 없는 측만증 환자에게 정확한 진단 하에 적절한 치료를 할 수 있음을 알 수 있었다.

측만증을 진단하는 방법으로는 1차적 검진으로 이학적검사를 하게 되는데 객관적인 기준제시가 힘든 단점이 있어 방사선학적 측정을 통한 진단을 하게 된다. 방사선학적 진단법은 신뢰도와 타당도가 높아 보편적으로 가장 많이 쓰이지만(Theologis 등, 1997), 성장기의 방사선 과다노출과 측정자 간의 오차에 따른 문제점이 제시되면서 다양한 방법의 3차원 체표면 영상의 연구가 활발해졌다. 여러 연구의 결과에서 3차원 체표면 영상이 방사선학적 진단을 완전히 대체할 수는 없지만 측만증 환자의 관리를 위해 계속적인 관찰을 하는데 있어 방사선 노출을 최소화 할 수 있다는 것에 큰 의의를 두고

있다(Oxborrow, 2000).

본 연구에서는 측만증의 진단을 하는데 있어 보다 간편하고 방사선학적 단점을 보완하기 위한 진단방법의 제시를 위해 3차원 체표면 영상측정법 중 laser scan방식의 3차원 체표면 영상기를 사용하여 정상인과 측만증 환자의 배측 체간부를 비교하였다. 견갑대와 골반대의 거리차이는 척추측만을 진단하는 방법으로 사용된다고 하며, 골반경사와 척추정렬은 긴밀한 관계를 가지고 있다고 보고되었다(김효중, 2003). 본 연구에서 3차원적인 측면에서 정상인과 측만증 환자의 3차원 체표면 영상을 분석한 결과 수평측에서의 거리비교 시 정상인 보다 측만증 환자의 견갑대와 골반대에서 차이가 있었고 가장 만곡의 정도가 큰 측만곡 정점거리의 차이는 매우 높게 차이를 보여 정상인에 비해 측만증 환자의 만곡이 큰 것을 알 수 있었다. 수직선상에서의 거리비교 결과에서 흉추비에 있어서 정상인에 비해 측만증 환자의 거리가 짧았으며, 요추비에 있어서는 정상인에 비해 측만증 환자의 거리가 길게 나타났다. 대한가죽보건복지협회 전북지회(2002)에 의하면 척추 전후만의 비율은 흉추와 요추가 6:4가 정상적이나 척추측만의 경우 흉추의 비율이 같거나 짧다고 한다. 본 연구에서도 측만증 환자의 경우 흉추비의 거리는 짧게 나타났지만 연구대상자의 신장의 차이가 있어 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

체형의 변형에 있어서 경추, 흉추, 견갑부의 배열의 변화가 가장 흔한 유형으로 보여지며 극돌기의 좌우 높이차가 클수록 통증이 심해진다고 하였고, 경흉부에 문제가 있

을 경우 높이차가 현저하다고 보고되었다 (유한길, 2003). 본 연구의 전후측선상의 높이분석에서 경흉부, 흉부, 흉요부, 요부의 좌우 높이차의 비교 시 정상인에 비해 측만증 환자에서 매우 높은 차이가 있었다. 측만증 환자의 측정한 모든 부위에서 높이차가 크게 나타난 것은 연구대상인 측만증 환자가 크게 통증을 동반하지 않은 대상자로 보상적인 추체간의 변화로 척추의 변형이 시작되거나 이미 오래전에 변형이 되었고, 그럼에도 불구하고 외관상의 문제보다 통증의 문제는 크지 않았음을 알 수 있었다. 좌우 높이의 비교에서 정상에서도 우측에서 흉추높이가 높게 나타났는데, 이는 대상자인 학생들이 앉은 자세에서 많은 시간을 보내는 이유라고 생각된다. 모아레 이미지를 사용하여 측만증을 진단한 결과 관상면에서는 단순만곡과 이중만곡에 대한 측정이 가능하고 시상면에서는 척추전만, 척추 후만, 편평 척추를 측정할 수 있는데 척추전만은 각각의 경추부와 요추부에서 특징적으로 보여지며, 편평 척추는 흉부와 흉요부에서 특징적으로 측정할 수가 있다. 수평면에서는 회전정도에 따라 흉부, 흉요부, 요부의 높이차의 측정이 가능하다(Batouche 등, 1996).

본 연구의 결과로 보아 체간부에 대한 3차원 체표면 영상은 측만증을 평가하는데 이학적 측정방법이 가지고 있는 측정 자료의 재현성과 정량화의 한계점을 보완하고, 방사선학적 측정에 비하여 안전하고 간편하기 때문에 물리치료 진단학적 측면에서도 임상적 활용성이 높을 것으로 생각된다.

V. 결론

본 연구에서는 3차원 체표면 영상을 이용하여 정상인과 측만증 환자의 체간부 배측 표면 형태학적 특성을 비교하고, 측만증 환자의 3차원 체표면 영상측정 결과를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 수평축 선상의 실험군 간의 좌·우 거리차의 비교에서 측만곡 정점거리차에서 유의한 차이가 있었다($p < 0.001$).

2. 전후축의 실험군 간의 높이차 비교에서 경흉부, 흉부, 흉요부, 요부의 배측면 들출 높이에서 유의한 차이가 있었다($p < 0.001$).

이상의 결과로 보아 측만증을 진단하는데 있어 3차원 체표면 영상을 이용한 측정법이 주로 이학적검사를 근거로 하는 물리치료 진단방식을 보완해주는 좀 더 객관적 측정법으로 임상에서의 활용도가 높을 것으로 생각된다.

참고문헌

- 김효중 : 프로골프선수와 일반인의 척추 및 근·골격계 평형성에 관한 비교. 서울대학교 대학원 석사학위논문. 2003.
- 송준찬 : 흉요천추 보조기 착용이 특발성 척추 측만증 환자의 Cobb 각도 개선에 미치는 효과. 대구대학교 재활과학대학원

- 석사학위논문. 2002.
- 유한길 : 레이저영상식모아레를 이용한 일부 한국인의 배부체형에 관한 연구. 경희대학교 대학원 박사학위논문. 2003.
- 유한길 : 경근무늬(모아레)측정법을 이용한 체형분석.
- 이병규, 남기석, 이충휘 : 남녀 대학생의 척추만곡에 관한 연구. 한국전문물리치료학회지. 5(3); 1998.
- 이숙희 : 청소년기의 척추측만증의 원인과 실태. 한국학교보건학회지. 11(1); 1998.
- 이숙희, 김종희 : 초등학교 5, 6학년을 대상으로 한 척추측만증 실태조사. 한국학교보건학회지. 12(1); 1999.
- 이춘성 : 특발성 척추 측만증. 대한척추외과학회지. 6(2);288-296, 1999.
- 이희영 : Floorbar Work이 척추측만증 환자의 Cobb's angle에 미치는 영향. 청주대학교 대학원 석사학위논문. 2001.
- 진재도, 이정훈, 이승우 등 : 척추측만증의 임상적 관찰. 대한침구학회지. 18(5); 2001.
- 최홍식, 민경진 : 특발성 척추 측만증이 있는 초등학생을 대상으로 한 조기 운동요법의 효과. 한국전문물리치료학회지. 7(3); 2000.
- Batouche M, Banlamri R, Kholadi MK : A computer vision system for diagnosing scoliosis using moire images. *Comput Biol Med.* 26(4);339-353, 1996.
- Benameur S, Mignotte M, Parent S. et al. : 3D/2D registration and segmentation of scoliotic vertebrae using staistical models. *Comput Med Image Graph.* 27;321-337, 2003.
- Cassar- Pullicino VN, Eisenstein SM : Imaging in Scoliosis: What, Why and How? *Clinical Radiology.* 57;543-562, 2002.
- D'Osualdo F, Schierano S, Soldano FM et al. : New tridimensional approach to the evaluation of the spine through surface measurement: the BACES system. *J Med Eng Technol.* 26(3); 95-105, 2002.
- Drerup B, Hierholzer E : Assessment of scoliotic deformity from back shape asymmetry using an improved mathematical model. *Clinical Biomechanics.* 7;376-383, 1996.
- Ellen T, Richard F : Evaluation and management of scoliosis. *J Pediatr Health Care.* 17;42-44, 2003.
- Liu XC, Thometz JG, Lyon RM et al. : Effect of trunk position on back surface-contour measured by raster stereophotography. *Am J Orthop.* 31(7); 402-406, 2002.
- Michael L : Approaches to differential diagnosis in musculoskeletal imaging. 2000.
- Morrisy RT : School screening for scoliosis. *Spine.* 24(24);2584-2600, 2000.
- Oxborrow NJ : Assessing the child with scoliosis : The role of surface topography. *Arch Dis Child.* 83;453-455, 2000.
- Theologis TN, Fairbank JCT, Turnersmith

- AR et al. : Early detection of progression in adolescent idiopathic scoliosis by measurement of change in back shape with the intergrated shape imaging system scanner. Spine. 22(11);1223-1228, 1997.
- Thometz JG, Lamdan R, Liu XC, et al. : Relationship between Quantec measurement and Cobb angle in patients with idiopathic scoliosis. J Pediatr Orthop. 20(4);512-516, 2000.
- Thometz JG, Liu XC, Lyon R et al. : Variability in three- dimensional measurement of back contour with raster stereography in normal subjrcs. J Pediatr Orthop. 20;54-58, 2000.