

퇴행성 및 협부형 척추전방전위증 환자의 시상면상 형태의 임상례 보고

이진혁 · 강만호 · 설무창 · 조계창 · 진은석* · 이한†

자생한방병원 한방내과
*자생한방병원 한방재활의학과
†자생한방병원 침구과

The Saggital Alignment in Degenerative and Isthmic Spondylothesis Patients : A Clinical Survey

Jin-Hyuk Lee, Moo-Chang sul, Man-Ho Kang, Kye-Chang Cho, Eun-Seok Jin*, Han Lee†

Dept. of Oriental Internal Medicine, Jaseng Hospital of Oriental Medicine

**Dept. of Oriental Rehabilitation Medicine, Jaseng Hospital of Oriental Medicine*

†Dept. of Acupuncture & Moxibustion, Jaseng Hospital of Oriental Medicine

Objective : Spondylothesis is a disease which sagittal facet of vertebral body's invariable alignment is being broken and vertebral body being pushed forward. Main pattern of spondylothesis is isthmic spondylothesis by isthmus defect or fracture, degenerative spondylothesis occurred by desiccated change of intervertebral disc or vertebral condyle joint's ligament.

The purpose of this study is to assess the difference of the Pelvic angles, Lumbosacral angles, Pelvic tilt, and Lumbar lordotic angles of the spondylothesis patients.

Methods : We analyzed the lateral view of lumbar spine of 49 isthmic spondylothesis patients, 45 degenerative spondylothesis patients and 26 patients who haven't been diagnosed as vertebra disease. We investigated each patient's pelvic angle, lumbosacral angle, pelvic tilt and lumbar lordotic angle.

Results and Conclusion : 1. Pelvic incidence, in cases of degenerate spondylothesis patients, is higher than spondylothesis patients but shows less significance. On the contrary significance is higher than the group haven't been diagnosed as vertebra disease.

2. Lumbosacral incidence, in cases of isthmic spondylothesis patients, shows higher significance than degenerative spondylothesis patients and the group haven't been diagnosed as vertebra disease.

3 Pelvic tilt, in cases of degenerative spondylothesis patients, shows higher significance than isthmic spondylothesis patients and the group haven't been diagnosed as vertebra disease.

4. Lumbar lordotic angle, in cases of isthmic spondylothesis patients, shows higher significance than degenerative spondylothesis patients and the group haven't been diagnosed as vertebra disease.

5. Degenerative spondylothesis patient shows specific impression, a forwardly moved

high femoral axial and as a result of large lumbosacral angle and lumbar lordotic angle shows specific impression, an increased weight pressure on sacrum.

Key Words : Spondylothesis ,Pelvic incidence, Lumbar lordotic angle

I. 서 론

척추의 시상면에서의 일정한 정렬과 배열이 깨지

고 척추체가 전방으로 흘러 빠지는 현상을 척추전방 전위증이라 한다. 척추전방전위증의 유형은 여러 가지 원인이 있으며 이 중 대부분이 협부결손이나 골절에

의한 협부형 척추전방전위증(isthmis spondylothesis), 추간판이나 척추돌기관절 인대의 퇴행성 변화에 의한 퇴행형 척추전방전위증(degenerative spondylothesis)이다¹⁾. 방사선 소견으로는 협부형 척추전방전위증의 협부결손에서는 'scotty dog'을 확인할 수 있으며, 퇴행형의 경우 관절돌기 사이 관절의 퇴행성 관절염을 관찰할 수 있다⁹⁾.

추골협부가 골절, 파괴되어 추체와 분리시 요추는 전하방으로 미끄러져 협부형 척추전방전위증으로 이행하게 된다³⁾. 반면에 퇴행성 척추전방전위증은 추궁에 문제가 없으면서 facet joint의 퇴행성 변화, 인대 이완으로 인한 척추체 지지력이 감소하여 척추체의 전방전위가 진행되게 된다¹⁾. 따라서 퇴행성과 협부형은 그 구조적 원인과 역학적 기전이 상이하다는 것을 짐작할 수 있다.

또한 Rosenberg¹¹⁾은 퇴행성 척추전방전위증에 있어서 요추의 전만이 감소되어 있다는 것을 보고하였으며, 정⁴⁾은 협부형 척추전방전위증에 있어서 요추척각이 큰 군에서 협부형 척추전방전위증 환자의 빈도가 높았다고 보고하였다. 따라서 요추,요천관절,고관절의 시상면상 만곡 형태를 분석하여 차이를 밝히는 것은 퇴행성, 협부형 척추전방전위증의 원인과 기전을 설명하는데 중요한 자료로서 의미가 있다고 추정 가능하다.

본 연구에서는 척추전방전위증으로 진단받은 환자의 시상면상 만곡형태를 관찰하기 위하여, Lumbar angle, Pelvic tilt, Pelvic Incidence, Lumbar lordotic angle의 분포에 있어서 유의성있는 통계적 차이의 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구대상

2007년 12월 1일부터 2008년 5월 30일까지 자생한방병원에 요통 및 요각통을 주소로 내원한 환자 중 요추 x-ray(L-SPINE FLEXION AND EXTENSION / L-SPINE AP LATERAL) 및 L-SPINE MRI(Magnetic Resonance Imaging) 촬영을 실시한 결과 Lumbar spondylosis와 Lumbar spondylolisthesis을 함께 진단받은 환자 49명 및 요추 x-ray상 Lumbar spondylosis 진단을 받지 않고 Lumbar spondylolisthesis 와 Lumbar Facet joint arthrosis 진단을 받은 환자 45명을 대상을 각각 ISPL(Isthmic spondylolisthesis), DSPL(degenerative spondylolisthesis) 그룹으로 분류하였다. 대조군으로 요추 MRI, x-ray 상 spondylothesis, HIVD등의 요추질환 진단을 받지 않은 환자 26명을 ND(Non disease)그룹으로 분류하였다.

총 120명의 환자는 다음과 같이 선정한 제외범주에 모두 해당하지 않는다.

(Table I.)

Table I. Exclusion Criteria of Patients on This Study

Criteria
Previous lumbar surgery
Vertebral fracture
Unsuitable for radiograph or MRI
Cauda equina syndrom
Spinal tumors including metastasis
Inflammatory spinal diseaseLower leg disease

2. 각도 측정 방법

각도 측정은 L-SPINE LATERAL x-ray 영상을 통하여 실시하였다. 본원 의료영상저장전송시스템 (Infiniti社의 Starpacs, 이하 PACS) 프로그램을 사용하여 요천부 기립위 측면 x-ray상에서 Pelvic incidence, Pelvic tilt, Lumbar sacro angle, Lumbar lordosis를 측정하였다. 고관절의 축은 x-ray상에서 양측 고관절의 중심을 이은 선의 이등분점으로 정하였다.

1) PI (Pelvic Incidence) : 고관절 축과 제1천추체 상연의 중심을 잇는 선과 천추상연을 평행하게 그은 선이 이루는 각 (PT + LSA) (Fig. 1.)

2) PT (Pelvic Tilt) : 고관절 축을 지나는 수직선과 고관절 축과 제1천추체 상연의 중심을 잇는 선

이 이루는 각. (Fig. 2.)

3) LSA (Lumbosacral angle) : 천추 상연을 평행하게 그은 선과 수평선이 만나는 각. (Fig. 3.)

4) LLA (Lumbar Lordotic angle) : 제1요추와 제1천추의 추체 상연에서 그은 선에서 각각 수직이 되는 선을 그어 교차하는 곳의 각. (Fig. 3.)

3. 통계처리

연구결과를 SPSS 12.0KO for windows를 이용하여 통계처리 하였다. 일원배치 ANOVA, Post Hoc test 를 시행하여 DSPL, ISPL, ND그룹 각각의 요추 각도의 평균과 표준편차를 구하였고, 3그룹의 평균을 비교하여 유의하게 차이가 있는지를 분석하였다.

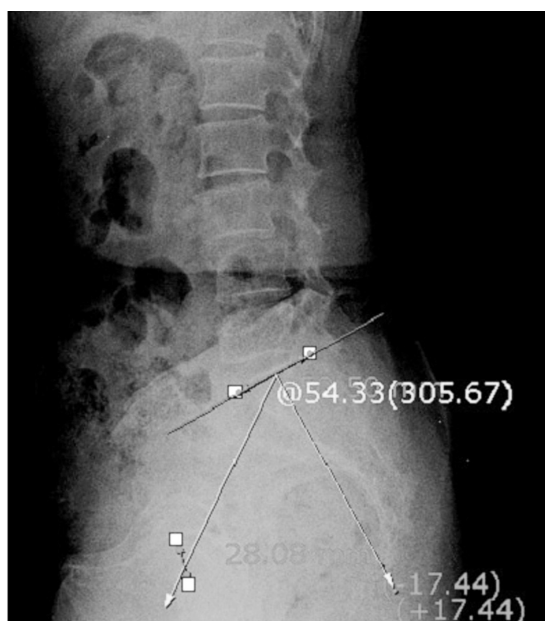


Fig. 1. Pelvic Incidence

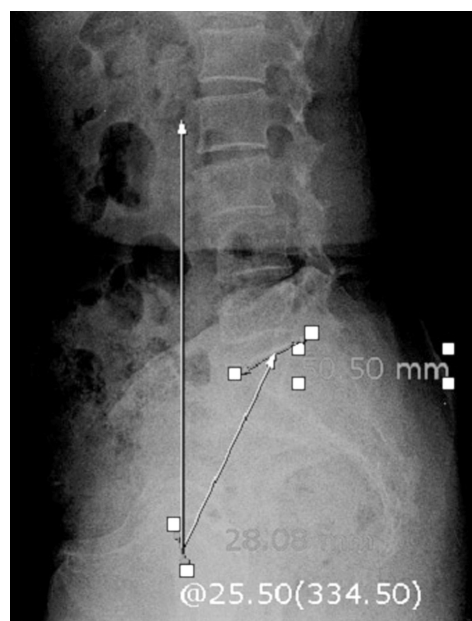


Fig. 2. Pelvic Tilt

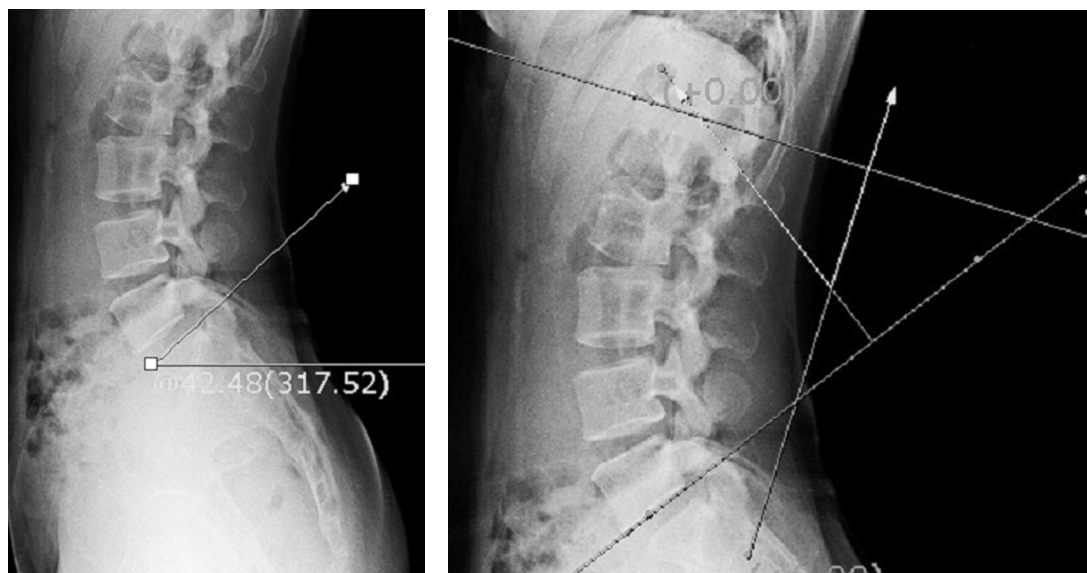


Fig. 3. Lumbosacral Angle

Ⅲ. 결 과

1) Pelvic Incidence

연령분포는 전체 평균연령은 46.23세 이었으며, 남성은 46명(38.3%), 여성은 74명(61.7%)로 나타났다. 퇴행성 척추전방전위증 군에서의 평균연령은 56.47세였으며, 남성은 11명(24.4), 여성은 34명(75.6%)이었다. 대조군에서의 평균연령은 37.42세였으며, 남성은 13명(50%), 여성은 13명(50%)이었다. (Table II.)

Pelvic incidence을 분석한 결과 DSPL군의 평균은 55.34, 표준편차는 9.40 이었고, ISPL군의 평균은 51.61, 표준편차는 9.17이었다. ND군의 평균은 46.75, 표준편차는 6.25이었다. 또한 이 세군간에는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($F=8.074$, $P=0.001$). 추가로 사후분석을 한 결과 DSPL군과 ISPL군과의 Pelvic incidence 차이($p=0.099$) 및 ISPL군과 ND군의 차이($p=0.060$)는 유의성이 없었다. 그러나

Table II . Patient's Anthropomorphic Characteristics

	ALL	DSPL	ISPL	ND
n	120	45	49	26
Age	46.23	56.47	44.10	37.42
Sex(M/F)	46 / 74	11 / 34	22 / 27	13 / 13

DSPL군과 ND군은 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p=0.000$).

2) Lumbosacral Angle

Lumbosacral Angle을 분석한 결과 DSPL의 평균은 32.72, 표준편차는 7.00이었고, ISPL군의 평균은 37.54, 표준편차는 8.77이었고, ND군의 평균은 33.12, 표준편차는 2.87이었으며 세군간의 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($F=6.171$, $P=0.003$). 추가 사후 분석 결과는 DSPL군과 ND군의 LLA는 유의성있는 차이가 없었다($p=0.982$). ISPL군과 ND군의 차이는 유의하게 나타났으며($p=0.006$), DSPL군과 ISPL군 또한 유의한 차이가 나타났다($p=0.012$).

3) Pelvic Tilt

Pelvic Tilt의 분석결과 DSPL군의 평균은 22.63, 표준편차는 8.58이었고, ISPL군의 평균은 14.06, 표준편차는 5.32이었으며, ND군의 평균은 13.63, 표준편차는 6.00이었다. 세군간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($F=22.798$, $p=0.000$). 사후분석결과 ISPL군과 ND군의 PT는 유의성있는 차이가 나

타나지 않았으며($p=0.986$), DSPL군은 ISPL군($p=0.000$)과 ND군($p=0.000$)보다 PT가 통계적으로 유의하게 높게 나타났다.

4) Lumbar Lordotic Angle

Lumbar Lordotic Angle의 분석결과 DSPL군의 평균은 45.79, 표준편차는 9.06이었으며, ISPL군의 평균은 51.54, 표준편차는 11.56, ND군의 평균은 44.91, 표준편차는 5.71이었고, 이 세 군간에는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($F=5.837$, $P=0.004$). 사후분석결과 DSPL군과 ND군간에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으며($p=0.944$), ISPL군은 나머지 DSPL군($p=0.025$)과 ND군($p=0.004$)보다 통계적으로 유의하게 높게 나타났다.(Table III.)

IV. 고 찰

척추는 측면에서 보았을때 일정한 정렬을 이루고 나란히 배열된 추체 안쪽으로 척수가 위치하게 된다. 척추의 규칙적인 배열이 깨지고 척추체가 전방

Table III. Comparison of Pelvic Incidence, Lumbosacral Angle, Pelvic Tilt and Lumbar Lordotic Angle in Three Groups.

	DSP	LISPL	ND	F	P
Pelvic Incidence	55.34±9.40	51.61±9.17	46.75±6.25	8.074 [†]	0.001*
Lumbosacral Angle	32.72±7.00	37.54±8.77	33.12±2.87	6.171	0.003
Pelvic Tilt	22.63±8.58	14.06±5.32	13.63±6.00	22.798	0.000
Lumbar Lordotic Angle	45.79±9.06	51.54±11.56	44.91±5.71	5.837	0.004

For each parameter mean and SD($\pm$) are mentioned

* $p<0.05$

[†] F=The mean square between groups divided by the mean square within groups

으로 흘러 빠지는 현상을 척추전방전위증이라 한다.

척추전방전위증은 Wiltse등이 전방전위증의 유형을 원인에 따라 이형성형(dysplastic), 협부형(isthmie), 퇴행형(degenerative), 외상형(tramatic)등으로 구분하였는데 이 중 대부분이 협부결손이나 골절에 의한 협부형과, 추간판이나 척추돌기관절 인대의 퇴행형 변화에 의한 퇴행형이다. 협부형은 5~40세 사이에서 발견되고 남자에서 보다 호발하며 미세외상과 자극에 의한 것이며, 퇴행형은 대개 40대 이후 발견되고 여자에서 많이 발견되는 것으로 알려져 있다¹⁾.

협부형 척추전방전위증은 척추 후궁의 협부에 결손 즉 골절 및 파괴의 소견이 있으면서 척추체가 전방으로 전위되는 것을 말하며, 단순히 척추 후궁이 분리된 소견이 있는 것을 척추분리증(spondylosis)라 한다. 제1천추 상면의 경사(inclination)의 결과 나타나는 전하방 방향의 견인력에 의하여 하부요추는 전하방으로 활주하는 경향이 있으며, 이것은 추궁 즉 추골협부(vertebral isthmus)의 강력한 억제력에 의해서 평형을 유지한다. 이 협부(isthmus)가 골절되거나 파괴되었을때 제5요추의 추궁은 제1천추의 상관절돌기의 위에 유지될 수 없게 되어 제5요추는 전하방으로 미끄러져 척추전방전위증(spondylo-listhesis)로 이행하게 된다²⁾.

따라서 제1천추 상면의 경사각이 커질수록 하부요추의 전방 견인력은 증가하며, 이 견인력은 척추분리증에서 척추전방전위증으로의 이행에 중요한 역할을 하므로, 제1천추 상면의 경사각 즉 요천추각(sacral slope)이 큰 척추분리증 환자는 척추전방전위증으로의 이행 가능성이 커질 것으로 사료된다.

퇴행형 척추전방전위증은 척추돌기관절의 퇴행성 관절염과 재형성, 추간판의 퇴행성변화, 인대 이완으로 초래하며 그 결과 척추체의 전방전위가 일어나고 후궁은 정상이다.협부형 전방전위증은 추체가 후궁과 단절되어 추체가 전방으로 전위되는 것을 말하며 후

궁은 정상적으로 배열된다³⁾.

퇴행성 척추전방전위증의 원인과 기전에 대하여 Farfan과 Sullivan은 추간판의 변성과 후관절의 변화가 함께 초래되어 후관절의 아탈구와 변연부의 골극형성 후 추체의 전방전위가 발생한다고 하였다. 후관절의 정상적인 지지구조의 소실과 함께 후관절의 관절염이 공통적으로 관계된다. 또한 Rosenberg는 퇴행성 척추 전방전위증 환자에서 요추의 전만이 감소되어 있음을 보고하고 전만의 감소로 인하여 4-5요추관절에 더 많은 스트레스가 집중되어 4-5요추체의 전방전위를 일으킨다고 주장하였다. 이러한 후관절 구조는 CT, MRI로 관절단면의 모양을 잘 관찰할 수 있다⁴⁾. 하¹⁰⁾는 퇴행성 척추전방전위증은 분절간 과운동성으로 인한 퇴행성 변화의 결과이며 장기간 지속된 분절간 불안정성에 의하여 발생되지만 분절간 운동성은 자체안정화 과정을 통하여 시간이 지남에 따라 감소하게 된다고 했다.

퇴행성 척추전방전위증의 해부학적 연구 대하여 조 등은 퇴행성 척추전방전위증 환자군에서 요부의 전만이 유의하게 감소되어 있었다고 하였다. 이러한 전만의 감소는 4요추체의 추가적 전방전위를 방지하고 전방전위로 인한 과중한 하중의 집중을 분산시키기 위한 보상작용으로 생각된다고 하였다. 추체의 전방전위로 인한 하중의 전방을 향하는 백터의 크기를 줄이기 위해서 요추의 전만이 감소된다³⁾.

본 연구에서는협부형과 퇴행성 척추전방전위증의 병인과 기전이 앞서 살펴본 것처럼 서로 다르므로 Pelvic Incidence, Lumbosacral angle, Pelvic tilt, Lumbar lordosis을 측정하고 통계적 비교 분석하여 관찰하였다.

Pelvic incidence는 Lumbosacral angle와 Pelvic tilt의 합이다. 개개인의 시상면상 척추 만곡의 형태를 결정짓는 가장 중요한 해부학적 지표중 하나이며, 성인이 되어서는 척추 안정성이 증가하여 나이에 따른 영향을 거의 받지 않는다고 한다⁴⁾. 하지만 김¹¹⁾은

20대와 50대의 Pelvic incidence 비교분석결과 50대의 Pelvic incidence가 20대에 비해서 유의성있게 높은 결과를 보였다고 보고하였다.

Lumbosacral angle은 Ferguson's angle 또는 sacral slope라고 불리우며, 천골 상연을 따라 그은선이 수평선과 이루는 각도를 말한다. 정상소견은 30~57도이며, 큰 각도는 배가 나오고 엉덩이가 나온 사람에게 많다고 알려져 있다⁵⁾. 요천관절부위의 안정도를 평가하기 위하여 다용하고 있으며, Ferguson은 이 각이 작을수록 안정도가 증가함을 기술하였고, 각도가 클수록 요천관절의 변형과 압력이 증가하여 요통을 일으키는 기계적 요소가 된다고 기술하였다⁸⁾. Kapandji²⁾는 요추전만은 골반의 전방 또는 후방경사의 정도에 따라 변화한다고 기술하였다.

pelvic tilt는 고관절 축을 지나는 수직선과 고관절 축과 제1천추체 상연의 중심을 잇는 선이 이루는 각이다. Pelvic tilt은 대퇴골두를 감싸고 있는 pelvis 회전의 정도를 나타낸다⁶⁾.

Lumbar lordotic angle의 정상 각도는 약 50~60도로 알려져있으며⁵⁾, G. Vaz 등⁸⁾은 건강한 성인 남자 100명을 대상으로 평균 각이 $46.5^{\circ} \pm 11.1$ 이라고 제시하였다. 본 연구에 있어서도 DSPL, ISPL, ND군 모두 상기에서 제시한 평균에 근접한 결과를 보였다. 청소년 협부형 척추전방전위증에서 요부의 lordosis가 감소가 된다는 보고가 있지만¹⁴⁾, 본 연구에서 협부형 척추전방전위증군의 평균연령은 44.10이었고 Lumbar lordotic angle은 다른 집단보다 더 높은 결과를 보이고 있다.

본 연구에서 DSPL군과 ISPL군과 ND군의 Pelvic incidence는 각각 55.34 ± 10.19 , 51.61 ± 9.17 , 46.75 ± 6.25 이며, DSPL군의 Pelvic incidence는 ISPL군에 비해서 높지만 통계적으로 유의성이 없었으며 ND군에 비해서는 통계적으로 유의하게 높은 결과를 보였다. Pelvic incidence가 클수록 요추부 척추전만이 길게 연장되어 병적 척추만곡이 유발될 가능성이 크다

는 점에 비추어 볼때⁴⁾ 높은 Pelvic incidence로 인한 척추만곡의 불안정성으로 인하여 DSPL로 진행되었을 것이라고 해석할 수 있으며, 일반적으로 큰 Pelvic incidence는 가파른 천추경사와 큰 Lumbar lordosis를 가지고 있어서 이로 인하여 지속적 역학적 스트레스를 가하여 관절증 변화를 일으키게 되므로⁷⁾ DSPL의 관련되어 있는 facet joint 퇴행성 변화와 관련있다고 해석 할 수 있다.

Lumbosacral angle는 ISPL은 DSPL과 ND이 비해서 통계적으로 유의하게 높은 결과를 보였고, DSPL과 ND은 통계적으로 유의성이 없는 차이를 보였다. 이는 정⁴⁾이 천추경사가 큰 군에서 하요추부 천추분리성 척추전방전위가 높게 관찰되었다는 보고에서와 같이 큰 천추경사를 가지는 경우에 협부형 척추전방전위를 동반할 가능성이 크며, 천추경사가 높은 경우에 추체가 받는 하방중력이 높아져서 척추분리증에서 척추전방전위증으로 이행될수 있는 가능성이 커진다는 것과 일치한다.

또한 Pelvic tilt를 비교하자면 DSPL이 나머지 SSPL과 ND보다 통계적으로 유의하게 높은 결과를 보였으나, SSPL과 ND의 Pelvic tilt의 차이는 통계적으로 유의성이 없었다. 고령이 되면서 퇴행성 변화 및 근력약화등에 대한 보상기전으로 고대퇴축이 천추판에 비해 상대적으로 전방에 위치하게 됨으로서 골반기울기는 증가하는 양상을 보인다는 점⁴⁾을 볼때, DSPL은 40~60대의 고령의 나이에서 퇴행성 기전으로 발병하므로 높은 Pelvic tilt각도를 보인다고 해석할 수 있다. 또한 Pelvic incidence는 나이가 들면 거의 변하지 않는 해부학적 방사선학적인 지표이며 Pelvic tilt의 증가는 pelvis 의 back tilt의 결과이므로 Lumbosacral angle는 감소하게 되어 DSPL의 Lumbosacral angle는 SSPL에 비해서 상대적으로 낮은 수치를 보이는 것으로 사료된다.

Lumbar lordotic angle은 ISPL군은 DSPL군과 ND군에 비해서 유의성있게 높았지만 DSPL군과 ND

군은 유의성 없는 차이를 나타내었다. Lumbar lordotic angle는 제1천추상연의 선과 제1요추상연의 선으로 이루어지는 각이며 만일 제1요추상연의 선이 변하지 않는다고 가정하면 제1천추 상연의 경사가 클수록, 즉 Lumbosacral angle각이 클 수록 Lumbar lordotic angle는 증가한다. 또한 골반의 과도한 전방 경사는 요추전만을 증가시키는데 기여하며 전만이 증가함에 따라 요추 골단관절에 가해지는 압박력 또한 증가하게 된다¹²⁾. 따라서 ISPL군의 Lumbosacral angle가 나머지 군에 비해서 높은것이 Lumbar lordotic angle높은 것과 연관이 있을것으로 추정된다.

본 연구를 통하여, 퇴행성 및 협부형 척추전방전위증의 비교연구를 통하여 Pelvic incidence, Pelvic tilt, Lumbosacral angle, Lumbar lordotic angle에 유의한 차이가 있다는 것을 알게되었다. 향후 더 많은 집단을 대상으로 한 추가적인 연구와 이러한 연구를 토대로 협부형 및 퇴행성 척추전방전위증 치료방향의 개별적인 연구가 진행된다면 충분히 가치가 있을 것으로 생각된다.

V. 결 론

2007년 12월 1일부터 2008년 5월 30일까지 자생한 방병원에서 요통 및 요각통을 주소로 내원한 환자 중 요추 x-ray, MRI 촬영후 척추전방전위증 진단을 받은 환자 94명 및 척추전방전위증, HIVD등의 요추 질환 진단을 받지 않은 환자 26명을 대상으로 x-ray를 통계적으로 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Pelvic incidence는 퇴행성 척추전방전위증 환자의 경우에 협부형 척추전방전위증 환자보다 높으나 유의성이 없으며, 일반인에 비해서는 유의성있게 크다.

2. Lumbosacral angle은 협부형 척추전방전위증 환자의 경우에 퇴행성 척추전방전위증 및 일반인에 비해서 유의성있게 크다.
3. Pelvic tilt은 퇴행성 척추전방전위증 환자의 경우에 협부형 척추전방전위증 환자 및 일반인에 비해서 유의성있게 크다.
4. Lumbar lordotic angle은 협부형 척추전방전위증 환자의 경우에 퇴행성 척추전방전위증 및 일반인에 비해서 유의성있게 크다.
5. 퇴행성 척추전방전위증 환자는 고대퇴축이 전방 이동되어있는 특징적인 소견을 보이며, 협부형 척추전방전위증 환자는 큰 Lumbosacral angle 및 Lumbar lordotic angle의 결과로 천추에 대한 체중의 압박력이 증가되어 있는 특징적인 소견을 보인다.

참고문헌

1. 이종덕, 변재영. 척추 전방전위증의 전산화 단층촬영 소견: 협부형과 퇴행성의 비교. 대한침구학회지. 2007;17(4):79-86
2. Kapandji IA. 관절생리학 척추. 영문출판사. 2001:52-62
3. 조용선, 조성도, 김범수, 박태우, 김영규, 김영태. 퇴행성 척추 전방전위증의 해부학적 병인론. 대한정형외과학회지. 1998;33(7):1620-25
4. 정광훈. 이상 척추 시상만곡의 발현에 있어서 pelvic incidence가 가지는 의의 전향적 연구. 대한정형외과학회지 2006;41(2):274-80
5. 신병철, 신준식, 이종수, 임형호. 척추신경추나의학회. 정형추나의학. 척추신경추나의학회.

- 2006:228-30
6. Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, Dimnet J. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. *Spine*. 2005;30(3):346-52
 7. Barrey C, Jund J, Nosedá O, Roussouly P. sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A Comparative study about 85 cases. *Eur Spine J*. 2007;16:1459-67
 8. 황병연, 심용식. 요천각의 통계적 고찰. *전북의대 논문집*. 1988;12(4):407-12.
 9. 김기원. 척추 분리증과 척추 전방 전위증의 분류에 따른 해부학적 특성. *대한물리치료학회지*. 2003;15(4):24-33.
 10. 나기호, 신재혁, 최남용, 이용선, 하기용. 퇴행성 척추전방전위증에서 후외방유합술 후 후방요추체간유합술의 효과. *대한정형외과학회지*. 2005;40(7):852-60.
 11. 김환정, 강종원, 염진섭, 김규현, 정유훈, 이성훈, 최원식. 젊은층과 노인층에서의 척추 시상면 정렬의 비교 분석 -100례 분석. *대한척추외과학회지*. 2003;10(4):327-34
 12. Neumann DA. 근골격계의 기능해부 및 운동학. *정담미디어*. 2004:446-7
 13. G. VP, Roussouly E, Berthonnaud, JD. Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine. *Eur Spine J*. 2002;11:80-7.
 14. Snider, RK. *Essentials of musculoskeletal care*. 한우리.

