

시상면 불균형

김기택 · 이정희

경희대학교 의과대학 동서신의학병원 정형외과학교실

Sagittal Imbalance

Ki-Tack Kim, M.D., Jung-Hee Lee, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, School of Medicine, Kung-Hee University, Seoul, Korea

– Abstract –

Sagittal spinal balance is an essential factor for not only the external appearance, but also for the spine's function. Fixed sagittal imbalance is the result of different causes, and this generally requires surgical treatment. Sagittal imbalance is mainly caused by decreased lumbar lordosis and increased thoracic kyphosis, and it can also be influenced by the pelvic incidence and flexion contracture of the hip and knee joints. So, a careful understanding and clinically considering the many factors and compensatory mechanisms that are associated with sagittal imbalance are needed. Proper surgical treatments provide a satisfactory outcome for these patients and good radiographic results. Correction of sagittal imbalance generally requires spinal osteotomy and long segment fusion. For the surgical treatment, we should consider the perioperative and postoperative complications of osteotomy and long segment fusion and then make proper decisions for the range of fusion of the proximal and distal sides and the selection of the correct method of osteotomy, the ideal correction angle and the best method of internal fixation. Problems such as loss of correction may occur postoperatively due to kyphotic change and pseudarthrosis of the proximal and distal sides. Therefore, we need to conduct a thorough analysis and make a detailed plan for the surgical approach. We should also study and understand the radiological factors when treating sagittal spinal balance because not only the spine, but also the pelvis, hip and knee joints are involved in forming the sagittal balance.

Key Words: Sagittal imbalance, Sagittal analysis, Sagittal correction

서 론

척추는 시상면, 관상면 및 축상면의 삼차원적 구조로 이루어지며 이중 시상면은 개인에 따라 다양한 형태를 지닌다¹⁾. 단순 방사선 촬영 상 척추의 관상면 및 축상면상의 정렬은 쉽게 알 수 있지만 척추의 시상면은 시상면의 정상각의 범위가 넓고, 경추, 흉추, 요추, 골반, 고관

절이 서로 유기적인 작용에 의해 유지되고, 촬영 자세와 척추 내부 및 외부의 보상 여하에 따라 다른 값을 보이기 때문에 시상면의 불균형의 정의는 매우 어렵다. 따라서 국소적인 후만증이 있다고 해서 시상면의 불균형을 초래하는 것은 아니다. 후만증이라 함은 어느 한 부위의 후만의 각도가 비정상적으로 증가되거나, 전만을 보여야 할 부위에서 전만이 비정상적으로 소실 경우를 말한다. 정상적인 시상정렬이 되어야만 외형적인 문제뿐 만

Address reprint requests to

Ki-Tack Kim, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, East-West Neo Medical Center, School of Medicine, Kyung-Hee University
149, Sangil-Dong, Gangdong-Gu, Seoul 134-727, Korea

Tel: 82-2-440-7481, Fax: 82-2-440-6148, E-mail: ktkim@khnmc.or.kr

이 아니라 기능에 있어 필수적 요소로서 최소한의 에너지로 안정된 자세를 유지할 수 있고 척추에 가해지는 하중을 효과적으로 흡수하고 척추 주위 근육의 효율을 극대화할 수 있는 안정된 자세를 취할 수 있다²⁾.

시상면 균형이란 머리와 상체, 골반이 고관절 위에 중력선을 따라 어느 위치에 놓이는가로 다양한 형태의 흉추후만과 요추전만의 크기에 따라 균형이 이루어지며 제 7경추 수선(C7 plumb line; C7PL)이 천추 전방 2~4 cm 이상에 위치하는 경우를 양적 시상면 균형(positive sagittal balance), C7PL이 천추 후방에 위치하는 경우를 음적 시상면 균형(negative sagittal balance)으로 정의 된다³⁾. 이상적인 시상면 균형은 보행 등의 자세에서 몸의 무게 중심선이 고관절 축에 위치하는 것으로 척추 주위 근육과 골반의 회전에 의해 보상된다⁴⁾. 다양한 시상면 형태는 요통과 밀접한 연관이 있으며 다양한 척추 질환의 발생에 중요한 요인으로 작용한다^{5,6)}. 시상면의 균형의 유지에는 척추뿐만 아니라 골반, 고관절 및 슬관절 등이 관여하고 있고 이러한 요소들의 방사선학적 지표에 대한 연구와 이해로 노화, 질병, 외상, 수술 후 발생한 여러 시상면의 불균형 치료에 효과적으로 적용할 수 있어야 하겠다⁷⁾.

본 론

1. 시상면 불균형의 원인

시상면의 불균형은 동적인 불균형(dynamic imbalance)과 고정형 불균형(fixed imbalance)으로 구분할 수 있는데 동적 불균형은 척추의 각 분절의 운동성을 보존한 상태에서 일시적이거나 균형상태를 유지할 수 있는 경우로서 대표적인 경우가 퇴행성 요추 후만증 경우이고 고정형인 경우는 강직성 척추염에 의해 발생한 후만 변형의 경우이다(Fig. 1).

시상면 불균형의 대표적인 용어 bygus으로 편평요추 증후군(flat back syndrome)이란 용어는 1973년 Deherdy 등이 척추 측만증 환자에서 Harrington 신연기기술을 시행한 후 요추 부위를 신연시키기 때문에 요추전만이 감소하게 되고 점차적으로 체간이 전방으로 기울어져 결국에는 시상면 불균형까지 초래하게 됨을 보고하면서 처음 사용하게 된 용어이나, 최근에는 수술적인 치료후, 의인성(iatrogenic) 시상면 불균형의 발생된 경우를 총칭하기도 한다^{8,9)}. 의인성 불균형의 대표적인 경우로 하요추부 또는 천추부까지 시행된 신연기기술에 관련한 여러 보고가 있었고, 그 외에 여러 가지 다른 수술적 요인



Fig. 1. Etiology of sagittal imbalance; lateral radiograph of a patient with Lumbar degenerative kyphosis (A), malaligned lumbar fusion (B), ankylosing spondylitis (C).

Table 1. Etiologies of flatback deformity²⁶⁾

Distraction (Harrington) instrumentation to lower lumbar spine or sacrum
Hypolordotic lumbar fusion for degenerative spondylosis
Other malaligned fusion
Pseudarthrosis with progression of deformity or loss of correction
Kyphosis at thoracolumbar junction
Decompensation of inferior or superior adjacent segments secondary to inadequate scoliosis fusion or segmental degeneration
Hip flexion contractures or extensor weakness
Ankylosing spondylitis
Lumbar degenerative kyphosis

으로도 시상면 불균형은 발생할 수 있으며(Table 1), 불량한 임상적 결과와 밀접한 연관이 있다. 수술 후 초기 단계에서는 요추전만이 감소되더라도 유합되지 않은 분절의 보상 기전으로 요추전만이 유지되거나 시일이 경과하면서 유합되지 않은 분절에 퇴행성 변화가 진행된다면 추간판 간격이 협소해지고, 전만각이 감소되면서 요추전만이 감소하여 시상면 불균형을 초래한다. 또한 시상면 불균형은 외상 및 강직성 척추염 등의 전신성 질환에 의하여 발생할 수 있다¹⁰⁾. 반면 연령이 증가하면서 흉추후만이 증가하고 요추전만이 감소하여 시상면 불균형이 초래된다¹¹⁾. 서양에서는 비교적 드물지만 요추부 다분절 추간판의 퇴행성 변화 또는 추체 골절로 전방 높이가 감소하여 요추전만이 소실되고, 요추부 신전근의 약화로 후방 신전기능이 소실되어 나타나는 퇴행성 요추 후만증은 동양에서는 가장 흔한 시상면 불균형의 원인 질환의 하나이다¹²⁾.

2. 방사선 검사

시상면 균형은 C7PL과 제 1천추 후상연의 정렬로 정의하며, 경추전만 및 요추전만과 이와 대비되는 흉추후만의 함으로 구성된다. 또한 골반 및 척추의 지표들은 상호간에 밀접한 상관관계의 양상을 보이므로¹³⁾, 시상면 균형을 분석하는데 이러한 척추 및 골반지표를 계측하는 것은 필수적이다. 기립 측면상은 36-inch-long cassette 사진으로 촬영한다. 촬영시 환자는 전방을 주시하며 주관절을 굴곡시키고 손은 편안한 상태로 주먹을 쥔 상태로 근위지관절이 쇄골 중앙에 위치시킨다¹⁴⁾. 하지 관절의 자세는 시상면 균형에 영향을 미치므로 방사선 검사에서 표준화된 하지 자세의 유지가 필요하며, 고관절과 슬관절을 최대한 신전시킨 상태에서 촬영하며 상체는 일부러 기립하려는 노력 없이 자연스럽게 촬영하는 것이 중요하다(Fig. 2). 하지 자세에 따른 시상면 변화는 특히 강직성 척추염의 시상면 교정에서 중요하며, 슬근



Fig. 2. The optimal patient position for obtaining a lateral 36" radiograph; the clavicle position fully flexes the elbows. The hands are placed in a relaxed fist, with the wrists flexed, and the PIP joints are placed into the supraclavicular fossae. There is no external support¹⁴⁾.

(hamstring muscle) 구축은 시상면 교정 후에도 지속될 수 있어 과교정의 문제가 발생할 수 있어 수술 전 방사선 검사에서 고려되어야 한다¹⁵⁾. 또한 촬영하기 전에 일정시간 동안 등 근육을 피로하게 만들어 촬영하는 것이 중요하여, 일반적으로 약 10 분 이상 보행하다가 촬영할 것을 추천한다.

3. 정상 시상 정렬(Normal spinal sagittal alignment)

정상적인 시상 정렬을 유지하기 위해서는 정상적인 시상 만곡(curvature)과 정상적인 시상면상의 균형(balance)이 필요하다. 시상 만곡은 정상적으로 경추전만, 흉추후만, 요추전만의 형태를 형성하면서 척추에 가해지는 하중과 충격을 완화하는 역할을 하며 척추 근육이 효과적으로 작용할 수 있도록 한다¹⁶⁾. 이러한 시상 만곡은 출생 당시에는 흉추부와 천추부 중심의 일차 만곡(primary curvature)이라고 불리는 후만곡의 형태를 보이다가, 성장하면서 경추부와 요추부에 전만이 발생하는데 이를 이차 만곡(secondary curvature)이라 부른다. 정상적인 시상 만곡(curvature)의 각도는 범위가 매우 커 성별에 따라, 연령에 따라, 또한 보고자에 따라 약간씩 차이가 있는데 대체로 경추부의 정상적인 전만곡은 25~50°이며, 만곡의 첨부(apex)는 제 4경추이고 이 척추체가 지면과 수평을 유지한다. 흉추부의 후만각은 제 1-2흉추를 측정하나 보통 어깨에 가려 잘 보이지 않으므로 제 4흉추 또는 제 5흉추를 측정하기도 하며 정상 범위는 20~50°이고 제 7흉추가 첨부이며 지면에 대하여 수평이다. 흉추부 만곡은 여성에서 약간 크며, 연령이 증가할수록 증가하여 노령에 가서는 약 60°에 이른다. 요추부의 정상 전만각은 제 12흉추 또는 제 1요추의 상단에서 제 1천추의 상단을 측정하며, 정상 범위는 20~80°이고 첨부는 제 3요추 혹은 제 3-4요추간 추간판이고, 전체 요추전만에 대한 각 분절 당 전만이 차지하는 비율은 제 1-2요추 5%, 제 2-3요추 10%, 제 3-4요추 18%, 제 4-5요추 28%, 제 5요추- 제 1천추 39%의 비율로 구성된다^{6,17)}. 따라서 요추부를 고정할 경우엔 전만 유지에 많은 관심이 필요하다. 균형을 이루는 시상면(balanced sagittal plane)에서는 경추, 흉추, 요추부의 만곡은 서로유기적으로 작용하기 때문에 각각의 만곡의 절대적인 정도만으로 이상 유무를 판단하기는 어렵다. 즉, 요추부에서 전만이 감소하게 되면 흉추부의 후만이 감소하게 된다. 고관절이나 골반에 이상이 없는 경우, 방사선적인 균형을 이루는 시상면에서는 요추 전만이 흉추 후만보다 10~30° 정도 크며, C7PL이 천추 후외측 모서리 1 cm 이내를 지나게 되고, 흉요추부의(T10-L2) 시상면은 0~5° 이내의 전만을 보인다^{17,18)}.

4. 골반지표(Pelvic parameters)

시상 균형에서는 척추의 만곡뿐만 아니라 골반과 고관절축의 상관관계도 충분히 고려하여야 하며 실제적인 시상 균형은 고관절축과 골반의 회전에 의해 미세하게 조절되게 된다. 따라서 정상 시상 정렬의 파악을 위

해서는 방사선학적인 시상 만곡의 측정과 같은 정적인 요소뿐 만 아니라 골반과 고관절과의 상관관계 등과 같은 역동적인 요소도 고려하여야 한다. 역동적인 요소로 선 중이(middle ear)가 항상 고관절 위에 위치하도록 하기 위해서 척추의 각 분절에서 조절이 되기도 하지만, 고관절을 중심으로 한 골반의 미세한 회전에 의해서도 이루어지기 때문에 척추-골반-고관절의 축상 균형을 중요시 한다⁴⁾. C7PL과 제 1천추의 후상연 수직선의 간의 거리뿐만 아니라, 고관절 축선과 C7PL 간의 거리인 spinopelvic balance, 또한 제 1천추-고관절간의 거리인 sacropelvic translation들이 시상 균형을 이루는 중요한 요소이다. 또한 Duval-Beaupere 등은 골반의 위치에 의해서 시상면의 균형에 중요한 영향을 미치게 된다고 주장하고, 골반의 위치는 크게 anteversion, equilibrium, retroversion으로 나눌 수 있으며 골반의 위치를 판정하는 데는 여러 가지 지표를 사용하고 있다. 일반적으로 골반의 중요한 지표를 크게 평생 변하지 않는 해부학적인 지표(anatomical parameter)와 골반의 위치에 따라 변화하는 위치 지표(positional parameters)로 나누었으며 위치 지표에는 천추경사(sacral slope)와 골반기울기(pelvic tilting), overhang을 기술하였다¹⁹⁾. 이 중 골반기울기는 Jackson 등이 기술한 천추골반각에 해당하며 overhang은 천추골반전위에 해당한다. 다만 기준점을 제 1천추 상연의 중심점을 기준으로 하였다는 것이 다르다. 해부학적인 지표는 평생 변화하지 않으며 골반의 위치에 따라서도 변화하지 않는 지표로서 크게 pelvic incidence와 thickness로 나누었으며 이를 Jackson 등⁶⁾은 pelvic incidence를 morphologic angle of sacropelvis로 thickness는 pelvic radius로 표시하였다(Fig. 3).

시상면 교정에서 골반지수의 적용에 대하여는 다양한 시도가 이루어지고 있으나 초보적인 단계로 임상적 활용이 어려운 실정이다²⁰⁾. 정상 성인에서 천추경사는 골반지수와 골반기울기 보다 강한 상관관계가 있으나²¹⁾, 시상면 불균형 환자에서는 그 차이가 없다²²⁾. 따라서 골반기울기는 골반지수에 상태적으로 영향이 적은 범위에서 유지되며 시상면 불균형 환자에서 골반의 보상 정도를 알 수 있는 중요한 지표로 활용될 수 있다²³⁾.

5. 불균형의 생역학적인 보상

(Biomechanical compensation of Imbalance)

국소적인 부위에서의 후만증이 발생하게 되면, 중력 중심선을 시상면의 중심선에 가까이 위치시키기 위하여 상하 관절에서 이를 보상하고자 신전근의 수축을 포함하여 후만 발생 부위의 상하 시상면에 변화를 초래하게 된다. 즉 고관절의 신전근이 약화되거나 고관절의 굴

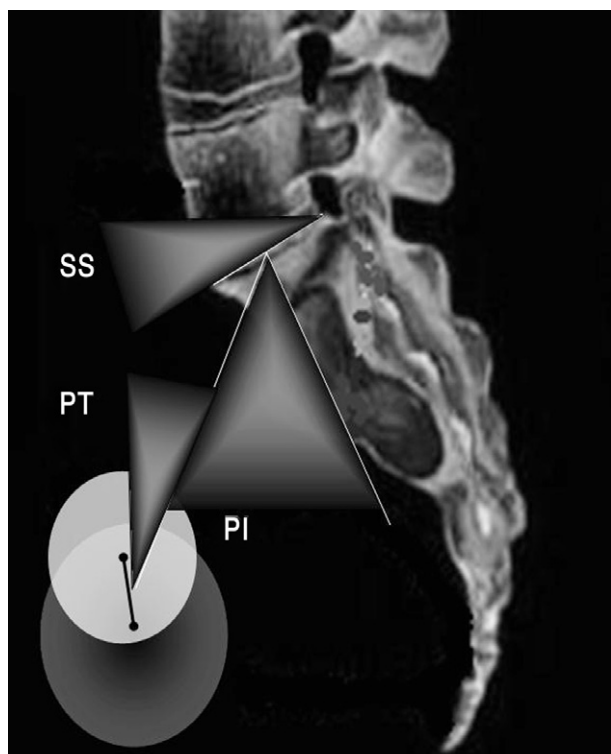


Fig. 3. The pelvic parameters. Pelvic incidence: the angle between the perpendicular to the sacral plate at its midpoint and the line connecting this point to the middle axis of the femoral heads. Sacral slope: the angle between the superior plate of S1 and a horizontal line. Pelvic tilting: the angle between the line connecting the midpoint of the sacral plate to the axis of the femoral heads, and the vertical.

곡구축이 있으면 요추의 전만이 증가하여 시상 균형이 유지되고 이런 경우에는 골반은 anteversion되어 요추 전만이 흉추부까지 확대된다. 흉추부의 후만이 증가되는 경우에도 요추 전만이 증가되면서 보상작용을 하게 되고 이런 경우 골반 자체에서는 보상작용이 일어나지 않지만 요추 자체의 전만 증가로 인해 골반은 anteversion을 이룬다. 하지만 요추전만이 소실된 경우에는 오히려 고관절을 신전 시켜서 시상 균형을 유지하기 위해 골반이 오히려 retroversion되어 요추 상부의 흉추에서 전만을 형성하게 된다. 흉요추부의 후만이 있는 경우에도 요추전만이 증가하여 보상작용을 하고 골반은 retroversion되어 요추에서의 보상작용을 돕게 된다. 또한 슬관절이 약간씩 굴곡(flexion)하게 되어 슬관절을 이완시켜 고관절의 신전을 보다 쉽게 할 수 있게 한다⁴⁾. 그러나 이러한 보상작용이 어느 정도에서 이론적으로 작용하지만 그 범위를 벗어나게 되면 상체가 앞으로 굽어지는 stooping position으로 된다. 연령이 증가하여 추간판의 퇴행성 변화로 요추전만과 천추경사가 감소하여도 시상면 불균형의 증상이 없는 경우는 요천추 이행부의 전만 감소가

나타나며 이는 골반의 보상기전으로 골반기울기가 증가하여 나타난 것으로 설명되나¹⁷⁾, 척추의 안정에 주요한 역할을 하는 척추 주위 근육의 생리적 변성으로 척추의 운동에서 능동적이며 반응적인 근수축에 의한 척추의 안정 기능이 소실되고, 퇴행성 요추 후만증 환자의 경우처럼 요추부의 신전근의 약화로 굴곡 신전력의 부조화 및 천추경사의 소실되고¹²⁾, 골반지수의 크기에 따라 시상면 불균형의 형태가 다양하게 나타날 수 있고, 골반의 보상 작용이 부족하면 상부 요추 및 흉추의 전만 증가나 고관절과 슬관절 굴곡 자세를 취하여 균형을 유지하려 하며, 골반 신전근의 수축 소실은 골반의 보상기전의 소실로 이어져 골반이 전방으로 기울어지며 역동적 시상면 불균형이 초래될 수 있다(Fig. 4)²⁴⁾. 특히 일부 요추전만이 소실된 요부 변성 후만증에서 보행 시 고관절의 보상기전조차 파괴되어 신전변형도 이루지 못하게 되어 고관절이 굴곡변형을 보이는 경우가 있는데, 이러한 현상을 sagittal spinopelvic decompensation (SSPD) over the hip joint라 설명하고 이런 경우에는 수술적 치료는 금기라 하였다²⁴⁾.

6. 수술적 치료

시상면 불균형의 수술적 교정은 절골술 및 장분절 고정술이 필요한 경우가 많으며 가동 분절에 의한 보상작용을 기대하기 힘들기에 수술후 양호한 임상결과를 얻기 위해서는 세심한 수술전 계획이 필요하다²⁵⁾. 재수술을 시행하는 경우에는 60% 이상의 합병증이 동반되며 수술후에도 시상면 불균형이 지속되는 경우가 47% 이상이므로 최선의 방법은 재수술을 예방하는 것이다²⁶⁾.

1) 교정각의 계산

수술전 다양한 방법으로 교정각을 계산하는 방법은 소개되고 있으나 수술전 교정 정도를 계획하고 수술 과정에서 활용하는 것에는 어려움이 많다²⁷⁾. 문헌상 몇가지 계산 방법이 소개되기는 하나, 수술자의 경험에 의한 교정이 되는 경우가 많다.

① chin-brow vertical angle measurement: 강직성 척추염 환자에서 경추가 강직된 경우 정확한 교정 각도를 측정하는데 유용한 방법이다²⁸⁾.

② radiograph traces and cutouts (frank estimation): 절골부위에서 필름을 잘라서 교정에 필요한 각도를 측정하는 방법으로 보편적인 방법이지만 번거로운 단점이 있다²⁹⁾.

③ tangent method: 썬기형 절골술(pedicle subtraction osteotomy; PSO)을 시행하기 전에 절골 정도를 수술전에 계산하기 위한 방법으로 PACS를 이용하여 C7PL과

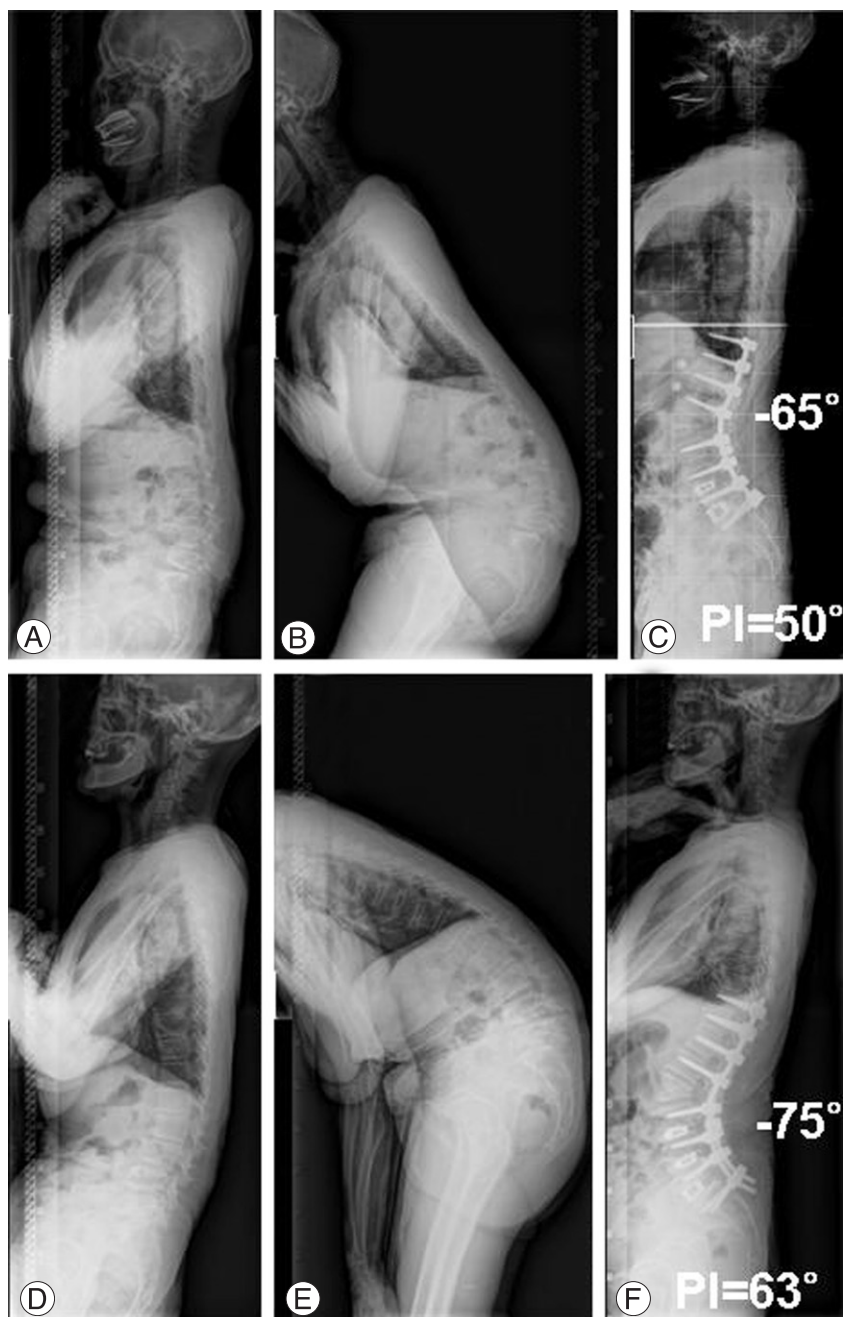


Fig. 4. Preoperative lateral (A, D) radiographs of patients with lumbar degenerative kyphosis. Note the severe sagittal imbalance on the lateral radiograph after a few minutes walking (B, E). Ideal lumbar lordosis -65° and -72° as the Legaye formula²¹⁾ with 50° and 63° of pelvic incidence. Postoperative lateral radiographs following a pedicle subtraction osteotomy at the L2 (C, F). Note the improved lumbar lordosis -65° , -75° and sagittal balance (a change in the deviation of the sagittal vertical axis to negative value) compared with those seen on the preoperative radiographs.

평행한 천추의 후상연을 기준으로 한 수선과 절골부위에서 이루는 각을 이용하여 PSO를 시행할 척추의 중심에서 교정각을 계측하는 방법이다³⁰⁾.

④ 골반지표를 이용한 방법: 골반지수는 개인마다 고

유한 값을 갖는다. 따라서 골반지수를 이용하여 개인마다 이상적인 천추경사, 요추전만을 다음과 같이 계측하여 활용할 수 있다(Fig. 4)²¹⁾.

$$\text{sacral slope} = (\text{pelvic incidence} \times 0.5481) + 12.7^{\circ}$$

$$\text{lumbar lordosis} = (\text{sacral slope} \times 1.087) + 21.61^\circ$$

또한 시상면 교정이 필요한 경우 최대 요추전만(maximal lumbar lordosis; MLL)을 계측하여 수술적 치료에 활용한 보고도 소개되고 있다³¹⁾.

$$\text{sacral slope} = 7.3 + 0.63 \times \text{pelvic incidence}$$

$$\text{MLL} = -16 - 1.06 \times \text{sacral slope}$$

이러한 분석은 흉추후만에 대한 고려가 없고 개인에 따라 같은 골반지수라도 천추경사 및 골반기울기가 다를 수 있기 때문에 공식에 의한 요추전만을 구하는 것은 한계가 있다.

다른 한편 시상면 교정을 수술후 분석하는 방법으로 흉추후만을 고려하여 아래와 같은 formula를 만족하는 경우에서 만족스러운 결과를 보고하였으나,

$$\text{pelvic incidence} + \text{lumbar lordosis} + \text{thoracic kyphosis} \leq 45^\circ$$

이는 수술후 흉추후만을 고려한 것으로 흉추후만은 수술전 시상면 불균형에 대한 보상으로 저후만 또는 전만 상태이고 수술후 시상면 교정에 따라 후만으로 자연 교정되는 특징이 있어 수술전에 formula를 이용하는 데는 한계가 있다³²⁾.

2) 수술 방법

시상면 불균형 환자의 보존적 치료의 결과는 비효율적이며 불확실하여 수술적 치료가 필요한 경우가 대부분이다³³⁾. 수술적 치료는 슬관절과 고관절을 신전한 자세로 기립할 수 있는 시상면 교정이 필요하고 견고한 전방의 지지와 확실한 전후방 골유합을 얻어야 만족스러운 임상적 결과를 얻을 수 있다³⁴⁾. 수술 방법은 전방도달법, 후방도달법, 전후방 도달법을 이용할 수 있고, 전방에서 전방 지지를 하고 후방에서 다분절 혹은 단분절 절골술을 한후 기기 삽입후 골이식을 할 수도 있고, 먼저 후방에서 교정을한후 전방에서 하요추부의 전방지지 유합술을 할 수도 있다. 경우에 따라선 수술 시간을 차이를두는 staged operation이 유리한 경우도 있다. 전방도달법은 전방 유리가 용이하며, 신경학적 결손이 있는 경우 직접 압박이 가능하고, 전방 지지가 가능한 장점이 있다^{35,36)}. 시상면 교정에서 절골술이 필요한 경우가 대부분이며 후방도달법을 이용한 수술은 다양한 절골술이 소개되면서 보편화되고 유용성이 확대되는 경향이지만, 반면 전방도달법은 최소 절개를 이용한 요추추부 전방유합 및 지지 또는 불유합 분절의 유합술에 국한되는 경향이 있다³⁴⁾.

3) 유합 범위

① 근위부 유합범위

근위부 유합범위에 따른 후만 변형은 특발성 척추 측만증 뿐만 아니라 퇴행성 요추 변형과 같은 시상면 불균

형의 수술적 치료에서도 중요성이 대두되고 있으나 시상면 교정에서 근위부 유합범위에 대하여는 논란이 되고 있다³⁷⁾. 시상면 교정후 발생하는 근위부 후만 변형의 위험 인자는 연령, 시상면 교정 정도, 수술 전후 시상면 불균형, 근위부 유합범위, 원위부 유합범위, 전방도달 및 절골술 시행 여부 등이 제기 되고 있으며, 요추부 장분절 고정후에 근위부 후만 변형의 발생은 26~43%로 수술후 시상면 불균형을 초래하고 재수술이 요구되기 때문에 이를 예방하고자 늑골 지지가 가능한 제 10흉추 또는 제 4흉추까지 유합을 연장해야 한다는 필요성이 제기되고 있다^{38,39,40,41,42,43)}.

② 원위부 유합범위

시상면 불균형의 여러 원인 중에 퇴행성 요추 변형의 경우 요추부 시상면 및 관상면 교정이 필요하고 척추경 나사 고정술과 같은 강력한 내고정 장치가 보편화되어 원위부 유합범위를 제 5요추 또는 천추까지로 결정하는 문제가 있다. 제 5요추까지 유합을 하면 원위 가동분절을 보존할 수 있고, 수술 시간 및 출혈이 적으며 불유합 등의 합병증이 적은 장점이 있으나 속발되는 제 5요추 제 1천추간 퇴행 및 시상면 불균형으로 재수술이 필요할 수 있다. 천추까지 유합을 필요로 하는 경우는 제 5요추-제 1천추간 분절에 척추 전방 전위증, 척추관 협착증, 후방 압박술이 된 경우 및 경사가 있는 경우 등이며 수술 시간 및 출혈이 증가하며, 천장관절에 퇴행 및 통증이 발생할 수 있고, 보행이 불편해지며 불유합의 발생 빈도가 증가하는 문제가 있다^{44,45,46)}. 최근에는 천추까지의 유합이 증가되고 있는 추세이나, 이 경우엔 불유합의 증가, 천추 나사못 주변의 해리등으로 이주변의 고정을 더욱 강화시키는 노력이 필요하다. 천추까지 유합을 필요로 하는 경우 “pivot point” 및 “zone” 개념으로 최하위 기기술은 장골에 고정되어 천장관절 전방까지 위치하여 “pylon” 형태가 바람직하고, 또한 제 1천추 척추경 나사에 집중되는 응력을 감소시키는 방법으로 전방 추체간 유합술, 후방 추체간 유합술, S2 screw, iliac screw, sacropelvic screw 등이 권장되고 있다(Table 2)^{47,48)}.

결 론

시상면 불균형은 노화나 질병, 외상, 수술후 발생하는 경우 등 원인이 다양하다. 대부분의 경우 수술적 치료가 필요하며, 수술적 치료는 절골술 및 장분절 고정술 등의 복잡하고 수술에 따른 합병증이 많은 문제가 있다. 이러한 문제점에도 불구하고 시상면 불균형의 적절한 수술적 교정은 만족스러운 임상적 방사선적 결과를 얻을 수

Table 2. Augmentation methods of sacropelvic fixation in a long fusion

Interbody cages (anterior or posterior approach)
Sacral sublamina devices
S1 and S2 pedicle screws
Sacral alar screws
Sacral alar and pedicle screws
Iliosacral screws
Kostuik transilial bar
Galveston iliac fixation
Iliac screw instrumentation
S2 alar-iliac (S2AI) screws
Jackson Intracanal Rod Technique

있다. 따라서 수술적 치료에서 시상면 수술 후 만족스러운 시상면 교정을 얻으려면 수술 전 철저한 분석과 계획이 필요하다. 실제로 여러가지 절골술은 시상면 교정에 우수한 효과가 있지만 질환의 특성 및 술자의 경험에 따라 적절한 선택이 요구된다. 수술 후 가관절증 및 시상면 교정 소실 등의 합병증이 발생할 수 있기 때문에 견고한 내교정, 골유합술 및 시상면 교정이 필수적이다. 또한 시상면 균형은 척추 뿐만 아니라 골반, 고관절 및 슬관절 등이 관여하고 있고 이러한 요소들에 대한 방사선학적 지표들에 대한 연구와 이해로 시상면의 불균형을 치료에 효과적으로 적용할 수 있어야 하겠다.

참고문헌

- 1) Stagnara P, De Mauroy JC, Dran G, et al.: Reciprocal angulation of vertebral bodies in a sagittal plane: approach to references for the evaluation of kyphosis and lordosis. *Spine* 1982; 7: 335-342.
- 2) Duval-Beaupere G, Schmidt C, Cosson P: A Barycentric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an economic standing position. *Ann Biomed Eng* 1992; 20: 451-462.
- 3) Bernhardt M: Normal spinal anatomy: normal sagittal plane alignment. Philadelphia, Bridwell, K.H. Dewald, R.L.: 185-191, 1997.
- 4) Jackson RP, Peterson MD, McManus AC, Hales C: Compensatory spinopelvic balance over the hip axis and better reliability in measuring lordosis to the pelvic radius on standing lateral radiographs of adult volunteers and patients. *Spine* 1998; 23: 1750-1767.
- 5) Farfan HF, Huberdeau RM, Dubow HI: Lumbar inter-vertebral disc degeneration: the influence of geometrical features on the pattern of disc degeneration--a post mortem study. *J Bone Joint Surg Am* 1972; 54: 492-510.
- 6) Jackson RP, McManus AC: Radiographic analysis of sagittal plane alignment and balance in standing volunteers and patients with low back pain matched for age, sex, and size. A prospective controlled clinical study. *Spine* 1994; 19: 1611-1618.
- 7) Glassman SD, Berven S, Bridwell K, Horton W, Dimar JR: Correlation of radiographic parameters and clinical symptoms in adult scoliosis. *Spine* 2005; 30: 682-688.
- 8) Doherty JH: Complications of Fusion in Lumbar Scoliosis. In *Proceedings of the Scoliosis Research Society*. *J Bone Joint Surg Am* 1973; 55: 438.
- 9) Kostuik JP, Maurais GR, Richardson WJ, Okajima Y: Combined single stage anterior and posterior osteotomy for correction of iatrogenic lumbar kyphosis. *Spine* 1988; 13: 257-266.
- 10) Bradford DS, Schumacher WL, Lonstein JE, Winter RB: Ankylosing spondylitis: experience in surgical management of 21 patients. *Spine* 1987; 12: 238-243.
- 11) Milne JS, Lauder IJ: Age effects in kyphosis and lordosis in adults. *Ann Hum Biol* 1974; 1: 327-337.
- 12) Takemitsu Y, Harada Y, Iwahara T, Miyamoto M, Miyatake Y: Lumbar degenerative kyphosis. Clinical, radiological and epidemiological studies. *Spine* 1988; 13: 1317-1326.
- 13) Berthounaud E, Dimnet J, Roussouly P, Labelle H: Analysis of the sagittal balance of the spine and pelvis using shape and orientation parameters. *J Spinal Disord Tech* 2005; 18: 40-47.
- 14) Horton WC, Brown CW, Bridwell KH, Glassman SD, Suk SI, Cha CW: Is there an optimal patient stance for obtaining a lateral 36" radiograph? A critical comparison of three techniques. *Spine* 2005; 30: 427-433.
- 15) Hosman AJ, Langeloo DD, de Kleuver M, Anderson PG, Veth RP, Slot GH: Analysis of the sagittal plane after surgical management for Scheuermann's disease: a view on overcorrection and the use of an anterior release. *Spine* 2002; 27: 167-175.
- 16) Tveit P, Daggfeldt K, Hetland S, Thorstensson A: Erector spinae lever arm length variations with changes in spinal curvature. *Spine* 1994; 19: 199-204.
- 17) Gelb DE, Lenke LG, Bridwell KH, Blanke K, McEnery KW: An analysis of sagittal spinal alignment in 100 asymptomatic middle and older aged volunteers. *Spine*

- 1995; 20: 1351-1358.
- 18) **Bernhardt M, Bridwell KH:** Segmental analysis of the sagittal plane alignment of the normal thoracic and lumbar spines and thoracolumbar junction. *Spine* 1989; 14: 717-721.
- 19) **Legaye J, Duval-Beaupere G, Hecquet J, Marty C:** Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J* 1998; 7: 99-103.
- 20) **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: 346-353.
- 21) **Legaye J, Duval-Beaupere G:** Sagittal plane alignment of the spine and gravity: a radiological and clinical evaluation. *Acta Orthop Belg* 2005; 71: 213-220.
- 22) **Lee CS, Chung SS, Chung KH, Kim SR:** Significance of Pelvic Incidence in the Development of Abnormal Sagittal Alignment. *J Korean Orthop Assoc* 2006; 41: 274-280.
- 23) **Lee JH, Kim KT, Suk KS, Lee SH, Kim JS:** Analysis of Pelvic Incidence in Spinal Stenosis, Spondylolisthesis, and Lumbar Degenerative Kyphosis. *The 24th Fall Congress The Korean Society of Spine Surgery* 2007.
- 24) **Lee CS, Lee CK, Kim YT, Hong YM, Yoo JH:** Dynamic sagittal imbalance of the spine in degenerative flat back: significance of pelvic tilt in surgical treatment. *Spine* 2001; 26: 2029-2035.
- 25) **Bridwell KH:** Decision making regarding Smith-Petersen vs. pedicle subtraction osteotomy vs. vertebral column resection for spinal deformity. *Spine* 2006; 31: 171-178.
- 26) **Potter BK, Lenke LG, Kuklo TR:** Prevention and management of iatrogenic flatback deformity. *J Bone Joint Surg Am* 2004; 86: 1793-1808.
- 27) **Law WA:** Osteotomy of the spine. *Clin Orthop Relat Res* 1969; 66: 70-76.
- 28) **Suk KS, Kim KT, Lee SH, Kim JM:** Significance of chin-brow vertical angle in correction of kyphotic deformity of ankylosing spondylitis patients. *Spine* 2003; 28: 2001-2005.
- 29) **Gertzbein SD, Harris MB:** Wedge osteotomy for the correction of post-traumatic kyphosis. A new technique and a report of three cases. *Spine* 1992; 17: 374-379.
- 30) **Ondra SL, Marzouk S, Koski T, Silva F, Salehi S:** Mathematical calculation of pedicle subtraction osteotomy size to allow precision correction of fixed sagittal deformity. *Spine* 2006; 31: 973-979.
- 31) **Vialle R, Levassor N, Rillardon L, Templier A, Skalli W, Guigui P:** Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects. *J Bone Joint Surg Am* 2005; 87: 260-267.
- 32) **Suk SI, Chung ER, Lee SM, Lee JH, Kim SS, Kim JH:** Posterior vertebral column resection in fixed lumbosacral deformity. *Spine* 2005; 30: 703-710.
- 33) **Farcy JP, Schwab FJ:** Management of flatback and related kyphotic decompensation syndromes. *Spine* 1997; 22: 2452-2457.
- 34) **Bridwell KH, Lewis SJ, Rinella A, Lenke LG, Baldus C, Blanke K:** Pedicle subtraction osteotomy for the treatment of fixed sagittal imbalance. *Surgical technique. J Bone Joint Surg Am* 2004; 86: 44-50.
- 35) **Kaneda K, Asano S, Hashimoto T, Satoh S, Fujiya M:** The treatment of osteoporotic-posttraumatic vertebral collapse using the Kaneda device and a bioactive ceramic vertebral prosthesis. *Spine* 1992; 17: 295-303.
- 36) **Holdsworth FW, Hardy A:** Early treatment of paraplegia from fractures of the thoraco-lumbar spine. *J Bone Joint Surg Br* 1953; 35: 540-550.
- 37) **Shufflebarger H, Suk SI, Mardjetko S:** Debate: determining the upper instrumented vertebra in the management of adult degenerative scoliosis: stopping at T10 versus L1. *Spine* 2006; 31: 185-194.
- 38) **Suk SI, Kim JH, Lee SM, Kim SS, Lee JJ:** Incidence of proximal adjacent failure in adult lumbar deformity correction. *38th Annual Scoliosis Research Society Meeting* 2003.
- 39) **Swank ML:** Adjacent segment failure above lumbosacral fusions instrumented to L1 or L2. *37th Annual Scoliosis Research Society Meeting* 2002.
- 40) **Kim YJ, Bridwell KH, Lenke LG, Kim J, Cho SK:** Proximal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis following segmental posterior spinal instrumentation and fusion: minimum 5-year follow-up. *Spine* 2005; 30: 2045-2050.
- 41) **Rhee JM, Bridwell KH, Won DS, Lenke LG, Chotigavanichaya C, Hanson DS:** Sagittal plane analysis of adolescent idiopathic scoliosis: the effect of anterior versus posterior instrumentation. *Spine* 2002; 27: 2350-2356.
- 42) **Lee GA, Betz RR, Clements DH 3rd, Huss GK:** Proximal kyphosis after posterior spinal fusion in patients with idiopathic scoliosis. *Spine* 1999; 24: 795-799.
- 43) **Kim YJ, Bridwell KH, Lenke LG, Rhim S, Cheh G:** Sagittal thoracic decompensation following long adult

- lumbar spinal instrumentation and fusion to L5 or S1: causes, prevalence, and risk factor analysis. *Spine* 2006; 31: 2359-2366.
- 44) **Kwon BK, Elgafy H, Keynan O, et al.:** *Progressive junctional kyphosis at the caudal end of lumbar instrumented fusion: etiology, predictors, and treatment. Spine* 2006; 31: 1943-1951.
- 45) **Edwards CC 2nd, Bridwell KH, Patel A, et al.:** *Thoracolumbar deformity arthrodesis to L5 in adults: the fate of the L5-S1 disc. Spine* 2003; 28: 2122-2131.
- 46) **Horton WC, Holt RT, Muldowny DS:** *Controversy. Fusion of L5-S1 in adult scoliosis. Spine* 1996; 21: 2520-2522.
- 47) **Chang TL, Sponseller PD, Kebaish KM, Fishman EK:** *Low profile pelvic fixation: anatomic parameters for sacral alar-iliac fixation versus traditional iliac fixation. Spine* 2009; 34: 436-440.
- 48) **Moshirfar A, Rand FF, Sponseller PD, et al.:** *Pelvic fixation in spine surgery. Historical overview, indications, biomechanical relevance, and current techniques. J Bone Joint Surg Am* 2005; 87: 89-106.

국문초록

척추의 시상면 균형은 외모뿐만 아니라 기능에 필수적인 요소로 다양한 원인으로 발생된 시상면 불균형은 대부분 수술적 치료가 필요하다. 시상면 불균형은 요추전만 감소 및 흉추후만 증가가 주된 원인이지만 골반지표, 고관절 및 슬관절의 관절구축도 관여한다. 따라서 시상면 불균형에 관계된 여러 요인과 보상기전에 대한 이해와 임상적 적용이 필요하다. 적절한 수술적 치료는 임상 결과 및 방사선 결과를 얻을 수 있다. 대부분 시상면 교정은 절골술과 장분절 고정술이 필요하다. 수술적 치료에서 근위부 및 원위부 유합범위의 결정, 절골술의 선택, 이상적인 교정각도, 내 고정 방법에 대한 이해와 적용으로 절골술 및 장분절 고정술 등으로 복잡하고 수술에 따른 합병증이 많은 문제를 해결해야 하며, 수술후에도 근위부 및 원위부 후만변형과 가관절증이 발생하여 교정 소실 등의 문제가 발생할 수 있으므로 수술적 접근부터 철저한 분석과 세밀한 계획이 필요하다. 또한 시상면 균형은 척추 뿐만 아니라 골반, 고관절 및 슬관절 등이 관여하고 있고 이러한 요소들에 대한 방사선학적 지표들에 대한 연구와 이해로 시상면의 불균형을 치료에 효과적으로 적용할 수 있어야 하겠다.

색인단어: 시상면 불균형, 시상면 분석, 시상면 교정

※ 통신저자 : 김 기 택

서울특별시 강동구 상일동 149

경희대학교 의과대학 동서신의학병원 정형외과

Tel: 82-2-440-7481 Fax: 82-2-440-6148 E-mail: ktkim@khnmc.or.krkr