

## Radiologic Findings of Pelvic Parameters Related to Sagittal Balance

Sang Bum Kim, M.D., Gi Soo Lee, M.D., You Gun Won, M.D., June Bum Jun, M.D.,  
Cheol Mog Hwang, M.D., Chang Hwa Hong, M.D.

J Korean Soc Spine Surg 2016 Sep;23(3):197-205.

Originally published online September 30, 2016;

<http://dx.doi.org/10.4184/jkss.2016.23.3.197>

**Korean Society of Spine Surgery**

Department of Orthopedic Surgery, Gangnam Severance Spine Hospital, Yonsei University College of Medicine,  
211 Eunju-ro, Gangnam-gu, Seoul, 06273, Korea Tel: 82-2-2019-3413 Fax: 82-2-573-5393

©Copyright 2016 Korean Society of Spine Surgery

pISSN 2093-4378 eISSN 2093-4386

The online version of this article, along with updated information and services, is  
located on the World Wide Web at:

<http://www.krspine.org/DOIx.php?id=10.4184/jkss.2016.23.3.197>

---

This is an Open Access article distributed 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.

# Radiologic Findings of Pelvic Parameters Related to Sagittal Balance

Sang Bum Kim, M.D., Gi Soo Lee, M.D., You Gun Won, M.D., June Bum Jun, M.D.,

Cheol Mog Hwang, M.D.\*, Chang Hwa Hong, M.D.<sup>†</sup>

*Department of Orthopedic Surgery, Konyang University College of Medicine, Daejeon, Korea*

*Department of Radiology, Konyang University College of Medicine, Daejeon, Korea\**

*Department of Orthopedic Surgery, Soonchunhyang University College of Medicine, Cheonan<sup>†</sup>*

**Study design:** A literature review on the radiologic findings of pelvic parameters for treatment of spinal deformity

**Objectives:** This review examines sagittal spine alignment, pelvic parameters, and methods for assessing alignment, and examines the relationships among all of these parameters to understand spinal deformity.

**Summary of Literature Review:** Understanding the main pelvic and sagittal spinal parameters and recognizing their correlation is imperative in the diagnosis and treatment of various spinal disorders.

**Materials and Methods:** Review of the literature.

**Results:** As spinal and pelvic parameters tend to have a strong correlation, it is essential to measure not only spinal parameters but also pelvic parameters in analyzing sagittal balance. Degenerative changes have the potential to greatly disrupt the normal curvature of the spine, leading to sagittal malalignment. Analysis of sagittal balance is crucial to optimizing the management of spinal diseases. Improvement in surgical outcomes may be achieved through better understanding of radiographic spino-pelvic parameters and their association with deformity.

**Conclusions:** Understanding spinal and pelvic parameters raises awareness of the relationship among alignment and balance, the soft tissue envelope, and compensatory mechanisms, which will, in turn, provide a more comprehensive understanding of the nature of spinal deformity and the modalities with which it is treated.

**Key words:** Spinal deformity, Spinopelvic alignment, Sagittal imbalance, Spino-pelvic parameters

## 서론

인간이 두발로 걷게 되면서 지적 능력, 기술, 사회적인 발전을 이루게 되었다. 직립 보행은 하지, 골반, 척추의 형태학적인 순응으로 가능하게 되었으며, 이 중 골반은 체간의 무게를 하지로 전달하고 대퇴골로 전달되는 반발력을 감수하는 회전축으로 작용한다. 골반의 변화와 함께 척추의 만곡은 주변 근육과 다른 구조물을 유지하여 안정적이고 효율적인 균형을 유지하게 된다. 하지만 직립시 균형을 유지하는 것은 모든 중력을 수직 선상에 서 유지하고 좁은 골반내에서 평형을 이루어야 하기 때문에 쉽지 않다. 따라서 척추의 시상면 균형(sagittal balance)은 체형뿐만 아니라 기능에 필수적인 요소이며, 척추 골반의 관계는 시상면 균형에 관계되어 점차 그 중요성이 부각되고 있다. 척추 골반 배열(spino-pelvic alignment)은 정상 및 척추 질환에서 효율적인 자세를 유지하는 데 중요한 역할을 한다. 시상면 불균형(sagittal imbalance)은 요추전만 감소나 흉추후만 증가가 주된 원인이지

만 골반지표, 고관절 및 슬관절의 관절구축도 관여한다. 따라서 시상면 불균형에 관계된 여러 요인과 보상기전에 대한 이해와 이에 대한 임상적 적용이 필요하다.

## 본론

시상면의 형태는 많은 인류학자들에 의해 기술되었다. Stagnara는 척추 만곡을 형태와 정도에 따라 정상, 전만, 후만 등

**Received:** May 6, 2016

**Revised:** May 13, 2016

**Accepted:** September 12, 2016

**Published Online:** September 30, 2016

**Corresponding author:** Cheol Mog Hwang, M.D.

Department of Radiology, Konyang University Hospital, 685 Gasoo-won-dong, Seo-gu, Daejeon 302-718, Korea

**TEL:** +82-42-600-9120, **FAX:** +82-42-545-2373

**E-mail:** radbass@paran.com

으로 분류하였으며, Dubousset는 골반을 척추와 하지 사이에 있는 운동 분절로 생각하여, 척추의 지지대로 여기었다. 1988년 Duval-Beaupère는 가장 중요한 해부학적 시상면 인자인 골반 지수(pelvic incidence)와 골반과 척추의 위치적인 인자(positional parameters)에 대하여 정의했다. 이런 인자들의 조화를 측정하여 요추-골반-대퇴골 복합체의 개개인의 시상 정렬(sagittal alignment)을 분석할 수 있게 되었다.

척추의 시상면은 경추 및 요추의 전만과 이와 상호 대비되는 흉추 후만의 함으로 구성된다. 시상면 균형(sagittal balance)이란 머리, 상체, 골반과 고관절의 상대적인 위치를 의미한다. 척추 및 골반의 지표들은 상호간에 밀접한 상관관계의 양상을 보이므로 시상면 균형을 분석하는데 척추 지표뿐만 아니라 골반 지표를 계측하는 것은 필수적이다.<sup>1)</sup> 골반은 시상면에서 이상적인 척추 정렬(spinal alignment)에 영향을 주는 중요한 요소이다. 척추의 정렬을 이해하기 위해서는 시상 변형(sagittal deformity)의 정도를 파악하는 것 뿐만 아니라, 위치 정렬 (postural alignment)을 평가하는데 있어 오인 요소인, 골반 보상(pelvic compensation)을 파악하는 것이 중요하다. 척추 시상 부정정렬(Spinal sagittal malalignment)은 요추의 정상적 곡선에서 요추 전만도(lumbar lordosis)의 변이뿐만 아니라 요추곡선과 골반과의 관계에 부조화가 있음을 나타낸다.<sup>1,2)</sup> 척추 골반 균형을 이루는 변수로는 골반 지수(pelvic incidence), 골반 경사(pelvic tilt), 천추 경사(sacral slope)가 포함되며, 이들을 골반 지표(pelvic parameters)라 한다.

### 시상 균형(Sagittal balance) 과 정렬(Alignment)

시상 변형(sagittal deformity)을 재정렬 할 때 “aging failure of balance”를 간과하기 쉽다. 정렬과 균형의 개념은 유사한 또는 반대의 의미도 아니다. 이 둘은 인간이 직립하는데 있어 상호작용하는 요소들이다. 시상 정렬(sagittal alignment)은 일정 시점에서 해부학적인 구조의 상대적 위치를 표현하는 형태학적인 지표이다. 시상 균형(sagittal balance)은 대뇌, 전정, 눈, 고유 수용 감각을 비롯한 수많은 요소와 관련된 동적인 특성을 말한다. 골격 구조는 수술적 치료를 통해 재정렬 될 수 있으나 노화의 균형(aged balance)을 회복시키는데는 충분하지 않을 수 있다. “균형은 운동 중의 안정성”이며 정렬은 단지 이것의 구성요소이다. 예로, 파킨슨 질환 환자에서 강직성 척추의 더 좋은 정렬 치료가 역설적이게도 균형과 안정성을 더 악화시킬 수 있다. 따라서, 균형을 정량화(quantify balance)하고 수술적 치료에 의한 만들어진 시상 정렬(sagittal alignment)이 신경감각계(nerosensorial system)와 적응하여 향상 될 수 있는 방법에 대하여 연구되어야 하겠다.<sup>3)</sup> 또한, 최근의 연구들은 시상 균형(sagittal balance)을 이해하는 것이 척추 기구 교정 수술이 요하는 요추 퇴행성 질환들을 치료하는데 있어 중요한

요소로 보고하고 있다.<sup>4)</sup>

### 방사선 측정법(Sadiologic assessment)

시상면 균형, 골반 지수를 포함한 척추 골반 지표는 서서 촬영하는 전체 척추 횡 방사선 사진상에서 쉽고 정확하게 측정할 수 있다. 기립 측면 사진은 36인치 long cassette로 촬영하고, 척추의 만곡과 균형 상태는 자세에 따라 변할 수 있기 때문에 환자는 전방을 주시하고 주관절을 굴곡시키며 손은 편안한 상태로 주먹을 쥔 상태에서 근위지 관절을 쇄골 중앙에 위치(Fists-on-clavicle position)시킨 후 촬영한다.<sup>5)</sup> 또한 하지 관절이 시상면 균형에 영향을 미치므로 슬관절과 고관절을 신전시킨 상태에서 촬영하여야 한다. 동적 시상 불균형인 경우 잠시 동안 시상 균형을 이룰 수 있기 때문에 최소 10분정도는 서있다가 촬영하는 것이 좋다.

### 골반 지수(Pelvic incidence) (Fig. 1)

골반 지수는 고관절의 축과 제 1천추 상연의 중심점을 잇



**Fig. 1.** Method of measurement of pelvic parameters on radiography. Three pelvic parameters on a lateral radiograph. The sacral slope is the angle between the horizontal line and the cranial sacral end-plate tangent. The pelvic tilt is the angle between the vertical line and the line joining the middle of the sacral plate and the center of the bicoxofemoral axis (the line between the geometric center of both femoral heads). The pelvic incidence is the angle between the line perpendicular to the middle of the cranial sacral end plate and the line joining the middle of the cranial sacral end plate to the center of the bicoxofemoral axis. Adapted from Raphael. The Journal of Bone & Joint Surgery. 2005;87-A:260-67.

는 선과 제 1천추 상연에 직각인 선이 이루는 각으로 정의되며, 이는 개인마다 독특한 모양을 보이는 형태학적 변수이다.<sup>6)</sup> 골반의 해부학적 지표인 골반 지수는 시상면 균형 조절에 깊이 관여하는데 이는 골반 형태에 따른 척추 전만 형태와도 관련이 있다. 골반 지수는 생후 4세부터 18세까지 증가하는 양상을 보이게 되는데,<sup>7)</sup> 이는 성장에 따른 적합한 시상 만곡을 유지하기 위해 골반 기울기 및 요추 전만이 증가하기 때문이다. 일반적으로 골반 지수는 성인이 된 이후에는 안정화되고 각이 결정되어 연령이 증가함에 따라 변화하지 않으며 골반의 위치에 따라서도 변화하지 않는 것으로 알려져 있다.<sup>8)</sup> 또한 골반지수(pelvic incidence)는 요추의 퇴행성 변화에 영향을 받지 않은 고유 수치(guide value)로써 환자군에서 서로 다른 값을 보인다. 요추 전만(lumbar lordosis)과 골반지수(pelvic incidence)의 상관관계는 비교적 약하지만, 골반지수가 퇴행성 변화에 영향을 받지 않은 형태학적 지표라는 점에서 이 상관관계는 매우 유효하며 특히 퇴행성 변화가 있는 환자군에서 변이를 이해하는데 많은 도움을 준다.<sup>9)</sup> 즉, 골반 지수는 골격의 성장이 끝나면 골반의 위치에 관계없이 변하지 않는 개개인의 고정 값으로 천장관절 개방으로 표시하기도 하며, 골반과 천추가 어떤 각도로 연결되어 있는가를 의미한다. 골반 지수는 정상 값은  $55^\circ \pm 10^\circ$  이나, 골반지수(Pelvic incidence)는 척추 질환 증상이 있거나 없는 사람 모두에서 약  $30^\circ$ 에서  $80^\circ$  사이의 다양한 값을 보일 수 있다.<sup>2,10)</sup> 골반 지수(pelvic incidence) 값은 임상적 결과의 예측 수치가 될 수는 없으나, 요추 전만(lumbar lordosis)과 큰 상관관계를 가지고 있다.<sup>2)</sup>

### 골반 경사(Pelvic tilt)

골반 경사는 수직선과 대퇴 골두의 중심에서 천추 상부 골단판의 중앙을 이은 선이 이루는 각도로, 정상은  $13^\circ \pm 6^\circ$  이다. 골반 지수와 달리 골반 경사와 천추 경사는 척추와 골반의 위치와 자세에 따라 그 값이 변화 한다. 높은 골반 경사(pelvic tilt)는 골반이 보다 후굴되어 있다는 의미이며, 낮은 골반 경사는 골반이 전굴되어 있다는 의미이다. 전굴된 골반은 골반에서 체간 무게의 축(척추의 중관)을 골반의 하체 무게의 축(고관절)에 더 가까이 하게 함으로써, 근육 수축으로 중립화 시켜야 할 양측 벡터의 토크(torque)를 줄임으로써 에너지 효율적이게 한다.<sup>11)</sup> 반면, 골반의 후굴은 천추의 전방이동을 보완하는 기전으로 천추 골단판을 수평화하고 척추의 기저부를 후방에 놓이게 하여, 골반의 후굴이 불완전한 시상 균형의 보완 기전으로 작용하여 에너지를 소비하게 한다.<sup>10)</sup>

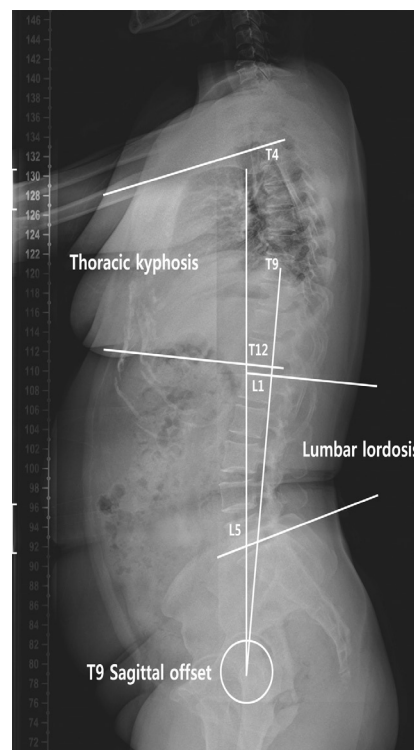
### 천추 경사(Sacral slope)

천추 경사는 천추 상부 골단판을 연결한 선과 수평선이

이루는 각도이며, 정상은  $42^\circ \pm 8.5^\circ$  이다. 수치가 낮으면 기립 천추(vertical sacrum)라 하고 수치가 높은 경우에는 수평 천추(horizontal sacrum)라고 한다. 천추 경사는 요추 전만각과 밀접한 관련이 있으며, 천추 경사가 증가하면 요추 전만각이 증가하게 된다. 천추 경사가 증가된 경우에는 요추 전만이 증가하여 체중 부하에 따른 과도한 전단력이 가해지게 되며 이러한 전단력은 요천부의 불안정, 제 5요추 협부 골절 및 전방전위를 야기할 수 있다.<sup>12)</sup> 골반지수와 천추경사는 척추 전방전위증 환자에서 높게 관찰된다.<sup>13)</sup> 시상면 균형을 이루는데 천추 골반 지표(spino-pelvic parameters)가 중요하며, 골반 경사와 천추 경사를 합하면 골반 지수가 된다( $PI=PT+SS$ ).

### 척추 지표(Spinal parameters) (Fig. 2)

척추 지표(spinal parameters)에는 요추 전만(lumbar lordosis), 흉추 후만(thoracic kyphosis) 그리고 척추-천추간 각도(spino-sacral angle)가 있다. 요추 전만(Lumbar lordosis)은 제 1



**Fig. 2.** Method of measurement of spinal parameters on radiography. Pelvic parameters on a lateral radiograph. The lumbar lordosis is the angle between the cranial end plate of L1 and the caudal end plate of L5. The thoracic kyphosis is the angle between the cranial end plate of T4 and the caudal end plate of T12. The T9 sagittal offset is the angle between the vertical plumb line and the line between the center of the vertebral body of T9 and the center of the bicoxofemoral axis. Adapted from Raphael. The Journal of Bone & Joint Surgery. 2005;87-A:260-67.



천추의 골단판과 제 1요추의 상단 골단판이 이루는 각으로 남자에서는  $41\pm 11^\circ$ , 여자에서는  $46\pm 11^\circ$ 가 정상 범위이다. 제 4-5요추와 5요추-1천추의 분절각의 합이 전체 요추 전만각의 2/3을 차지하며, 이는 골반의 위치와 각도에 의해서 영향을 받는다. 흉추 후만(Thoracic Kyphosis)은 제 4흉추의 상단 골단판과 12흉추 하단 골단판이 이루는 각으로  $40\pm 10^\circ$ 이다. 척추-천추간 각도(spino-sacral angle)는 천추의 골단판의 중심에서 제 7번 경추체 가운데를 있는 선과 천추 골단판 상연이 이루는 각을 일컫는다.<sup>14)</sup>

시상 수직축(SVA, sagittal vertical axis)는 서서 촬영한 긴 방사선 사진상 제 7경추 중앙에서 내린 수선(C7 plumb line)과 제 1천추 후상부와의 거리로 나타내며, 이 수선(C7 plumb line)이 천추 이내와 앞, 뒤 2 cm 이내를 지나는 경우를 시상면 균형, 2 cm 바깥으로 지나가면 시상면 불균형이라 한다. 이는 천추의 후상연을 기준으로 하면 앞으로 5 cm, 뒤로 2 cm 이내에 해당한다. 정상 성인의 경우 이 수선은 흉추의 앞, 요추의 뒤를 지나서 제 1천추를 통과하며, 전방으로 벗어나면 양성 불균형, 후방으로 벗

어나면 음성 불균형이라고 한다.<sup>1,2,15)</sup> 척추-천추 간 각도(spino-sacral angle)와 C7/SFD(sacro-femoral distance) 간의 비율은 골반 상위 부분 척추의 시상 균형(sagittal balance)을 평가하는데 유용하다(Table 1).

#### 임상적 평가 및 적절성 Clinical assessment and relevance

시상면 균형을 위해 척추 지표와 골반 지표의 상관 관계가 중요하다(Table 2).<sup>1,2,8,16)</sup> 이중 가장 중요한 상관 관계는 해부학적 지표인 골반지수와 위치 지표인 천추 경사이다( $r=0.86$ ). 두번째로 중요한 상관 관계는 천추 경사와 요추 전만이며( $r=0.84$ ), 요추 전만과 흉추후만은 상관 관계가 거의 없다( $r=0.36$ ). 여기에서 골반이 척추 시상면 만곡을 조절하는 형태학적 역할을 가능하게 한다. 척추와 골반은 아코디언처럼 조화를 이루게 되는데, 정상 골반 지수에서는 정상 범위의 요추 전만과 흉추 후만을 이루지만 작은 골반 지수를 가지는 경우에는 압축된 아코디언처럼 좁은 만곡을 이루며, 큰 골반 지수를 가지는 경우에는 큰 만곡을 가지게 된다<sup>17)</sup>(Fig. 3). 골반지수는 천추경사와 골반 경사의 합이며 골반

**Table 1.** Values of the parameters: differences according to gender (\*  $p<0.05$  \*\*  $p<0.01$  \*\*\*  $p<0.001$ )

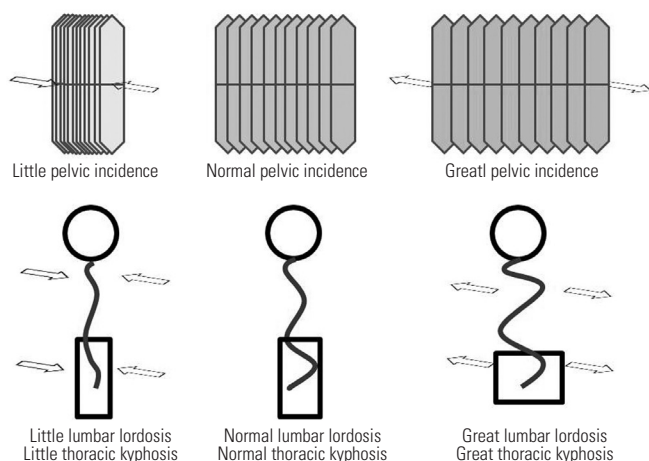
	Duval - Beaupere (1998)			Guigui (2003)		
	Women	Men	Sign.	Women	Men	Sign.
Pelvic incidence	49	58	**	57	54	*
Sacral slope	39	45	**	44	41	**
Lordosis	57	65	**	63	59	***
Kyphosis	45	46	ns	39	42	ns

Adaptad from Legaye; Biomechanics in applications.ISBN. 2011:978-53.

**Table 2.** Reported angular values expressed of the parameters and spearman's coefficients "r" for the significant relation between parameters

Parameters	Duval - Beaupere (1998)		Guigui (2003)		Vaz (2002)	
	Mean	Sd	Mean	Sd	Mean	Sd
Pelvic incidence	52	11	55	11	52	12
Sacral slope	41	9	42	9	39	9
Pelvic Tilting	11	6	13	6	12	6
Lordosis	64	11	61	13	47	11
Kyphosis	49	9	41	9	47	9
Coefficients "r"						
"PI"/"SS"	0.84		0.81		0.86	
"SS"/"L"	0.86		0.86		0.75	
"L"/"K"	0.34		0.31		0.36	

Adaptad from Legaye; Biomechanics in applications.ISBN. 2011:978-53.



**Fig. 3.** The spinopelvic accordion.

A normal pelvic incidence typically involves lumbar lordosis and thoracic kyphosis with normal values. A flat pelvis (small pelvic incidence) with small spinal curvatures is like a compressed accordion. A thick pelvis (great pelvic incidence) with large spinal curvatures is similar to a stretched accordion. Adapted from Morvan; European Spine Journal. 2011;20(5):602-8.

의 회전에 따른 골반 지수의 변화는 없으나, 천추 경사가 증가하면 골반 경사는 감소하고 천추 경사가 증가하면 골반 경사는 증가하게 된다. 골반 지수와는 달리 골반 경사와 천추 경사는 척추와 골반의 위치와 자세에 따라 그 값이 변하게 된다.<sup>18)</sup> 시상면 균형을 맞추기 위해 골반이 후방 회전되면 골반 경사는 증가하고 천추 경사는 감소한다. 또한 전반적인 시상면 균형과 요추 전만(lumbar lordosis)과도 관련이 있다. 골반지수의 증가는 척추를 변화시켜 요추 전만을 증가시키고, 시상면 불균형을 제한하고 직립(upright) 자세 유지 하기 위해 천추 경사를 증가시키거나 골반을 후방 회전(retroversion)하여 보상한다.<sup>19)</sup> 척추의 변형은 척추 자체의 이상뿐만 아니라 골반 기울기, 다리 길이 차이 등과 같은 다른 부위의 변형과도 관련되어 있기 때문에 전신 관절의 운동범위와 구축, 이완의 유무를 파악하는 것이 중요하다. 또한 만곡의 변형을 교정할 때 각도를 얼마나 많이 교정하는 것보다 중요한 것은 척추 전체의 균형을 유지하는 것이다. 관상면 불균형의 흔한 원인 중 하나는 수술 전 크기가 비슷하여 균형이 잘 맞았던 흉추 만곡과 요추 만곡의 크기를 어느 한쪽을 과도하게 교정하면서 자연적으로 교정 될 줄 알았던 다른 만곡의 크기가 교정되지 않으면서 발생한다. 이와 같이 만곡의 크기만 교정하고 전체의 균형을 고려하지 않으면 관상면과 시상면의 불균형이 발생할 수 있다. 따라서 척추 변형의 치료는 척추 및 골반, 대퇴의 관계에 대한 이해가 중요하며, 골반 및 척추의 지표들은 상호간에 밀접한 관계가 있어 척추 지표와 골반 지표를 함께 계측하여 시상면 균형을 분석해야만 정확한 척추 균형을 예측할 수 있을 것이다.

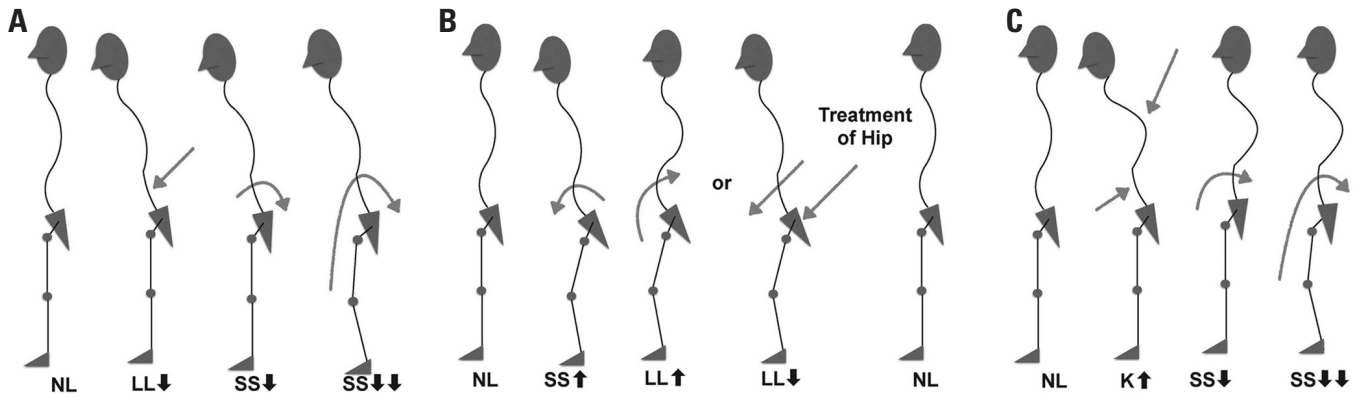
### 시상면 불균형 Sagittal imbalance

시상면 불균형(sagittal imbalance)은 요추전만 감소나 흉추 후만 증가가 주된 원인이지만 골반지표, 고관절 및 슬관절의 관절구축도 관여한다. 따라서 시상면 불균형에 관계된 여러 요인과 보상기전에 대한 이해와 이에 대한 임상적 적용이 필요하다. 척추의 퇴행성 변화는 시상면 불균형(sagittal imbalance)의 위험도와 함께 진행성의 요추 후만을 유발할 수 있는 비후성 추간관협착, 퇴행성 추간판 질환, 골의 재형성 및 신전근 위축으로 특징지어 질 수 있다.<sup>19)</sup> 유사하게 만성 요통과 요추 퇴행성 질환을 가진 환자는 시상면 균형(sagittal balance)의 변형을 보이고 전방부 시상면 불균형(anterior sagittal imbalance), 요추 전만(lumbar lordosis) 감소와 골반 경사(pelvis tilt)의 증가 소견을 보인다.<sup>9,18,20)</sup> 시상면의 전방부 불균형(anterior imbalance)을 보이는 환자들은 비록 요추 전만의 구조적 상실과 자세적 상실을 구분하기 어렵지만 주로 요추 전만(lumbar lordosis)의 소실로 부터 비롯된다. 퇴행성 진행과 관련있는 요추 전만(lordosis) 소실의 경우를 제외하고 척추 골반 지표들의 다른 변화는(예를 들어 천추 경사 감소, 흉추 후만 감소 또는 상부 요추부 전만 증가)보상기전을 보이게 된다. 요추의 퇴행성 질환의 치료를 최적화 하고 퇴행성 질환의 심각성을 간과하는 것을 피하기 위해서는 이들의 다른 기전을 알아보고 이해하는 것이 중요하다.<sup>21)</sup>

시상면 불균형은 성인과 노인에서 질환 발생의 주요한 원인이다. 수술하지 않은 성인 변형(deformity) 환자의 경우 시상면 불균형은 관상면 변형 또는 불균형보다는 통증과 장애에 더 잘 부합하였다.<sup>22)</sup> 수술 후의 시상면 균형은 성인 변형(adult deformity) 및 퇴행성 질환에서의 짧은 척추체 유합(short spinal fusion)한 경우에서 건강과 관련된 삶의 질 등과 관련되어 독립적인 수술 결과 인자로 증명되었다.<sup>23)</sup> 성인 변형의 수술적 교정은 특히 노인에서, 삶의 질과 통증과 관련된 건강을 향상시킬 수 있는 것으로 증명되었으며, 최종적인 시상면 균형은 임상적 결과의 강력한 예측인자로 입증되었으며, 반면 관상면 부정정렬은 예측인자로 부적합함을 보였다.<sup>24)</sup> 즉, 임상적인 결과의 향상은 시상면 불균형의 수술적 교정 후에 증명되었다.<sup>25)</sup>

### 보상 기전 Compensatory mechanisms

보상기전은 척추와 골반에서 나타나며 하지에서 추가적으로 관찰될 수 있다. 동일한 환자에서 이러한 기전이 모두 관찰되기는 어려우나 이것들은 대개 척추의 강직(stiffness of the spine), 근육의 상태(musculature status), 통증 현상과 불균형의 심각성 정도에 영향을 받아 나타난다. 기본적인 개념은, 비



**Fig. 4.** Types of sagittal disturbances and their evolution.

Lack of lordosis with a sacral slope value too low for the value of the pelvic incidence (**A**). Excessive sacral slope value reflecting a forward pelvic rotation (**B**). Lordosis insufficient to compensate for excessive kyphosis, with backwards pelvic rotation and a low sacral slope value (**C**). Adapted from Legaye; Biomechanics in applications. ISBN. 2011:978-53.

록 부작용이 발생할 수 있으나 후만된 척추의 인접한 분절 (adjacent segment)에 확장하여 중력 축의(axis of gravity) 전방 이동(anterior translation)이 보상작용으로 일어나는 것이다. 이 경우 대개 통증을 동반하여 체간의 전방 전위를 유발하고 해부학적 구조에 과도한 힘을 가하고 근육의 수축이 동반되어 시상면 불균형이 나타나며, 세가지 형태로 발생할 수 있다. 첫 번째는 전만의 소실로 천추 경사(Sacral Slope) 값이 골반 지수에 비해 너무 낮은 경우이며(Fig. 4A), 이것은 하부 요통에서 가장 많이 관찰되는 경우이다. 전만의 소실은 요추 질환, 대개 낮은 부위의 요추 질환(추간판 질환으로 인한 전만 또는 골절 등), 부적합한 전만의 유합의 결과, 근 위축(중증 비만, 또는 파킨슨병과 같은 근육 또는 신경학적 질환)의 결과로 인하여 일어난다. 전만의 소실에 의한 골반 반응(pelvic reaction)은 고관절이 신전되고 그 이어 무릎의 굴곡과 발목의 굴곡이 동반되면서 발생하는 후방 회전(retroversion)이다. 두 번째는 고관절의 정직된 굴곡 또는 전만증의 증가에 의해 골반의 전방 회전(anteversion)과 이에 따른 과도한 천추경사 증가이다(Fig. 4B). 이것은 고관절(그리고 슬관절)에서 골관절염 진행한 경우 대개 발생한다. 이 경우는 원인 질환에 대한 치료가 효과적이다(예, 고관절 인공치환술). 세 번째는 흉추의 과도한 후굴을 요추 전만으로 보상하기 불충분하여 골반의 후방 회전(retroversion)이 나타나고, 이어서 고관절 및 슬관절의 굴곡이 나타나는 경우이다(Fig. 4C). 이는 대개 노화로 발생하는 흉추 디스크 간격의 감소, 외성성 골다공증성 골절 또는 슈에르만 병(majors Scheuerman's diseases)에서 주로 발생한다.<sup>26)</sup>

#### 척추 Spine area

경추의 과신전은 시선의 수평 상태를 유지하기 위해 흉추

부의 과후만(thoracic hyperkyphosis)에 대한 전형적인 보상 기전으로 나타난다. 이러한 과전만(hyperlordosis)은 경추의 퇴행성 변화의 가속(예, 비후성 후관절염(hypertrophic facet joints arthritis)과 축성 목통증(axial neck pain), 소공 협착증(foraminal stenosis)과 척추 척수증(spondylitic myelopathy) 등과 관련되어 무시할 수 없는 문제를 유발한다. 흉추 후만의 감소는 중력 축의 앞쪽 운동의 제한을 일으키게 되고, 이는 젊은 환자의 유연한 척추에서 전형적으로 관찰되게 된다. Takemitsu 등<sup>27)</sup>은 요추 후만의 기전에 대하여 보고 하였다. 인접 분절의 과신전은 중력 축의 이동에서 요추 후만의 영향을 제한하는데 매우 흔한 국소 보상기전이다.<sup>21)</sup> 척추후방전위증은 후만된 척추에 바로 인접한 분절 또는 위, 아래부위에서 보통 관찰되며, 요추 5번과 천추 1번 사이 또는 상위 요추 분절(L1-L2, L2-L3)가 흔한 부위이다.<sup>21)</sup>

#### 골반 Pelvic area

골반의 유일한 보상기전은 골반 후방 경사 증가(골반 후굴)하는 것으로, 고관절 신전 시 나타나는 형태인 대퇴골두 중심으로 골반이 뒤쪽으로 회전하는 모양이다. 이러한 움직임은 고관절 신전근의 지속적인 수축을 보이게 하며, (coxo-femoral heads)에 비하여 천골이 후방에 위치하게 한다. 많은 연구에서 만성 요통과 요추 퇴행성 질환은 천골 경사(sacral slope)의 감소와 골반 경사(pelvis tilt) 증가로 특징지어진다고 보고하고 있다.<sup>9,18,28)</sup>

#### 하지 Lower limbs area

슬관절 굴곡(knee flexum)은 중증의 퇴행성 척추를 가진 환자에서 잘 알려진 보상 기전으로 보고 되고 있다. 최근에는 Obeid 등이 슬관절 굴곡(knee flexum) 각도와 전만의 감소 사

이에 강력한 상관관계를 증명하였다.<sup>29)</sup> Lafage 등<sup>30)</sup>의 연구에서는 최근에 발생한 골반 이동(pelvis translation)은 골반 회전(pelvis rotation) 만큼 중요한 지표라고 하였으며, 이는 족관절의 신전에 의해 유발된다고 하였다. 따라서, 환자의 머리에서 발끝까지 분석되어야 한다고 하였다.

## 결론

시상면 균형은 척추이외에도 골반, 고관절 및 슬관절 등이 관여하고 있고, 골반 및 척추의 지표들은 상호간에 밀접한 상관관계의 양상을 보이므로 시상면 균형을 분석하는데 척추 지표뿐만 아니라 골반 지표를 계속하는 것은 필수적이다. 이에 대한 방사선학적 지표들에 대한 연구와 이해로 시상면의 불균형을 치료에 효과적으로 적용할 수 있어야 하겠다. 이런 지표들이 정확히 검사하고 측정하여, 척추 질환의 진행과정에서 어떤 역할을 하는지와 수술 전 후의 지표들의 변화를 관찰하여 치료에 적용해야 한다.

## REFERENCES

- Legaye J, Duval-Beaupere G, Hecquet J, et al. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J*. 1998;7:99-103.
- Schwab F, Patel A, Ungar B, et al. Adult spinal deformity—postoperative standing imbalance: how much can you tolerate? An overview of key parameters in assessing alignment and planning corrective surgery. *Spine*. 2010;35:2224-31.
- Dubousset J, Challier V, Farcy J, et al. Spinal alignment versus spinal balance. *Global spinal alignment: Principles, pathologies, and procedures book*. 2014.
- Kumar M, Baklanov A, Chopin D. Correlation between sagittal plane changes and adjacent segment degeneration following lumbar spine fusion. *Eur spine J*. 2001;10:314-9.
- O'Brien M, Kuklo T, Blanke K, et al. Group SDS. Radiographic measurement manual. Medtronic Sofamor Danek, USA. 2004.
- Duval-Beaupere G, Schmidt C, Cosson P. A Barycentre-metric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an economic standing position. *Annals of biomedical engineering*. 1992;20:451-62.
- Mac-Thiong J-M, Berthonnaud É, Dimar JR, et al. Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth. *Spine*. 2004;29:1642-7.
- Vaz G, Roussouly P, Berthonnaud E, et al. Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine. *Eur spine J*. 2002;11:80-7.
- Barrey C, Jund JM, Nosedá O, et al. Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases. *Eur Spine J*. 2007;16:1459-67.
- Mac-Thiong J-M, Roussouly P, Berthonnaud É, et al. Sagittal parameters of global spinal balance: normative values from a prospective cohort of seven hundred nine Caucasian asymptomatic adults. *Spine*. 2010;35:E1193-8.
- Lamartina C, Zavatsky JM, Petrucci M, et al. Novel concepts in the evaluation and treatment of high-dysplastic spondylolisthesis. *European Spine Journal*. 2009;18:133-42.
- Rajnic P, Templier A, Skalli W, et al. The association of sagittal spinal and pelvic parameters in asymptomatic persons and patients with isthmic spondylolisthesis. *J. of spinal disorders & tech*. 2002;15:24-30.
- Labelle H, Roussouly P, Berthonnaud É, et al. Spondylolisthesis, pelvic incidence, and spinopelvic balance: a correlation study. *Spine*. 2004;29:2049-54.
- Roussouly P, Gollogly S, Nosedá O, et al. The vertical projection of the sum of the ground reactive forces of a standing patient is not the same as the C7 plumb line: a radiographic study of the sagittal alignment of 153 asymptomatic volunteers. *Spine*. 2006;31:E320-5.
- Knight R, Jackson R, Killian J, et al. White paper on sagittal plane alignment. *Scoliosis Research Society*. 2003.
- Guigui P, Levassor N, Rillardon L, et al. [Physiological value of pelvic and spinal parameters of sagittal balance: analysis of 250 healthy volunteers]. *Revue de chirurgie orthopedique et reparatrice de l'appareil moteur*. 2003;89:496-506.
- Morvan G, Mathieu P, Vuillemin V, et al. Standardized way for imaging of the sagittal spinal balance. *Eur Spine J*. 2011;20:602-8.
- 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;19:1611-8.
- Gelb DE, Lenke LG, Bridwell KH, et al. An analysis of sag-



- ittal spinal alignment in 100 asymptomatic middle and older aged volunteers. *Spine*. 1995;20:1351–8.
20. Barrey C, Jund J, Nosedà O, et al. Equilibre sagittal pelvi-rachidien et pathologies lombaires dégénératives. Etude comparative apropos de. 2004;100.
21. Barrey C, Roussouly P, Le Huec J-C, et al. Compensatory mechanisms contributing to keep the sagittal balance of the spine. *Eur Spine J*. 2013;22:834–41.
22. Mac-Thiong J-M, Transfeldt EE, Mehbood AA, et al. Can c7 plumbline and gravity line predict health related quality of life in adult scoliosis? *Spine*. 2009;34:E519–27.
23. Glassman SD, Berven S, Bridwell K, et al. Correlation of radiographic parameters and clinical symptoms in adult scoliosis. *Spine*. 2005;30:682–8.
24. Smith JS, Shaffrey CI, Glassman SD, et al. Risk-benefit assessment of surgery for adult scoliosis: an analysis based on patient age. *Spine*. 2011;36:817–24.
25. Rose PS, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Role of pelvic incidence, thoracic kyphosis, and patient factors on sagittal plane correction following pedicle subtraction osteotomy. *Spine*. 2009;34:785–91.
26. Legaye J. Analysis of the dynamic sagittal balance of the lumbo-pelvi-femoral complex. *Biomechanics in applications*. ISBN. 2011:978–53.
27. Takemitsu Y, Harada Y, Iwahara T, et al. Lumbar Degenerative Kyphosis: Clinical, Radiological and Epidemiological Studies. *Spine*. 1988;13:1317–26.
28. Koroivessis P, Dimas A, Iliopoulos P, et al. Correlative analysis of lateral vertebral radiographic variables and medical outcomes study short-form health survey: a comparative study in asymptomatic volunteers versus patients with low back pain. *J. of spinal disorders & techniques*. 2002;15:384–90.
29. Obeid I, Hauger O, Aunoble S, et al. Global analysis of sagittal spinal alignment in major deformities: correlation between lack of lumbar lordosis and flexion of the knee. *Eur Spine J*. 2011;20:681–5.
30. Lafage V, Schwab F, Skalli W, et al. Standing balance and sagittal plane spinal deformity: analysis of spinopelvic and gravity line parameters. *Spine*. 2008;33:1572–8.

## 시상면 균형과 관련된 골반지표의 방사선학적 특성

김상범 • 이기수 • 원유건 • 전준범 • 황철목\* • 홍창화†

건양대학교 의과대학 정형외과학교실, 건양대학교 의과대학 영상의학교실\*, 순천향대학교 의과대학 정형외과학교실†

**연구 계획:** 척추 변형의 치료 시 골반지표의 방사선학적 특성에 대한 고찰.

**목적:** 이 문헌은 척추의 시상 정렬, 골반 지표, 정렬을 측정하는 방법을 평가하고, 이 지표들 사이의 관계를 연구하여 척추의 변형을 이해하고자 한다.

**선행문헌의 요약:** 척추와 골반의 시상면상 주요 지표들을 파악하고 서로의 상관관계를 아는 것은 여러 가지 척추 질환의 진단과 치료에 있어서 매우 중요하다.

**대상 및 방법:** 문헌 고찰

**결과:** 골반 및 척추의 지표들은 상호간에 밀접한 상관관계의 양상을 보이므로 시상면 균형을 분석하는데 척추 지표뿐만 아니라 골반 지표를 계측하는 것은 필수적이다. 퇴행성 변화는 정상 척추의 만곡을 손상시킬 가능성이 있고, 이는 시상 부정정렬을 일으키게 된다. 시상 균형의 분석은 척추의 질환을 이해 하는데 중요한 요소이다. 또한, 수술적 치료의 결과는 방사선학적 척추-골반 지표와 이들의 변형의 관계를 이해함으로써 잘 판단 할 수 있다.

**결론:** 시상 정렬과 균형 그리고 보상기전의 관계를 인지하기 위한 척추와 골반 지표의 이해는 척추 변형의 본질과 이를 치료하는데 있어 포괄적인 개념을 제공 한다.

**색인 단어:** 척추 변형, 척추 골반 배열, 시상면 불균형, 척추-골반 지표

**약칭 제목:** 척추 변형에서 골반지표

**접수일:** 2016년 5월 6일    **수정일:** 2016년 5월 13일    **게재확정일:** 2016년 9월 12일

**교신저자:** 황철목

대전광역시 서구 가수원동 685 건양대학교병원 영상의학교실

**TEL:** 042-600-9120

**FAX:** 042-545-2373

**E-mail:** radbass@paran.com