Special Issue

J. of Advanced Spine Surgery
Volume 2, Number 1, pp 1~5

JASS

Sagittal Imbalance of the Spine
-Normal Sagittal Balance -

Kyu-Jung Cho, M.D.,
Department of Orthopedic Surgery, Inha University College of Medicine, Incheon, Korea

Spinal sagittal balance is influenced by thoracic kyphosis, lumbar lordosis, as well as the position and angle of the pelvis. The abnormal position of sagittal imbalance causes easy fatigue and pain on the back muscles, so that the body voluntarily takes action to compensate for the imbalance.

Compensatory mechanism occurs over several steps. It begins primarily in the mobile lumbar segments. When sagittal imbalance occurs due to decreased lumbar lordosis, the disc space at the mobile segments is hyperextended, allowing the C7 plumb to be restored within near normal range. As patients are older, subsequent degenerative disc changes develops at the hyperlordotic segments leading to loss of lumbar lordosis, which results in sagittal imbalance again. If the compensation in the spine is no longer able to restore the sagittal imbalance, posterior rotation of pelvis can reestablishes sagittal balance. This finding shows that the rotation of pelvis is important in the compensatory mechanisms.

Another thing to consider is that compensation gets involved in the actual lumbar lordosis. During the compensation process rotation of pelvis determines the sagittal imbalance. This is also very difficult to estimate how much the rotation of pelvis is, because the rotation is variable depending on the position.

Pelvic incidence (PI) is a suitable index to determine how much correction of lumbar lordosis requires, as this does not change depending on the position of the pelvis. Patients with high PI are able to compensate the sagittal imbalance more than them with low PI. As PI is the sum of pelvic tilt and sacral slope, PI is closely related to lumbar lordosis. Patients with high PI needs more correction of lumbar lordosis to restore sagittal imbalance than the patients with low PI.

Key Words: Sagittal balance, Imbalance, Decompensation, Compensatory mechanism, Pelvic incidence

서론

척추의 변형은 척추의 국소적인(regional) 차원에서 만곡이 어떤가를 봐야 할 뿐만 아니라 전신적인 차원(global)에서도 변형이 있는가를 동시에 확인해야 한다. 국소적인 차원은 흉추 후만각의 증가나 감소, 혹은 요추 전만각의 증가나 감소를 보는 것이고 전신적인 차원은 시상면 균형과 관상면 균형을 확인하는 것이다. 이 전신적인 차원은 척추 뿐만 아니라 골반, 하지의 고관절 슬관절의 자세에 의해서도 영향을 받는다. 그래서 우리가 척추의 균형을 이해하기 위해서는 반드시 골반과 척추의 상관관계를 이해해야 한다.

척추 만곡의 검사

척추는 3차원적 입체적인 구조이므로 관상면, 시상면, 횡단면의 세 평면상에서 형태를 분석해야 한다. 그 중 시상면에서 척추는 경추 전만, 흉추 후만, 요추 전만의 형태를 띈다. 이렇게 이중 S자 형태의 만곡은 척추에 가해지

Corresponding author: Kyu-Jung Cho, M.D.
Department of Orthopedic Surgery, Inha University Hospital
7-206, 3rd Street Shinheung-dong, Jung-gu, Incheon, 400-103, Korea
TEL: 82-32-890-3043, **FAX :** 82-32-890-3047
E-mail: chokj@inha.ac.kr

© Copyright 2012 Korean Society for the Advancement of Spine Surgery

는 하중과 충격을 분산시키는 효과가 있고, 경추 흉추 요추의 만곡이 서로 다르기 때문에 각자의 운동을 독자적으로 실행시킬 수 있다. 이러한 정상 형태에 변형이 일어나면 척추 변형이 발생한다. 각 만곡 각도의 증가 뿐만 아니라 감소도 문제가 된다. 각도의 증가에는 흉추 과후만증이 대표적이고, 각도의 감소에는 흉추 저후만증과 요추 전만각 감소가 있다. 흉추 후만각의 감소는 흉곽의 크기를 감소시켜 호흡 장애를 초래한다.

방사선 촬영은 14×36 인치의 긴 방사선 필림으로 촬영해서 척추 전장을 볼 수 있어야 한다. 자세에 따라 만곡과 균형 상태가 변하기 때문에 촬영시 자세는 일정하게 유지시켜야 한다. 고관절과 슬관절을 완전히 신전시키고, 양발은 어깨 넓이만큼 벌린다. 양팔은 주관절을 굴곡시켜 손을 쇄골 위에 위치시키는 fists-on-clavicle 자세에서 촬영한다.

시상면 만곡의 정상 범위

흉추 후만각과 요추 전만각의 정상 범위는 문헌마다 조금 다르다. 흉추 후만각은 1-3 흉추가 어깨에 가려서 잘 보이지 않기 때문에 4흉추 또는 5흉추부터 12 흉추 사이 각도를 측정한다. 일반적으로 5 흉추 상연-12흉추 하연 사이 각도를 재어 20-40도이면 정상 범위로 간주한다. 요추 전만각은 1요추 상연부터 1천추 상연까지를 재어서 40-60도가 정상 범위에 속한다.

전체 각도뿐만 아니라 단일 분절의 정상 각도 또한 중요하다. 흉요추부는 각 분절의 각도가 1-3도 정도로 거의 일직선을 이루지만, 요추 원위부로 갈수록 각도가 커져서 4-5 요추와 5요추-1천추의 분절각의 합이 전체 요추 전만각의 약 2/3을 차지한다.[1] 따라서 요추 유합술을 시행할 때 특히 하부 요추인 4-5요추-1천추의 분절각을 충분히 회복시켜야 전체 요추 전만각을 유지하는데 문제가 없다. 요추 전만각이 감소된 상태로 요추가 유합되면 편평배부 증후군이 발생하고 더 진행하면 시상면 불균형이 초래된다.[2] 시상면 불균형은 수술 후 결과에 가장 심각한 영향을 미치기 때문에 균형 상태를 유지 내지 불균형 상태를 회복시켜야 한다.[3]

시상면 균형 (spinal balance)

신체의 균형은 기립 상태에서 관상면과 시상면의 두 평면에서 평가한다. 관상면상 균형은 제 7경추의 중심에서 내린 수선(plumb line)이 천추의 중앙에서 좌, 우로 2.5cm 이내로 통과하면 정상이다. 시상면 균형은 제 7 경추의 수선이 천추 위를 지나게 되면 균형 상태이고, 천추보다 앞을 지나면 양성 시상면 균형(positive sagittal

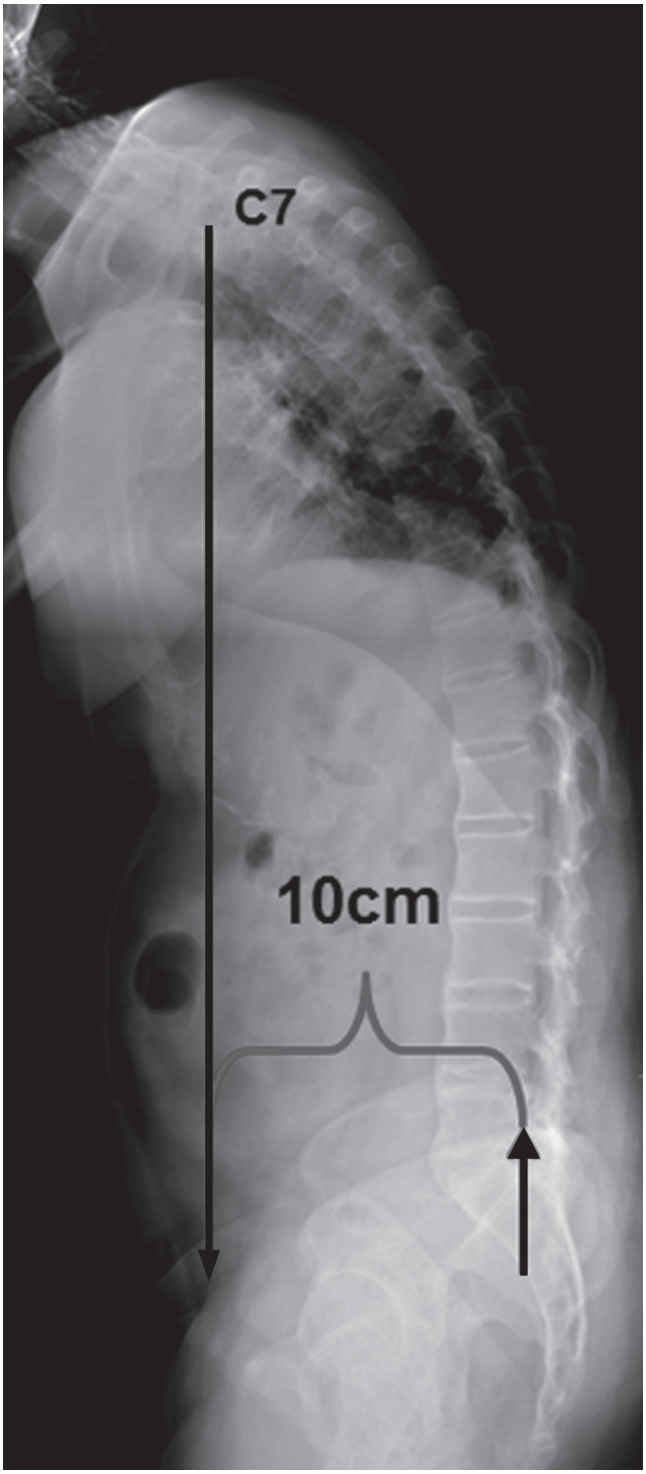


Fig. 1. 시상면 균형 측정 방법. 제 1천추의 후상방연을 기준으로 전방으로 5cm, 후방으로 2cm 이내를 균형 상태라고 정의한다.

imbalance), 뒤를 지나면 음성(negative) 시상면 균형이다. 측정의 편의를 위해 천추의 후상방 모서리를 기준으로 전방으로 5cm, 후방으로 2cm 이내를 균형 상태라고 정의한다(Fig. 1).

흉추 후만각과 요추 전만각은 상호 밀접한 상관 관계를 가지고 있다. 흉추 후만각이 증가하면 요추 전만각이 증가하고, 흉추 후만각이 감소하면 요추 전만각도 감소한다. 시상면 균형은 서로 반대되는 흉추의 후만각과 요추 전만각의 조합으로 결정된다. 이러한 조합이 깨져서 한쪽이 우세해지면 불균형 상태로 진행한다.

시상면 불균형(spinal imbalance)과 대상(compensation)

머리와 어깨, 흉곽이 골반 위에서 위치하지 못하는 불균형 상태가 되면 몸이 기울어진 자세를 유지하기 위해서 하지와 체간의 근육 사용이 많이 요구되면서 에너지 소모량이 늘고 피로도가 증가하게 되고 지속되면 통증까지 유발한다. 따라서 신체가 불균형 상태에 놓이면 우리 몸은 본능적으로 균형을 회복하려고 시도한다. 그렇게 균형을 맞추려는 동적인 과정을 대상이라고 한다. 대상실조(decompensation)는 이런 시도에도 불구하고 균형이 깨진 상태를 말하며 주로 수술 후에 불균형 상태를 언급할 때 사용된다. 균형은 기립 자세에서의 정적인 상태를 의미하고, 대상은 균형을 맞추는 동적인 과정을 의미한다.

시상면 불균형은 국소형(segmental)과 전신형(global)으로 나누기도 한다.[4] 국소형은 부분적으로 후만증이 있지만 전체적으로 척추의 시상면 균형이 유지되고 있는 형이고, 전신형은 후만증과 함께 시상면 불균형도 동반한 변형이다. 국소형 시상면 불균형은 부분적으로 발생한 변형이 다른 정상 부위에서 보상되면서 전체적인 시상면은 균형 상태를 유지할 수 있는 것이다.

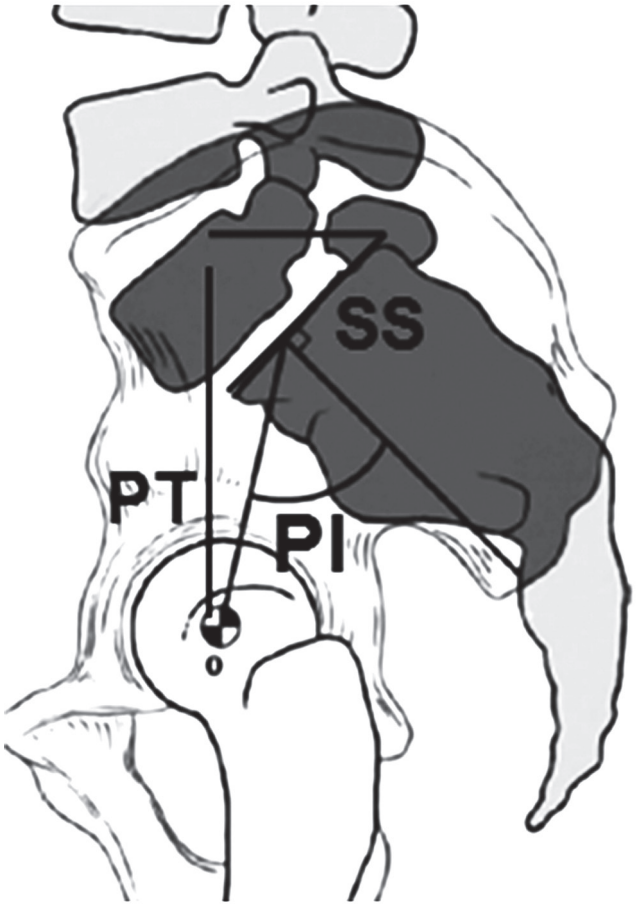


Fig. 2. 척추-골반 지표. 골반 입사각(PI)은 골반 경사(PT)와 천추 경사(SS)를 합한 값이 된다.

척추-골반 지표 (spino-pelvic parameter)

전체 시상면 균형은 척추의 만곡 뿐만 아니라 골반과 고관절, 슬관절에 자세와 각도에 따라서도 영향을 받는다. 위에서 언급한 국소형 시상면 불균형 상태는 부분적인 이상이 척추의 정상 부위에서 보상되는 상황이었는데 척추 자체내에서 이루어지던 보상 작용이 더 이상 효과가 없을 때는 골반에서 보상 작용이 일어난다. 골반이 후방 회전되면서 기울어져 있는 상체를 뒤로 가져오면서 전체 균형을 맞추는 것이다. 동시에 고관절의 신전, 슬관절의 굴곡도 이러한 보상 작용에 기여한다.[5]

그래서 척추와 골반 사이의 관계를 나타내는 지표가 필요하게 되었고 그 지표를 척추 골반 지표 라고 한다. 문헌마다 다양한 척추-골반 지표가 소개하고 있으나 현재 가장 많이 사용하고 있는 지표는 골반 입사각(pelvic incidence), 골반 경사(pelvic tilt), 천추 경사(sacral slope)이다.[6] 골반 입사각은 대퇴 골두의 중심과 천추 상연의 중앙을 이은 선과 천추 상연의 중앙에서 내린 수선이 이루는 각이다. 골반 경사는 대퇴 골두의 중심과 천추 상연의 중앙을 이은 선과 수직선이 이루는 각이다. 천추 경사는 천추 상연을 연결한 선과 수평선이 이루는 각이다. 골반 경사와 천추 경사를 합하면 골반 입사각이 된다(Fig. 2).

골반 입사각의 정상치는 52.6°±10.4, 골반 경사의 정상치는 13.0°±6.8, 천추 경사의 정상치는 39.6°±7.9 라고

알려져 있지만 인종과 개인에 따라서 변동폭이 워낙 커서 정상치 그 자체보다는 각 수치의 조합이 중요하다고 하겠다.

골반 입사각은 골반의 해부학적인 형태를 나타내고, 천추가 골반에 어느 정도 기울어져서 연결되어 있는가를 의미한다. 따라서 골반 입사각은 성장이 완료되면 거의 변하지 않는 고정값이다. 나이가 들면서 천장관절(sacroiliac joint)에서 약 2–3도 정도의 움직임이 있는 정도이다. 이에 반해 골반 경사, 천추 경사는 골반의 자세와 위치에 따라 변하는 값이다. 시상면 균형을 맞추기 위해서 골반이 후방 회전하면 골반 경사는 증가하고 천추 경사는 감소한다. 천추 경사는 요추 전만각과 밀접한 선형 관계가 있어 천추 경사가 크면 요추 전만각도 크다. 천추 경사가 큰 환자는 체중 부하 상태에서는 요천추부에 과다한 전단력이 가해지면서 척추 전방전위증의 발생 가능성이 커진다. 즉 척추 전방전위증 환자에서 골반 입사각과 천추 경사가 증가되어 있는 것을 볼 수 있다.[7]

결론

정상 시상면 균형은 척추와 골반, 고관절과 슬관절이 모두 관여해서 만들어지는 전신적인 형태로, 흉추 후만, 요추 전만, 골반 회전 등이 복잡하게 관련되면서 각각의 요소들이 조화를 이루어야 균형 상태를 유지한다. 이런 요소들은 자세와 위치에 따라 수시로 변하면서 적당한 조합을 이룬다. 그래서 흉추 후만각, 요추 전만각, 골반 입사각 등의 정상 범위는 변동의 폭이 크기 때문에 의미가 크지 않고 각 요소들간의 조화가 더 중요하다.

그런데 퇴행성 변화, 외상, 수술 등으로 인해 그 조화가 깨지게 되면 시상면 불균형 상태가 초래된다. 시상면 불균형이 요추나 흉추 부위의 일부에만 존재한다면 정상 부위에서 이를 보상해서 전신적인 불균형까지는 초래되지 않지만, 정상 부위에 퇴행성 변화가 진행되면서 이런 보상 능력이 약화되면 전신적 불균형 상태로 진행된다.

REFERENCES

1. Bernhardt M, Bridwell KH. Segmental analysis of the sagittal plane alignment of the normal thoracic and lumbar spines and thoracolumbar junction. Spine. 1989;14:717-21.
2. LaGrone MO, Bradford DS, Moe JH, et al. Treatment of symptomatic flatback after spinal fusion. J Bone Joint Surg Am. 1988;70:569–80.
3. Glassman SD, et al. The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity. Spine. 2005;30(18): 2024-9.
4. Booth KC, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Complications and predictive factors for the successful treatment of flatback deformity (fixed sagittal imbalance). Spine. 1999;24:1712–1720.
5. Cho KJ, Suk SI, Park SR, et al. Risk factors of sagittal decompensation after long posterior instrumentation and fusion for degenerative lumbar scoliosis. Spine. 2010;35(17):1595-601.
6. Legaye J, Duval-Beaupère 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.
7. Labelle H, Roussouly P, Berthonnaud E, et al. Spondylolisthesis, pelvic incidence and sagittal spino-pelvic balance: a correlation study. Spine. 2004;29(18):2049–54

척추 시상면 불균형 - 정상 시상면 정렬 -

조 규 정
인하대학교 의과대학 정형외과학교실

척추 시상면 정렬은 흉추 후만, 요추 전만 뿐만 아니라 골반, 고관절, 슬관절의 위치와 각도에 의해서도 영향을 받는다. 신체가 앞으로 기울어진 시상면 불균형 상태가 되면 기울어진 척추를 바로 잡기 위해서 척추 주위 근육을 많이 사용하게 되면서 근육의 피로도가 증가되고, 요통이 발생되기 때문에 우리 몸은 본능적으로 균형을 회복하려고 시도한다. 그렇게 균형을 맞추려는 동적인 과정을 대상 혹은 보상(compensation)이라고 하고, 대상실조(decompensation)는 이런 시도에도 불구하고 균형이 깨진 상태를 말한다.

이러한 보상 작용은 여러 단계에 걸쳐 작용하는데, 일차적으로는 적추 자체 내에서 정상 부위가비정상 부위에서 소실된 요추 전만이나 흉추 후만을 보상하게 된다. 척추 자체의 보상 작용이 퇴행성 변화 등으로 더 이상 기능하지 않게 되면 그 다음 단계는 골반에서 보상이 일어난다. 골반이 후방 회전되면서 기울어져 있는 상체를 뒤로 가져오면서 전체 균형을 맞추는 것이다. 동시에 고관절의 신전, 슬관절의 굴곡도 이러한 보상 작용에 기여한다.

골반에서 일어나는 보상 과정이 전체 시상면 균형에서 중요한 부분을 차지하고 있기 때문에 척추와 골반 사이 관계를 이해해야 한다. 척추 골반 지표(spino-pelvic parameter) 중에서 가장 많이 사용되는 지표는 골반 입사각(pelvic incidence), 골반 경사(pelvic tilt), 천추 경사(sacral slope) 이다. 골반 입사각은 성장이 완료되고 나면 거의 변하지 않는 고정값이다. 골반 경사와 천추 경사는 자세와 위치에 따라 변하는 값이다. 시상면 균형을 맞추기 위해서 골반이 후방 회전하면 골반 경사는 증가하고 천추 경사는 감소한다. 천추 경사는 요추 전만각과 밀접한 선형 관계가 있어 천추 경사가 크면 요추 전만각도 크다. 골반 입사각이 큰 환자는 시상면 불균형을 보상하기 위한 보상 기전에서 보상이 많이 일어난다. 그리고 골반 입사각이 큰 환자는 요추 전만각도 크다. 즉 시상면 불균형 환자에서 요추 전만각을 얼마나 회복시키는가를 결정하는데 있어 골반 입사각이 큰 환자에서는 작은 환자보다 요추 전만각을 많이 회복시켜야 한다.

색인단어: 시상면 균형, 불균형, 대상실조, 보상작용, 골반 입사각