

## Clinical Implications of Spino-pelvic Parameters for the Outcome of Spinal Surgery for Lumbar Degenerative Diseases

Soo-An Park, M.D., Ph.D., Joo-Heon Lee, M.D.

J Korean Soc Spine Surg 2016 Sep;23(3):188-196.

Originally published online September 30, 2016;

<http://dx.doi.org/10.4184/jkss.2016.23.3.188>

**Korean Society of Spine Surgery**

Department of Orthopedic Surgery, Gangnam Severance Spine Hospital, Yonsei University College of Medicine,  
211 Eunjuro-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.2016.23.3.188>

---

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.

# Clinical Implications of Spino-pelvic Parameters for the Outcome of Spinal Surgery for Lumbar Degenerative Diseases

Soo-An Park, M.D., Ph.D., Joo-Heon Lee, M.D.

*Department of Orthopedic Surgery, Uijeongbu St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea*

**Study Design:** A review of the literature.

**Objectives:** To discuss how to evaluate, interpret, and utilize measurements of spino-pelvic alignment before and after spinal surgery in patients with lumbar degenerative disease.

**Summary of Literature Review:** Various spino-pelvic parameters are currently utilized in the evaluation of spinal patients; however, interpretation of these parameters is not easy.

**Materials and Methods:** Each spino-pelvic parameter and factors affecting its value, and how to interpret and utilize the spino-pelvic parameters before and after spinal surgery were discussed for patients with lumbar degenerative disease with and without sagittal spinal deformity.

**Results:** Sagittal modifiers in the SRS-Schwab classification including pelvic incidence minus lumbar lordosis (PI-LL), sagittal vertical axis (SVA), and pelvic tilt (PT) are widely accepted in the evaluation of lumbar degenerative disease with sagittal deformity. Surgery for sagittal realignment is meant to restore both the SVA and PT by restoring the LL in reference to the PI. However, patients with an extremely high SVA and PT or those with a high SVA and low PT can end up with postoperative residual malalignment. In patients without deformity, PI-LL mismatch ( $> 10^\circ$ ) should be highlighted and should be actively corrected by restoring the lordosis of the pathologic segment.

**Conclusions:** Sagittal modifiers are beneficial for their simplicity and comprehensibility; however, they are insufficient for evaluating sub-regional spinal deformity. Spino-pelvic parameters can be useful for evaluating spinal patients in a clinical setting, but the measurements are greatly affected by confounding factors such as poor patient posture, unqualified testers, and manual measurement techniques.

**Key words:** Spino-pelvic parameter, Lumbar degenerative disease, Pelvic incidence minus lumbar lordosis, sagittal vertical axis, Pelvic tilt

## 서론

과거의 척추-골반 지표(spino-pelvic parameter)는 변형된 척추가 천골을 중심으로 관상면 혹은 시상면에서 한쪽으로 얼마나 치우치는지를 분석하고 양측의 균형을 맞추는 치료를 하기 위해서 사용되었다. 그에 반해 현재의 척추-골반 지표는 척추, 골반의 해부학적, 병리학적 형태학적 구조를 표현하고, 척추의 각 지역간 및 골반간의 정렬상태와 각각의 척추-골반 지역들이 고관절을 중심으로 얼마나 수직 정렬 하는지를 나타내는 지표와 척추-천골 균형상태를 표현하는 지표들이 포괄적으로 포함되어 있다. 척추-골반 지표의 쓰임 또한 척추 변형 질환뿐만 아니라 모든 척추 질환에서 치료 전후에 관찰해야 하는 척추-골반 정렬

참조치의 의미를 갖는 보다 일반적 개념의 지표로 사용되고 있다.

하지만, 이러한 척추-골반지표에는 여러 개의 유사한 지표들

**Received:** April 28, 2016

**Revised:** May 23, 2016

**Accepted:** September 12, 2016

**Published Online:** September 30, 2016

**Corresponding author:** Soo-An Park, M.D., Ph.D.

Department of Orthopedic Surgery, Uijeongbu St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea, 271, Cheonbo-ro, Uijeongbu-si, Gyeonggi-do, 11765, Korea

**TEL:** +82-31-820-3945, **FAX:** +82-31-847-3671

**E-mail:** parksa@catholic.ac.kr

이 포함되어 있고, 각각의 질환에서 각각의 지표들이 다른 조합의 형태로 나타나기 때문에 복잡하고 쉽게 이해하기 어려운 측면이 있다. 뿐만 아니라 척추-골반 지표는 일반 방사선 검사를 토대로 측정자의 계측에 의해 생성되는 지표이므로 측정자간 혹은 측정자내부 오차에 쉽게 영향을 받는 점도 임상적 해석을 어렵게 하는 원인이다.<sup>1)</sup>

그러므로 본 연구에서는 척추 변형이 있거나 없는 요추 퇴행성 질환을 분류하여 척추-골반 정렬의 관점에서 환자를 어떻게 평가하고 치료 계획을 세우고, 수술 후 결과를 평가하는지를 문헌 조사를 통하여 보고하고자 한다. 더불어, 각각의 척추-골반 지표에 대한 설명과 측정값에 영향을 주는 요소에 대한 설명을 덧붙이고자 한다.

### 시상면 척추-골반 지표

특발성 척추측만증을 분류하는데 King type이나 Lenke classification이 사용되듯이 성인척추변형을 분류하는 데는 SRS-Schwab classification이 사용되며, 여기에는 흉추부와 흉요추부의 관상면 변형을 평가하는 지표와 더불어 3개의 시상면 수정지표(sagittal modifier)가 포함되어 있다. 3개의 sagittal modifier에는 Pelvic Incidence(골반 입사각) Minus Lumbar Lordosis(요추 전만각) (PI-LL), Sagittal Vertical Axis (SVA, 시상면 수직축) 그리고 Pelvic Tilt (PT, 골반 경사각)이 포함된다.<sup>2)</sup> 이러한 척추-골반 시상면 지표들은 요추 퇴행성 질환에서 환자가 호소하는 통증 및 요추 질환으로 인해 발생하는 장애의 정도를 나타내는 지표인 Oswestry Disability Index (ODI), SRS-22, SF-36 등과 공통적으로 유의한 상관 관계를 보인다.<sup>3)</sup> PI-LL은 치료 과정을 통하여 개선 시킬 수 있는 의사가 조절할 수 있는 지표이지만, SVA 나 PT modifier는 치료 과정의 결과로 개선될 것으로 기대하지만 의사가 직접 조절 할 수 없는 지표라는 점은 차이점이라고 할 수 있을 것이다.

#### PI minus LL

PI는 성장이 완료된 시점부터는 값이 변하지 않고, 일반적으로 60도 이하를 성인의 정상 PI값으로 분류하며, 상수인 PI 크기에 따라 개인의 LL 크기가 결정되는 것으로 알려져 있다.<sup>4)</sup> SRS-Schwab 분류에서는 PI와 LL 절대값의 차이가 10도 이내인 경우를 정상 값으로 분류하였고, 10도 이상 차이가 나는 경우를 PI-LL mismatch로 분류 하였고, 그 중 20도 이상 차이가 나는 경우를 심한 mismatch로 분류하였다.<sup>2)</sup>

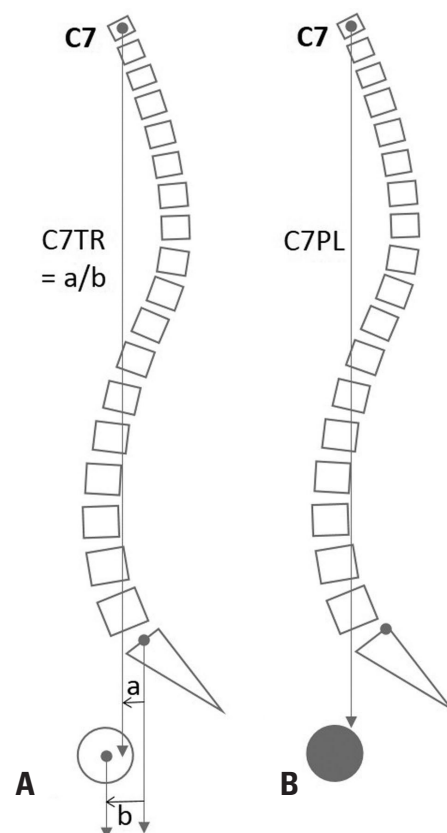
#### Sagittal Vertical Axis

SVA는 고식적인 시상면 척추 균형 평가 방법으로 기립 전척추 방사선 검사의 시상면상 C7 plumb line (C7PL)이 천추 골단

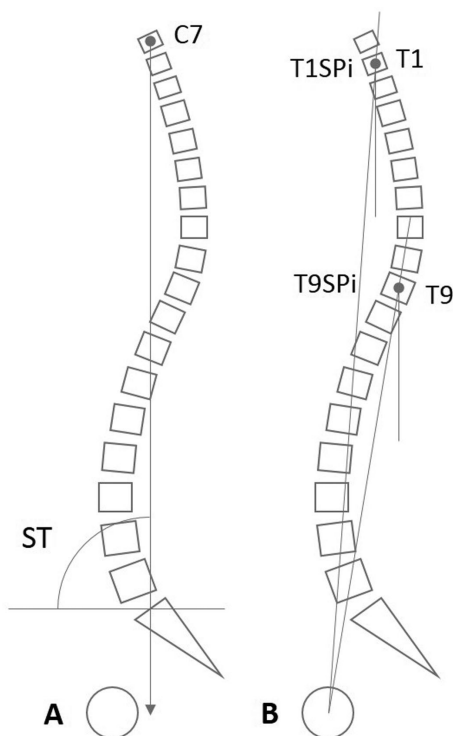
의 후방 끝점과 비교하여 수평선 상 얼마나 차이 나는지를 분석하는 mm 단위의 metric parameter이다. SRS-Schwab 분류에서는 4 cm 이상을 불균형으로 분류하였고, 9.5 cm 이상을 심한 시상면 불균형으로 분류 하였다.<sup>2)</sup>

하지만, 방사선 검사의 기계적 한계로 metric distance가 표시되지 않는 경우에는 SVA의 계측이 불가능하기도 하다. 이런 경우에는 C7PL이 고관절 중심과 천추 골단면 중심점(혹은 끝점) 사이 어디에 위치하는지를 관찰하여 시상면 척추 균형의 대략적인 지표로 사용하기도 하며, 이러한 지표로 C7 translation ratio (C7TR) (Fig. 1A)나 horizontal position of C7PL (Fig. 1B) 등이 사용되기도 한다.<sup>5)</sup> metric distance를 표시할 수 없는 일부 방사선 검사의 기계적 제한점을 고려하여 시상면 척추-골반 지표에 metric parameter를 포함시키지 말고 angular parameter만을 포함시키자는 주장도 있다. SVA를 대신할 angular parameter로는 Spinal Tilt (ST) (Fig. 2A)나 T1 (혹은 T9) spino-pelvic inclination (Fig. 2B) 같은 지표들이 사용되기도 한다.<sup>5)</sup>

SVA의 특성이면서 또 다른 제한점은 SVA가 시상면상 척추-골반 균형 상태를 나타내는 위치 지표 (positional parameter)라



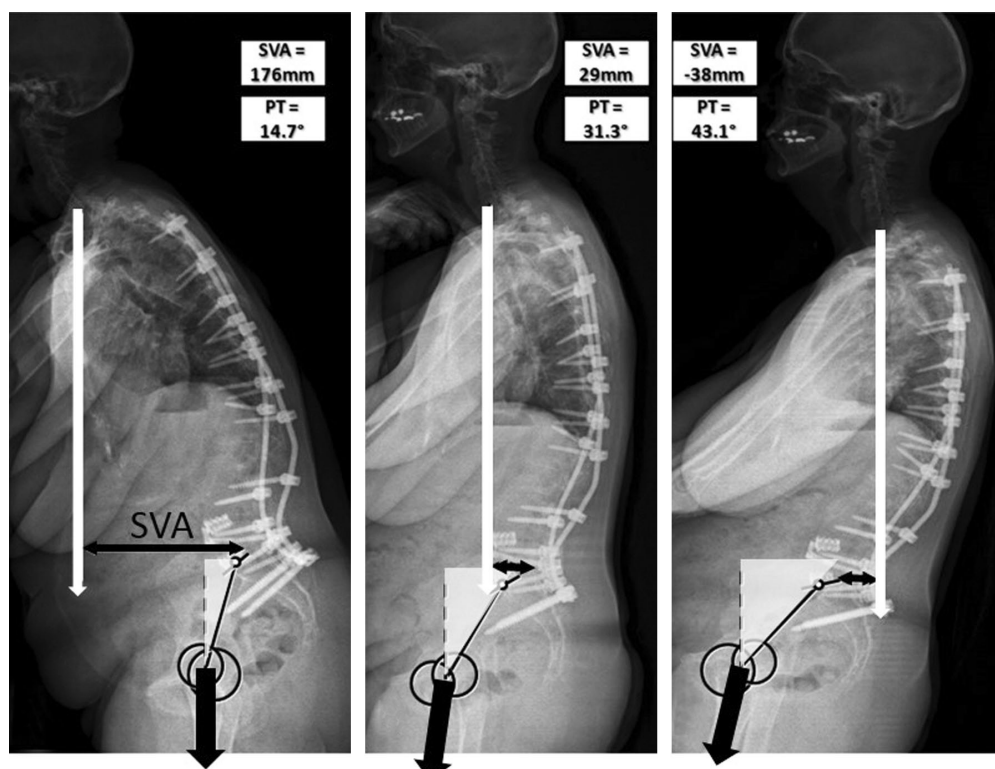
**Fig. 1.** The C7 translation ratio (A) and the horizontal position of C7PL (B) between the hip joint and the posterior end of the sacral endplate.



**Fig. 2.** The spinal tilt (ST) (A) and the T1 (T9) spino-pelvic inclination (T1SPi) (T9SPi) (B).

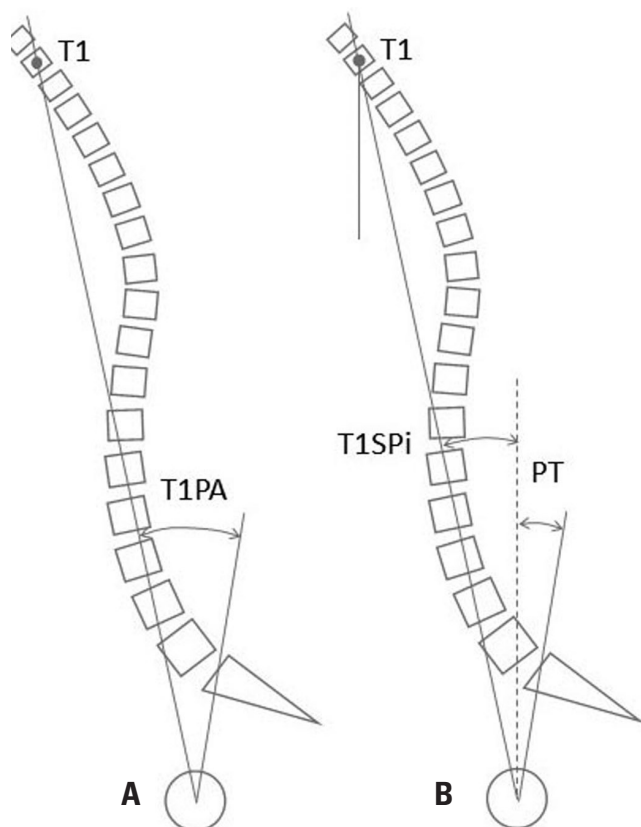
는 점이다. 즉, 하지 관절의 위치 변화를 골반과 척추 각 분절의 위치 변화로 상호 보상하여 시상면상 신체 균형 (whole body balance)을 유지하게 되고, 이때 관찰되는 전척추 균형 상태 (balance status of whole spine)를 SVA라고 할 수 있다. 하지만, 척추 분절 운동이 소실된 환자의 경우 하지 관절 자세에 따라 발생하는 골반 위치 변화를 척추에서 보상하지 못하기 때문에 이때의 SVA는 극단적으로 하지 관절이나 골반 위치에 영향을 받고 척추 자체의 변형 정도나 균형 상태를 제대로 표현하지 못하는 문제가 있다(Fig. 3).<sup>6)</sup>

이러한 이유로 Protosaltis등<sup>6)</sup>은 환자의 시상면 척추-골반 불균형을 평가하는 지표로 환자의 자세에 영향을 받는 위치 지표 대신 환자의 자세에 영향을 덜 받는 형태학적 지표 (morphologic parameter)인 T1 Pelvic Angle (T1PA)을 사용할 것을 제안하였다. T1PA는 환자의 시상면 자세에 영향을 덜 받으면서도 환자의 척추 기능적 측면과 더불어 기존의 척추-골반 시상면 지표인 SVA, PT, PI-LL과 유의한 상관 관계를 보이는 것으로 알려져 있어, SVA 측정이 불가능한 방사선 검사체계에서나 혹은 척추 장분절이 유합된 경우에 SVA를 대체하여 시상면 전척추 균형 상태를 평가할 수 있는 지표로 사용되고 있다. T1PA는 T1 spino-pelvic inclination과 PT의 합이며, 20도 이상인 경우를



**Fig. 3.** The sagittal vertical axis can be greatly affected by a forward bending (A), neutral standing (B), or backward bending (C) body posture compensating for the posture of the lower extremity joints in patients with long spinal fusion, because the compensation mechanism of the spinal segments has been lost by long segment fusion.<sup>6)</sup>





**Fig. 4.** The T1 pelvic angle (T1PA) (A) is the morphologic parameter for global spinal deformity that equals T1SPi + PT (B).

시상면 척추 변형으로 분류하고 있다(Fig. 4).

#### Pelvic Tilt

세번째 sagittal modifier인 PT는 나이가 들면서 값이 커지는 것으로 알려져 있다. PI는 상수이므로 PT가 증가한다는 의미는 나이가 들면서 pelvic retroversion 정도가 심해짐을 의미 할 것이다.<sup>7)</sup> SRS-Schwab 분류에서는 성인에서 20도 이하인 경우를 정상 범위로, 30도 이상인 경우를 심한 pelvic retroversion으로 분류하고 있다. 하지만, PI 값이 큰 사람은 PT 값도 역학적으로 커져야 하기 때문에 PT의 정상 범위는 PI 크기에 따라 달라져야 한다는 주장이 설득력 있는 설명이다.

정상 성인 자료를 근거로  $PT = 0.37 \times PI - 7$ 이라는 회귀분석을 이용한 수식을 제시한 연구도 존재한다.<sup>8)</sup> 예를 들어서 PI가 80도인 환자와 40도인 환자를 비교하면, 80도인 환자의 정상 PT 범위는 23도 이내이고 40도인 환자는 8도 이내로 계산되므로 SRS-Schwab 분류에서 제시한 20도 이상의 PT 범위는 PI가 꽤 큰 환자에게도 적용할 수 있는 일반적인 한계치로 기억할 만 하다.

#### 척추 변형을 동반한 요추 퇴행성 질환에서 시상면 척추-골반 지표의 해석

##### 3 sagittal modifier의 활용

시상면 척추 변형을 동반한 요추 퇴행성 질환에서 수술로 획득해야 할 LL의 목표치에 대해서 기존의 수술 결과를 토대로 한 여러가지 방법들이 제시되어 있다. PI 정도에 따라 LL의 목표치를 정해야 한다는 주장과 PI와 함께 흉추 후만곡(Thoracic Kyphosis, TK)을 고려해서 LL를 정해야 한다는 주장으로 크게 대별할 수 있다.

PI만 고려해서 LL의 목표치를 정하면 된다는 주장으로 Gill등<sup>9)</sup>은  $LL = -(32.56 + PI \times 0.54)$ 라는 수식을 제시했고, Legaye등<sup>10)</sup>은  $LL = -(PI + 10)$  이라는 수식을 제시하였다. PI와 함께 TK를 고려해서 LL의 목표치를 정해야 한다는 주장으로는  $PI + TK + LL < 40$ <sup>11)</sup> 과 더불어 나이를 고려해서  $TK = (PI/r) - LL$ 를 이용하여 계산하되 60세 이하는  $r = -2.57$ , 60세 이상은  $r = 5.45$ 을 적용할 것<sup>12)</sup>을 제안한 연구가 있었다.

이상과 같은 방법으로 LL만 혹은 TK까지 적절히 교정한 환자의 수술 후 시상면 균형 상태를 평가한 연구<sup>13)</sup>에 따르면 적절히 교정한 환자들이 수술 후에도 PT와 SVA 두가지 지표 모두 개선되었고 LL와 혹은 LL와 함께 TK가 적절히 교정되지 않은 환자에서는 수술 후 PT와 SVA의 적절한 재정렬(re-alignment)이 되지 않았음이 확인되었다. 하지만, 문제는 LL가 혹은 LL와 TK가 적절히 교정 되었음에도 불구하고 PT와 SVA의 회복에 따른 수술 후 시상면 재정렬이 일어나지 않은 환자들이 존재한다는 점이 었다.

수술 후 시상면 재정렬을 목표로 한 수술 환자를 대상으로 수술 전후 3가지 SRS-Schwab sagittal modifier의 변화를 분석한 다기관 연구<sup>3)</sup>에 의하면 PI-LL은 술 전 평균 11도에서 술 후 평균 2도로 약 10도 개선되었고, SVA는 술 전 평균 51 mm에서 18 mm로 약 33 mm 개선 되었지만, PT는 술 전 22도에서 술 후 평균 20도로 약 2도 정도 개선되었다. 이러한 결과는 시상면 재정렬을 위한 수술시 PT의 술 후 변화는 PI-LL이나 SVA와 비교해서 매우 미미하고 2도 정도의 변화는 오차 범위 이내이기 때문에 비록 PT의 수술 후 변화가 통계적으로 유의하였다고 하지만 이러한 결과를 근거로 수술 후 PT 회복이 일어났다고 할 수 있을 것인지 단언하기 어려운 결과이다. 즉, 시상면 재정렬 수술시 다른 시상면 척추-골반 지표와 비교하여 PT는 회복시키기 어려운 혹은 뚜렷한 회복이 잘 일어나지 않는 지표라고 할 수 있다.

술 전 PI-LL의 정도와 더불어 SVA와 PT의 정도를 고려하여 LL의 교정 정도를 정해야 한다는 주장도 있다. 예를 들어서 SVA와 PT가 모두 큰 값을 보인다면 SVA와 더불어 PT의 회복을 위해서는 pedicle subtraction osteotomy (PSO) 같은 교정력이 큰 수술이 필요한데, 교정력이 큰 수술을 적용하더라도 PT가 과하

게 큰 환자는 수술 후 residual sagittal deformity 가 발생할 수 있는 것으로 알려져 있다. 즉, SVA와 PT 모두 심하게 큰 경우는 수술 후 시상면 재정렬을 기대하기 어려운 위험 인자라고 할 것이다.<sup>14)</sup>

Ferrero 등<sup>15)</sup>은 성인척추변형 환자를 대상으로 시상면 재정렬을 목적으로 PSO 같은 3-column osteotomy를 시행한 환자를 분석하여 수술 전 PI에 비해 PT값이 상대적으로 매우 적은(< 25<sup>th</sup> percentile) 환자들은 수술 전 PI-LL은 크지 않았지만 SVA는 오히려 컸고, 수술 후 약 1/3 환자에서 PT가 5도 이상 오히려 증가하였고 SVA가 개선되기는 했지만 수술 전 PT값이 높은 환자보다 적은 정도였다는 점을 보고하였다.

이상과 같은 과거의 연구를 토대로 시상면 척추 불균형이 동반된 성인척추변형 환자의 수술 전 SVA와 PT를 고려할 때, SVA와 PT가 모두 과도하게 큰 환자와 SVA는 크지만 PT는 크지 않은 환자들은 시상면 재정렬을 목표로 하는 수술을 하더라도 수술 후 부정 정렬이 발생할 가능성이 높다. 그러므로, 수술 후 재정렬이 기대되어 수술 대상에 포함시킬 만한 환자는 PT는 크지만 SVA는 크지 않은 환자, SVA와 PT가 크기는 하지만 PT가 너무 크거나 너무 작지 않은 환자로 제한해야 할 것이다.

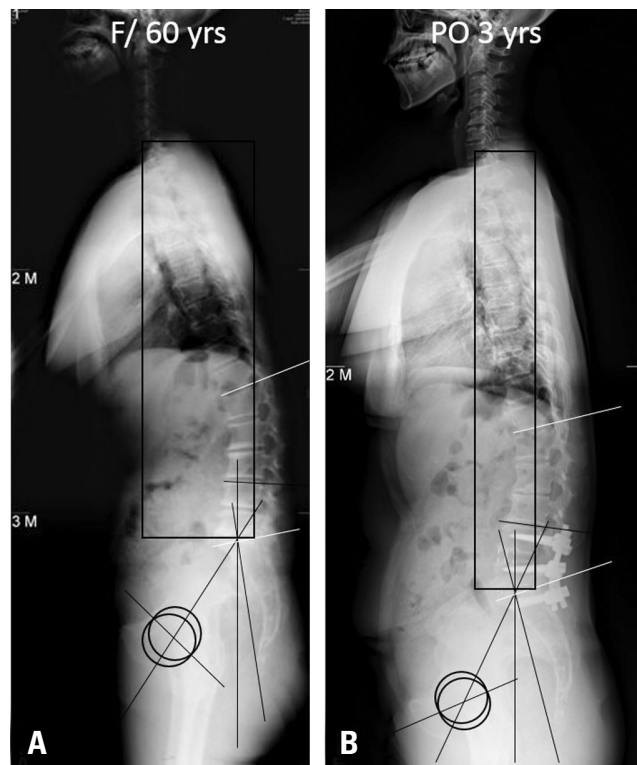
### 3 sagittal modifier의 제한점

SRS-Schwab 분류에서는 성인척추변형의 시상면 정렬을 3개의 대표적인 지표로만 나타내기 때문에 분류가 단순하여 해석하거나 활용하기 쉬운 장점이 있는 반면, 다양한 척추 세부 지역의 변형을 적절히 표현하지 못하는 단점이 있다. Lamartina 등<sup>16)</sup>은 시상면 척추 변형을 척추 세부 지역에 따라 경추 후만, 흉추 후만, 흉요추 후만, 요추 후만, 하요추 후만, 전척추 후만(global kyphosis) 및 골반 후만(pelvic kyphosis)으로 분류하였고, 척추 변형을 세분화 하기 위한 지표로 SRS-Schwab의 3 sagittal modifier 외에 C2-C7 SVA, TK, thoracolumbar lordosis (T11-L2), lower lumbar lordosis (L4-S1)를 계측할 것을 제안하였다.

시상면 척추 불균형을 교정하기 위해서 수술 후 재정렬을 목적으로 PSO를 시행한 환자 분석에서 PSO에 의해 LL, TK, TLK, SVA, PT가 개선되었고 골 절제 정도에 따라 그리고 보다 원위부에서 PSO를 시행한 경우 PT를 더 큰 정도로 개선시킬 수 있다는 점이 보고되기도 하였다.<sup>17)</sup>

더불어 요부변성후만증에서 하요추 후만증을 교정하는 것만으로도 척추-골반 지표가 개선되었다는 연구도 있었고,<sup>18)</sup> 이는 본 저자의 증례에서도 확인된 바 있다 (Fig. 5).

그러므로 성인척추변형에 의한 시상면 척추 불균형을 평가함에 있어서 SRS-Schwab 분류에 의한 거시적인 분석과 더불어 Lamartina 등<sup>16)</sup>이 제시한 대로 척추 변형을 세분화하고 척추



**Fig. 5.** Most of the spino-pelvic parameters improved following selective fusion of the lower lumbar region in patients with lumbar degenerative kyphosis. From preoperative (**A**) to postoperative (**B**) views: PI-LL: 51° to 33°, SVA: 78 to 35, PT: 33 to 25, lower LL (L4-S1): -9 to -26.

불균형을 유발하는 일차적인 척추 변형을 선택적으로 교정하는 방법도 전척추의 고착된 변형(fixed deformity of the whole spine)이 아닌 경우라면 척추 세부 지역 변형의 교정(selective fusion for sub-regional spinal deformity)에 따른 보상 변형(compensatory deformity)의 자연 교정(spontaneous correction)을 기대할 수 있는 방법이 될 수도 있을 것이다.

### 척추 변형 없는 요추 퇴행성 질환에서 시상면 척추-골반 지표의 해석

요통이 없는 정상 성인과 요통 환자를 일반 방사선 검사로 비교하면, 요통 환자에서 LL가 더 작고 PT는 크고 Sacral Slope (SS, 천골 경사각)은 더 작은 후만형 요추와 수직형 천골(vertical sacrum)을 보이는 것으로 알려져 있다. 요추 퇴행성 질환 환자 중 퇴행성 척추전방전위증 환자는 추간판 탈출증이나 디스크 내장증 환자에 비해 PI, SVA, PT가 크고 LL, SS은 작은 것으로 알려져 있다.<sup>19)</sup>

척추전방전위증의 경우에 10도 이상의 PI-LL mismatch 현상이 자주 관찰되고 이런 환자는 시간이 경과하면서 성인척추 변형으로 발전할 가능성이 그렇지 않은 환자와 비교하여 약 10

배 더 높고 수술을 통해서 LL가 제대로 교정되지 않을 경우 postoperative fixed sagittal imbalance를 유발할 수 있다는 연구도 있다.<sup>4)</sup>

협부형 척추전방전위증의 치료를 결정하기 위한 Spinal Deformity Study Group (SDSG) 제안에 따르면 대상 환자를 이용한 회귀분석에서 얻은  $SS=0.844835 \times PT+25.021$ 의 수식에서 SS에 비해 PT가 상대적으로 더 큰 쪽에 포함되는 환자는 pelvic retroversion으로 분류하여 이 환자들에 대해서는 slip grade, PI, SVA 정도에 상관 없이 전위 분절을 최대한 정복(reduction) 하고 재정렬 시킬 수 있도록 수술 할 것을 권고하고 있다(Fig. 6).<sup>20)</sup>

협부형처럼 심한 척추 전위를 유발하지는 않지만 퇴행성 전위증인 경우에도 척추-골반 지표 중 SS, PT, LL가 개선된 경우에 즉, SS이 더 커지고, PT가 더 작아지고, LL가 더 크게 개선된 환자에서 수술 후 통증에 대한 VAS score가 더욱 크게 개선되었다는 연구가 있다.<sup>21)</sup> 이 연구에 의하면 환자의 척추-골반 지표와 유의한 상관 관계를 보이는 추체간 지표는 slip angle(전위 분절의 전만각)이기 때문에 수술의 방향은 slip angle을 개선시키는 쪽으로 시행되어야 하고 그렇게 하기 위해서는 큰 크기의 lordotic cage를 사용하고 척추경 나사의 고정은 최대한 후방 압박을 가할 수 있도록 하여 수술 후 전위 분절에 충분한 전만각을 회복시키도록 해야 한다는 것이다(Fig. 7).

요추부 척추관 협착증 환자에 대하여 유합하지 않고 후궁절제술로 감압만 시행한 환자와 보존적 치료로 수술하지 않은 환자 두 군(술 전 방사선 지표, 나이와 성별이 유사한)을 수술 후 시점에 따라 비교한 연구에 의하면 술 후 2년까지 보존적 치료만 받은 환자에 비해 수술 받은 환자에서 수술 후 SVA와 LL가 개선된 후 유지되었다고 한다. 다만, 감압술 만으로는 수술 후 PT 변화는 관찰되지 않았다고 한다.<sup>22)</sup>

이상과 같은 연구들은 척추 변형이 발생하지 않은 요추 퇴행성 질환에서도, 특히 퇴행성 척추전방전위증에서 PI-LL mismatch가 존재한다면 적극적으로 치료해야 하고, 수술 후 시상면 재정렬, 특히 PT의 회복을 기대하기 위해서는 병소 분절의 전만각을 회복시키는 술식이 필요 하다는 사실을 설명하고 있다.

### 척추-골반 지표에 영향을 미치는 기술적 인자

기립 방사선 검사의 자세

시상면 척추-골반 지표의 측정은 기립 전척추 방사선 검사를 토대로 하기 때문에, 방사선 사진 촬영시 환자가 어떤 자세를 취하는지에 따라서 측정 지표의 변화를 보이게 된다. 일반적으로 환자 스스로 전방을 주시한 상태에서 가장 자연스럽게 편하게 서는 자세를 취하게 하고 신체 어느 부분에도 힘을 주지 않도록

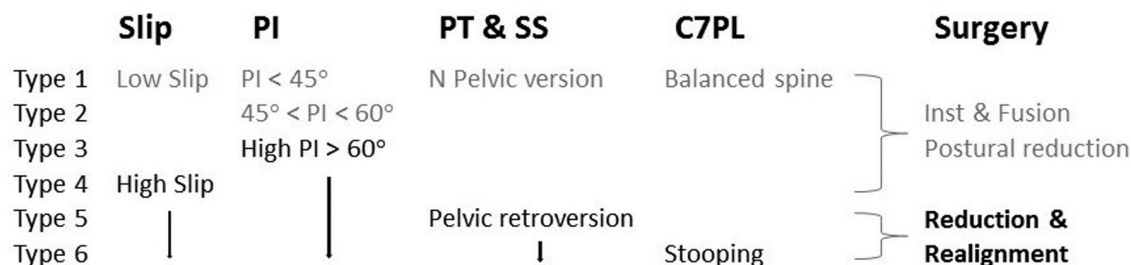


Fig. 6. Treatment strategy for patients with isthmic spondylolisthesis proposed by the Spinal Deformity Study Group (SDSG).<sup>20)</sup>

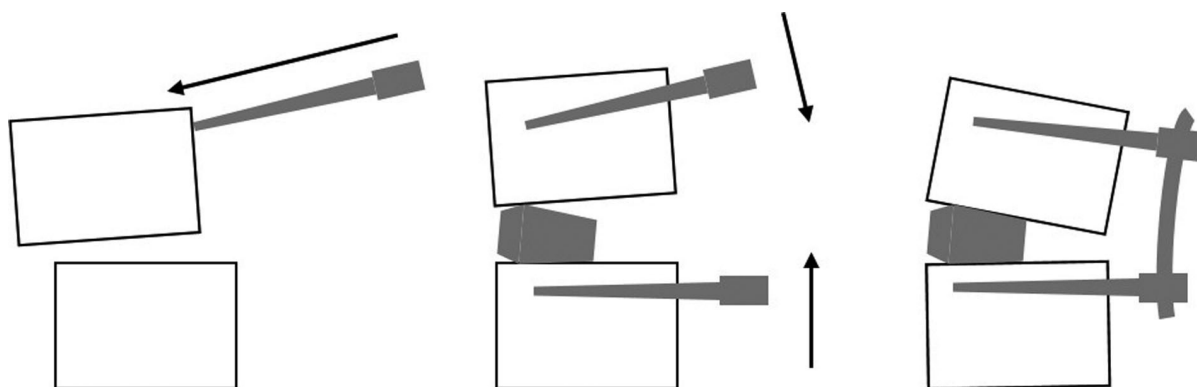


Fig. 7. Strategy to correct the slip angle of pathology, which may improve the outcomes of PT restoration.<sup>21)</sup>



해야 한다. 견관절은 30도 정도 전방 굴곡 되도록 하여 측면 방사선 사진상 상완부가 흉추를 가리지 않도록 해야 하는데, 이때 양 손을 동 측의 쇄골이나 안면부에 놓기 보다는 견관절 굴곡을 유지하도록 하는 위치에 뭔가를 잡고 서도록 하는 것이 양 손을 양 옆에 둘 때의 척추 굴곡과 가장 근접하도록 하는 자세이다.<sup>23)</sup>

하지 관절에 문제가 있어 하지 관절을 충분히 신전할 수 없는 경우에는 골반 및 척추가 이를 보상하기 위한 자세 변화를 하게 되고 이러한 상태가 전신체 균형을 유지하기 위한 가장 편한 기립 자세라면 이 때 환자가 나타내는 전척추 균형 상태는 전하지 관절을 신전한 개체와는 차이가 있을 것으로 짐작할 수 있다. 그러므로, 기립 전척추 방사선 사진 촬영시 하지 관절의 변화를 관찰하기 위해서 전신체 방사선 검사가 보다 합당하다고 하겠지만 기계적 한계로 그렇게 하지 못할 경우에는 최소한 대퇴골의 일부가 충분히 포함되도록 해야 할 것이다.

#### 측정의 정확성에 영향을 미치는 요소

측면 방사선 검사의 방향이 얼마나 정 측면에서 시행되었는가는 문제, 즉 측면 사진상 척추-골반이 단면상 회전될 경우 측정치의 오차가 얼마나 커지는 지에 대하여, 인공 신체 모델의 회전각을 달리하여 시행한 방사선 검사에 의하면 회전각이 30도를 넘어설 경우 측정자간 및 측정자내부 신뢰도가 유의하게 감소하는 것으로 알려져 있다.<sup>24)</sup>

Dimar 등이<sup>1)</sup> 시행한 기존의 전척추 방사선 필름상에서 수작업으로 측정한 측정자간 측정치의 일치도 기준 신뢰도는 매우 낮았고( $ICC=0.02-0.64$ ), 측정자내부 신뢰도는 그보다는 나은 정도였다( $ICC=0.4-0.93$ ). 하지만, 기존의 방법대로 척추 골단을 그려서 측정하는 대신 일정한 해부학적 지표점을 수작업으로 표시하고 컴퓨터 프로그램을 통해서 고관절의 중심이나 골단면을 예측하도록 하는 방법을 사용하면 측정자간 그리고 측정자내부 신뢰도는 매우 높아진다( $0.92-0.99$ ). 필름을 이용한 수작업과 컴퓨터 프로그램을 이용한 측정 방법간의 신뢰도( $0.4-0.93$ )를 참조하면 수작업이 얼마나 정확성이 떨어지는 지를 짐작할 수 있다. 하지만, 컴퓨터 프로그램을 이용하더라도 한 개체에서도 시점에 따라 검사가 달라지든지, 예를 들어서 수술 전후의 검사라든지 혹은 다른 개체에 대한 동일 검사를 시행할 경우 동일한 해부학적 지점에 항상 일관되게 표시할 수는 없다는 점(해부학적 지표에 표시하는 행위는 수작업으로 이루어 지기 때문에)이 컴퓨터 프로그램을 이용하는 측정법의 한계일 것이다.

일반적으로 Cobb technique을 이용한 척추 분절각 측정은 5도 정도의 측정자내부 오차 범위를 갖고, 측정자간 오차는 10도 정도로 알려져 있다. 그러므로, 한 개체에 대한 검사간 변화는 5도 이내일 경우 오차 범위 이내이므로 진정한 변화라고 할 수 없을 것이다.

## 결론

SRS-Schwab classification에는 3개의 시상면 수정지표(sagittal modifier)가 포함되며, 여기에는 PI-LL, SVA 그리고 PT가 포함된다. 이중 PI-LL은 치료 과정을 통하여 의사가 직접 개선시킬 수 있는 지표이지만, SVA나 PT modifier는 치료 과정의 결과로 개선될 것으로 기대하지만 의사가 직접 조절 할 수 없는 지표라는 차이가 있다.

시상면 척추 불균형이 동반된 성인척추변형 환자의 술 전 SVA와 PT를 고려 할 때, SVA와 PT가 모두 과도하게 큰 환자와 SVA는 크지만 PT는 크지 않은 환자들은 시상면 재정렬을 목표로 하는 수술을 하더라도 술 후 부정 정렬이 발생할 가능성이 높은 것으로 알려져 있다.

척추 변형이 발생하지 않은 요추 퇴행성 질환에서도, 특히 퇴행성 척추전방전위증에서 PI-LL mismatch가 존재한다면 적극적으로 치료해야 보다 효과적인 임상 증상의 개선을 기대할 수 있고, 수술 후 시상면 재정렬, 특히 PT의 회복을 위해서는 병소 분절의 전만각을 회복시키는 술식이 필요한 것으로 알려져 있다.

기립 전척추 방사선 검사를 시행할 때에는 환자가 편하게 누끼도록 서게 하고 견관절을 30도 정도 굴곡시키고 양손이 전방의 물체에 지지되도록 하는 방법이 기립시 가장 자연스러운 시상면 척추 만곡을 유지하고 검사간 일정한 정도의 척추 만곡을 유지시키는 방법이고 이때 대퇴부가 충분히 노출되어야 하지 관절의 영향을 평가 할 수 있다. 하지만, Cobb technique을 이용한 척추 분절각 측정은 일반적으로 5도 정도의 오차 범위를 갖는다는 점을 기억해야 할 것이다.

## REFERENCES

1. Dimar JR 2nd, Carreon LY, Labelle H, et al. Intra- and inter-observer reliability of determining radiographic sagittal parameters of the spine and pelvis using a manual and a computer-assisted methods. *Eur Spine J*. 2008;17:1373-9.
2. Schwab F, Ungar B, Blondel B, et al. Scoliosis Research Society-Schwab adult spinal deformity classification: a validation study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012;37:1077-82.
3. Smith JS, Klineberg E, Schwab F, et al. Change in classification grade by the SRS-Schwab Adult Spinal Deformity Classification predicts impact on health-related quality of life measures: prospective analysis of operative and nonoperative treatment. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38:1663-71.
4. Rothenfluh DA, Mueller DA, Rothenfluh E, et al. Pelvic



- incidence–lumbar lordosis mismatch predisposes to adjacent segment disease after lumbar spinal fusion. *Eur Spine J*. 2015;24:1251–8.
5. Mac-Thiong JM, Roussouly P, Berthonnaud E, et al. Sagittal parameters of global spinal balance: normative values from a prospective cohort of seven hundred nine Caucasian asymptomatic adults. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35:E1193–8.
  6. Protopsaltis T, Schwab F, Bronsard N, et al. The T1 pelvic angle, a novel radiographic measure of global sagittal deformity, accounts for both spinal inclination and pelvic tilt and correlates with health-related quality of life. *J Bone Joint Surg Am*. 2014;96:1631–40.
  7. Lafage V, Schwab F, Patel A, et al. Pelvic tilt and truncal inclination: two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34:E599–606.
  8. Diebo BG, Henry J, Lafage V, et al. Sagittal deformities of the spine: factors influencing the outcomes and complications. *Eur Spine J*. 2015;24(Suppl):3–15.
  9. Gill JB, Levin A, Burd T, et al. Corrective osteotomies in spine surgery. *J Bone Joint Surg Am*. 2008;90:2509–20.
  10. Legaye J, Duval-Beaupere G. Sagittal plane alignment of the spine and gravity: a radiological and clinical evaluation. *Acta Orthop Belg*. 2005;71:213–20.
  11. 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 (Phila Pa 1976)*. 2009;34:785–91.
  12. Glassman SD, Bridwell K, Dimar JR, et al. The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30:2024–9.
  13. Berjano P, Langella F, Ismael MF, et al. Successful correction of sagittal imbalance can be calculated on the basis of pelvic incidence and age. *Eur Spine J*. 2014;23(Suppl):587–96.
  14. Bess S, Schwab F, Lafage V, et al. Classifications for adult spinal deformity and use of the Scoliosis Research Society–Schwab Adult Spinal Deformity Classification. *Neurosurg Clin N Am*. 2013;24:185–93.
  15. Ferrero E, Vira S, Ames CP, et al. Analysis of an unexplored group of sagittal deformity patients: low pelvic tilt despite positive sagittal malalignment. *Eur Spine J*. 2015 May 31. [Epub ahead of print]
  16. Lamartina C, Berjano P. Classification of sagittal imbalance based on spinal alignment and compensatory mechanisms. *Eur Spine J*. 2014;23:1177–89.
  17. Lafage V, Schwab F, Vira S, et al. Does vertebral level of pedicle subtraction osteotomy correlate with degree of spinopelvic parameter correction? *J Neurosurg Spine*. 2011;14:184–91.
  18. Jang J-S, Lee S-H, Min J-H, et al. Changes in sagittal alignment after restoration of lower lumbar lordosis in patients with degenerative flat back syndrome. *J Neurosurg Spine*. 2007;7:387–92.
  19. Barrey C, Jund J, Perrin G, et al. Spinopelvic alignment of patients with degenerative spondylolisthesis. *Neurosurgery*. 2007;61:981–6.
  20. Labelle H, Mac-Thiong JM, Roussouly P. Spino-pelvic sagittal balance of spondylolisthesis: a review and classification. *Eur Spine J*. 2011;20(Suppl 5):641–6.
  21. Kong LD, Zhang YZ, Wang F, et al. Radiographic Restoration of Sagittal Spinopelvic Alignment After Posterior Lumbar Interbody Fusion in Degenerative Spondylolisthesis. *Clin Spine Surg*. 2016;29:E87–92.
  22. Jeon CH, Lee HD, Lee YS, et al. Change in sagittal profiles after decompressive laminectomy in patients with lumbar spinal canal stenosis: a 2-year preliminary report. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2015;40:E279–85.
  23. Marks M, Stanford C, Newton P. Which lateral radiographic positioning technique provides the most reliable and functional representation of a patient's sagittal balance? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34:949–54.
  24. Tyrakowski M, Wojtera-Tyrakowska D, Siemionow K. Influence of pelvic rotation on pelvic incidence, pelvic tilt, and sacral slope. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2014;39:E1276–83.

## 퇴행성 요추 질환의 수술 후 척추-골반 지표의 임상적 의미

박수안 · 이주현

가톨릭대학교 의과대학 의정부성모병원 정형외과학교실

### 연구 계획: 증설

**목적:** 시상면 척추 변형이 동반되었거나 동반되지 않은 요추 퇴행성 질환 환자를 대상으로 척추-골반 정렬 관점에서 어떻게 환자를 분석하고 그 결과를 해석하여 임상에 적용할 지에 대하여 논의하고자 한다.

**선행문헌의 요약:** 다양한 척추-골반 지표들이 척추 환자의 분석에 사용되고 있지만, 여러 임상 증례에서 각각 다르게 나타나기도 하고, 몇가지 교란 요인들에 의해서 측정값이 영향을 받는 등의 이유로, 척추-골반 지표는 해석하기 어려운 문제가 있다.

**대상 및 방법:** 각각의 척추-골반 지표와 측정값에 영향을 미치는 요인들에 대하여 설명하였다. 요추 퇴행성 질환 환자중 척추 변형이 있는 경우와 없는 경우에 어떻게 측정된 지표를 해석하고 치료에 활용할지에 대하여 설명하였다. 각각의 주제에 대하여 문헌 고찰과 저자의 경험을 토대로 작성하였다.

**결과:** SRS-Schwab 분류에서 사용되는 3개의 시상면 수정지표인 골반 입사각-요추 전만각(PI-LL), 시상면 수직축(SVA), 골반 경사각(PT)이 시상면 척추 변형을 동반한 요추 퇴행성 질환을 평가하는 대표적 지표로 사용되고 있다. 시상면 재정렬 수술은 PI를 참고하여 LL를 교정함으로써 수술 후 SVA와 PT가 회복되도록 하는 것이지만, SVA와 PT가 과도하게 큰 환자나 SVA는 크지만 PT가 PI에 비해 상대적으로 매우 작은 환자들은 재정렬을 목표로 수술 하더라도 수술 후 부정 정렬이 남을 수 있기 때문에 주의를 요한다. 척추 변형이 없는 요추 퇴행성 질환의 수술에서도 10도 이상의 PI-LL mismatch가 존재한다면 병소 분절의 전만각이 증가하도록 교정하는 것이 술 후 임상증상을 보다 효율적으로 개선시키는 방법이다.

**결론:** SRS-Schwab 분류에서 사용하는 3개의 시상면 수정지표는 간단하고 이해하기 쉬운 면은 장점이지만 척추 세부 지역의 변형을 평가할 수 없는 단점이 있다. 더불어 척추-골반 지표는 임상에서 사용함에 있어 유용하지만, 환자의 자세, 관찰자, 측정 방법 등에 따라 오차 범위가 커지는 점을 기억해야 한다.

**색인 단어:** 척추-골반 지표, 요추 퇴행성 질환, 골반 입사각-요추 전만각, 시상면 수직축, 골반 경사각

**약칭 제목:** 술 후 척추-골반 지표의 임상적 의미

접수일: 2016년 4월 28일

수정일: 2016년 5월 23일

게재확정일: 2016년 9월 12일

교신저자: 박수안

경기도 의정부시 천보로 271 가톨릭대학교 의과대학 의정부성모병원 정형외과학교실

TEL: 031-820-3945

FAX: 031-847-3671

E-mail: parksa@catholic.ac.kr