

Clinical Value of Visualized Prediction of Corrective Osteotomy of Ankylosing Spondylitis

Jaewon Lee, M.D., Hunchul Kim, M.D., Ye-Soo Park, M.D.

J Korean Soc Spine Surg 2015 Jun;22(2):43-49.

Originally published online June 30, 2015;

<http://dx.doi.org/10.4184/jkss.2015.22.2.43>

Korean Society of Spine Surgery

Department of Orthopedic Surgery, Gangnam Severance Spine Hospital,
Yonsei University College of Medicine, 211 Eunju-ro, Gangnam-gu, Seoul

Tel: 82-2-2019-3413 Fax: 82-2-573-5393

©Copyright 2015 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.2015.22.2.43>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Clinical Value of Visualized Prediction of Corrective Osteotomy of Ankylosing Spondylitis

Jaewon Lee, M.D., Hunchul Kim, M.D., Ye-Soo Park, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Guri Hospital, Hanyang University College of Medicine

Study Design: Retrospective study.

Objectives: To evaluate the clinical value of preoperative planning via computer simulation by comparing preoperative and postoperative measurements of a patient with ankylosing spondylitis.

Summary of Literature Review: Ankylosing spondylitis is a disorder that results in a spinal deformity because chronic inflammation at the ligament attachment sites triggers ossification; it causes round fixed kyphosis. This causes limitations in not only everyday life but also social interaction because it is impossible for patients to face forward. Therefore, surgical correction is necessary.

Materials and Methods: We analyzed 38 patients (41 instances) who underwent correctional osteotomy between June 2007 and March 2014 to treat kyphosis caused by ankylosing spondylitis. We chose the appropriate operation site on the basis of preoperative simulations of osteotomy and the site for pre- and postoperative radiological evaluations conducted from the lateral view in a standing position. For the clinical evaluation, Bath Ankylosing Spondylitis Function Index (BASFI), Bath Ankylosing Spondylitis Disease Activity Index (BASDAI), Hospital Anxiety and Depression Survey (HADS), and Health Locus of Control Form C Questionnaire (HLC-C) were used.

Results: The mean sagittal vertical axis (SVA) was improved from 123.4 mm to 66.1 mm, the mean thoracic kyphosis angle (TKA) changed from 42.2° to 40.1°, and the mean lumbar lordosis angle (LLA) improved from 16.0° to 28.5°. The correlation coefficients between the preoperative predictive value and the postoperative radiographic measurement were 0.43, 0.93, and 0.87, which were all statistically significant.

Conclusions: By comparing the preoperative measurement with the postoperative radiologic score, we found that the two were correlated and that the clinical assessment improved on the basis of the visualization. Therefore, preoperative simulation of patients with ankylosing spondylitis along with a kyphotic deformity is thought to be clinically effective.

Key Words: Ankylosing spondylitis, Simulations of osteotomy, Preoperative planning

서론

강직성 척추염은 천장 관절의 강직과 척추관절 주위의 인대 및 관절낭이 골화되어 척추 운동 범위의 강직이 초래되는 질환이며, 많은 예에서 통증을 동반하는 척추 변형을 일으킨다.¹⁻³⁾ 강직성 척추염에서 발생하는 후만 변형은 다른 질환에 의한 변형에 비해 보상기전이 현저히 감소되어 있어 보행장애, 전방 주시의 불능 등의 일상생활에 매우 많은 제약을 초래하며, 복부 내장기 압박으로 인한 소화기능 저하 등이 흔히 나타나므로, 수술적인 교정이 필요한 경우가 많다.⁴⁾

강직성 척추염 환자에서 교정 절골술을 시행하는 것은 척추 시상면의 균형을 바로 잡아주어 전방 주시가 가능하도록 한다. SPO는 1945년 강직성 척추염환자에서 발생한 후만 변형의 교정을 위해 처음 소개되었으며, 교정 분절의 후주의 양측을 제거하여 일반적으로 교정 분절당 10° 정도의 교정각을 얻을 수 있

다.⁵⁾ PSO는 척추체를 썬기형으로 절제하여 양측의 척추경과 후주를 제거하여 교정 분절당 30-40°의 교정각을 얻을 수 있는 술식으로 1985년 Thomasen에 의해 처음 소개되었다.⁶⁾ 적절한 시상면 균형을 얻기 위해 교정 절골술을 시행하기 전 술전 계획을 위해 이전 연구들에 의해 다양한 방법들이 소개 되었으나 이 방법들은 복잡하거나 강직성 척추염의 환자의 특성에 적합하지 않

Received: July 14, 2014

Revised: September 22, 2014

Accepted: May 19, 2015

Published Online: June 30, 2015

Corresponding author: Ye-Soo Park, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Guri Hospital, Hanyang University College of Medicine, 153, Gyeongchun-ro(St), Guri city, Gyeonggi-do, 471-701, Korea

TEL: +82-31-560-2317, **FAX:** +82-31-557-8781

E-mail: hyparkys@hanyang.ac.kr

는 단점을 갖고 있다.⁷⁻⁹⁾

본 연구의 목적은 저자들의 증례를 통해, 강직성 척추염에 의한 후만 변형에 대한 수술 전 surgimap을 이용한 가상교정의 효용성에 대하여 알아보고자 하였으며, 교정수술 전후의 임상적 지표를 비교하여 환자의 주관적 만족도를 평가하고자 하였다.

대상 및 방법

2007년 6월부터 2014년 3월까지 강직성 척추염을 진단받은 환자 중 후만증에 대해 수술적 치료를 받은 환자 38명, 41예를 대상으로 후향적으로 분석하였다. 평균 추시기간은 50.5개월(13-94개월)이었으며, 의무기록을 통하여 성별, 연령, 체질량 지수, 합병증을 확인하였고, 수술 전 모든 예에 대해 골밀도 검사를 이용한 골밀도를 측정하였다. 수술기록지를 통해 절골 부위, 수술 방법, 수술 중 발생한 특이사항을 확인하였다.

술 전 가상 교정은 Surgimap Spine software (Nemaris Inc, New York, NY, USA)을 이용하여 시행하였다. 가상 교정을 통해 절골 부위와 교정 정도를 결정하였고, PSO를 단독으로 시행하거나 SPO를 추가로 시행할지 결정하였다. 수술은 가상교정을 통해 결정한 술식에 따라 시행한 뒤 후외방 척추 유합술을 시행하였으며, Andersson 병변이 동반되어 있는 경우 전방 추체간 유합술을 병행하여 치료하였다. 모든 예에서 수술 중 운동 유발 전위 감시를 시행하였다.

절골 술 전후 방사선학적 평가는 전후 기립 자세에서 촬영한 척추전장 측면 사진을 촬영하였다. 흉추 후만각(thoracic kyphosis angle, TKA), 요추 전만각(lumbar lordosis angle, LLA) 및 시상 수직축(sagittal vertical axis, SVA)의 술 전 값, 술 전 컴퓨터 계측 값을 측정하였으며, 술 후 값을 각각 측정하였다.

임상적 평가는 수술 전후 10문항으로 구성된 BASFI¹⁰⁾를 측정하여 신체의 기능적 측면과 일상 생활의 제약 정도를 평가하였고, 주요 증상과 연관되어 6개의 문항으로 구성된 BASDAI¹¹⁾를 측정하여 질병의 상태를 평가하였다. 정신 심리적 상태는 불안(anxiety)과 우울(depression)을 평가하는 14개 문항으로 구성된 HADS¹²⁾와 환자의 건강에 대한 internality, belief in chance, doctor, powerful others으로 구성된 HLC-C¹³⁾를 이용하여 교정술 후 환자에게 나타난 정신심리상태를 점수화하여 통계학적으로 평가 분석하였다.

골다공증은 골밀도 검사로 확인 하였으며 WHO 정의에 따라 젊은 성인의 골밀도 분포에서 2.5 표준편차 이하의 환자를 골다공증으로 진단하여 분류하였으며, 1.0에서 2.5 사이의 환자를 골감소증으로 정의하였다.¹⁴⁾

통계학적 분석은 SPSS ver. 13.0 (SPSS Inc., Chicaco, IL, USA)을 통해 시뮬레이션 및 술 후 시상면 균형의 척도의 변화 및 일

치도는 각각 paired T-test, Spearman correlation coefficient를 이용하여 평가하였다. 임상적 평가에 대한 점수는 paired T-test로 술 전후 변화를 분석하였으며, 각각의 지표의 변화와 방사선학적 지표의 변화의 연관성을 분석하기 위해 Spearman correlation coefficient를 사용하였다.

결과

총 38명중 남자는 32명, 여자는 6명이었고, 평균 연령은 39.5세(30-67세)였으며, 평균 체질량지수(BMI: Body Mass Index)는 24.7(17.9 ~ 34.0)로 확인되었다. 골다공증은 10명(26.3%) 이었고, 이들의 평균 연령은 41.4세(31-60세), 평균 골밀도는 -3.2(-2.5~-4.5)로 측정되었다. 골감소증은 19명(50%) 이었으며, 평균 연령은 37.4세(30-67세), 평균 골밀도는 -1.7(-1.0~-2.4)였다. 41예 중 재수술 3예를 제외한 38예에서 PSO를 시행하였고, 절골 부위는 L3가 21예로 가장 많았으며, 10예에서 SPO를 추가하였다. 후방 고정술을 통하여 평균 6.7분절(5-12분절)에 대해 유합술을 시행하였고, 후만증에 동반된 7예의 Andersson 병변¹⁵⁾에 대해 전방 추체간 유합술을 병행하였다(Table. 1).

강직성 척추염을 진단받은 50세 남자에서 측정한 술 전 시상 수직축은 137.63 mm 였으며, 흉추 후만각과 요추 전만각은 각각 56°, 16°로 측정되었다. 저자들은 제 12흉추와 제 3요추에서 PSO 및 제 12흉추와 제 4요추에서 다분절 절골술 등의 각기 다른 분절에서 가상교정을 시행하였다. 그 중 제 12흉추와 제 4요추의 PSO에서 시상 수직축 75.22 mm 였으며, 흉추 후만각과 요추 전만각은 각각 34°, 40°으로 예측되어 가장 우수한 결과를 보여 수술을 시행하였다(Fig. 1). 수술 시행 후 2주 뒤 임상적 지표를 계측하였고, 시상 수직축은 66.0 mm, 흉추 후만각과 요추 전만각은 각각 37°, 38°로 측정되었으며 이는 가상교정을 통해 예측한 값과 거의 유사한 결과를 보였다(Fig. 2)

수술 중 합병증으로는 경막 파열 2예, 수술 후에는 표재성 감염이 1예, 절골술 부위의 골절이 1예 발생하였으며, 신경학적 손상이나 내고정물의 실패, 요로감염이나 폐색전증 등의 합병증은 발생하지 않았다. 경막 파열이 발생한 2예 중 1예는 artificial dura patch를 사용하여 치료하였다. 나머지 1예에서는 PSO를 시행한 부위 및 SPO를 시행한 부위에서 발생하였으며, 각각 일차봉합 및 artificial dura patch를 이용해 치료하였고, 후유증 없이 회복되었다. 표재성 감염은 1차례의 세척 및 변연절제술과 정맥 항생제 사용 후 회복되었다. 1예는 절골술 부위의 골절이 발생하였다.

재수술은 총 3예에서 시행되었다. 3예 중 1예는 교정 절골술 후 후방 고정술을 시행한 분절 외에서 발생한 Andersson 병변에 대하여 SPO 및 후방 고정술을 시행하였고, 1예는 후방 고정술을

Table 1. Demographics of Patients

Case No.	Sex	Age	*BMI	Diagnosis	[†] PSO	[‡] SPO	Fusion procedure	Fusion No.	Complications
1	M	39	27.7	♂ KP	L2		**PS	5	
2	M	30	29.0	KP	L3		PS	7	
3	M	31	20.8	KP	L3		PS	5	
4	F	46	34.0	KP, [‡] TAL	L3	T12-L1	PS+ ^{††} AIF	8	Dural tear
5	M	39	24.2	KP, [‡] IAL	L3	T12-L1	PS+AIF	8	
6	M	34	29.7	KP	L3		PS	5	
7	F	60	22.2	KP, [‡] IAL	T12		PS+AIF	8	
8	M	38	20.6	KP	L1		PS	6	
9	M	35	18.8	KP	L3		PS	5	
10	M	67	22.5	KP, [‡] IAL	L1		PS+AIF	8	
11	F	38	22.4	KP	L1	T9-10	PS	8	
12	M	31	27.5	KP, [‡] IAL	L2	T12-L1	PS+AIF	7	
13	M	35	19.6	KP	L2		PS	6	
14	M	53	27.0	KP	L3		PS	5	
15	M	30	26.2	KP	L3		PS	5	
16	M	38	23.1	KP	L3		PS	5	
17	M	37	32.4	KP	L3		PS	6	
18	M	34	25.9	KP	L3		PS	5	Fracture at osteotomy site
19	M	32	23.4	KP	L3		PS	5	
20	M	39	25.0	KP	L3		PS	5	
21	M	30	25.1	KP	L3		PS	5	
22	F	32	17.9	KP	L2	T12-L1	PS	7	
23	M	32	26.2	KP, TAL	L3	C6-7	PS+AIF	12	
24	M	55	25.5	KP	L3	T8-9, T10-11, T12-L1	PS	11	
25	M	41	18.7	KP	L3		PS	6	
26	F	46	23.6	KP	L3		PS	5	
27	F	36	23.6	KP	L4	L1-2, L2-3	PS	7	
28	M	46	18.1	KP, IAL	L4	L1-2	PS+AIF	7	Dural tear
29	M	41	23.7	KP	L3		PS	5	
30	M	40	28.9	KP	L2		PS	7	
31	M	49	28.4	KP	T12, L4		PS	10	Superficial infection
32	M	50	29.1	KP	L4, T12		PS	9	
33	M	39	28.7	KP	L3		PS	7	
34	M	33	25.8	KP	L2	T11-12	PS	8	
35	M	36	21.7	KP	L4		PS	6	
36	M	43	23.3	KP	L1, L4		PS	8	
37	M	31	23.8	KP	L4		PS	6	
38	M	34	23.4	KP	L2		PS	7	

*BMI, body mass index, [†]PSO, pedicle subtraction osteotomy, [‡]SPO, Smith-paterson osteotomy, KP, kyphosis, [‡]TAL, traumatic Andersson lesion, [‡]IAL, inflammatory Andersson lesion, **PS, posterior stabilization, ^{††}AIF, anterior interbody fusion.

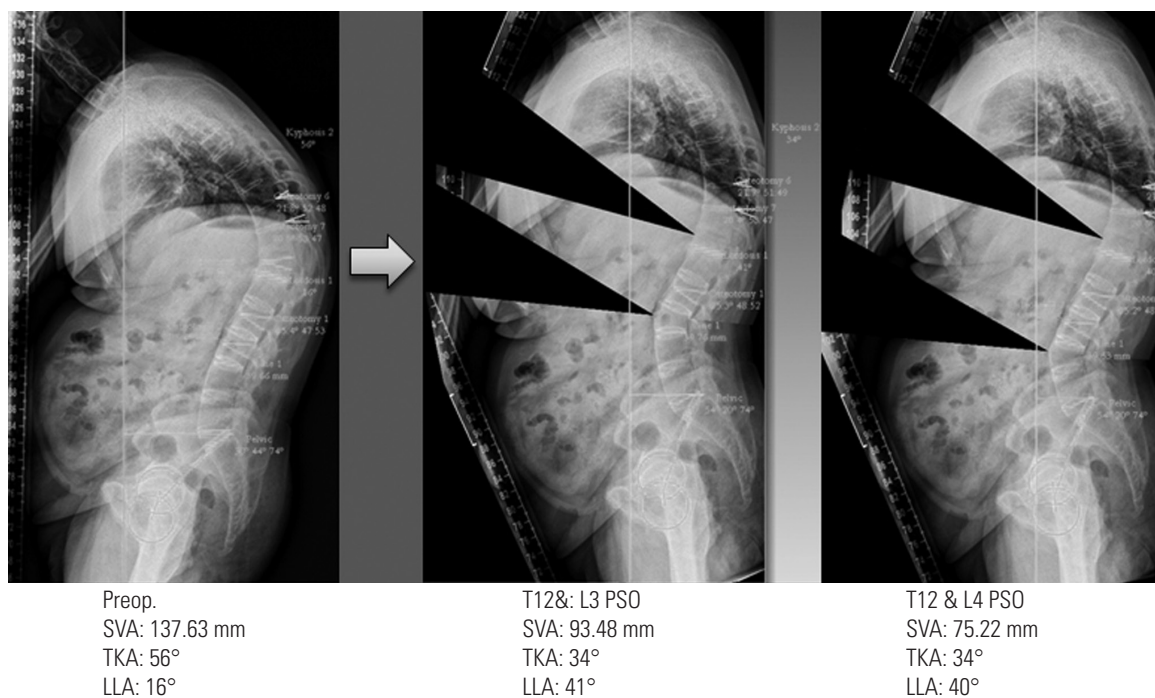


Fig. 1. A 50-year-old man visited our institution complaining of back pain (Case 32). The preoperative sagittal vertical axis (SVA) was 137.63 mm, thoracic kyphosis angle (TKA) was 56°, and lumbar lordosis angle (LLA) was 16°. We simulated osteotomy that corrected a T12 and L3 pedicle subtraction osteotomy (PSO) combination and a T12 and L4 PSO combination; several other simulations were conducted as well. We found that the T12 and L4 PSO combination exhibited the best result. The estimated SVA was 75.22 mm, TKA was 34°, and LLA was 40°.

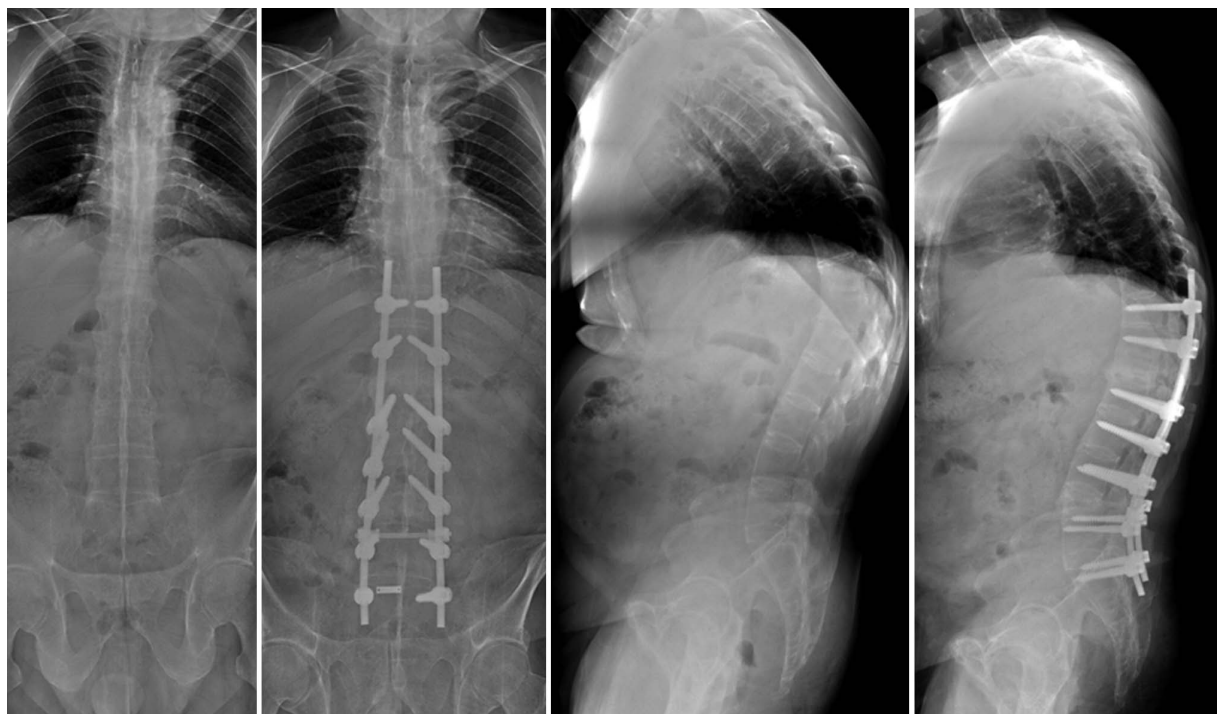


Fig. 2. Preoperative and 2-week postoperative radiological evaluations. The sagittal vertical axis (SVA) was corrected to 66.0 mm, thoracic kyphosis angle (TKA) was 37°, and lumbar lordosis angle (LLA) was 38°; these values were almost the same as those of the preoperative simulation.

시행한 분절 내에 발생한 골절로 후방 고정부위의 연장과 함께 전방 추체간 유합술을 추가 시행하였으며, 1예는 교정부위 상방에서 척추 후만이 재발하여, PSO 시행 후 고정 부위의 연장을 시행하여 재교정 하였다.

방사선학적으로는 술 전 시상 수직축이 평균 123.4 mm에서 평균 66.1 mm으로 호전되었으며($p<0.001$), 흉추 후만각은 술 전 평균 42.2°에서 술 후 평균 40.1°으로 통계학적인 차이를 보이지 않았으나($p=0.085$), 요추 전만각은 16.0°에서 28.5°로 통계학적으로 유의하게 호전되었다($p<0.001$) (Table 2). 술 전 예측치와 술 후 방사선학적 지표의 상관관계를 분석하였을 때, 시상 수직축은 예측값과 0.43($p=0.008$), 흉추 후만각 및 요추 전만각은 각각 0.93, 0.87($p<0.001$, $p<0.001$)로 통계학적으로 유의한 상관관계를 보여주었다(Table. 3).

BASDAI는 술 전 평균 5.26점(3.9~7)에서 술 후 2.42점(0.4~6.1)으로 측정되어 술 전에 비하여 의미 있는 향상을 보여주었고($p=0.000$), BASFI도 술 전 4.56점(2~6.5)에서 술 후 2.42점(1~5.5)로 통계학적으로 유의한 향상을 보여주었다($p=0.000$). HADS 점수에서 불안은 술 전 8.68점(2~18)에서 술 후 4.42(1~14)으로 통계적으로 유의하게 호전되었고($p<0.001$), 우울도 술 전 7.66(1~17)에서 술 후 4.21(2~12)로 통계적으로 유의하게 호전되었다($p<0.001$). HLC-C 점수에서도 internality는 술 전 14.45(8~35)에서 술 후 10.39(4~33), Belief of chance는 술 전 12.55(8~23)에서 술 후 8.53(5~25), Belief in powerful others는 술 전 7.13(4~14)에서 술 후 5.03(2~18)으로 모두 통계적으로 유의한 향상을 보여주었다($p<0.001$, $p<0.001$, $p<0.001$). 술 전후 임상적 결과의 변화와 방사선학적 지표의 변화의 연관성을 보

았을 때, 시상 수직 축과 HAD 점수의 불안과 우울은 각각 0.51, 0.415 ($p=0.011$, $p=0.01$)로 통계학적으로 의미 있는 연관성을 보여주었으며, 그 이외에는 통계학적으로 의미 있는 상관관계를 가지는 지표는 없었다.

고찰

강직성 척추염은 인대의 골 부착부에 발생하는 만성적인 염증에 의한 골화 현상에 따라 척추의 여러 분절이 유합되어 시상면 불균형이 발생하는 질환으로, 퇴행성 요추 후만증과 같은 다른 질환에 의한 척추변형과는 해부학적, 생역학적으로 현저한 차이를 보인다. 이전 연구에 따르면, 강직성 척추염 환자의 수술적 치료 후 높은 비율의 합병증 발생이 보고된 바 있고, 이는 수술의 술기의 어려움뿐 아니라, 질환의 특성에 따른 결과라 하였으며, 따라서 수술적 치료를 고려할 때는 세심한 술 전 계획이 필요하다.¹⁶⁾

교정 절골술은 후만 변형을 동반한 강직성 척추염 환자의 시상 균형을 교정하기 위해 널리 이용된 술식으로, 후만의 정도와 형태에 따라 교정부위와 교정술의 방법을 정하게 된다. SPO는 원형의 교정되지 않은 후만의 교정에서 주로 사용하는 술식으로 각 분절 당 평균 10°의 교정이 가능하다. 하지만 전주의 유합이 일어난 경우에는 적용이 불가능한 단점이 있다.⁵⁾ PSO는 많은 교정각이 필요한 후만변형에서 사용하는 술식으로, 주로 전주의 유합이 동반되어 있는 강직성 척추염의 후만 변형의 교정에서 사용되며 교정분절에서 30~40°의 교정각을 얻을 수 있다.^{6,7)}

강직성 척추염 환자의 후만증 교정시에 절골할 분절과 교정각을 결정하고, 시상면 정렬을 미리 예측하는 것은 성공적인 결과를 얻기 위해 필수적이다. 이에 따라 여러 가지 방사선학적 지표들을 이용하여 술 후 시상면 정렬을 계산하는 방법들이 소개되어 왔다. Gertzbein 등¹⁷⁾은 방사선 필름을 오려 붙이는 방법을 이용하여 교정 정도를 계산하는 방법을 소개하였으며, 그 외에도 tangent method,¹⁸⁾ chin-brow vertical angle method¹⁹⁾와 whole body kyphosis angle method 등²⁰⁾의 다양한 방법이 소개되었으나, 이들의 방법은 시행하는 방법이 불편한 단점으로 사용이 제한적이다. Lafage 등¹⁸⁾은 시상면 불균형 환자를 대상으

Table 2. Improvement of radiologic parameter after surgery

	Preop.	Postop.	P-value*
*SVA	123.4±51.5	66.1±30.5	<0.001
†TKA	42.2±17.3	40.1±14.9	0.085
‡LLA	16.0±12.2	28.5±12.9	<0.001

*SVA, Sagittal vertical axis, †TKA, Thoracic kyphosis angle, ‡LLA, Lumbar lordosis angle.

Table 3. Agreement between simulated and postoperative values

	Simulated	Postoperative	Spearman coefficient	P-value
SVA	64.0±44.5	66.1±30.5	0.426	0.008
TKA	38.5±14.9	40.1±14.9	0.926	<0.001
LLA	31.7±17.3	28.5±12.9	0.876	<0.001

*SVA, Sagittal vertical axis, †TKA, Thoracic kyphosis angle, ‡LLA, Lumbar lordosis angle.

로 비유합 분절의 보상기전과, 골반기울기를 포함한 골반지표들을 이용하여 높은 예측 정확도를 보인 바 있으나, 강직성척추염 환자에서는 대부분의 분절이 유합되어 있어, 비유합 분절의 보상기전이 의미가 없고, 골반지표들의 보상작용 또한 정상적으로 발생하지 않아, 일반적으로 소개된 공식을 적용하기 어렵다. 저자들은 이전 연구에서 Surgimap Spine Software (Nemaris, Inc., New York, NY, USA)를 통한 유용성을 확인한 바 있으며,¹⁹⁾ 본 연구에서는 보다 많은 증례를 통하여 술 전 예측 값과 술 후 방사선학적 지표의 유의한 연관성을 확인하였고, 시상 수직축의 개선과 임상적 지표 향상의 연관성을 확인하였다. 술 전 가상교정을 통하여 교정분절과 교정각을 예측하는 데 도움이 될 뿐만 아니라 PSO를 단독으로 시행하거나 SPO로 추가적인 교정이 필요한지 등을 판단할 수 있다. 또한, 외래에서 간편하게 사용할 수 있으며, 술 전후 변화를 간단히 도식화 할 수 있어, 이전에 소개된 방법들과 비교하여 쉽고 빠르게 가상교정이 가능한 장점이 있으며, 수술 후 정면 주시 각도의 이동, 자세 변화 등에 대해 쉽고 정확하게 이해하는데 도움을 줄 수 있으므로 수술에 대한 환자의 만족감을 향상시킬 수 있다.

강직성 척추염 환자의 후만 변형의 교정 시 Surgimap Spine Software (Nemaris, Inc., New York, NY, USA)을 이용한 수술 전 가상교정을 통해 고도의 후만 변형을 교정하는 어려운 수술을 시행하기 전에 정확한 수술 계획을 세움으로써 만족할만한 결과를 얻을 수 있었으며, 과교정 혹은 부족교정 등의 발생을 줄일 수 있었다.

결론

본 연구에서 저자들은 후만 변형을 동반한 강직성 척추염 환자에 대하여 교정 절골술을 시행하여 만족할 만한 임상적 결과를 얻었으며, 강직성 척추염 환자의 교정 절골술을 시행하기 전에 가상교정을 이용하여 수술 방법, 수술 부위 및 수술 범위를 예측하여 교정 절골술을 시행하는 것이 기존에 소개되었던 시상면 정렬을 계산하는 방법들의 대안이 될 수 있는 방법으로 사료된다.

REFERENCES

- Kim TJ, Kim TH. Clinical spectrum of ankylosing spondylitis in Korea. *Joint Bone Spine*. 2010;77:235-40.
- McMaster MJ. A technique for lumbar spinal osteotomy in ankylosing spondylitis. *J Bone Joint Surg Br*. 1985;67:204-10.
- Pham T. Pathophysiology of ankylosing spondylitis: what's new? *Joint Bone Spine*. 2008;75: 656-60.
- Kim KT, Suk KS, Cho YJ, et al. Clinical outcome results of pedicle subtraction osteotomy in ankylosing spondylitis with kyphotic deformity. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002;27:612-8.
- Smith-Petersen MN, Larson CB, Aufranc OE. Osteotomy of the spine for correction of flexion deformity in rheumatoid arthritis. *Clin Orthop Relat Res*. 1969;66:6-9.
- Thomasen E. Vertebral osteotomy for correction of kyphosis in ankylosing spondylitis. *Clin Orthop*. 1985;194:142-52.
- Bridwell KH. Decision making regarding Smith-Petersen vs. pedicle subtraction osteotomy vs. vertebral column resection for spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31:S171-8.
- Suk KS, Kim KT, Lee SH, et al. Significance of chin-brow vertical angle in correction of kyphotic deformity of ankylosing spondylitis patients. *Spine*. 2003;28:2001-5.
- Ondra SL, Marzouk S, Koski T, et al. Mathematical calculation of pedicle subtraction osteotomy size to allow precision correction of fixed sagittal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31:E973-9.
- Calin A, Garrett S, Whitelock H, et al. A new approach to defining functional ability in ankylosing spondylitis: the development of the Bath Ankylosing Spondylitis Functional Index. *J Rheumatol*. 1994;21:2281-5.
- Garrett S, Jenkinson T, Kennedy LG, et al. A new approach to defining disease status in ankylosing spondylitis: the Bath Ankylosing Spondylitis Disease Activity Index. *J Rheumatol*. 1994;21:2286-91.
- Zigmond AS, Snaith RP. The hospital anxiety and depression scale. *Acta Psychiatr Scand*. 1983;67:361-70.
- Wallston KA, Stein MJ, Smith CA. Form C of the MHL scales: a condition-specific measure of locus of control. *J Pers Assess*. 1994;63:534-53.
- Meunier PJ, Delmas PD, Eastell R, et al. Diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women: clinical guidelines. International Committee for Osteoporosis Clinical Guidelines. *Clin Ther*. 1999;21:1025-44.
- Park YS, Kim JH, Ryu JA, et al. The Andersson lesion in ankylosing spondylitis: distinguishing between the inflammatory and traumatic subtypes. *J Bone Joint Surg Br*. 2011;93:961-6.
- Sciubba DM, Nelson C, Hsieh P, et al. Perioperative challenges in the surgical management of ankylosing spondylitis.

- Neurosurg Focus. 24. 2008;E10.
17. Gertzbein SD, Harris MB. Wedge osteotomy for the correction of post-traumatic kyphosis. A new technique and a report of three cases. Spine (Phila Pa 1976). 1992;17:374-9.
 18. Ondra SL, Mazouk S, Koski T, et al. Mathematical calculation of pedicle subtraction osteotomy size to allow precision correction of fixed sagittal deformity. Spine (Phila Pa 1976). 2006;31:E973-9.
 19. Suk KS, Kim KT, Lee SH, et al. Significance of chin-brow vertical angle in correction of kyphotic deformity of ankylosing spondylitis patients. Spine (Phila Pa 1976). 2003;28:2001-5.
 20. Min K, Hahn F, Leonardi M. Lumbar spinal osteotomy for kyphosis in ankylosing spondylitis: the significance of the whole body kyphosis angle. J Spinal Disord Tech. 2007;20:149-53.
 21. Lafage V, Bharucha NJ, Schwab F, et al. Multicenter validation of a formula predicting postoperative spino-pelvic alignment. J Neurosurg Spine. 2012;16:15-21.
 22. Park YS, Kim HS, Baek SW, et al. Preoperative computer-based simulations for the correction of kyphotic deformities in ankylosing spondylitis patients. Spine J. 2014;14:2420-4.

강직성 척추염 환자의 수술적 치료 시 컴퓨터를 이용한 가상교정의 임상적 의의

이재원 • 김훈철 • 박예수

한양대학교 의과대학 구리병원 정형외과학교실

연구계획: 후향적 연구

목적: 척추 후만이 동반된 강직성 척추염 환자에서 교정 절골술을 시행하기 전 가상교정을 통한 술 전 계획과 술 후 상태를 비교하여 가상교정의 임상적 가치를 평가하고자 하였다.

선행문헌의 요약: 강직성 척추염은 인대의 골 부착부에 발생하는 만성적인 염증에 의한 골화 현상에 따라 척추의 변형이 오는 질환으로, 원형의 고정된 후만증을 가져오게 된다. 이로 인하여 전방주시가 불가능할 뿐만 아니라 반듯이 눕지도 못하게 되어 환자의 일상 생활뿐만 아니라 사회생활의 제약 등을 초래하여 수술적 교정이 필요하다.

대상 및 방법: 2007년 6월부터 2014년 3월까지 강직성 척추염으로 인한 후만증에 대하여 척추경 제거 절골술(PSO: pedicle subtraction osteotomy)을 단독 혹은 Smith-Peterson 절골 술식(SPO: Smith-Peterson Osteotomy)을 병행한 환자 38명, 41예를 대상으로 후향적으로 분석하였다. 모든 수술은 술 전 가상교정을 시행하여 절골 부위를 결정하였고, 수술 전 후 방사선학적 평가는 기립 자세에서 촬영한 척추전장 측면 사진(long-cassette standing lateral spinal radiographs)을 촬영하였다. 임상적 평가는 Bath Ankylosing Spondylitis Function Index (BASFI), Bath Ankylosing Spondylitis Disease Activity Index (BASDAI), Hospital Anxiety and Depression Questionnaire (HADS) 및 Health Locus of Control-Form C Questionnaire(HLC-C)를 이용하였다.

결과: 방사선학적으로는 평균 시상 수직축이 123.4 mm에서 66.1 mm으로 호전되었으며, 평균 흉추 후만각은 42.2°에서 40.1°으로 변하였고, 평균 요추 전만각은 16.0°에서 28.5°로 호전되었다. 술 전후 방사선학적 지표의 상관관계를 분석하였을 때, 시상 수직축은 예측 값과 연관계수는 0.43, 흉추 후만각 및 요추 전만각은 각각 0.93, 0.87로 통계학적으로 유의한 상관관계를 보여주었다.

결론: 가상교정을 통한 방사선학적 지표와 수술 후 방사선학적 지표를 비교를 하여 두 지표가 통계학적으로 일치함을 확인하였으며, 임상적 지표가 향상되었다. 이를 통해 후만 변형이 동반된 강직성 척추염 환자에서 가상교정을 이용한 술 전 계획이 임상적으로 유의한 의미를 갖는 방법으로 판단되었다.

색인 단어: 강직성 척추염, 가상 교정, 술 전 계획

약칭 제목: 가상 교정의 임상적 의의