

청소년기 특발성 척추측만증에서 체위 및 마취에 따른 변형의 변화

황창주 · 이성우 · 안영준* · 정재현 · 김영태 · 이동호 · 이춘성

울산대학교 의과대학 서울아산병원 정형외과학교실, 국립경찰병원 정형외과*

Change of Deformity due to Position and Anesthesia in Adolescent Idiopathic Scoliosis

Changju Hwang, M.D., Sung Woo Lee, M.D., Young Joon Ahn, M.D.*, Jae Hyun Chung, M.D.,
Yung Tae Kim, M.D., Dong Ho Lee, M.D., and Choon Sung Lee, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Asan Medical Center College of Medicine, University of Ulsan, Seoul, Korea,
Department of Orthopaedic Surgery, National Police Hospital*, Seoul, Korea

Purpose: To determine changes in the end vertebra and neutral vertebra as well as in the magnitudes of coronal and rotational deformities according to position and anesthesia in patients with adolescent idiopathic scoliosis.

Materials and Methods: Sixty-two structural curves in 31 patients were evaluated using standing, supine, side bending, post-anesthesia, and postoperative anteroposterior plain radiographs. Cobb angles and rotation angles by perdrille torsionmeter were measured, and the end vertebra and neutral vertebra were identified in each radiograph.

Results: Coronal cobb angles decreased significantly with correction rates of 25.0%, 31.7%, 59.5%, and 74.0%, and rotational deformities decreased with correction rates of 6.1%, 24.5%, 6.2%, and 25.7% by supine position, anesthesia, side bending and surgery, respectively. The end vertebrae changed in 18 patients (58.1%) in both supine and post-anesthesia radiographs, and the neutral vertebrae changed in 10 patients (32.3%) in supine radiographs and in 20 patients (64.5%) in post-anesthesia radiographs.

Conclusion: Coronal deformities are significantly corrected by supine position and anesthesia. Anesthesia significantly corrects axial rotation, but more correction cannot be achieved by rod derotation. The end vertebra and neutral vertebra have a tendency to vary by position and anesthesia, which gives rise to confusion in the determination of fusion level.

Key Words: Scoliosis, Position, Anesthesia, End vertebra, Neutral vertebra

서 론

척추측만증은 3차원적인 변형으로서, 관상면, 시상면 및 측면상의 변형을 모두 포함한다. 일반적으로 척추측만증에서 만곡의 크기가 45 내지 50도를 넘으면 수술적 치료를 고려하게 되는데, 이는 기립 전후면 단순 방사선 사진상에서 Cobb의 방법⁴⁾으로 측정한 관상면상 변형의 각도를 기준으로 한다. 하지만 양와위 또는 복와위에서 촬영한 방사선사진이나 수술실에서 마취 직후 또는 척추

의 수술적 노출 후 촬영한 방사선사진상의 각도는 기기에 의한 교정술 없이도 감소하는 경향이 있다는 사실은 이미 알려져 있다^{1,6,7,10,17,23,25)}. 반면에 자세나 마취, 측 굴곡(side bending) 등의 유연성 검사에 의해 측면상에서 척추의 회전 변형이 어떤 영향을 받는지에 대해서는 보고된 바가 많지 않다^{6,24,25)}.

척추측만증의 수술적 치료 시 유합 범위의 결정은 술후 대상 실조(decompensation)나 추체 추가 현상(adding

통신저자 : 이 춘 성

서울시 송파구 풍납동 388-1
울산대학교 의과대학 서울아산병원 정형외과
TEL: 02-3010-3530 • FAX: 02-488-7877
E-mail: cslee@amc.seoul.kr

Address reprint requests to

Choon Sung Lee, M.D.
Department of Orthopaedic Surgery, Asan Medical Center, University of Ulsan,
388-1, Pungnap-dong, Songpa-gu, Seoul 138-736, Korea
Tel: +82,2-3010-3530, Fax: +82,2-488-7877
E-mail: cslee@amc.seoul.kr

on phenomenon) 등의 합병증을 방지하기 위해 매우 중요하다. 유합 범위를 결정하는 데 있어서 중요한 요소는 만곡의 유연성을 정확히 평가하고 끝 척추(end vertebra), 중립 척추(neutral vertebra) 및 안정 척추(stable vertebra)를 결정하는 것이다. 보편적으로 사용되는 유연성 검사인 측 굴곡 방법은 견인, 복와위-압박(push-prone), 지렛대 굴곡(fulcrum bending) 등의 방법에 비해 술후 관상면상 및 측면상 변형의 교정을 예측하는 능력이 떨어진다고 보고된 바 있다^{2,5,10,17,24)}. 변형에 대한 자세와 마취의 영향은 수술 시 실감하게 되며, 유연성이 현저히 떨어지지 않는다면 예상했던 것보다 만곡의 크기가 많이 감소하기 때문에 변형의 교정이 용이한 경우가 많지만, 수술 전 결정하였던 끝 척추 및 중립 척추가 수술 중 방사선사진이나 C형 투시 장치(C-arm fluoroscopy) 상에서 변화함으로써 유합 범위의 결정에 혼동을 가져오는 일도 비교적 흔하다. 그러나 이러한 문제점에 대해서는 아직까지 알려진 바가 없다. 본 연구의 목적은, 환자의 자세, 측 굴곡, 마취 등이 만곡의 관상면상 Cobb 각 및 회전 변형에 어떠한 변화를 가져오는지에 대해 분석하고, 끝 척추와 중립 척추가 체위 및 마취에 의해 변화하는 양상을 기술하고자 하는 것이다.

대상 및 방법

2005년 9월부터 2007년 2월까지 수술적 치료를 시행한 31명의 청소년기 특발성 척추측만증 환자에서 유합 여부와 관계 없이 술전 기립 전후면 방사선사진상 Cobb 각이 20도 이상인 62개의 구조성 만곡(structural curve)을 대상으로 하였다. 술전 기립(standing), 양와위(supine), 측 굴곡(side bending), 마취 후(post-anesthesia), 술후(postoperative) 1 내지 2주의 기립 전후면 방사선사진상 각 만곡의 Cobb 각과 Perdriolle¹⁶⁾의 염전각 측정기(torsionmeter)를 이용한 첨부 척추(apical vertebra)의 회전 변형을 측정하고, 기립, 양와위, 마취 후 방사선사진에서 끝 척추(end vertebra), 중립 척추(neutral vertebra)를 확인하여 서로 비교하였다.

모든 각도는 술전 기립 방사선사진상의 끝 척추와 첨부 척추를 기준으로 하여 측정하였으며, 측 굴곡은 양와위에서 타인이 만곡을 반대 방향으로 최대한 펴는 방법을 사용하였고, 마취 후 사진은 수술 시 피부 절개를 시작하

기 전에 촬영하였다. 척추의 회전각 측정 시 우측 만곡의 경우 환자의 발쪽에서 보았을 때 시계 반대 방향의 회전을 양의 값으로, 좌측 만곡의 경우 시계 방향의 회전을 양의 값으로 하였고, 반대인 경우에는 음의 값으로 표시하였다. 특히 체위의 변화나 측 굴곡 시에는 중력 또는 보조자의 힘에 의해 만곡 전체의 회전이 틀어지는 경우가 있으므로, 이를 보정하기 위해 중립 척추가 회전되어 있으면 그 각도를 측정하여 첨부 척추의 회전각에서 차감하였다. 각도의 측정은 저자들 중 두 명의 정형외과 전문의에 의해 환자에 대한 모든 정보가 차단된 상태에서 1주간격으로 2회에 걸쳐 시행되었으며, 통계적 분석에는 그 평균치를 사용하였다. 끝 척추와 중립 척추는 제1 저자에 의해 평가되었는데, 끝 척추는 각 만곡의 근위 및 원위 말단에서 가장 기울어진 척추로, 중립 척추는 척추경이 대칭으로 관찰되는 만곡의 첨부에 가장 가까운 척추로 정의하였다.

여자가 26명, 남자가 5명이었고 수술 당시 평균 연령은 16.5세(10-30세)였다. 척추측만증의 유형은 King 등⁹⁾의 분류상 제1 형이 5예, 제2 형이 9예, 제3 형이 4예, 제4 형이 1예, 제5 형이 7예였으며, 나머지 5예는 Lenke 분류¹⁴⁾상 제5C 형의 흉요추 또는 요추 만곡이었다(Table 1). 전례에서 후방으로 접근하여 척추경 나사못을 이용한 기기 교정 및 유합술을 시행하였고, 나사못의 삽입은 Lee 등¹²⁾의 후전방 C형 투시 장치 회전 방법(posteroanterior C-arm rotation method)을 이용하였다. 이 때 양측 척추경을 대칭으로 보이게 하기 위하여 투시 장치를 회전시키는데, 그 각이 가장 작았던 척추를 중립 척추로 하여 각 방사선사진에서의 중립 척추와도 비교하였다. 변형의 교정은 전위법(translation maneuver), 강봉 반회전법(rod derotation maneuver), 압박 및 신연법(segmental compression and/or distraction) 등^{3,19)} 세 가지 방법을 모두 사용하여 이루어졌다.

각도의 측정에 있어서 관찰자간 및 관찰자내 신뢰도(interobserver and intraobserver reliability)를 평가하기 위해 급내 상관 계수(intraclass correlation coefficient)를 산출하였으며, 각 군 간 각도 차이의 유의성을 판정하기 위하여 일원 분산 분석(ANOVA)을 시행하였다.

Table 1. Variations in End and Neutral Vertebrae, EV or NV Different than in Standing Radiographs is Written in Italics

Case No.	Age	Gender	King ⁹⁾	Lenke ¹⁴⁾	St-EV	Sup-EV	An-EV	St-NV	Sup-NV	An-NV	C-NV
1	16	M	1	3C	T4-T12-L4	T4- <i>T11</i> -L4	T4-T12-L4	T5-T11-S1	T5-T11-S1	T5- <i>T10</i> -S1	T5, <i>T10</i>
2	14	F	2	1C	T5-T11-L4	T5- <i>T10</i> -L4	T5- <i>T10</i> -L4	T5-T10-S1	T5-T10-S1	T5- <i>T11</i> -S1	T5, <i>T12</i>
3	19	F	1	1C	T4-T10-L3	T4-T10-L3	T4-T10-L3	T4-T9-L5	T4- <i>T10</i> -L5	T4-T9-L5	T4, <i>T10</i>
4	13	F	5	1C	T2-T7-L2-L5	T2-T7- <i>L1</i> -L5	T2-T7- <i>L1</i> -L5	T1-T7-L4	T1-T7-L4	T1-T7- <i>T11</i>	<i>T8</i>
5	19	F	1	5C	T5-T11-L3	T6-T11-L3	T5- <i>T10</i> -L3	T6-T9-L5	T7-T9- <i>S1</i>	T6-T9- <i>S1</i>	T6, <i>T10</i>
6	21	F	2	1B	T4-T11-L4	T4-T11-L4	T4- <i>T10</i> -L4	T5-T11-S1	T5-T11- <i>S1</i>	T5-T11-S1	T5, <i>T12</i>
7	11	F	5	1A	T1-T5-T10-L4	T1-T5-T10-L4	T1-T5-T10- <i>L5</i>	T5-T12-L5	T5-T12-L5	T5- <i>T11</i> -L5	T5, <i>T11</i>
8	14	F	1	5C	T5-T10-L3	T5- <i>T11</i> -L3	T5-T10-L3	T5-T10-L5	T5-T10-L5	T5-T10-L5	<i>T6</i> , T10
9	30	F	L	5C	T5-T12-L5	T5-T12-L5	T5-T12-L5	T5-T10-L6	T5-T10-L6	T5-T10-L6	<i>T11</i>
10	13	F	2	1B	T5-T12-L4	T5-T12-L4	T5- <i>T11</i> -L4	T6-T12-S1	T6-T12-S1	T6-T12-S1	T6
11	27	F	TL	5C	T4-T9-L3	T4- <i>T10</i> -L3	T4-T9-L3	T4-T8-L5	T4- <i>T9</i> -L5	T3- <i>T9</i> -L5	<i>T9</i>
12	20	F	1	1C	T5-T11-L3	T5-T11-L3	T5-T11-L3	T5-T10-S1	T5-T10-S1	<i>T4</i> -T10-S1	T5, <i>T11</i>
13	22	F	5	2A	T1-T6-L2	T1-T6-T12	T1-T6-T12	T6-L2	T6-L2	T6-L2	T6
14	12	F	2	1C	T5-T12-L4	<i>T6</i> -T12-L4	T5- <i>T11</i> -L4	T6-T11-S1	T6-T11-S1	T6- <i>T12</i> -S1	T6, <i>T12</i>
15	16	F	3	1A	T5-T12-L4	T5- <i>T11</i> -L4	T5- <i>T11</i> -L3	T5-T12-S1	T5-T12-S1	T5- <i>L1</i> -S1	T5
16	12	F	3	1A	T6-L1-L5	T6-L1-L5	T6- <i>T12</i> -L5	T6-L1-S1	T6-L1-S1	T6- <i>T12</i> -S1	T6, L1
17	16	F	TL	5C	T1-T9-L3	T1- <i>T10</i> -L3	T1-T9-L3	T1-T6-S1	T1-T6-S1	T1-T6-S1	NA
18	13	F	5	1C	T1-T5-T11-L4	T1-T5-T11-L4	T1-T5-T11-L4	T6-T12-S1	T6-T12- <i>L5</i>	T6- <i>T11</i> -L5	T6, T12
19	13	M	2	1A	T5-T11-L4	T5- <i>T10</i> -L4	T5- <i>T10</i> -L5	T5-T11-S1	T5-T11-S1	T5- <i>T12</i> -S1	T5, T11
20	14	M	L	5C	T12-L5	T12-L5	T12-L5	T9-S1	<i>T10</i> -S1	<i>T10</i> -S1	NA
21	13	F	2	1C	T5-T11-L3	T5-T11-L3	T5-T11-L3	T5-T10-L5	T5-T10-L5	T5-T10- <i>L4</i>	T4, <i>T11</i>
22	13	M	5	2A	T1-T7-L2	<i>T2</i> -T7-L2	T1-T7-L2	T7-L5	T7-L5	<i>T6</i> -L5	T7
23	18	F	4	1A	T5-L1	T5-L1	T5- <i>T12</i>	T3-L5	T3- <i>L4</i>	<i>T4</i> -L1	<i>L1</i>
24	15	F	TL	5C	T3-T8-L2	T3- <i>T9</i> -L2	T3- <i>T9</i> -L3	T3-T8-L5	T3-T8- <i>S1</i>	<i>T4</i> -T8- <i>L4</i>	T8
25	13	F	3	1A	T5-T12-L4	T5- <i>T11</i> -L5	T5- <i>T11</i> -L5	T5-T12-L3	T5-T12-L3	T5- <i>L1</i> -L3	T5, <i>L1</i>
26	12	F	2	1B	T5-T12-L4	T5- <i>T11</i> -L5	T5-T12- <i>L5</i>	T5-T11-S1	<i>T6</i> -T11-S1	T5-T11-S1	T5, T11
27	15	F	5	1A	T1-T6-L3	T1-T6- <i>L2</i>	T1-T6- <i>L2</i>	T1-T6-L5	T1-T6-L5	<i>C7</i> -T6-L5	T6
28	13	F	3	1A	T5-L1-L4	T5-L1- <i>L5</i>	T5-L1- <i>L5</i>	T6-L3	T6-L3	T6-L3	T6, L2
29	26	F	2	1B	T4-T11-L4	T4- <i>T10</i> -L4	T4-T11- <i>L5</i>	T4-T11	T4-T11-S1	T4-T11-S1	T4, <i>T12</i>
30	10	F	2	1B	T5-T11-L3	T5- <i>T10</i> -L4	T5-T11- <i>L4</i>	T5-T11-L5	T5- <i>T12</i> -S1	<i>T4</i> -T11-L5	<i>T4</i> , <i>T12</i>
31	18	M	5	2A	T1-T7-L2-S1	T1-T7-L2-S1	T1-T7-L2-S1	C7-T6-S1	<i>T1</i> -T7-S1	T6-S1	T6

St, Standing; Sup, Supine; An, Post-anesthesia; EV, End vertebra; NV, Neutral vertebra; C, C-arm image intensifier; M, Male; F, Female; L, Lumbar; TL, Thoracolumbar; NA, Not available.

Table 2. Intraclass Correlation Coefficients of Each Group

	A-St	A-Sup	A-B	A-An	A-PO	R-St	R-Sup	R-B	R-An	R-PO
Interobserver	0.963	0.978	0.950	0.969	0.898	0.924	0.944	0.913	0.919	0.815
Intraobserver	0.981	0.989	0.974	0.984	0.946	0.960	0.971	0.955	0.958	0.884

A, Cobb angle; St, Standing; Sup, Supine; B, Side bending; An, Post-anesthesia; PO, Postoperative; R, Apical vertebral rotation.

결 과

각도 측정 결과에 대해 각 군별로 산출한 급내 상관 계수는 대부분이 0.9 이상으로 측정되어 매우 우수한 일치도를 보였다. 전반적으로 관찰자내 신뢰도보다 관찰자간 신뢰도가 다소 떨어졌으며, Cobb 각에 비해 Perdriolle 방법에 의한 회전각의 측정에서 오차가 상대적으로 크게 나타났다. 특히 술후 회전각의 측정에 있어서 관찰자간

신뢰도에 대한 상관 계수가 0.815로 가장 낮은 수치를 보였다(Table 2).

62개 만곡의 술전 Cobb 각은 평균 45.5도였으며, 측 굴곡 시 18.4도로 교정되어 유연성은 59.5%였다. 양와 위, 마취 후, 술후 방사선사진상에서의 각도는 34.1도, 31.0도, 11.8도로 측정되어 각각 25.0%, 31.7%, 74.0%의 교정율을 보였다. 술전 회전각은 평균 18.7도였고, 측

Table 3. Average Angles and Correction Rates of Each Group

	A-St	A-Sup	A-B	A-An	A-PO	R-St	R-Sup	R-B	R-An	R-PO
Angle	45.47	34.08	18.42	31.03	11.82	18.68	17.53	17.52	14.10	13.89
Correction rate		25.0%	59.5%	31.7%	74.0%		6.1%	6.2%	24.5%	25.7%

A, Cobb angle; St, Standing; Sup, Supine; B, Side bending; An, Post-anesthesia; PO, Postoperative; R, Apical vertebral rotation.

Table 4. p-values between Each Group after ANOVA. Left-lower Part of the Table Designates Statistical Significances between the Cobb Angles of Each Group, and Right-upper Part Designates those between Rotation Angles of Each Group

p-Value	St	Sup	B	An	PO
St		0.960	0.958	0.050	0.036
Sup	<0.001		1.000	0.242	0.190
B	<0.001	<0.001		0.247	0.193
An	<0.001	0.556	<0.001		1.000
PO	<0.001	<0.001	0.010	<0.001	

St, Standing; Sup, Supine; B, Side bending; An, Post-anesthesia; PO, Postoperative.

굴곡 시에는 17.5도로서 6.2%만이 교정되었다. 양와위에서의 회전각 역시 17.5도로 측정되어 6.1%만의 교정율을 보였다. 그러나 마취 후에는 14.1도로 감소하여 24.5%가 교정되었는데, 이는 13.9도 및 25.7%의 술후 방사선사진상 회전각 및 교정율을 비교적 정확하게 반영하고 있는 것으로 나타났다(Table 3). 이상의 5개 군에서 Cobb 각 및 회전각의 평균 값이 유의한 차이를 보이는지 확인하기 위해 분산 분석을 시행한 결과, 각각 0.001 이하, 0.009의 p값을 보여 사후 검정을 시행하였다. 사후 검정상 Cobb 각은 양와위와 마취 후의 각도($p=0.556$)를 제외하고 모든 군 간에 유의한 차이를 보였으며, 회전각은 술전 기립과 마취 후, 술전 기립과 술후 방사선사진에서의 각도만이 유의하게 차이가 있는 것으로 판명되었다(Table 4). 결국 술전 기립 방사선사진상의 Cobb 각은 양와위, 마취 후, 측 굴곡, 수술적 교정에 의해 모두 통계적으로 유의하게 교정이 되었으며, 양와위 자세와 마취에 의한 변화는 유사하였다. 하지만 회전각은 대체적으로 큰 변화를 보이지 않았고, 마취와 수술적 교정만이 유의하게 각도를 감소시켰다. 따라서 양와위 자세는 술전 Cobb 각을 상당히 감소시키나 회전 변형에는 거의 영향을 미치지 못하며, 마취는 Cobb 각과 회전각 모두를 감소시키는 것으로 해석할 수 있겠다. 수동적 측 굴곡은 만곡의 유연성을 상당 부분 반영하나 수술적 치료에 의한

교정을 예측하는 데에는 부족함이 있으며, 관상면상의 변형만큼 측면상의 회전 변형에는 영향을 미치지 못한다고 볼 수 있다. 또한 강봉 반회전법에 의한 수술적 교정은, 관상면상 변형은 현저하게 감소시켜 주지만, 회전 변형에 대해서는 마취에 의한 효과 이상의 교정을 얻지 못하는 것으로 나타났다.

각 만곡의 끝 척추는 술전 기립 방사선사진 대비 양와위 및 마취 후 모두에서 총 31명의 환자 중 각각 18명이 변화를 보였다. 이중 또는 삼중 만곡(double or triple curve)에서 만곡의 이행 부위에 있는 끝 척추가 가장 많은 변이를 나타내었으며, 최상단의 끝 척추는 양와위 방사선사진에서의 2예만이 변화하였다. 중립 척추의 경우 마취 후 방사선사진에서는 큰 변화를 보였지만(20명, 64.5%), 양와위에서는 10명(32.3%)에서만 변화가 있어 상대적으로 적은 빈도로 나타났다. 중립 척추도 만곡의 이행 부위에서 가장 많이 변화하는 양상을 보였다. 수술 중 C형 투시 장치 상에서 관찰된 중립 척추 역시 많은 변화를 보여, 중립 척추가 유합 범위에 포함되지 않아 회전각이 측정되지 않았던 2명을 제외한 29명 중 16명(55.2%)에서 기립 방사선사진에 비해 변이가 나타났는데, 마취 후의 방사선사진과 비교하여도 무려 16명이 변이를 보였다(Table 1).

고 찰

척추측만증에서 자세의 변화, 마취 및 근육 이완제의 효과, 후방 접근 시 척추주위 근육의 박리 등에 의해 변형의 크기가 어느 정도 감소한다는 것은 많은 척추 외과의들이 경험적으로 인지하고 있을 뿐 아니라 몇몇 연구에 의해서도 증명된 바 있다. Torell 등²³⁾은 양와위 자세에서 기립 자세에 비해 변형이 평균 9도가 교정된다고 하였고, 그 밖의 저자들도 양와위 또는 복와위에서 23 내지 31%의 교정율을 보고하고 있다^{10,17,25)}. 수술 시 마취 후 연부 조직을 유리한 상태에서는 좀 더 많은 교정이 일어날 것으로 예상되는데, Delorme 등⁶⁾은 이에 대해 Cobb

각이 평균 20도 감소하여 37%의 교정율을 보였음을 보고하였고, Behairy 등¹⁾은 기기술 전 척추주위 근육의 유리에 의한 교정이 전체 교정율의 42%를 차지하나 변이가 매우 심하다고 하였다. 본 연구의 경우 양와위 및 마취 후 복와위에서 촬영한 방사선사진상 술전 기립 자세에 비해 각각 11.4도 및 14.5도가 감소하여 전체 교정율(74.0%)의 34%, 43%를 차지하였다. 하지만 두 군 사이에 통계적으로 유의한 차이는 없어 마취 자세에 의한 관상면상 변형 교정의 효과는 크지 않을 것으로 생각된다. 이에 관한 보고는 매우 드문데, Duke 등⁷⁾이 두 명의 환자를 대상으로 한 생역학적 모의 실험(biomechanical simulation)에서 마취 요인을 고려하였을 때 수술 중 복와위 모의 실험 결과가 실제 수술중 방사선사진상의 결과에 더욱 근접하였음을 보고한 바 있다.

자세나 마취에 의한 회전 변형의 변화에 대해서는 알려진 바가 더욱 많지 않다. Delorme 등⁶⁾은 척추측만증에 관한 3차원적 연구에서 관상면 및 시상면에서와 마찬가지로 최대 변형면의 방향(orientation of the plane of maximum deformity) 역시 술전에 비해 수술적 노출 후 흉추, 요추 만곡에서 각각 39% 및 16%의 유의한 변화를 보였다고 하였으며, Yazici 등²⁵⁾도 Perdriolle의 방법과 전산화 단층 촬영을 이용하여 침부 척추의 회전 변형을 측정할 결과 기립 자세에서 평균 22.75도였던 회전각이 양와위에서 각각 16.78도 및 16.48도로 감소하였음을 보고하였다. 저자들의 결과에서 특이한 점은, 양와위 자세에 의해서는 회전 변형이 거의 교정되지 않았으나 마취 후 촬영한 방사선사진에서는 통계적으로 유의하게 회전각이 감소하였다는 사실이다. 원인이 무엇인지는 정확히 알 수 없지만, 양와위와 복와위의 차이, 수술대의 영향, 근육의 이완, 회전각의 측정 오차 등이 이에 기여할 수 있을 것으로 생각된다. 보다 정확한 마취의 효과를 보기 위해서는 동일한 조건에서의 술전 복와위 방사선사진과 비교하는 것이 바람직하겠으나, 저자들의 경우에는 술전 복와위 사진을 촬영하지 않았기 때문에 이것이 한계점 중의 하나라고 할 수 있겠다.

또한 마취 후의 방사선사진과 기기술 후 방사선사진에서 회전각이 유의한 차이를 보이지 않아, 강봉 반회전술이 과연 실제적인 회전 변형의 교정을 가져올 수 있는가에 대한 의문이 제기되며^{11,13,19)}, 이는 직접 척추 회전을(direct vertebral rotation)을 제안하였던 Lee 등¹³⁾의

주장과 부합하는 것이 사실이다. 하지만 강봉 반회전술은 만곡에 대해 강력한 후내향 효과(posteromedialization effect)를 발휘하여 관상면상 및 시상면상 변형을 훌륭하게 교정하고 임상적 결과 또한 만족스러운 것으로 받아들여지고 있기 때문에^{3,13)}, 측면상의 회전 변형을 직접 교정하는 것이 임상적으로 어떤 효과와 의미가 있는지에 대해서는 더 많은 연구가 필요할 것이다.

척추측만증의 수술적 치료 시 유합 범위 및 수술 방법을 결정하기 위해 만곡의 유연성을 평가하는 것이 매우 중요하다. 현재까지는 양와위에서 만곡을 측 굴곡하여 방사선사진을 촬영하는 것이 표준적인 방법으로 받아들여지고 있으나^{5,10)}, 이에 대한 신뢰도에 의문이 지속적으로 제기되면서 전인^{5,17)}, 복와위-압박²⁴⁾, 지렛대 굴곡^{2,10)} 등의 방법이 수술에 의한 교정 정도를 예측하는데 있어서 더 우월하다는 것이 보고되고 있다. 그러나 이는 대부분 전후면 방사선사진상의 Cobb 각을 지침으로 하며, 회전 변형의 교정에 대한 보고는 매우 드물다. Vedantam 등²⁴⁾은 복와위-압박(push-prone)과 측 굴곡 방사선사진을 비교한 논문에서, 두 방법 모두 수술에 의한 Cobb 각의 교정을 예측하는 데에는 불충분하나, 복와위-압박 방사선사진이 최하위 기기삽입 척추(lowest instrumented vertebra)의 회전 및 전위를 더 정확하게 예측할 수 있다고 보고한 바 있다. 본 연구에서 수동적 측 굴곡에 의한 관상면상 변형의 교정율은 59.5%로서 전체 교정율 74.0%를 예측하는 데 불충분하였으며, 회전 변형의 교정은 6.2%에 그쳐 통계적으로 유의하게 회전각을 변화시키지 못하였고, 이는 양와위 자세에 의한 효과(6.1%)와 유사하였다. 이는 당연한 결과일 수도 있는데, 현재 사용되는 강력한 척추경 나사못 기기에 의한 교정력을 측 굴곡으로 재현한다는 것은 불가능해 보일 뿐 아니라, 측 굴곡 시 가해지는 힘은 이차원적인 것이기 때문에 회전 변형을 교정하기에는 무리가 있을 것이다.

척추측만증의 교정술에 척추경 나사못이 도입되면서 과거에 비해 안정 척추(stable vertebra)의 중요성은 감소하였으나, 유합 범위의 결정에 있어서 끝 척추와 중립 척추를 정하는 것은 매우 중요하다^{18,22)}. 이는 대부분 기립 방사선사진에서 결정되는데, 수술 시 촬영한 방사선 사진이나 투시 장치 상에서 변화하는 경우가 많아 혼동을 일으킬 수 있으나, 저자들의 검토 결과 이러한 사실에 대해서는 아직까지 보고된 바가 없다. 본 연구의 결과 상당

수의 환자가 한 개 이상의 끝 척추 또는 중립 척추의 변이를 보였는데, 마취 후 방사선사진에서의 중립 척추가 양와위에 비해 두 배의 변화(64.5% : 32.3%)를 나타낸 것은 첨부 척추의 회전 변형이 마취 후에서만 유의하게 변화한 사실과 일맥상통한다고 볼 수 있겠다. 또 한 가지 특기할 만한 사항으로서 척추경 나사못 삽입 시 C형 투시 장치에서 확인된 중립 척추가 마취 후 방사선사진에서의 중립 척추와 상이한 경우가 많았는데 이 역시 명확하게 설명할 수는 없으나 수술적 노출 시 연부 조직 유리가 회전 변형에 영향을 미칠 수 있다는 점, 견인 기구(retractor) 등에 의한 조작이 자세를 변화시킬 수 있다는 점, C형 투시 장치의 회전각 측정에 오차가 있을 수 있다는 점 등을 원인으로 생각할 수 있겠다. 아직 이러한 문제가 유합 범위의 결정에 대해 어떠한 영향을 미치며, 임상적으로 어떤 중요성을 갖는지에 대해 언급하기는 힘들다. 그러나 저자들의 경험상 일부 환자에서는 변화가 매우 현저하여 유합 범위의 결정에 있어서 혼란을 가져오기도 하는 것이 사실이며, 이에 대한 연구가 더 필요할 것으로 판단된다.

실례로 증례 23 (Fig. 1)의 경우 King 제4 형의 만곡으로서, 술전 기립 방사선사진에 비하여 수술중 방사선 사진 및 C형 투시 장치의 영상상 보상성 요부 만곡의 회전 방향이 변화하는 것이 관찰되었다. Suk 등²²⁾의 기준에 따르자면 완전히 다른 형태의 만곡으로 변화하였다고 생각할 수도 있다. 기립 방사선사진상 끝 척추가 제1 요추, 중립 척추가 제5 요추로서 두 분절 이상 차이가 나기 때문에 수술 전 계획은 제3 또는 4 요추까지 유합하는 것이었으나, 수술 도중 끝 척추 및 중립 척추가 각각 제12 흉추, 제1 요추로 변화한 것이 확인되어 이에 따른다면 제1 요추까지만 유합하여도 문제가 없을 것으로 판단되었다. 이러한 문제에 대한 연구 결과는 아직 없으나, 가동 분절의 보존 또한 중요한 문제이므로 저자들은 원래 계획보다 한 분절을 줄여 제2 요추까지 유합하였다. 6개월 추시 방사선사진상 아직 추체 추가 현상은 발생하고 있지 않다.

Cobb 각 및 회전각의 측정에 있어서 항상 문제가 되는 것이 관찰자간 및 관찰자내 신뢰도이다. Cobb 각은 3차원적인 구조를 2차원적인 사진상에서 측정하는 것이기

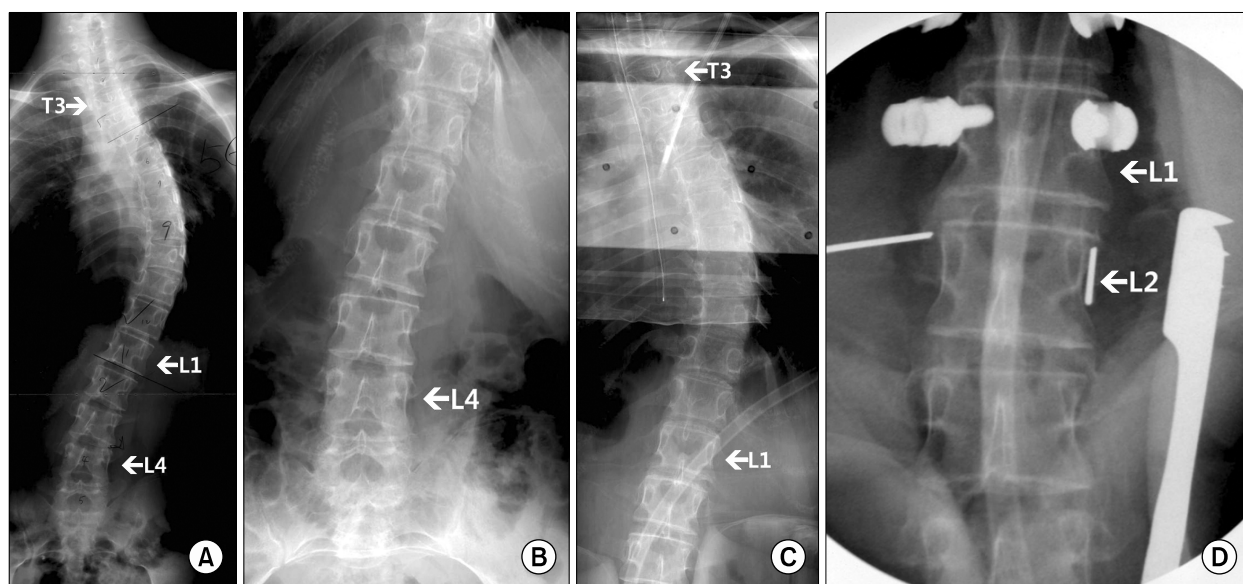


Fig. 1. Preoperative whole spine anteroposterior standing (A), lumbar spine supine (B), post-anesthesia (C) radiographs and an image taken by C-arm fluoroscopy during an L2 screw insertion (D) of a 18-year old female patient with adolescent idiopathic scoliosis (Case 23). In a standing radiograph, the end vertebrae of the curve were identified as T5 and L1, and the neutral vertebrae were T3 and L5. The lower end vertebra, however, changed to T12 in a post-anesthesia radiograph. The neutral vertebrae were so variable that the pedicle shadows of L4 were not symmetric in a standing radiograph, but became so in the supine one. Moreover, T4 and L1 were neutral in post-anesthesia film, and the image on the C-arm clearly demonstrates that vertebral rotation is converted to the opposite direction between L1 and L2. The angles of rotation at which symmetric pedicle images could be obtained by C-arm image intensifier in L1 and L2 were counterclockwise 3 degrees and clockwise 5 degrees, respectively.

때문에 그 자체의 부정확성을 내재하고 있으며, 끝 척추를 어떻게 결정하느냐가 오차를 좌우하는 가장 주요한 원인이다. 일단 끝 척추가 결정되면 관찰자간의 실제적인 측정 오차는 상당히 감소한다. 일반적으로 Cobb 각 측정의 관찰자간 및 관찰자내 변이는 4 내지 8도 정도로 알려져 있다⁸⁾. 본 연구에서 Cobb 각 측정은 기립 방사선사진에서 정해진 동일한 끝 척추를 이용하였으며, 급내 상관계수의 산출 결과 매우 높은 일치도를 보여 이에 대한 기존의 연구 결과와 크게 다르지 않았다^{8,20)}. 술후 방사선사진에서의 일치도가 다소 떨어졌는데, 이는 수술 시 사용된 기기에 의해 척추 종판의 음영이 모호해지는 경우가 많았기 때문일 것으로 추측된다.

척추의 회전을 측정하기 위한 다양한 방법들이 개발된 바 있는데, 단순 방사선사진상의 측정법은 대부분 척추경의 전위(pedicle offset)를 이용한다. 최근에는 전산화 단층 촬영에 의한 방법이 많이 사용되고 있지만, 가격이 비싸고, 방사선 노출의 위험성이 증가하며, 자세의 영향에 의해 변형의 실제 크기가 과소 측정될 가능성이 있다²⁵⁾. Perdriolle의 방법은 특수하게 제작된 염전각 측정기를 이용하는 것으로서 간편하고 비교적 정확하게 척추의 회전을 측정할 수 있고, 양와위에서 전산화 단층 촬영 측정법에 비해 정확도에 있어서 유의한 차이가 없다는 보고도 있다²⁵⁾. 신뢰도 또한 나쁘지 않아서 관찰자내 오차는 1 내지 2도, 관찰자간 오차는 3 내지 5도로 알려져 있으며, 다만 회전각이 30도 이상으로 클 경우 관찰자간 신뢰도에 문제가 생길 수 있다고 지적된다¹⁵⁾. 또한 술후 방사선사진에서 강봉이나 척추경나사못에 의해 해부학적 기준점이 불분명해짐으로써 오차를 초래할 수 있는 단점이 있으며, 이를 최소화할 수 있는 몇 가지 방법이 소개된 바 있다^{15,21)}. 저자들의 경우 전반적으로 높은 관찰자간 및 관찰자내 신뢰도를 나타내었으나 Cobb 각의 측정에서 보다는 열등한 결과를 보였으며, 예상했던 것처럼 술후 방사선사진상에서의 관찰자간 신뢰도가 가장 낮았다. Potter 등¹⁸⁾은 끝 척추, 중립 척추 및 안정 척추의 신뢰도에 대해 보고한 바 있는데, 관찰자내 신뢰도는 양호 내지 우수하였으나 관찰자간 신뢰도는 불량하였고, 관찰자의 경험이 신뢰도에 큰 영향을 미칠 수 있다고 하였다. 본 연구에서는 자세 및 마취에 의한 끝 척추, 중립 척추의 변화 양상을 관찰하는 것이 목적이었기 때문에, 척추 외과의 한 명이 동일한 조건에서 이들을 평가하였다.

결론

양와위 자세 및 마취에 의해 관상면상 변형은 상당히 교정되나, 측면상의 회전 변형은 마취에 의해서만 유의하게 교정되었다. 양와위 자세와 마취에 의한 Cobb 각의 교정은 전체 교정율의 34%, 43%를 각각 차지하였다. 수동적 측 굴곡은 기기에 의한 변형의 교정을 충분히 반영하지 못하며, 회전각을 유의하게 변화시키지 못하였다. 강봉 반회전술에 의한 수술적 교정은 마취에 의한 회전각의 변화 이상으로 회전 변형을 감소시키지 못하였다. 자세와 마취에 의해 끝 척추와 중립 척추가 변화하는 경우가 많으며, 이에 대한 보다 심층적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Behairy YM, Hauser DL, Hill D, Mahood J, Moreau M: Partial correction of cobb angle prior to posterior spinal instrumentation. *Ann Saudi Med*, 20: 398-401, 2000.
2. Cheung KM, Luk KD: Prediction of correction of scoliosis with use of the fulcrum bending radiograph. *J Bone Joint Surg Am*, 79: 1144-1150, 1997.
3. Chi JH, Lee R, Mummaneni PV: Concepts of surgical correction-segmental derotation and translation techniques. *Neurosurg Clin N Am*, 18: 325-328, 2007.
4. Cobb JR: Outline for the study of scoliosis. *Am Acad Orthop Surg Instruc Lect*, 5: 261-275, 1948.
5. Davis BJ, Gadgil A, Trivedi J, Ahmed el-NB: Traction radiography performed under general anesthetic: a new technique for assessing idiopathic scoliosis curves. *Spine*, 29: 2466-2470, 2004.
6. Delorme S, Labelle H, Poitras B, Rivard CH, Coillard C, Dansereau J: Pre-, intra-, and postoperative three-dimensional evaluation of adolescent idiopathic scoliosis. *J Spinal Disord*, 13: 93-101, 2000.
7. Duke K, Aubin CE, Dansereau J, Labelle H: Biomechanical simulations of scoliotic spine correction due to prone position and anesthesia prior to surgical instrumentation. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 20: 923-931, 2005.
8. Gstoettner M, Sekyra K, Walochnik N, Winter P, Wachter R, Bach CM: Inter-and intraobserver reliability assessment of the Cobb angle: manual versus digital measure-

- ment tools. *Eur Spine J*, 16: 1587-1592, 2007.
9. King HA, Moe JH, Bradford DS, Winter RB: *The selection of fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis*. *J Bone Joint Surg Am*, 65: 1302-1313, 1983.
 10. Klepps SJ, Lenke LG, Bridwell KH, Bassett GS, Whorton J: *Prospective comparison of flexibility radiographs in adolescent idiopathic scoliosis*. *Spine*, 26: E74-79, 2001.
 11. Labelle H, Dansereau J, Bellefleur C, de Guise J, Rivard CH, Poitras B: *Perioperative three-dimensional correction of idiopathic scoliosis with the Cotrel-Dubousset procedure*. *Spine*, 20: 1406-1409, 1995.
 12. Lee CS, Kim MJ, Ahn YJ, Kim YT, Jeong KI, Lee DH: *Thoracic pedicle screw insertion in scoliosis using posterior-anterior C-arm rotation method*. *J Spinal Disord Tech*, 20: 66-71, 2007.
 13. Lee SM, Suk SI, Chung ER: *Direct vertebral rotation: a new technique of three-dimensional deformity correction with segmental pedicle screw fixation in adolescent idiopathic scoliosis*. *Spine*, 29: 343-349, 2004.
 14. Lenke LG, Betz RR, Harms J, et al: *Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis*. *J Bone Joint Surg Am*, 83: 1169-1181, 2001.
 15. Omeroğlu H, Ozekin O, Bicimoğlu A: *Measurement of vertebral rotation in idiopathic scoliosis using the perdriolle torsionmeter: a clinical study on intraobserver and interobserver error*. *Eur Spine J*, 5: 167-171, 1996.
 16. Perdriolle R, Vidal J: *Thoracic idiopathic scoliosis curve evolution and prognosis*. *Spine*, 10: 785-791, 1985.
 17. Polly DW Jr, Sturm PF: *Traction versus supine side bending: which technique best determines curve flexibility?* *Spine*, 23: 804-808, 1998.
 18. Potter BK, Rosner MK, Lehman RA Jr, Polly DW Jr, Schroeder TM, Kuklo TR: *Reliability of end, neutral, and stable vertebrae identification in adolescent idiopathic scoliosis*. *Spine*, 30: 1658-1663, 2005.
 19. Shah SA: *Derotation of the spine*. *Neurosurg Clin N Am*, 18: 339-345, 2007.
 20. Shea KG, Stevens PM, Nelson M, Smith JT, Masters KS, Yandow S: *A comparison of manual versus computer-assisted radiographic measurement. Intraobserver measurement variability for Cobb angles*. *Spine*, 23: 551-555, 1998.
 21. Suk SI, Lee CK, Kim WJ, Chung YJ, Park YB: *Segmental pedicle screw fixation in the treatment of thoracic idiopathic scoliosis*. *Spine*, 20: 1399-1405, 1995.
 22. Suk SI, Lee SM, Chung ER, Kim JH, Kim WJ, Sohn HM: *Determination of distal fusion level with segmental pedicle screw fixation in single thoracic idiopathic scoliosis*. *Spine*, 28: 484-491, 2003.
 23. Torell G, Nachemson A, Haderspeck-Grib K, Schultz A: *Standing and supine cobb measures in girls with idiopathic scoliosis*. *Spine*, 10: 425-427, 1985.
 24. Vedantam R, Lenke LG, Bridwell KH, Linville DL: *Comparison of push-prone and lateral-bending radiographs for predicting postoperative coronal alignment in thoracolumbar and lumbar scoliotic curves*. *Spine*, 25: 76-81, 2000.
 25. Yazici M, Acaroglu ER, Alanay A, Deviren V, Cila A, Surat A: *Measurement of vertebral rotation in standing versus supine position in adolescent idiopathic scoliosis*. *J Pediatr Orthop*, 21: 252-256, 2001.

= 국문초록 =

목 적: 척추측만증에서 관상면상 및 측면상 변형의 크기와 끝 척추, 중립 척추가 체위 및 마취에 의해 어떻게 변화하는지 알아보았다.

대상 및 방법: 31명의 특발성 척추측만증 환자에서 62개의 구조성 만곡을 대상으로 기립, 양와위, 측 굴곡, 마취 후, 술후 전후면 단순 방사선사진상 각 만곡의 Cobb 각과 Perdriolle의 방법에 의한 첨부 척추의 회전 변형을 측정하고, 기립, 양와위, 마취 후 방사선사진에서 끝 척추, 중립 척추를 확인하여 서로 비교하였다.

결 과: 양와위, 측 굴곡, 마취, 수술에 의해 술전 기립 방사선사진상의 Cobb 각은 각각 25.0%, 59.5%, 31.7%, 74.0%가 교정되었으며, 회전각은 각각 6.1%, 6.2%, 24.5%, 25.7%가 교정되었다. 양와위 및 마취 후 사진 모두에서 18명(58.1%)의 환자가 끝 척추의 변이를 보였고, 중립 척추는 양와위 사진에서 10명(32.3%), 마취 후 사진에서 20명(64.5%)이 변이를 보였다.

결 론: 측만증의 관상면상 변형은 양와위 자세 및 마취에 의해 상당 부분 교정된다. 회전 변형은 마취에 의해 유의하게 교정되며, 강봉 반회전술로 그 이상의 교정을 얻을 수 없다. 끝 척추 및 중립 척추 또한 양와위 자세 및 마취에 의해 변화하는 경우가 많기 때문에 유합 범위의 결정에 혼란을 초래할 수 있다.

색인 단어: 측만증, 자세, 마취, 끝 척추, 중립 척추