

성인의 협부형 척추전방전위증에서 전방추체유합술과 척추경 나사못을 이용한 후측방 유합술의 결과 비교

연세대학교 의과대학 정형외과학 교실

김남현 · 이진우

— Abstract —

Comparison of Clinical Results between the Anterior Interbody Fusion and the Posterolateral Fusion with Transpedicular Fixation for the Treatment of Isthmic Spondylolisthesis in Adults

Nam Hyun Kim, M.D. and Jin Woo Lee, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea.

The results of surgical treatment for isthmic spondylolisthesis in children and adolescent have been well documented. Successful clinical results with fusion can be expected in children and adolescent. But in adults, instability was not the only problem. In addition to their instability, adults were more likely to have degenerative disc changes and nerve compression not solved by fusion only. The role of decompression in the surgical treatment of adult isthmic spondylolisthesis remains controversial. Anterior interbody fusion could obtain indirect decompression of nerve root through widening of intervertebral space. Posterolateral fusion with transpedicular fixation could get direct decompression. So, the purpose of this study is to compare the clinical results of the anterior interbody fusion and the posterolateral fusion with transpedicular fixation for the treatment of isthmic spondylolisthesis in adults.

We reviewed the clinical data of 40 adult patients who had been taken operation due to isthmic spondylolisthesis from June, 1977 to June, 1994. The anterior interbody fusion was performed in 20 patients(Group I) and the posterolateral fusion with transpedicular fixation was performed in 20 patients(Group II). The mean age of group I was 44.1 years old(21-62), and that of group II was 41.3 years old(21-57). The gender of patients was 8 males and 12 females in group I, and 5 males and 15 females in group II. The symptoms and signs of group I and II were similar. The duration of follow-up was average 3.6 years(1.1-16 years) in group I and average 2.3 years(1.1-6 years) in group II. The anterior slippage of group I by Taillard method was 16.1% and was corrected into 10.4% after opera-

* 통신저자 : 김 남 현

서울시 서대문구 신촌동 134번지
연세대학교 의과대학 정형외과학 교실

up was average 3.6 years(1.1-16 years) in group I and average 2.3 years(1.1-6 years) in group II. The anterior slippage of group I by Taillard method was 16.1% and was corrected into 10.4% after operation. That of group II was 15.2% and corrected into 9.8% after operation. The fusion rate at 12 months after operation was 90% in group I and 95% in group II. The clinical results were analysed by Kim's criteria that was focused on the improvement of clinical symptoms. The satisfactory results were obtained in 85 % of group I and 90 % of group II. So there was no significant difference of clinical results between the anterior interbody fusion and the posterolateral fusion with transpedicular fixation for the treatment of isthmic spondylolisthesis in adults($p < 0.05$).

Key Words : Spondylolisthesis, Isthmic, Adult, Anterior interbody fusion, Posterolateral fusion, Spinal instrumentation.

서 론

척추 후궁의 협부에 결손이 있으면서 척추체가 전방으로 전위되는 협부형 척추전방 전위증은 요통과 방사통의 흔한 원인으로 때로 그 증상이 매우 심하여 수술적 치료가 필요하다. 수술의 목적은 요통과 하지 방사통을 감소시키고, 더 이상 진행되는 전위를 방지하고, 요천부의 불안정을 없애므로 신경증상을 호전시켜 척추가 정상적인 역할을 하고 자세나 보행 등을 증진시키는 데 있다. 수술 방법으로는 전방고정술, 후방고정술, 후측방고정술 등의 척추고정술과 전방 또는 후방 감압술을 병행하거나 후궁절제와 섬유연골체를 제거하는 Gill¹⁰ 술식, 협부결손부위 수선술, 추체정복후 고정술 등이 있다. 또 최근에는 전방 또는 후방 고정기기를 이용하여 전위된 추체를 정복하거나 외고정장치를 이용하여 정복을 시도하고 있으며, 전위된 추체의 정복에 대한 타당성에 대해서는 아직 많은 논란이 있다.^{8,21}

소아 및 청소년기의 협부형 척추 전방전위증에 대한 수술적 치료 결과는 잘 알려져 있어, 단순 유합술만으로 약 80 - 100%의 환자에서 좋은 결과를 얻을 수 있다고 한다.^{14,15,26} Haraldsson과 Willner¹²는 22명의 청소년기 환자와 23명의 성인 환자에서 감압술없이 in situ 후측방 고정술만을 실시하여 그 결과를 비교하였다. 21명(95%)의 청소년기 환자에서 동통의 현저한 감소를 얻을 수 있었지만, 성인의 경우 단지 13명(57%)의 환자에서 비슷한 결과를 얻을 수 있었다고 한다. 즉 성인의 경우 청소년기의 경우와는 달리 척추의 불안정외에 고정술로 해결되지 않는 추간판의 변성 및 신경근 압박이라는 문제가 추가되어 있다고 할 수 있다. 성인의 척추 전방 전위증

의 수술적 치료에서 감압술의 역할에 대하여는 아직도 많은 논란이 있다. Gill 등¹⁰은 유합술없이 후궁판의 절제와 신경 감압술을 시행하여, 78%의 환자에서 성공적인 결과를 얻을 수 있었다고 보고하였으며, Davis와 Bailey⁷는 Gill술식을 이용하여 74%의 환자에서 좋은 결과를 얻었다고 하였다. Jackson 등¹⁶과 Peek 등²⁵은 신경근 증상을 보이는 경우에서도 유합술만으로 좋은 결과를 얻었다고 보고하였다. Hanley와 Levy¹¹, Johnson 등¹⁷, Kim 등¹⁹과 다른 저자들은²⁸ 방사통을 보이는 환자에서 감압술과 유합술을 추천하고 있다. 성인의 협부형 척추 전방 전위증에서 내고정 기기를 이용한 후측방 고정술의 결과에 대한 보고는 별로 없으며, 이들 보고에서 내고정 기기의 사용이 유합율을 증가 시키지 못한다고 보고하였다.^{19,23}

이에 연세대학교 정형외과학교실에서는 내고정 기기를 사용하지 않고 간접 감압(indirect decompression) 및 고정의 효과를 얻을 수 있는 전방 추체 유합술과 직접적 후방 감압(direct decompression) 및 고정의 효과를 얻을 수 있는 척추경 나사못을 이용한 후측방 유합술에서 전위의 교정율, 이식골의 유합율과 임상 결과를 비교하여 성인에서 협부형 척추 전방 전위증에 대한 수술적 치료 결과를 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

1977년 6월 부터 1994년 6월까지 17년간 연세대학교 의과대학 세브란스 병원에 협부형 척추 전방 전위증으로 입원 치료받은 만 20세이상의 성인중 병상기록과 방사선 사진등 자료가 보존되어 있는 40명을 대상으로 하였다. 수술전 검사로는 신체 검사외

Table 1. Criteria for clinical result

Excellent	: Complete relief of pain in back and lower limb No limitation of physical activity Analgesics not used Able to squat on the floor
Good	: Relief of most of pain in back and lower limb Able to return to accustomed employment Physical activities slightly limited Analgesics used only infrequently Able to squat on the floor
Fair	: Partial relief of pain in back and lower limb Able to return to accustomed employment with limitation, or return to lighter work Physical activities definitely limited Mild analgesics medication used frequently Mild limitation to squat on the floor
Poor	: Little or no relief of pain in back and lower limb Physical activities greatly limited Unable to return to accustomed employment Analgesic medication used regularly Unable to squat on the floor without support

Table 2. Analysis of results

	Group I ^a	Group II ^b
1. Age	44.1(21-62)	41.3(21-57)
2. M:F	8:12	5:15
3. LBP ^c with radiating pain	70%	80%
4. Neurologic deficit	25%	30%
5. Site		
L3	0	1
L4	7	8
L5	13	11
6. Displacement		
Meyerding's grade I	14	15
grade II	6	5
Taillard method	16.1%(8-30)	15.2%(8-35)
7. Post-op. displacement (Taillard method)	10.4%	9.8%
8. Instrumentation		
Steffee system		9
C-D system		7
WSI system		4
9. Satisfactory clinical results	85%	90%
10. Fusion rate at 1 year	90%	95%

Group I^a : Anterior interbody fusionGroup II^b : Posterolateral fusion with transpedicular fixationLBP^c : low back pain.

에 단순 방사선 소견, 핵자기 공명 영상 또는 척수강 조영 컴퓨터 단층 촬영을 시행하였고, 단순 방사선 소견에서 전방 전위의 정도를 Meyerding's grade²⁴⁾, Taillard method²⁵⁾로 측정하였다. 환자는 총 40명으로 전방 추체 유합술(제 1군)을 시행한 경우가 20명, 후방 감압술 및 척추경 나사못을 이용한 후측방 유합술을 시행한 경우(제 2군)가 20명이었다.

수술후 첫 1년간은 매 3개월마다, 수술후 1년 부터는 매 6개월마다 임상증상, 신체검사 소견 및 단순 방사선 소견으로 추시하였다. 골유합은 방사선 소견상 이식골간의 골소주의 교차, 동적촬영(dynamogram)상의 유합분절의 움직임이 없는 것을 판단 기준으로 하였다. 추시 기간은 1군의 경우 평균 3.6년(1.3-16년)이었으며, 2군의 경우 평균 2.3년(1.3-6년)이었다. 그리고 전위정도의 교정은 골유합이 끝난 시점의 전위 정도를 Taillard 방법으로 측정하여 평가하였으며, 임상 결과는 김 등¹⁸⁾의 방법에 의해 평가하였다(Table 1).

결 과

1) 연령 및 성별 분포

환자의 연령분포는 제 1군의 경우 21세에서 62세로 평균 44.1세였으며, 제 2군의 경우 21세에서 57세로 평균 41.3세(21-57세)로 각 군간에 연령분포의 차이는 없었다. 성별 분포는 제 1군의 경우 남자 8명, 여자 12명 이었으며, 제 2군의 경우 남자 5명, 여자가 15명이었다(Table 2).

2) 증상 및 징후

주된 증상은 요통과 하지 방사통을 호소한 경우가 제 1군의 경우 14명(70%), 제 2군의 경우 16명(80%)으로 각 군간에 별다른 차이는 없었다. 신체

검사 소견상 신경학적 이상을 보인 경우는 제 1군의 경우 5명(25%), 제 2군의 경우 6명(30%)으로 별다른 차이를 보이지 않았다.

3) 이환부위

협부 결손을 보인 해부학적 부위는 제 1군의 경우 제 4 요추가 7예(35%), 제 5요추가 13예(65%)였으며, 제 2군의 경우 제 3요추가 1예(5%), 제 4요추가 8예(40%), 제 5요추가 11예(55%)였다.

4) 전방 전위의 정도 및 교정율

척추 전방 전위의 정도는 Meyerding 방법에 의하면 제 1군의 경우 grade I이 14예(70%), grade II가 6예(30%)였으며, 제 2군의 경우 grade I이 15예(75%), grade II가 5예(25%)였다. Taillard방법에 의한 전위의 정도는 제 1군의 경우 평균 16.1%(8-30%), 제 2군의 경우 15.2%(8-35%)로 각 군간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 수술중 전위의 정복을 일부러 시행하지는 않았으나 술후 전위가 정복된 정도를 Taillard 방법으로 골유합이된 시점에서 측정하였다. 제 1군의 경우 수술후 10.4%, 제 2군의 경우 9.8%를 보여 교정율은 각각 35%, 36%로 각 군간에 별다른 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$).

5) 수술방법 및 술후 재활

수술은 모두 제 1저자에 의하여 시행되었으며, 제 1군의 경우 후복막 도달법(retroperitoneal approach)을 이용하여 이환된 추체의 추간원판을 제거하고 골이식을 실시하였는데, 자가골을 이식한 경우가 19예, 동종골을 이식한 경우가 1예 있었다. 제 2군의 경우 후방도달법을 이용하여 Gill 술식과 환자의 증상에 따라 신경근 감압술, 척추경 나사못을 이용한 후측방 유합술을 실시하였다. 골이식은 자가골 이식술을 17예에서, 동종골 이식술을 3예에서 실시하였다. 제 2군에서 3 level유합한 경우가 2예 있었는데 이는 전위된 추체 상위에서 추간판 탈출증이 관찰되어 감압술을 시행한 경우였다. 제 2군에서 사용한 내고정 기구는 Steffee system 9예, Cotrel-Dubousset system 7예, WSI-titan system을 4예에서 사용하였다. 술후 재활은 각 군에서 동일하게 술후 3-5일째에 침상에 앉히고, 5-10일째에 침대

에서 나와 보행을 시작하였으며, 2-3주후에 퇴원하게 하였다. 술후 고정은 제 4요추 이상이 이환된 경우 Knight형 혹은 TLSO 보조기를, 요천추부가 포함된 경우는 Knight-Kim형 보조기를 착용시켰다.

6) 임상결과

제 1군의 경우 최우수(excellent) 3예(15%), 우수(good) 14예(70%), 양호(fair) 3예(15%)였으며, 제 2군의 경우 최우수 2예(10%), 우수 16예(80%), 양호 2예(10%)로 만족할 만한 결과를 보인 경우가 1군에서 85%, 2군에서 90%였다. 따라서 양 군간에 임상적 결과에 있어 유의한 차이를 보이지 않았다.

8) 이식골의 유합율

골유합은 방사선 소견상 이식골간의 골소주의 교차, 동적 촬영상(dynamogram)의 유합분절의 움직임이 없는 것을 판단기준으로 하였다. 제 1군의 경우 대체로 술후 6개월부터 유합되는 경향이 있었으며, 술후 12개월을 기준으로 조사한 결과 18명에서 완전 또는 부분 유합의 소견이 관찰되어 90%의 유합율을 보였다. 제 2군의 경우도 술후 6개월부터 유합되는 경향을 보여 술후 12개월에 19명의 환자에서 유합의 소견이 관찰되어 95%의 유합율을 보였다. 따라서 양 군간에 유합율의 유의한 차이를 관찰할 수 없었다.

7) 합병증

합병증으로는 제 1군의 경우 하지의 온감각(warm sensation)을 호소한 경우가 2예, 일시적 마비성 장폐색이 2예, 요저류(urinary retention)을 보인 경우가 1예 였으나, 모두 시간이 경과함에 따라 호전되었으며, 지연 유합이 2예 있었으나 임상 증상은 수술전과 비교하여 호전되어 양호를 보였다. 제 2군의 경우 나사못의 이완(loosening of pedicle screw)이 1예에서 관찰되었으나 임상적으로 별다른 증상을 호소하지 않았다.

토 론

척추 전방 전위증에서 전방 유합술은 1932년 Capener⁸⁾가 처음으로 32예를 보고한 이래로 여러

저자들이 우수한 치료성적을 발표한바 있다. 전방 추체 유합술의 역학⁹⁾을 보면 추간관절에서의 전단력은 추간판, 후방관절들기, 관절막, 지지근육 등에 의해 유지되는데, 만약 인대가 늘어 지거나 추간판의 높이가 낮아지면 후방인대군의 기능장애를 일으키고 인대군의 길이가 감소되면 척추분절의 운동이 소실되며 기능척추 단위(functional vertebral unit)가 붕괴되고, 그 결과로 다른 분절에도 영향을 미치게 된다. 따라서 전방 전위증이 있는 부위의 한 분절의 인대 길이는 유지되어야만 하며 이렇게 추간판의 높이를 유지하기 위해서는 수술적 복원이 필요한 것으로, 전방 추체 유합술에 의해 복원이 가능해진다. 전방 추체 유합술의 장점으로 추체의 전방전위 정도를 수술시야를 통해서 직접 볼 수 있고, 척추나 신경근을 직접 접촉할 필요가 없으므로 후방지지 인대 등을 손상시키지 않아도 되며, 수기만 숙달하면 수혈이 거의 필요가 없으며, 술후 조기 운동이 가능하고 입원기간을 줄일 수 있으며, 술후 요통이나 방사통, 전이통 등이 소실되고, 척추의 유합율이 높다고 하였다¹³⁾. 전위된 추체를 전방 유합술로 치료할 수 있는 적응증으로 요통이나 하지의 급성통증의 증상이 있는 경우, 보존적 요법에 치료되지 않는 경우, 지속적인 만성요통, 심한 요추 불안정성이 인정되는 경우, Meyerding분류에서 Grade I내지 Grade II 정도의 소견을 보이는 경우, 후방도달법에 의한 수술 후 실패의 경우 salvage로서 시행할 수 있는 경우라고 하였다¹⁾.

최근 척추경 나사못을 이용한 후측방 고정술이 여러 가지 이점으로 많이 이용되고 있다. 척추경 나사못을 이용하여 수술할 경우의 이점으로 단분절 또는 최소분절 고정 가능하고, 과거에 수술받았던 예에서 수술부위에 결함이 생겼을 경우에도 이용할 수 있고, 전위의 정복을 시도할 때 유용하고, 수술 후 간단한 외고정으로 치료가 가능하다는 점등이 있다. 척추경 나사못등 내고정물 사용의 기본적 개념은 후방환의 결손을 복구함으로써 추간판을 통한 전단력을 감소시키는 데 있다고 하며, McAfee 등²²⁾은 동물 실험에서 내고정물의 사용으로 유합율을 증가시켰다고 하였다. 그러나 섬유륜 및 수핵을 제거하지 않고 후방부만을 제거할 경우 기존의 불안정성을 증가시키지 않는다고 하며, 그런즉 내고정물의 사용이 유합율을 증가시킬 수 없다고도 하였다²³⁾. 성공적인

골유합을 얻는 데 내고정 기구의 사용에 대한 평가로 McGuire와 Amundson²³⁾은 내고정 기구의 사용의 이점이 없다고 하였으며, Kim 등¹⁹⁾도 내고정 기구의 사용에 이점이 없다고 하면서 오히려 내고정 기구를 사용하지 않은 환자(74%)들에서 내고정 기구를 사용한 환자(67%)보다 더 높은 유합율을 얻을 수 있었다고 하였다. 그러나 최근 Ricciardi 등²⁷⁾은 성인의 협부형 척추 전방전위증에서 척추경 나사못을 이용한 후측방 고정술을 실시하여 94%의 유합율을 보였다고 보고하였다.

성인의 척추 전방전위증에서 이식골의 유합율에 대하여 살펴보면 전방 추체 유합술을 시행한 경우 방사선적 골유합은 대부분의 저자들이 50-93%의 골유합 소견을 보고하고 있는데^{2,3,4)} 본 연구의 경우 90%의 유합율을 보여 다른 결과보다 비교적 양호한 결과를 얻었다. 이는 술후 외고정을 철저히 시행한 것에서 기인된 것으로 생각된다. 척추경 나사못을 이용한 후측방 고정술의 경우 20명중 19명에서 유합의 소견이 관찰되어 95%의 유합율을 보여 Ricciardi 등²⁷⁾의 94%와 비슷한 결과를 보였다. 그러나 이는 내고정물을 사용하지 않은 전방 추체 유합술과 비교하여 유의한 차이를 보이지 않았으며, Jackson 등¹⁶⁾이 보고한 내고정을 하지 않은 후측방 고정술의 87%의 유합율과도 별다른 차이를 보이지 않았다. 최근 Kim 등¹⁹⁾은 성인 척추 전방 전위증에서 유합율에 영향을 미치는 인자들을 조사하여 전방 및 후방 유합술을 동시에 시행한 경우와 술후 석고 고정을 실시한 경우에서 유합율이 높았다고 보고하였다. 따라서 척추경 나사못의 사용이 성인의 척추 전방전위증의 치료에서 이식골의 유합율을 높이지 못한다고 할수 있겠다. 그러나 최근 Lenke 등²⁰⁾의 보고에 의하면 내고정물을 사용한 경우 골유합 여부를 판독하기가 매우 어렵다고 하였으며, 또한 유합에 대한 방사선학적 기준의 엄격성(strictness)이 유합율을 좌우한다고 하였다. 근래에 개발된 척추내고정 기구는 여러 가지 점에서 많은 유용성이 인정되고 있다. 그러나 최근의 연구문헌을 살펴보면 뚜렷한 적응증을 넘어서 내고정기구를 과용하는 경향이 있음을 알수 있다. 이러한 점에서 볼 때 척추전방유합술은 내고정기구를 이용하지 않는 방법이면서 장기적 추시에서는 내고정기구를 이용한 다른 방법과 비교할 때 전위의 교정 정도, 골유합율 및 임상결과에

서 큰차이가 없음을 알았다.

성인의 협부형 척추 전방 전위증의 수술적 치료의 결과에 대한 보고는 매우 적다. 대부분 저자들은 성인에서의 유합을 및 임상 증상이 소아 및 청소년기 환자에서 보고된 것과 비교하여 낮다고 하였다^{11, 12, 16, 17, 19, 23, 30}. 소아에서 감압술없이 유합술만으로 좋은 결과를 보인다는 이유로 원위치 고정술만 하여도 유합이 잘 이루어져 분절운동이 없�지며 신경자극 증상은 대체로 소실된다고 하였다⁵. 성인의 협부형 척추 전방전위증의 수술에 대한 본 연구에서 임상적 결과는 전방 추체 유합술을 실시한 경우 85%에서 만족할 만한 결과를 보였으며, 척추경 나사못을 이용한 후측방 유합술의 경우 90%에서 만족할 만한 결과를 보였다. 따라서 양 군간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 성인의 협부형 척추 전방 전위증에 대한 치료 결과인 Hanley와 Levy¹¹의 60%, Haraldsson과 Willner¹²의 57%와 비교하면 좋은 결과를, Jackson 등¹⁶의 83%, Kim 등¹⁹의 85%, Ricciardi 등²⁷의 88%와는 비슷한 결과를 보였다. 따라서 본 연구의 임상적 결과도 다른 보고와 마찬가지로 소아 및 청소년기의 수술적 치료 결과와 비교하여 높지 않은 것이라고 할 수 있겠다. 또한 제 1군과 2군 사이에 장기적으로 추시한 임상결과에서 유의한 차이를 보이지 않은 점으로 보아 후방도달법에 의한 직접적인 신경 감압술이 전방 추체 유합술의 간접 감압술과 비교하여 큰 차이가 없음을 알 수 있었다.

결 론

성인의 협부형 척추 전방 전위증의 수술적 치료에서 간접 감압 및 유합술인 전방 추체 유합술과 직접 감압 및 유합술인 척추경 나사못을 이용한 후외방 고정술에서 이식골의 유합율과 임상적 결과에는 유의한 차이가 없었다.

REFERENCES

- 1) 김남현, 최종혁 : 전방 추체 유합술에 의한 척추전방 전위증의 치료, *대한정형외과학회지*; 23(3):789-806, 1988.
- 2) 김남현, 최종혁, 박성진 : 척추질환에서 전방 추체 유

- 합술후 골유합율에 관한 연구, *대한척추외과학회지*; 1(1):54-65, 1994.
- 3) 박병문, 김남현, 강음식, 박찬수 : 척추전방전위증의 수술적 치료에 관한 임상적 연구, *대한정형외과학회지*; 19:49-57, 1984.
- 4) 정광표, 한상요, 조덕연, 김기용 : 요추 분리증 및 전위증에 시행한 전방유합술의 결과, *대한정형외과학회지*; 17:1127-1136, 1982.
- 5) **Boxall D, Bradford DS, Winter RB and Moe JH** : Management of severe spondylolisthesis in children and adolescent. *J Bone Joint Surg*, 61-A:479-495, 1979.
- 6) **Capener N** : Spondylolisthesis. *British J Surg*, 19:374-386, 1932.
- 7) **Davis S and Bailey RW** : Spondylolisthesis: long term follow-up study of treatment with total laminectomy. *Clin Orthop*, 88:46-49, 1972.
- 8) **Edwards CC** : Reduction of spondylolisthesis biomechanics and fixation. *Orthop Trans*, 10:543, 1986.
- 9) **Evans JH** : Biomechanics of lumbar fusion. *Clin Orthop*, 193:38-46, 1985.
- 10) **Gill CG, Manning JG and White HL** : Surgical treatment of spondylolisthesis without fusion. *J Bone Joint Surg*, 37-A:493-520, 1955.
- 11) **Hanley EN and Levy JA** : Surgical treatment of isthmic lumbosacral spondylolisthesis: analysis of variables influencing results. *Spine*, 14:48-50, 1989.
- 12) **Haraldsson S and Willner S** : A comparative study of spondylolisthesis in operation on adolescents and adults. *Arch Orthop Trauma Surg*, 101:101-105, 1983.
- 13) **Harmon PH** : Anterior excision and vertebral body fusion operation for intervertebral disk syndromes for the lower lumbar spine. *Clin Orthop*, 26:107-127, 1963.
- 14) **Hensinger RN** : Current concepts review: spondylolysis and spondylolisthesis in children and adolescents. *J Bone Joint Surg*, 71-A:1098-1107, 1989.
- 15) **Hensinger RN, Lang JR and MacEwen GD** : Surgical management of spondylolisthesis in children and adolescents. *Spine*, 1:207-216, 1976.
- 16) **Jackson RK, Boston DA and Edge AJ** : Lateral mass fusion: a prospective study of a consecutive series with long term follow-up. *Spine*, 10:828-832, 1985.
- 17) **Johnson LP, Naska RJ and Dunham WK** : Surgical management of isthmic spondylolisthesis. *Spine*, 13:93-97, 1988.

- 18) **Kim NH and Kim DJ** : Anterior interbody fusion for spondylolisthesis. *Orthopedics*, 14(10):1069-1076, 1991.
- 19) **Kim SS, Denis F, Lonstein JE and Winter RB** : Factors affecting fusion rate in adult spondylolisthesis. *Spine*, 15:979-984, 1990.
- 20) **Lenke LG, Bridwell KH, Bullis D, Betz RR, Baldus C and Schoenecker PL** : Results of in-situ fusion for isthmic spondylolisthesis. *J Spinal Disorders*, 5:433-442, 1992.
- 21) **Mattiass HH and Heine J** : The surgical reduction of spondylolisthesis. *Clin Orthop*, 203:34-44, 1986.
- 22) **McAfee PC, Farey I, Sutterlin CE, Gurr KR, Warden KE and Cunningham BW** : Device-related osteoporosis with spinal instrumentation. *Spine*, 14:919-926, 1989.
- 23) **McGuire RA and Amundson GM** : The use of primary internal fixation in spondylolisthesis. *Spine*, 18:1662-1672, 1993.
- 24) **Meyerding HW** : Spondylolisthesis: Surgical treatment and results. *Surg Gynecol Obstet*, 54:371-377, 1932.
- 25) **Peek RD, Wiltse LL, Reynolds JB, Thomas JC, Guyer DW and Widell EH** : In situ arthrodesis without decompression for grade III or IV isthmic spondylolisthesis in adults who have severe sciatica. *J Bone Joint Surg*, 71-A:62-68, 1989.
- 26) **Pizzutillo PD, Miranda W and MacEwen GD** : Posterolateral fusion for spondylolisthesis in adolescence. *J Pediatr Orthop*, 6:311-316, 1986.
- 27) **Ricciardi JE, Pflueger PC, Isaza JE and Whitecloud III TS** : Transpedicular fixation for the treatment of isthmic spondylolisthesis in adults. *Spine*, 20:1917-1922, 1995.
- 28) **Rombold C** : Treatment of spondylolisthesis by posterolateral fusion, resection of the pars interarticularis, and prompt mobilization of the patient. *J Bone Joint Surg*, 48-A:1282-1300, 1966.
- 29) **Taillard W** : Le spondylolisthesis chez l'enfant et l'adolescent. *Acta Orthop Scand*, 24:115, 1954.
- 30) **Stauffer RN and Coventry MB** : Posterolateral lumbar spine fusion. *J Bone Joint Surg*, 54-A:1195-1204, 1972.