

## WSI-titan 장치를 이용한 하부요추질환의 치료

연세대학교 의과대학 정형외과학교실

김남현 · 이환모 · 이진우 · 송계우

### — Abstract —

### The Treatment of Lower Lumbar Spinal Diseases with Transpedicular Spinal Segmental Instrumentation Using WSI-titan System

Nam-Hyun Kim, M.D., Hwan-Mo Lee, M.D., Jin-Woo Lee, M.D.,  
Kye-Wook Song, M.D.

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

**Introduction.** The implants for spinal segmental instrumentation have been developed and changed many times since their birth. The WSI-titan system was developed under the aims of easy handling and providing stable fixation with short instrumentation.

**Objectives.** The purposes are to introduce new device for spinal segmental instrumentation, the WSI-titan system, and to study the biomechanical features of WSI-titan system. And we checked bone mineral density, preoperatively and somatosensory evoked potentials, intraoperatively, to lessen the complications of the transpedicular screw fixation in spine surgery, which resulted from osteoporosis and malposition of screws.

**Materials and methods.** We operated 16 cases of lower lumbar spinal diseases with WSI-titan system from November 1994 to August 1995 and the clinical results were analysed.

**Results.** Of the 16 cases, the mean age of the patients was 55 years old and three cases were male and 13 cases were female and average follow up periods was 16 months. Eight cases were diagnosed spinal stenosis and the levels of lesion were lumbar stenosis in six cases and lumbosacral stenosis in two cases. Eight cases were diagnosed spondylolisthesis, and among them, five cases were isthmic type and three cases were degenerative type, and anterior slippage occurred at L4 in four cases and at L5 in four cases. The extents of fusion area were one segment in seven cases, two segments in eight cases, and three segments in one case. The cases which were measured bone mineral density lower than  $0.75\text{g/cm}^2$  (about -3 of young age in Z score) were excluded. Preoperative somatosensory evoked potentials were all normal and no significant change in intraoperative somatosensory evoked poten-

\* 통신저자 : 김 남 현  
서울시 서대문구 신촌동 134  
연세대학교 의과대학 정형외과학교실

tials. Radiologic union was observed at six months of follow up in five cases, at nine months in six cases, at 12 months in four cases, and at 15 months in one case. The clinical results were excellent in seven cases, good in eight cases, and fair in one case.

**Conclusion.** The segmental spinal instrumentation with WSI-titan system in treatment of lower lumbar spinal diseases was highly successful method with providing rigid stability, biocompatibility, and easy handling. And the measurement of preoperative bone mineral density was useful in selection of patient for preventing from loosening of pedicular screws. And intraoperative somatosensory evoked potential was also useful in preventing from nerve damage at pedicular screw insertion.

**Key Words :** Spinal stenosis, Spondylolisthesis, Spinal segmental instrumentation, WSI-titan

## 서 론

척추 전방 전위증 및 척추관 협착증의 수술적 치료로는 감압 및 후측방 고정술이 널리 사용되고 있으며, 감압 후의 후측방 고정술을 시행할 때에는 척추경 나사못 고정과 함께 끌이식에 의한 유합술이 많이 사용되며, 척추경 나사못 장치로는 기기가 개발된 이래로 다양한 재질과 형태의 것이 소개되고 있다. 본 연구에서는 Wirbelsälen Instrumentarium(WSI-titan) 장치를 이용하여 하부요추질환에서의 척추경 고정술의 결과를 분석하고, WSI-titan장치의 특성에 대해 알아보자 한다.

뿐만 아니라 척추 전방 전위증 및 척추관 협착증에서 감압과 후측방 고정술의 시행에 있어서 척추경 나사못 고정에 의한 신경손상 및 나사못의 견고한 고정이 이루어지지 않아 발생하는 이식골의 불유합 등의 합병증을 줄이기 위해 골밀도 검사를 선행하여 골조송증에 의한 나사못의 해리(loosening)를 예방하고, 수술중 체감각 유발 전위(somatosensory evoked potential)를 측정하여 나사못이 척추경에 잘못 삽입되어(malposition) 발생할 수 있는 신경근 손상을 방지하여 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었음을 보고하는 바이다.

## 연구대상 및 방법

1994년 11월부터 1995년 8월까지 연세대학교 의과대학 세브란스병원 정형외과에서 척추 전방 전위증 및 척추관 협착증으로 입원하여 감압 및 WSI-titan장치를 이용한 척추경 나사못 고정과 끌이식을

이용한 후측방 유합술을 받은 16례를 대상으로 시행하였고, 추시기간은 최소 12개월, 최장 20개월로 평균 16개월이었다.

모든 환자는 내원당시 골밀도 검사(dual energy X-ray absorptiometry, DEXA, LUNAR, Madison, Wisconsin)를 시행하였고, 이환부위의 골밀도가  $0.75\text{g/cm}^2$ (Z수치가 젊은 성인의 -3)보다 낮으면 수술을 보류하고 골조송증치료를 시행하였고,  $0.75\text{g/cm}^2$ 이상인 경우에만 수술을 시행하였다<sup>1)</sup>.

수술전 검사로는 이학적 검사외에 단순방사선 소견, 핵자기 공명 영상 또는 척수강 조영 컴퓨터 단층촬영을 시행하였고 척추 전방 전위증의 경우 단순방사선 소견에서 Meyerding's grade<sup>2)</sup>, Taillard 백분율<sup>21)</sup>을 측정하였으며, 수술전 및 수술중에 체감각 유발 전위(somatosensory evoked potential, SEP)를 측정하였다.

수술방법은 먼저 감압술로서 척추관 협착증 및 퇴행성 척추 전방 전위증의 경우 추궁판 제거술, 추간공 절제술 및 추돌기 제거술을 시행하였고, 협부형 척추 전방 전위증의 경우는 Gill 술식<sup>11)</sup>을 이용하여 압박부위를 감압하였으며, WSI-titan장치를 이용한 척추경 고정과 자가 및 동종끌이식으로 후측방 유합술을 시행하였다.

수술후 3-5일간의 침상안정기간후 침상에서 좌우를 취할 수 있도록 하였고, 수술후 7-10일에 보조기를 착용하고 보행을 하도록 하였다. 보조기는 이환부위 및 고정부위가 요추부에 국한되어 있을때는 Knight 형 보조기를, 요천추부는 Knight-Kim 형 보조기를 사용했으며, 착용기간은 평균 6개월이었다.

수술후 첫 1년간은 매 3개월마다, 수술 1년후부터는 매 6개월마다 임상증상, 이학적 소견 및 단순방

사선 소견으로 추시하였다.

골유합은 단순방사선 사진이나 필요한 경우에는 단층촬영을 시행하여 방사선 소견상 이식골간의 골

소주의 교차, 동적촬영(dynamogram)상의 유합분 절의 움직임이 없는 것을 판단기준으로 하였다.

임상결과는 김 등<sup>14)</sup>의 방법에 의해 평가하였다 (Table 1).

**Table 1.** Criteria for clinical result

		결과
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	

### 1. 연령 및 성별분포

연령은 최소 32세부터 최고 65세까지였고 평균연령은 55세였다. 연령분포는 50대가 8례(50%)로 가장 많았으며, 성별은 여자가 13례(81%), 남자가 3례(19%)였다(Table 2).

### 2. 원인질환

원인질환으로는 척추관 협착증(Fig. 1-A, B, C, D, E)이 8례, 척추 전방 전위증(Fig. 2-A, B, C)이 8례였다. 척추 전방 전위증은 협부형이 5례, 퇴행성이 3례였다.

**Table 1.** Patient data

Case	Gender/Age	Diagnosis	Follow Up (month)
1	M/60	Spinal stenosis, L4-S1	20
2	F/55	Spinal stenosis, L4-L5	20
3	F/50	Spinal stenosis, L3-L4	19
4	F/65	Spinal stenosis, L4-S1	17
5	F/54	Spinal stenosis, L3-L5	15
6	F/45	Spinal stenosis, L2-L5	13
7	F/57	Spinal stenosis, L3-L5	12
8	M/65	Spinal stenosis, L3-L5	12
9	F/49	Spondylo.* L5. Isthmic. Grade II**	20
10	F/32	Spondylo. L5. Isthmic. Grade I	19
11	M/58	Spondylo. L4. Isthmic. Grade I	16
12	F/56	Spondylo. L5. Isthmic. Grade I	14
13	F/63	Spondylo. L4. Degenerative. Grade I	14
14	F/52	Spondylo. L4. Degenerative. Grade I	13
15	F/54	Spondylo. L4. Degenerative. Grade I	13
16	F/61	Spondylo. L5. Isthmic. Grade I	12

\*Spondylo : Spondylolisthesis, \*\*Meyerding's Grade

**Fig. 1.** 60 year-old man with spinal stenosis L4-S1  
(Case 1 in Table 2,3)

- A. Preoperative plain X-ray
- B. Preoperative MRI (sagittal)
- C. Preoperative MRI (axial)
- D. Postoperative plain X-ray
- E. 6 months postoperative plain X-ray shows sound fusion mass

### 3. 이환부위

이환부위는 척추 전방 전위증은 제4-5요추간이 4례, 제5요추-제1천추간이 4례였다. 척추관 협착증의 이환부위는 요추부가 6례, 요천추부가 2례였으며, 이환범위는 한분절이 2례, 두분절이 5례, 세분절이 1례였다.

### 4. 임상증상 및 이학적 소견

임상증상으로는 요통 및 하지 방사통이 있는 경우가 13례(81.3%)로 가장 많았고, 그외에 간헐적 파행, 단순 요통, 단순 방사통 등이 있었다. 이학적 소견으로는 요추부의 압통(68.8%)이 많았고, 그외에

**Table 3. Results**

Case	Symptom change		BDM (g/cm <sup>2</sup> )	Clinical Result at last follow up	Time of fusion (month)
	Preoperative/ Postoperative				
1	LBP and leg pain/LBP		1.225	Good	9
2	LBP/LBP		0.759	Good	9
3	LBP and leg pain/LBP		1.248	Good	12
4	LBP and leg pain/Leg pain		1.220	Good	12
5	LBP and leg pain/No pain		1.478	Excellent	9
6	LBP and leg pain/No pain		0.887	Excellent	15
7	LBP and leg pain/No pain		0.874	Excellent	6
8	LBP and leg pain/LBP and leg pain		1.272	Good	6
9	LBP and leg pain/LBP		1.038	Good	12
10	LBP and leg pain/No pain		1.247	Excellent	9
11	Leg pain/No pain		1.348	Excellent	6
12	LBP and leg pain/LBP		1.226	Good	9
13	LBP and leg pain/Leg pain		0.760	Good	6
14	LBP and leg pain/LBP and leg pain		0.981	Fair	12
15	LBP and leg pain/No pain		1.239	Excellent	9
16	LBP/No pain		0.952	Excellent	6

근력 감소(37.5%), 감각 변화, 요천추부의 변형, 하지 직거상 검사 양성, 심건반사 감소 등이 있었다.

### 5. 골밀도 검사

16례의 환자는 수술전에 시행한 골밀도 검사상 모두 이환부위(척추경 나사못 삽입부위)의 골밀도가 0.75g/cm<sup>2</sup>(Z점수가 젊은 성인의 -3) 이상이었으며 평균 골밀도는 1.112g/cm<sup>2</sup>였으며, 골밀도와 임상적인 결과 및 이식골 유합기간과는 유의한 관계는 없었다(Fig. 3).

### 6. 체감각 유발 전위 검사

척추경 나사못 삽입후 또는 금속봉(rod) 부착 후 시행한 수술중 체감각 유발 전위상 짧복기(latency)나 진폭(amplitude)에 유의한 연장 또는 변화가 관찰되지 않았으며 척추경 나사못이 잘못 들어간 경우(malposition)에 의한 신경근 손상이 없었음을 알 수 있었다.

### 7. 척추 전방 전위증의 전위 교정 정도

척추 전방 전위증의 수술전 측면 단순방사선 소견

상 이환부위의 전방전위는 Meyerding의 Grade로 Grade I이 7례, Grade II가 1례 였고, Taillard의 방법으로는 평균 16.6%의 전위를 보였으며, 수술후 정복정도는 Taillard의 방법으로 10%로 호전된 소견이었으며 최종추시에서도 정복의 손실은 없었다.

### 8. 이식골의 유합율

나사못 고정 및 후측방 골이식에 의한 고정범위는 1분절이 7례, 2분절이 8례, 3분절이 1례였고, 방사선적인 골유합은 술후 6개월에 5례, 9개월에 6례, 12개월에 4례, 15개월에 1례가 관찰되었으며 술후 1년내의 골유합율(fusion rate)은 94%였다(Table 3).

### 9. 합병증

수술후 합병증으로는 일파성 배뇨장애(transient urination difficulty) 3례, 마비성 장폐색증(paralytic ileus) 2례, 표재성 감염 1례가 있었으나 모두 보존적 요법으로 치료되었다. 내고정 장치의 파손, 휘어짐, 새로 발생된 신경증상 등의 내고정 장치와 관련된 합병증은 없었으나, 1례에서 수술후 3개

**Fig. 3.** Bone mineralodensitometry of Case 16 in Table 2,3 shows 0.952g/cm<sup>2</sup> of bone density and Z scores greater than -3 of young adult

월째 낙상으로 인한 나사못의 해리(loosening)가 관찰되었으나 추시상 수술후 12개월에 방사선 소견상 유합소견이 관찰되었고 임상결과는 양호였다.

#### 10. 임상결과

최종추시상의 임상결과는 우수(excellent) 7례, 양호(good) 8례, 보통(fair) 1례로 전체적으로 15례(94%)에서 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다.

#### 고 찰

척추질환에 있어서 흥요추의 척추경 나사 고정은 Cotrel-Dubousset<sup>6</sup>, Dick<sup>8</sup>, Moss<sup>9</sup>, Steffee<sup>20</sup>, Roy-Camille<sup>18</sup>, Zielke<sup>24</sup> 등의 장치가 사용되어 왔고 각각의 재질 및 형태상 장단점이 보고된 바 있다. 본 연구에서는 최근에 개발된 WSI-titan장치라는 척추 고정물로 내고정을 시행하였다. WSI-titan장치는 Titanium 합금(Ti6Al7Nb)으로 만들어진 내고정물로서 생역학적인 적합성(biocompatibility)이

**Fig. 2.** 56 year-old woman with grade I spondylolytic spondylolisthesis L5 (Case 12 in Table 2,3)  
A. Preoperative plain X-ray  
B. Postoperative plain X-ray  
C. 6 months postoperative plain X-ray shows sound fusion mass and no correction loss

있고 충분한 강도(strength)를 가지고 있어 축성 부하(axial loading)에 대한 특성, 강성도(stiffness)가 우수하고, 굴곡 특성(flexibility), 부식 저항(corrosion resistance)이 우수하며 그외의 역학적인 특성(파로강도, Young's modulus 등)에서도 다른 금속보다 우수한 것으로 알려져 있다<sup>3,4,12,19)</sup>. 또한 수술후에도 자기 공명 영상이나 컴퓨터 단층 촬영이 가능한 장점이 있다. 형태상 척추경 나사못이 원뿔형(conical design)으로 되어 있어 우수한 신연 강도(pull out strength)를 가지고 있다. 수술중에 척추경 나사못 삽입후 금속봉(rod) 연결시에 금속봉 접속기(rod rammer)를 사용하여 쉽게 장착할 수 있는 등 비교적 쉬운 술기로 수술시간 및 출혈로 인한 혈액 손실을 줄일 수 있어 경제적으로도 이점이 있다<sup>12)</sup>.

척추경 고정술은 척추 전방 전위증이나 척추관 협착증에 있어 감압술후의 척추 불안정성에 대한 고정, 이식골의 조기유합, 변형 교정, 외고정 기간의 단축 등에 여러 장점이 있음이 발표되어 왔으나, 이런 내고정 장치에 의한 합병증으로 내고정물의 파손, 해리(loosening), 전위, 신경손상, 심부 감염 등이 보고되고 있다. 내고정물의 파손은 Steffee장치는 6.7%-21%<sup>20)</sup>, Roy-Camille장치는 24%<sup>18)</sup>, Zielke장치에서 8%<sup>24)</sup>, Moss장치에서는 5%<sup>2</sup>로 보고되고 있으나, 저자들이 사용한 WSI-titan장치에서는 추시기간중에 파손이 없었다. 비록 본 연구의 추시기간이 평균 16개월에 불과했지만 대부분의 척추 내고정물 파손이 수술후 7개월에서 15개월 사이에 발생하므로<sup>10)</sup>, 본 연구의 결과상 WSI-titan장치의 물리적 특성은 우수하다고 할 수 있다.

나사못의 해리는 심부 감염에 의한 것을 제외하고는 골조송증에 의한 골밀도 감소와 밀접한 관련이 있음이<sup>1,5,7,15,17)</sup> 알려져 왔고, 김 등<sup>11</sup>은 나사못 해리가 관찰되었던 척추의 골밀도가 해리가 없는 척추의 골밀도보다 의미있게 감소되어 있었음을 발표한 바 있다. 또한 골절외의 척추질환으로 수술받는 대부분의 환자의 연령이 고령임을 생각해 볼때 감소된 골밀도에 의한 나사못의 해리를 예방하는 것이 내고정물의 안정에 중요하다고 하겠다. 본 연구에서는 내고정술의 적응이 되는 모든 환자에게 수술전에 골밀도 검사를 시행하여 이환부위(나사못 삽입부위)의 골밀도

가  $0.75\text{g/cm}^2$ (Z점수가 얕은 성인의 약 -3)에 미치지 못할 경우 수술을 연기하고 골다공증에 대한 치료를 하였다. 따라서 본 연구의 대상이 된 증례는 모두 골밀도가  $0.75\text{g/cm}^2$  이상이었고, 이환부위의 평균 골밀도는  $1.112\text{g/cm}^2$ 이었다. 낙상에 의한 나사못 해리가 있었던 1례를 제외하고는 최종 추시상 나사못 해리를 관찰할 수 없었고, 만족할 만한 이식골 유합율을 얻을 수 있었다.

나사못 삽입에 의한 신경손상은 2-17%<sup>9,22)</sup>정도로 보고되고 있으며, 이는 주로 나사못 삽입시 잘못된 방향 및 피질골 손상에 의한다고 알려져 있다. 척추경 나사못에 의한 신경손상을 방지하기 위한 수술중 체감각 유발 전위를 측정하는 방법의 효용성 및 정확도에 대해서는 보고된 바 있다<sup>13,16)</sup>. 본 연구에서는 수술전 및 수술중에 체감각 유발 전위를 시행하고 그 잠복기(latency)와 진폭(amplitude)을 비교하여 수술중 측정한 잠복기가 10%이상 증가하거나 진폭이 50%이하로 감소되었을 때 유의성이 있다고 평가하였다<sup>16)</sup>. 본 연구의 16례에서는 유의한 변화가 관찰되지 않았고 나사못의 잘못된 삽입(malposition)에 의한 신경손상이 없다고 평가하였고 수술후 새로 발생된 신경증상은 없었다.

## 요약 및 결론

척추 전방 전위증 및 척추관 협착증의 치료에 있어서의 감압 및 척추경 나사못을 이용한 후측방 유합술의 결과에 대해서 알아보고자 WSI-titan장치를 이용하여 수술을 시행하고 1년이상 추시가 가능하였던 16례의 임상적 결과를 분석하여 다음의 결과를 얻었다.

수술당시 연령은 32세에서 65세로 평균 55세였고, 성별은 여자가 13례로 남자 3례보다 많았다.

원인질환은 척추 전방 전위증이 8례, 척추관 협착증이 8례였으며, 척추 전방 전위증은 협부형이 5례, 퇴행성이 3례였다.

수술전에 골밀도 검사를 시행하여 이환부위의 골밀도가  $0.75\text{g/cm}^2$  이상인 경우에만 척추경 나사못을 삽입하였다.

수술전 및 수술중에 체감각 유발 전위를 측정하여 나사못이 잘못된 삽입(malposition)에 의한 신경근

손상등의 합병증을 예방하였다.

15례(94%)에서 수술후 1년내에 방사선 소견상 이식골의 유합을 보였고, 임상결과는 15례(94%)에서 만족할 만하였고, 1례에서 추시증 낙상으로 인한 나사못 해리가 있었다.

이상의 결과로 미루어 볼때 하부요추질환의 수술에서 WSI-titan장치를 이용하여 비교적 간단하고 쉬운 방법으로 견고한 고정과 만족할 만한 골유합을 얻을 수 있었다. 또한 술전 골밀도 검사를 시행하여 나사못의 해리를 예방하고, 수술중 체감각 유발 전위를 측정하여 나사못이 잘못 삽입되어 생기는 신경 손상을 예방할 수 있어 만족할 만한 임상결과를 얻을 수 있을 것으로 사료되었다.

## REFERENCES

- 1) 김남현, 이환모, 이우석 : 척추경 나사못과 골밀도와의 관계. 대한척추외과학회지, 1:133-139, 1994.
- 2) 정재윤, 서창문 : MOSS장치를 이용한 척추경고정술의 경험. 대한정형외과학회지, 27:1037- 1044, 1992.
- 3) Alexander TW and Bushe CH : A biomechanical analysis of the brehm WSI-titan system in a calf spine model. *Personal communication*, 1995.
- 4) Breme J : Titanium and titanium alloys, biomaterials of preference. *Proceedings of 6th world conference on titanium*, 57-68: 1988.
- 5) Coe JD, Warden KE, Herzig MA and McAfee PC : Influence of bone mineral density on the fixation of thoracolumbar implants. *Spine*, 15:902-907, 1990.
- 6) Cotrel Y, Dubousset J and Guillaumat M : New universal instrumentation in spinal surgery. *Clin Orthop*, 227:10-23, 1988.
- 7) Dalenberg DD, Asher MA, Robinson RG and Jayaraman G : The effect of stiff spinal implant and its loosening on bone mineral content in canines. *Spine*, 18:1862-1866, 1993.
- 8) Dick W : The fixature internæ as a versatile implant for spinal surgery. *Spine*, 12:882-890, 1987.
- 9) Eses SI, Sachs BL and Dreyzin V : Complications associated with the technique of pedicle screw fixation : A selected survey of ABS members. *Spine*, 18:2231-2239, 1993.
- 10) Fujiya M, Saita M, Kaneda K and Abumi K : Clinical study on stability of combined distraction and compression rod instrumentation with posterolateral fusion for unstable degenerative spondylolisthesis. *Spine*, 15:1216-1222, 1990.
- 11) Gill GG, Manning JG and White H : Surgical treatment of spondylolisthesis without spinal fusion. *J Bone Joint Surg*, 37-A:493-520, 1955.
- 12) Gluch HL and Schreiber U : First results with WSI-titan-titanium spine system. *Proceedings of South-German orthopaedic congress*, 1994.
- 13) Keim HA, Hajdu M, Gonzales EG and Brand L : Somatosensory evoked potentials as an aid in diagnosis and intraoperative management of spinal stenosis. *Spine*, 10:338-344, 1985.
- 14) Kim NH, Kim HK and Suh JS : A computed tomographic analysis of changes in the spinal canal after anterior lumbar interbody fusion. *Clin Orthop*, 286:180-191, 1993.
- 15) McAfee PC, Farey ID, Sutterlin CE, Gurr KR, Warden KE and Cunningham BW : The effect of spinal implant rigidity on vertebral bone density. *Spine*, 16(s):190-197, 1991.
- 16) Nash CL and Brown RH : Spinal cord monitoring. *J Bone Joint Surg*, 71-A:627-630, 1989.
- 17) Okuyama K, Sato K, Abe E, Inaba H, Shimada Y and Murai H : Stability of transpedicular screwing for osteoporotic spine. *Spine*, 18:2240-2245, 1993.
- 18) Roy-Camille R, Saillant G and Mazel C : Internal fixation of the lumbar spine with pedicle screw plating. *Clin Orthop*, 203:7-17, 1986.
- 19) Semlitsch M, Staub F and Weber H : Titanium-aluminium-niobium alloy, development for biocompatible, high strength surgical implants. *Biomedizinische Technik*, 30: 334-339, 1985.
- 20) Steffee AD, Biscup RS and Sitkowski DJ : Segmental spine plates with pedicle screw fixation. *Clin Orthop*, 203:45-53, 1986.
- 21) Taillard WF : Etiology of spondylolisthesis. *Clin Orthop*, 117:30-39, 1976.
- 22) West JL, Bradford DS and Ogilvie JW : Results of spinal arthrodesis with pedicle screw-plate fixation. *J Bone Joint Surg*, 73-A:1179-1184, 1991.
- 23) Wiltse LL and Winter RB : Terminology and measurement of spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg*, 65-A:768-772, 1983.
- 24) Zielke K : Ventrale derotations spondylodese behandlungsergebnisse bei idiopathischen lumbalskioliosen. *Z Orthop*, 120:320, 1982.