

퇴행성 및 협부형 척추 전방전위증의 치료

정남수 · 전창훈

아주대학교 의과대학 정형외과학교실

Surgical Treatment of Degenerative and Isthmic Spondylolisthesis

Nam-Su Chung, M.D., Chang-Hoon Jeon, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea

– Abstract –

The etiology of spondylolisthesis, which determines the pathoanatomy and natural course, includes the abnormal development of lumbosacrum and various acquired conditions. Many patients with symptomatic degenerative and isthmic spondylolisthesis respond to non-surgical treatments, such as modification of their daily activity, medication, physical therapy and nerve block.

Surgical treatment is indicated for intractable pain, neurological symptoms and the progression of slip. The natural course and patient's demographics are also considered. Decompression of the neural stenosis and the fusion of segmental instability are the main surgical treatments of degenerative and isthmic spondylolisthesis

Fusion and instrumentation should be chosen carefully for degenerative spondylolisthesis if it is stable. However, solid fusion is the most important procedure for isthmic spondylolisthesis.

Anterior lumbar interbody fusion is an effective treatment regarding an anatomical restoration of slip, decompression of neural structures and optimal fusion for degenerative and isthmic spondylolisthesis.

Key Words: Spondylolisthesis, Degenerative, Isthmic

서 론

척추 전방전위증은 상부 척추체가 인접 하부 추체에 대해 전방으로 전위된 것으로 정의된다. 1782년 산부인과 의사인 **Herbinaux**가 출산 과정에서 척추의 병변을 발견하고 최초로 기술하였으며, 약 100년 후, **Neugebauer**¹⁾가 환자의 임상 양상 및 해부학적 형태를 관찰하여, 추체 후궁판 협부의 선천적 결손이나 골절, 신장

(Elongation)을 척추 전방전위증의 병인으로 설명한 후부터 척추 질환으로 인식되었다. 1930년, **Junghanns**²⁾는 협부의 결손이 없는 척추 전방전위증을 발견하고 이를 'pseudo-spondylolisthesis'라고 보고하였으며, **Newman**과 **Stone**³⁾은 이를 추간판 및 후관절의 만성 불안정성 및 퇴행성 변화가 원인이라고 주장하면서 '퇴행성'이라는 명칭을 사용하였다.

척추 전방전위증의 분류는 **Wiltse** 등⁴⁾이 척추 전방전위증을 선천성, 협부형, 퇴행성, 외상성, 및 병적 유형으

Address reprint requests to

Chang-Hoon Jeon, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Ajou University School of Medicine

San 5 Wonchundong, Paldalku, Suwon, Kyounggido, Korea

Tel: 82-31-219-5220, Fax: 82-31-219-5229, E-mail: chjeon@ajou.ac.kr

Received: 2009. 9. 2. Accepted: 2009. 9. 9.

로 분류하였고, 이어 Wiltse와 Rothman⁹⁾이 ‘수술 후 유형’을 추가한 분류가 현재까지 가장 보편적으로 사용되고 있다(Table 1). 병인에 의거한 분류(Etiology-based classification system)는 Marchetti와 Bartolozzi⁶⁾에 의해 제안되었으며, 이 분류의 요점은 협부의 결손 여부보다 요추추부의 이형성을 전위 진행의 중요한 예후 인자로 보고 분류의 기본으로 삼았다⁷⁾(Table 2).

자연력 및 보존적 치료

척추 전방전위증의 치료는 우선적으로 질환의 자연력(Natural history)을 이해하고 치료 방법을 선택해야한다. 척추 전방전위증에서 척추체 전위의 진행은 성인이 된 후에는 매우 드문 것으로 알려져 있다. Wiltse와 Rothman⁸⁾은 협부형 척추 전방전위증의 자연력(Natural history)에 관한 연구에서 ‘성인이 된 후에는 전방 전위의 급격한 증가는 매우 드물며 기존 질환과도 관련이 적다’라고 보고하였다. 그러나 전방 전위 진행에 대한 다른 연

구에서는 30세 이후에 14.6% 정도에서 전방 전위가 진행된다고 보고하고 있다⁹⁾.

보존적 치료는 척추 전방전위증의 해부학적 특징과 자연력에 따른 것이며, 주된 목적은 ① 동통의 감소, ② 재발성 동통의 예방, ③ 기능의 회복, 및 ④ 환자의 생활의 질의 개선에 있다. 환자 개개인에 따라서 보존적 치료의 내용의 일부가 다를 수 있으며 이와 관련된 요소들은 ① 임상증상, ② 증상의 발현기간, ③ 환자의 연령, 활동력, 직업 및 육체적 및 정신적 역량 및 ④ 정신 사회적 요소 등이다. 현재 시행되고 있는 일반적인 보존적 치료의 내용은 Table 3과 같다.

척추 전방전위증의 수술적 치료

척추 전방전위증의 임상 양상은 매우 다양하여 무증상으로 우연히 발견되기도 하고, 때로는 심한 요통이나 방사통, 슬관근 경직, 하지 파행, 신경학적 증상, 전위의 진행 및 후만 변형 등이 나타나며, 보존적 치료로 호전이 없는 경우에 수술적 치료를 실시한다^{5,6,10,11,12)}.

일반적으로 보존적인 치료에 효과가 없거나, 전위가 진행되어 신경 증상이 악화되는 경우에 수술 치료의 적응증이 된다. 수술 치료의 원칙은 신경 조직의 감압과 불안정성에 대한 확실한 골유합을 얻는데 있다¹²⁾.

신경 조직의 감압 방법에는 ① 압박 조직에 대한 직접적 감압과 ② 전위 정복을 통한 간접적 감압이 있다. 골유합술은 반드시 양측으로 실시해야하며, 골유합술의 종류는 ① 골이식만 시행하는 후외측 유합술, ② 전방추체간 유합술, ③ 골이식을 이용한 후외측 유합술과 추가적인 후방 척추기기고정술, ④ 후방 추체간 유합술과 후방 척추기기고정술, 및⁵⁾ 전방 및 후방을 모두 안정화시키는 전방위 유합술 등이 있다.

Table 1. Classification by Wiltse et al

Type		
I	Dysplastic	A: facet with axial orientation B: facet with sagittal orientation
II	Isthmic	A: lysis B: elongation C: fracture
III	Degenerative	
IV	Post-traumatic	
V	Pathologic	
VI	Postsurgical	

Table 2. Marchetti and Bartolozzi classification

Developmental	Acquired
High dysplastic	Traumatic
With lysis	Acute fracture
With elongation	Stress fracture
	Postsurgical
	Direct
	Indirect
Low dysplastic	Pathologic
With lysis	Local
With elongation	Systemic
	Degenerative
	Primary
	Secondary

1) 퇴행성 척추 전방전위증

퇴행성 변화에 의해 발생하는 퇴행성 척추 전방전위증은 후천성 유형에 해당한다. 비교적 흔히 발견되어 Iguchi 등¹³⁾은 외래로 내원한 요통 환자 전체의 약 8.7%로 보고하였다. 50세 이후에 흔히 발견되고 여자에서 5배 많으며, 주로 제 4 요추에 발생한다.

퇴행성 척추 전방전위증의 자연력은 대부분 양호한 경과를 보이며, 퇴행성 변화가 더욱 진행되어 추간판의 높이 감소가 일어나 안정화 시기에 접어들면 요통은 감소할 수도 있다. 퇴행성 척추전방전위증에서 척추의 전위가 진행되는 경우는 30% 미만이며, 전위가 진행된다 하더라도 증상을 일으키지 않는 경우가 많다. 퇴행성 변

Table 3. Conservative modalities for treatment of spondylolisthesis

Rest
Activity modification
Drugs
- Analgesics
- Nonsteroidal anti-inflammatory drugs
- Systemic steroids
- Antidepressants
Injection techniques
- Epidural steroid
- Foraminal steroid
Physical therapy
- Exercises
- Education
- Cognitive intervention
- Corsets and braces
- Transcutaneous electrical nerve stimulation
- Acupuncture

화가 진행되어 척추관 협착증 증상이 나타나면 이에 대해 수술적 치료를 요하는 경우는 전체의 10~15% 정도로 알려져 있다.

수술적 치료의 적응증은 최소 3개월 이상의 보존적 치료에도 호전되지 않는 요통 및 하지통, 파행으로 인해 삶의 질이 저하된 경우, 진행하는 신경학적 증상, 배뇨 장애를 보이는 경우이다¹²⁾.

가) 단순 감압술

퇴행성 척추 전방전위증은 협부 결손이 없으므로 생체역학적인 면에서 협부형 척추 전방전위증과는 달리 분절간 각 운동(Angular motion)은 오히려 감소하고¹⁴⁾, Kirkaldy-Willis 등¹⁵⁾이 제시한 척추퇴행이론(Spinal degeneration theory)에 따라 척추분절의 안정성이 유지된다. 이런 점을 고려하여 퇴행성 척추 전방전위증에서 분절 불안정이 없는 경우에는 단순 감압술로 좋은 치료 결과를 얻을 수 있다고 보고되고 있다^{16,17,18,19)}.

퇴행성 척추 전방전위증에서 척추관 협착증의 증상이 나타나면 척추관 협착증에 준하여 감압술을 시행할 수 있다. 단분절 퇴행성 척추 전방전위증을 대상으로 감압술 단독 시행한 치료군과 감압술 및 골이식을 이용한 후외방 골유합술의 수술 결과를 전향적으로 비교한 연구에서 감압술과 골이식을 이용한 후외방 골유합술이 시행된 경우에 전위의 진행이 적었으며 수술 결과도 양호하였다고 보고하였다^{20,21)}.

척추 전방전위증의 수술치료 결과를 보고한 의학문헌들에 대한 문헌연구분석(Meta-analysis)한 보고에서 감압술만 시행한 환자 군에서는 69%의 만족스러운 결과

를 보였으나, 감압술에 골이식을 이용한 후외방 골유합술을 추가로 시행한 경우에 90%의 만족스러운 결과를 보였다고 하였다. 이런 수술 결과의 차이는 감압술에 의한 의인성(Iatrogenic) 불안정성과 전위의 진행이 원인이라는 보고도 있다²²⁾.

일반적으로 수술 후에 발생하는 불안정성은 감압의 범위에 따라 결정되므로 단순 감압술을 시행하는 경우에는 이런 점을 고려하여 신중하게 감압의 정도를 결정해야 하며 의도적인 광범위한 감압을 시행하면 안된다.

나) 골유합술 및 척추기기고정술

척추경 나사못을 이용한 척추고정술은 이식한 골의 유합율을 높일 수 있고, 조기 보행이 가능하다는 장점이 있어 보편적으로 사용하는 수술방법이다.

척추경 나사못을 이용한 척추고정술에 대한 무작위 전향적 연구에서 골유합율은 후외측 골유합술만 시행한 군에서 45%, 척추고정기기 고정술과 골이식을 이용한 후외측 골유합술을 병행한 경우에 82%로 의미있는 차이를 보였지만, 수술결과는 각각 85%와 76%로 차이는 없었다고 보고하였다²³⁾. 그러나 수술 결과, 합병증, 치료비용 및 인접분절 퇴행성 변화 등을 고려한 연구에서는 척추기기고정술을 시행하지 않은 후외측 골유합술을 더욱 권유하였다²⁴⁾. 골 유합율의 결과에 대한 문헌연구분석(Meta-analysis)에서 척추기기를 이용한 척추고정술을 시행한 치료군에서 척추기기를 사용하지 않은 치료군보다 골유합율은 높았으나 수술치료 결과는 척추기기고정술의 사용 여부와 관계가 없었다고 보고하고 있다²²⁾. 이러한 연구 결과들로 볼 때, 퇴행성 척추 전방전위증에 대한 대부분의 수술적 치료에서 척추기기를 사용한 고정술을 맹목적으로 사용하고 있다는 점은 생각해 볼 여지가 있다.

Sengupta와 Herkowitz¹²⁾는 수술 전 및 수술 중 소견을 바탕으로 골유합술 및 척추기기를 이용한 척추고정술의 적응증을 제시하였다(Table 4).

퇴행성 척추 전방전위증은 척추의 분절 불안정성을 의미하는 것이 아니며, 골다공증이 있는 경우에 무분별하게 척추경 나사못을 이용한 척추기기고정술을 사용하면 고정기기의 이완(Loosening)으로 인한 고정력의 소실 등의 위험성이 발생할 수 있으므로, 척추기기를 이용한 고정술을 무조건적으로 사용하는 것은 피해야 하며, 환자에 따라서 선택인 사용을 고려해야 한다.

다) 전방 추체간 유합술

전방 추체간 유합술의 기본적인 원리는 전방에서 추간판 절제 및 이식골 삽입을 시행하므로 추간판 및 추간공 높기와 요추부 시상 만곡을 효과적으로 복원시킴으

로써 신경 조직의 간접적인 압박은 얻을 수 있고, 최적의 골유합 환경을 제공한다. 또한, 유합 부위가 척추체의 앞에 위치하므로 생역학적이거나 생리학적으로 척추의 안정화가 이루어지는 면에서 후방고정술보다 우수하며, 또한 수술 중에 근육 손상 및 혈액 손실이 적다는 장점이 있다²³⁾.

전방 추체간 유합술은 수술 후에 신경 주위 조직의 섬유화 및 신경근 주위로 유착이 일어나지 않는 장점이 있다. 최근에는 특히 최소 침습 도달법이 개발되어 기존의 고식적인 전방 도달법에 비해, 수술 부위도 적으며, 조직의 손상도 적고, 수술 시간이 짧은 장점이 있다.

퇴행성 척추 전방전위증에서 주된 증상은 요통인 경우에 추간관의 퇴행성 변화나 후관절의 퇴행성 변화로 인해 임상증상이 발생할 수 있다. 전방 추체간 유합술은 충분한 간접적 압박, 감소된 추간관 높이의 회복, 전방 전위의 정복 및 추간공 높이 및 넓이의 증가를 이룰 수 있고, 신경 주위의 유착을 줄일 수 있기에 선택적으로 시술되고 있다. 퇴행성 전방전위증 환자를 대상으로 전방 추체간 유합술을 시행한 연구에서 일분절간 유합시 100%, 이분절간 유합시 85%의 골유합을 얻었으며, 술전에 비해 평균 59.6%의 정복을 얻었으므로 전방 추체간 유합술만으로도 치료의 결과가 우수하다고 보고하고 있다²⁵⁾.

라) 후방 추체간 유합 및 척추고정기기를 이용한 척추고정술

후방 추체간 유합술은 추체간 유합을 이루고, 후방에서 척추를 재건함으로써 체중 부하시 안정하며, 추간관의 높이 증가 및 추간공의 신경압박을 줄일 수 있다^{6,27,28,29)}. 단점으로는 광범위한 수술로 인해 신경 주위의 심한 유착이 일어날 수 있고, 추체간 유합이 불유합될 수 있고, 수술 부위의 감염이 발생할 경우에 추가적인 광범위한 수술이 필요할 수 있다.

퇴행성 전방 전위증 환자를 대상으로 후방 추체간 유합술, 후궁관 절제술 및 후방 척추기기 고정술을 시행한

연구에서 최소 1년 추시에서 수술 전 전위의 60.7% 정복, 수술 전 추간관 높이의 86.0%의 증가, 그리고 89.2%에서 양호 이상의 수술치료 결과를 보고하고 있다³⁰⁾.

2) 협부형 척추 전방전위증

협부형 척추 전방전위증은 대부분 협부의 피로 골절이 주된 원인이며, 제5 요추-제1 천추 간에서 제일 많이 발생하고, 대부분 50% 이하의 전위가 나타나 대체로 양호한 자연 경과를 보인다^{10,11)}.

과운동성(Hypermobility)에 의한 동적 협착(Dynamic stenosis)이나, 협부 주위의 섬유조직의 비후에 의한 신경근의 압박으로 신경학적 증상 및 하지파행이 나타날 수 있으며, 추간관의 퇴행성 변화가 동반된 경우 요통 및 관련통이 나타날 수 있다.

협부형 척추 전방전위증은 퇴행성 척추 전방전위증과 비교해서 안정성이 없으므로 Gill's procedure같은 광범위한 단순 압박술은 권장되지 않는다. 수술적 치료의 원칙은 견고한 골유합을 얻는데 있으며, 골유합술은 반드시 양측에 실시하며 골유합술의 수술 방법들은 다음과 같다³¹⁾.

가) Pars repair or isthmic reconstruction

협부형 척추 전방전위증에서 하지 방사통이 없이 만성 요통이 주된 증상일 경우에는 협부결손으로 인한 후궁(Posterior arch)의 과운동(Hypermobility)이 원인으로 추정되며, 이런 경우에 협부 결손 부위에 Repair로 치료가 가능하다는 보고도 있다^{32,33)}. 이 시술은 수술을 시행하는 부위의 추간관 및 후관절의 퇴행성 변화가 심하지 않은 경우에 선택적으로 사용해야 한다. 특히 Grade I의 척추 전방전위증에서 우수한 결과를 보고한 연구 결과도 있다^{34,35,36,37)}.

Direct repair 수술방법은 분절 운동을 유지할 수 있고, 정상적인 해부학 구조를 보존할 수 있는 점, 동통의 원인으로 예상되는 협부 주위의 연부 조직을 제거하여 이 부

Table 4. Indication of fusion and instrumentation for degenerative spondylolisthesis

Preoperative factors	Intraoperative factors
1. Disc height > 2 mm	1. extent of decompression procedure
2. Existence of kyphosis	2. correction of listhesis
3. Degenerative scoliosis	3. available bone stock
4. Degree of instability >5 mm listhesis	
5. Degree of listhesis > grade II slip	
6. Previous laminectomy	
7. Adjacent segment disease	

위에 골 이식을 간단하게 실시하는 수술수기라는 장점이 있으나, 수술 후에 골 유합에 대한 방사선 평가가 용이하지 않은 점이 단점이다.

이 수술방법에 대한 수술의 결과에 대하여 아직 충분하게 연구된 결과를 보고한 연구가 부족하여 권장할 만한 일반적인 치료법은 아니며, 매우 선택적으로 시술해야 한다.

나) 골이식을 이용한 후외방 유합술

협부형 척추 전방전위증에서 신경조직의 압박은 동적 요소가 많이 작용하므로 감압술 시행시 충분한 신경의 감압과 더불어 충분한 골유합이 무엇보다도 중요하다²¹⁾. 골이식을 이용한 후외방 유합술은 가장 고식적인 수술 방법으로 골유합율은 33~100%로 다양하게 보고되고 있다^{38,39,40)}.

협부형 척추 전방전위증의 치료에서 감압술 및 골이식을 이용한 후외측 유합술은 척추의 전방 전위를 방지할 수 있으며, 80~85%의 우수한 수술치료 결과를 보고하고 있다^{41,42,43)}. 단분절 협부형 척추 전방전위증 환자를 대상으로 감압술 없이 후외방 유합술만 시행한 군과 감압술 및 후외방 유합술을 시행한 군에 대한 전향적 무작위 대조 연구에서 감압술 및 후외방 유합술을 시행한 군에서 수술 결과가 우수하게 보고되었다⁴⁴⁾.

척추기기를 사용하지 않고 골이식만을 이용한 후외측 유합술은 특히 골다공증이 있는 환자에 사용하며, 척추기기를 사용할 경우에 적절한 고정력을 얻을 수 없는 경우에 실시할 수 있는 장점이 있다.

다) 척추 고정기기 고정술과 후외측 유합술을 이용한 골유합술

골 이식을 이용한 후외방 유합술의 골 유합율을 증가시키기 위해 척추경 나사못을 이용한 척추기기 고정술을 함께 시행하는 것은 일반화된 수술 방법이나, 이는 환자에 따라서 신중하게 선택해서 사용해야 한다.

단순히 골 이식만을 이용한 후외측 유합술과 척추고정기기를 이용한 고정술과 후외측 골유합술 병행한 경우를 비교한 무작위 연구에서 두가지 수술방법에서 골 유합율의 차이가 없다고 보고하였으며⁴⁵⁾, 단순히 골 이식을 이용한 후외측 유합술에서 수술 결과가 우수하지 않았다는 보고도 있다⁴⁶⁾. 이런 연구 결과들은 골 유합술 및 척추 고정기기를 이용한 척추기기 고정술에서 수술술기도 중요하다는 것을 의미하고 있다³¹⁾.

라) 전방 또는 후방 추체간 유합술

추체간 유합술은 골이식부의 면적이 넓고 압박력을 받으므로 불유합의 빈도를 줄일 수 있고, 추간관 및 추

간공 높이를 회복하여 신경 조직을 감압하며, 시상면상의 균형을 회복시킬 수 있는 장점이 있다^{12,31,47,48,49)}.

추체간 유합술로 치료한 장기 추시 연구에서 전방 추체간 유합술만 실시한 경우에 좋은 수술치료 결과를 보고하였다⁴⁷⁾. 후외방 유합술과 후방 추체간 유합술을 비교한 연구에서는 유합율, 전위 정복, 및 Slip angle 회복 등에서 모두 우수한 결과를 얻었고, 수술 결과의 차이를 보이지 않았다고 보고하였다⁴⁸⁾. 전방 추체간 유합술 시행한 후 최소 10년 추시한 연구에서 만족스런 임상결과와 83%의 골유합을 보고하였다⁵⁰⁾. 전방 추체간 유합술과 후방 추체간 유합술을 비교한 연구에서는 전방 추체간 유합술에서는 100%, 후방 추체간 유합술에서 94.3%의 골유합을 얻었으나 수술 결과의 차이는 없었다고 보고하였다⁵¹⁾. 전방 추체간 유합술만을 실시한 경우에 전단력에 의하여 불유합이 발생할 경우가 많다고 예상할 수도 있으나, 후방 감압술 및 후방 척추기기 고정술의 수술결과와 비교해서 의미있는 차이가 없다고 보고되고 있다⁵²⁾.

결 론

척추 전방전위증은 척추 발달 과정의 이상이나, 여러 가지 후천적 원인에 의해 발생하며, 대부분이 보존적 치료로 호전된다. 수술 치료는 자연경과 및 환자 상태를 반드시 고려하고 시행 여부를 결정해야하며, 환자 개인의 특성, 자연력, 임상 증상 및 방사선학적 특성을 고려하여 감압술, 골이식을 이용한 골유합술, 추가적인 척추 고정기기를 이용한 척추고정술을 신중하게 선택하여야 한다.

참고문헌

- 1) **Neugebauer FI:** *The classic: A new contribution to the history and etiology of spondylo-listhesis by F. L. Neugebauer. Clin Orthop Relat Res. 1976; 117: 4-22.*
- 2) **Junghanns H:** *Spondylolisthesen ohne Spaltim Zwischen-gelenkstulcz (Pseudospondylolisthen). Arch Orthop Unfallchir 1931; 29: 118-127.*
- 3) **Newman PH, Stone KH:** *The etiology of spondylolisthesis: with a special investigation. J Bone Joint Surg Br 1963; 45: 39-59.*
- 4) **Wiltse LL, Newman PH, Macnab I:** *Classification of spondylolysis and spondylolisthesis. Clin Orthop Relat Res 1976; 117: 23-29.*

- 5) **Wiltse LL, Rothman LG:** *Spondylolisthesis: classification, diagnosis and natural history. Semin Spine Surg* 1989; 1: 78-94.
- 6) **Marchetti PG, Bartolozzi P:** *Classification of spondylolisthesis as a guideline for treatment. (in Bridwell KH, Dewald RL, Hammerberg KW, et al, eds. The textbook of Spinal Surgery, 2nd ed. Philadelphia, Lippincott-Raven: 1211-1254, 1997.)*
- 7) **Hammerberg KW:** *New concepts on the pathogenesis and classification of spondylolisthesis. Spine* 2005; 15: 4-11.
- 8) **Wiltse L, Rothman SL:** *Lumbar and lumbosacral spondylolisthesis. Classification, diagnosis, and natural history. (in Wiesel S, et al, eds. The Lumbar Spine. 2nd edition. Philadelphia, Saunders: 521-654, 1996.)*
- 9) **Floman Y:** *Progression of lumbosacral isthmic spondylolisthesis in adults. Spine* 2000; 25: 342-347.
- 10) **Fredrickson BE, Baker D, McHolick WJ, Yuan HA, Lubicky JP:** *The natural history of spondylolysis and spondylolisthesis. J Bone Joint Surg Am* 1984; 66: 699-707.
- 11) **Beutler WJ, Fredrickson BE, Murtland A, Sweeney CA, Grant WD, Baker D:** *The natural history of spondylolysis and spondylolisthesis: 45-year follow-up evaluation. Spine* 2003; 28: 1027-1035.
- 12) **Sengupta DK, Herkowitz HN:** *Degenerative spondylolisthesis: review of current trends and controversies. Spine* 2005; 30: 71-81.
- 13) **Iguchi T, Wakami T, Kurihara A, Kasahara K, Yoshiya S, Nishida K:** *Lumbar multilevel degenerative spondylolisthesis: radiological evaluation and factors related to anterolisthesis and retrolisthesis. J Spinal Disord Tech* 2002; 15: 93-99.
- 14) **McGregor AH, Anderton L, Gedroyc WM, Johnson J, Hughes SP:** *The use of interventional open MRI to assess the kinematics of the lumbar spine in patients with spondylolisthesis. Spine* 2002; 27: 1582-1586.
- 15) **Kirkaldy-Willis WH, Hill RJ:** *A more precise diagnosis for low-back pain. Spine* 1979; 4: 102-109.
- 16) **Johnsson KE, Willner S, Jonsson K:** *Postoperative instability after decompression for lumbar spinal stenosis. Spine* 1986; 11: 107-110.
- 17) **Jonsson B, Akesson M, Jonsson K, et al.:** *Low risk for vertebral slipping after decompression with facet joint preserving technique for lumbar spinal stenosis. Eur Spine J* 1992; 1: 100-104.
- 18) **Kinoshita T, Ohki I, Roth KR, Amano K, Moriya H:** *Results of degenerative spondylolisthesis treated with posterior decompression alone via a new surgical approach. J Neurosurg* 2001; 95: 11-16.
- 19) **Kleeman TJ, Hiscoce AC, Berg EE:** *Patient outcome after minimally destabilizing lumbar stenosis decompression: the "port-hole" technique. Spine* 2000; 25: 865-870.
- 20) **Herkowitz HN, Kurz LT:** *Degenerative lumbar spondylolisthesis with spinal stenosis: a prospective study comparing decompression with decompression and intertransverse process arthrodesis. J Bone Joint Surg Am* 1991; 73: 802-808.
- 21) **Johnsson KE, Willner S, Johnsson K:** *Postoperative instability after decompression for lumbar spinal stenosis. Spine* 1986; 11: 107-110.
- 22) **Mardjetko SM, Connolly PJ, Shott S:** *Degenerative lumbar spondylolisthesis: a meta-analysis of literature 1970-1993. Spine* 1994; 19: 2256-2265.
- 23) **Fischgrund JS, Mackay M, Herkowitz HN, Brower R, Montgomery DM, Kurz LT:** *1997 Volvo Award winner in clinical studies. Degenerative lumbar spondylolisthesis with spinal stenosis: a prospective, randomized study comparing decompressive laminectomy and arthrodesis with and without spinal instrumentation. Spine* 1997; 22: 2807-2812.
- 24) **Phillips FM:** *The argument for noninstrumented posterolateral fusion for patients with spinal stenosis and degenerative spondylolisthesis. Spine* 2004; 29: 170-172.
- 25) **Inoue S, Watanabe T, Sumio G, Takahashi K, Takada K, Sho E:** *Degenerative spondylolisthesis. Pathophysiology and results of anterior interbody fusion fusion. Clin Orthop Relat Res* 1988; 227: 90-98.
- 26) **La Rosa G, Conti A, Cacciola F, et al.:** *Pedicle screw fixation for isthmic spondylolisthesis: does posterior lumbar interbody fusion improve outcome over posterolateral fusion? Spine* 2003; 28: 143-150.
- 27) **Perrin G:** *Surgical treatment of severe lateral and foraminal spine degenerative stenosis. (in Gunzburg R, Szpalski M, eds. Lumbar spinal Stenosis. Philadelphia, Lippincott-Williams&Wilkins; 313-320, 2000.)*
- 28) **Perrin G:** *Usefulness of intervertebral titanium CH cages for PLIF and posterior fixation with semi-rigid Isolock plates. (in Szpalski M, Gunzburg R, Spengler DM, et al., ed. Instrumented fusion of the Degenerative Lumbar Spine: State of the Art, Questions, and Vontroversies. Philadelphia: Lippincott-Raven; 271-279, 1996)*
- 29) **Szpalski M, Gunzburg R:** *Lumbar spinal stenosis in the*

- elderly: an overview. *Eur Spine J* 2003; 12: 170-175.
- 30) **Paek DH, Jahng JH, Chang H, et al.:** Anterior interbody fusion and posterior instrumentation for degenerative lumbar spondylolisthesis. *J Kor Orthop Assoc* 1988; 33: 359-366.
- 31) **Kwon BK, Albert TJ:** Adult low-grade acquired spondylolytic spondylolisthesis: evaluation and management. *Spine* 2005; 30: 35-41.
- 32) **Nicol RO, Scott JH:** Lytic spondylolysis. Repair by wiring. *Spine* 1986; 11: 1027-1030.
- 33) **Songer MN, Rovin R:** Repair of the pars interarticularis defect with a cable-screw construct. A preliminary report. *Spine* 1998; 23: 263-269.
- 34) **Bonnici AV, Koka SR, Richards DJ:** Results of Buck screw fusion in grade I spondylolisthesis. *J R Soc Med* 1991; 84: 270-273
- 35) **Johnson GV, Thompson AG:** The Scott wiring technique for direct repair of lumbar spondylolysis. *J Bone Joint Surg Br* 1992; 74: 426-430
- 36) **Nicol RO, Scott JH:** Lytic spondylolysis. Repair by wiring. *Spine* 1986; 11: 1027-1030.
- 37) **Salib RM, Pettine KA:** Modified repair of a defect in spondylolysis or minimal spondylolisthesis by pedicle screw, segmental wire fixation, and bone grafting. *Spine*. 1993; 18: 440-443.
- 38) **Schnee CL, Freese A, Ansell LV:** Outcome analysis for adults with spondylolisthesis treated with posterolateral fusion and transpedicular screw fixation. *J Neurosurg* 1997; 86: 56-63.
- 39) **Johnsson R, Strömquist B, Axelsson P, Selvik G:** Influence of spinal immobilization on consolidation of posterolateral lumbosacral fusion. A roentgen stereophotogrammetric and radiographic analysis. *Spine* 1992; 17: 16-21.
- 40) **Lenke LG, Bridwell KH, Bullis D, Betz RR, Baldus C, Schoenecker PL:** Results of in situ fusion for isthmic spondylolisthesis. *J Spinal Disord* 1992; 5: 433-442.
- 41) **Hanley EN Jr:** Indications for fusion in the lumbar spine. *Bull Hosp Jt Dis* 1996; 55: 154-157.
- 42) **Hanley EN Jr, Levy JA:** Surgical treatment of isthmic lumbosacral spondylolisthesis. Analysis of variables influencing results. *Spine* 1989; 14: 48-50.
- 43) **Möller H, Hedlund R:** Surgery versus conservative management in adult isthmic spondylolisthesis-a prospective randomized study: part 1. *Spine* 2000; 25: 1711-1715.
- 44) **Carragee EJ:** Single-level posterolateral arthrodesis, with or without posterior decompression, for the treatment of isthmic spondylolisthesis in adults. A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg Am* 1997; 79: 1175-1180.
- 45) **McGuire RA, Amundson GM:** The use of primary internal fixation in spondylolisthesis. *Spine* 1993; 18: 1662-1672.
- 46) **Bjarke Christensen F, Stender Hansen E, Laursen M, Thomsen K, Bünger CE:** Long-term functional outcome of pedicle screw instrumentation as a support for posterolateral spinal fusion: randomized clinical study with a 5-year follow-up. *Spine* 2002; 27: 1269-1277.
- 47) **Cheng CL, Fang D, Lee PC, Leong JC:** Anterior spinal fusion for spondylolysis and isthmic spondylolisthesis. Long term results in adults. *J Bone Joint Surg Br* 1989; 71: 264-267.
- 48) **Suk SI, Lee CK, Kim WJ, Lee JH, Cho KJ, Kim HG:** Adding posterior lumbar interbody fusion to pedicle screw fixation and posterolateral fusion after decompression in spondylolytic spondylolisthesis. *Spine* 1997; 22: 210-219.
- 49) **La Rosa G, Conti A, Cacciola F, et al.:** Pedicle screw fixation for isthmic spondylolisthesis: does posterior lumbar interbody fusion improve outcome over posterolateral fusion? *J Neurosurg* 2003; 99: 143-150.
- 50) **Ishihara H, Osada R, Kanamori M, et al.:** Minimum 10-year follow-up study of anterior lumbar interbody fusion for isthmic spondylolisthesis. *J Spinal Disord* 2001; 14: 91-99.
- 51) **Madan SS, Boeree NR:** Comparison of instrumented anterior interbody fusion with instrumented circumferential lumbar fusion. *Eur Spine J* 2003; 12: 567-575.
- 52) **Kim SS, Denis F, Lonstein JE, Winter RB:** Factors affecting fusion rate in adult spondylolisthesis. *Spine* 1990; 15: 979-984.