

Minimally Invasive Lateral Lumbar Interbody Fusion: Surgical Technique and Review

Jaewan Soh, M.D., Jae Chul Lee, M.D.

J Korean Soc Spine Surg 2016 Dec;23(4):262-269.

Originally published online December 31, 2016;

<https://doi.org/10.4184/jkss.2016.23.4.262>

Korean Society of Spine Surgery

Department of Orthopedic Surgery, Gangnam Severance Spine Hospital, Yonsei University College of Medicine,
211 Eunju-ro, Gangnam-gu, Seoul, 06273, Korea Tel: 82-2-2019-3413 Fax: 82-2-573-5393

©Copyright 2016 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.2016.23.4.262>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Minimally Invasive Lateral Lumbar Interbody Fusion: Surgical Technique and Review

Jaewan Soh, M.D., Jae Chul Lee, M.D.*

Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Soonchunhyang University Cheonan Hospital, Korea

Department of Orthopedic Surgery, Spine Center, College of Medicine, Soonchunhyang University Hospital, Seoul, Korea*

Study Design: Review of the current surgical technique and literature.

Objectives: The aim of this study was to review the surgical technique and the current evidence on minimally invasive lateral lumbar interbody fusion (LLIF).

Summary of Literature Review: Spinal fusion is a useful method in the treatment of various degenerative lumbar diseases. Recently, minimally invasive LLIF has been developed, enabling spine surgeons to perform anterior interbody fusion in a minimally invasive manner.

Materials and Methods: Review of the surgical technique and the literature.

Results: Minimally invasive LLIF may reduce the incidence of complications of anterior lumbar interbody fusion. LLIF may restore disc height more effectively than posterior lumbar interbody fusion and indirectly decompress the neural canal without nerve root or dural retraction or perineural scarring. The current indications for LLIF are almost equivalent to those of anterior and posterior lumbar interbody fusion. Recent studies have reported no differences in the fusion rate or clinical outcomes between LLIF and the conventional anterior or posterior interbody fusion techniques. However, LLIF has nonspecific complications, such as anterior thigh pain and hip flexor weakness.

Conclusions: Minimally invasive LLIF is a promising surgical alternative to the conventional anterior or posterior fusion techniques. LLIF has the advantages of less intraoperative bleeding and soft tissue injury, and a faster return to work. However, postoperative nonspecific complications are problems that need to be addressed.

Key words: Lumbar, Degenerative lumbar disease, Minimally invasive lateral lumbar interbody fusion

서론

퇴행성 요추부 질환의 수술적 치료에 요추 추체간 유합술은 유용한 수술법이다. 요추 유합술의 수술 방법은 접근 방법에 따라 크게 전방 도달법과 후방 도달법으로 나눌 수 있다. 전방 도달법은 추간판의 높이 회복이 용이하고, 시상면과 관상면의 균형 교정에 효과적이며, 수핵과 섬유륜을 효과적으로 제거할 수 있고, 상대적으로 크기가 큰 이식물을 삽입할 수 있어 유합률이 높다는 장점이 있지만, 접근 과정에서 혈관 손상, 장기 손상, 교감 신경절의 손상 등의 합병증이 발생할 수 있고, 수술 후 장 폐색이 발생할 수 있다는 단점이 있다. 또한 후방 도달법은 이러한 수술적 접근 과정에서 위험 구조물은 없지만, 척추 주위 근육을 박리하면서 근육 및 근육으로 가는 신경이 손상될 수 있고, 신경 압박 및 기구 삽입 과정에서 경막 파열 또는 신경근 손상이나 케이지 삽입 시 신경을 견인하는 과정에서 신경 손상이 발생할 수 있다는 단점이 있다.¹⁾ 이런 전방 도달법과 후방 도달법의 단점을 보완하고자, 2001년 Pimenta가 외측 경요근 추체간 유합술을 처음으로 소개한 이래로, 최소침습 외측 후복막 요추 도

달법의 개념이 도입되었다. 그 이후 이 수술법은 지속적으로 발전하여, 2006년 Ozgur 등²⁾이 최소 침습 극외측 추체간 유합술 (Extreme Lateral Interbody Fusion (XLIF), NuVasive Inc., San Diego, USA)에 대한 술기를 발표하였고, 외측 후복막 요추 도달법에 대한 최소 침습 수술을 위한 기구들이 여러 회사들에서 다양하게 개발되었다. 하지만, 다른 회사의 기구들은 국내 의료 보험의 저수가로 인해 아직 도입되지 못하고 있고, 직접 외측 추체간 유합술 체계(Direct Lateral Interbody Fusion system (DLIF), Medtronic, Memphis, USA)만 도입되어 있다. 직접 외측 추체

Received: August 24, 2016

Revised: September 1, 2016

Accepted: November 19, 2016

Published Online: December 31, 2016

Corresponding author: Jae Chul Lee, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Spine Center, College of Medicine, Soonchunhyang University Hospital, 59 Daesagwan-ro, Yongsan-gu, Seoul, 04401, Korea

TEL: +82-2-709-9250, **FAX:** +82-2-794-9414

E-mail: jlee@schmc.ac.kr

간 유합술은 척추체 외측으로 원통형 견인기(tubular retractor system)를 이용하여 요근을 통과하여 수술을 시행하는 최소 침습적 외측 후복막 요추 도달법이다.

초기에 외측 추체간 유합술의 적응증은 퇴행성 추간판 질환 정도로 제한적이었으나, 현재는 발전을 거듭하여 척추관 협착증, 퇴행성 측만증이나 후만증 등 관상면 또는 시상면 불균형, 고령에서 다분절 유합술이 필요할 때, 척추 전, 후방 전위증, 불유합, 외상 등에도 그 적응증이 확대되었다.^{3,4)}

본론

1. 적응증 및 금기증

외측 요추간 유합술은 최소 침습적 수술이기 때문에 창상이 적고, 수술 시간 단축 및 수술 중 출혈량이 적어, 수술 후 회복이 빨라 재원 기간의 단축 및 재활 기간이 짧다는 장점이 있다. 또한 후관절, 척추 주위 근육, 전중 인대, 후중 인대 등을 보존하기 때문에 해부학적으로 중요한 구조물을 보존할 수 있다.^{2,5)} 그리고, 고식적 전방 추체간 유합술시 발생할 수 있는 혈관 손상, 장기 손상, 교감 신경절 손상 및 역행성 사정 발생 등의 가능성이 적으며, 후방 추체간 유합술에 비해 외측 요추간 유합술에 사용하는 케이지가 더 커서 추간판 높이를 효과적으로 복원하여 신경관을 효과적으로 감압시킬 수 있고,⁵⁾ 요추부 퇴행성 척추 측만증이나 요추부 퇴행성 질환에서 시상면과 관상면의 균형을 효과적으로 교정할 수 있다.⁶⁾

외측 요추간 유합술의 적응증으로는 기본적으로 기존의 추체간 유합술과 동일하며, 척추관 협착증, 척추 전방 전위증, 추간판 탈출증, 퇴행성 척추 측만증, 척추 후만증, 퇴행성 추간판 질환, 인접 분절 퇴행성 질환, 불유합으로 인한 가관절증 등이 있다.⁷⁾ 그러나, 골절이나 악성 종양 등 종반의 손상이 있어 케이지(cage)나 이식골을 위한 적절한 지지대 역할을 하지 못하는 경우는 적응이 되지 않는다. 또한 외측 접근법으로 후방에 대한 직접적인 감압이나 추간판 조각의 제거를 할 수 없기 때문에 탈출형 혹은 유리형(sequestered) 추간판 탈출증에서도 적응이 되지 않는다.

척추관 협착증에서 외측 요추간 유합술을 시행하면, 추간판 높이를 상승시켜 중심 신경관(central canal)과 추간공(neural foramen)을 증가시켜 신경을 간접적으로 감압하는 효과가 있다. Oliveira 등⁵⁾은 외측 요추간 유합술을 시행하면 추간판 높이가 42%, 추간공 높이가 14%, 추간공 면적이 25%, 척추관 직경이 33% 증가한다고 하였다.

척추관 협착증에서 외측 요추간 유합술을 시행하면, 추간판 높이를 상승시켜 중심 신경관(central canal)과 추간공(neural foramen)을 증가시켜 신경을 간접적으로 감압하는 효과가 있다. Oliveira 등⁵⁾은 외측 요추간 유합술을 시행하면 추간판 높이가 42%, 추간공 높이가 14%, 추간공 면적이 25%, 척추관 직경이 33% 증가한다고 하였다.

외측 요추간 유합술은 척추 변형을 교정하는데 효과적이며,⁸⁾ 특히 관상면(coronal) 불균형 교정에는 효과적이지만, 시상면(sagittal) 불균형 교정에 대해서는 아직 논란이 있다. Acosta 등⁹⁾은 직접 측방 경요근 접근법(direct lateral transpoas approach)으로 수술한 퇴행성 측만증 환자들을 대상으로 관상면과 시상면 재정렬(re-alignment)에 대한 분석을 하였는데, 관상면 교정은 통계적 의의가 있었으나 시상면 회복은 통계적 유의성이 없다고 하였다. 그러나 Pawar 등⁴⁾은 관상면 변형 교정 뿐만 아니라, 시상면 변형 교정에도 훌륭한 결과를 얻었는데, 삽입 케이지가 추체의 전방 1/3에 삽입되었을 때에만 척추 전만(lumbar lordosis)의 회복을 얻을 수 있다고 하였다. 또한 Phan 등¹⁰⁾도 외측 요추간 유합술 수술 후 요추 전만각이 평균 35.8도에서 평균 43.3도로 통계적으로 의미있게 향상되었다고 하였다.



Fig. 1. Preoperative lumbar bending radiographs show that the right-side approach to the L4-L5 disc space appears to be easier than the left-side approach (A) (see arrows). This evaluation is important, especially when the L4-L5 disc space is partially obstructed by one of the iliac crests on lateral radiographs (B) (see arrows).

2. 수술 술기

1) 수술 전 계획

수술 전 단순 방사선 사진상에서, 수술할 부위가 제 2-3요추 부일 경우 늑골에, 제 4-5요추부일 경우 장골능에 방해가 안되는지 확인한다. 또한 수술 전 좌, 우 굴곡 전후 요추부 사진을 촬영하여, 외측 굴곡시켰을 때, 보다 접근이 용이한 쪽을 결정한다 (Fig. 1).



Fig. 2. A photograph shows the preoperative position of the patient. The posture of the patient is lateral on a bent operative table with hip and knee flexed.

2) 신경 감시

환자 마취 후, 드레이핑 전에 수술 도중 발생할 수 있는 신경 손상을 방지하기 위해, 신경근 지배를 받는 근육에 전극 (electrodes)을 설치한다. 제 2, 3요추 신경근 감시를 위해서는 장 내전근에, 제 2, 3, 4요추 신경근 감시를 위해서 외측 광근에, 제 5요추 신경근 감시를 위해서 장 무지 신근에, 제 1, 2천골 신경근 감시를 위해서 비복근에 전극을 설치한다.

3) 수술에 적합한 환자 자세

환자는 수술대 위에 측와위로 눕히고, 슬관절을 굴곡시켜 요근을 이완하도록 한다. 수술을 계획한 부위가 볼록하게 되도록 수술대를 굴곡시키고, 영상 장치(C-arm)를 이용하여 전후 및 측면 영상을 찍어, 정 전후면 영상과 정 측면 영상을 얻도록 위치를 잡고, 테이핑하여 고정한다(Fig. 2).

4) 수술적 접근

드레이핑 후에, 영상 장치를 이용하여 측면 영상으로 수술을 계획한 부위를 확인한 다음, 단일 분절일 경우, 분절의 추간판의 중심부에 피부 절개를 약 3 cm 정도 가하고, 외복사근, 내복사근, 횡근근막 순서로 복근을 그 근섬유 결을 따라 비절개 박리하면서 들어가면, 후복막 지방이 노출되고, 후복막강에 도달하게 된다. 제 2수지를 이용하여 지방층을 전방으로 박리하면서 후복벽을 따라 내려가면 요근에 도달하게 된다. 2분절일 경우, 계획한 2분절의 추간판 사이에 있는 척추체를 중심으로 피부 절개를 사면으로 약 5 cm 정도 가하고 접근하도록 한다.

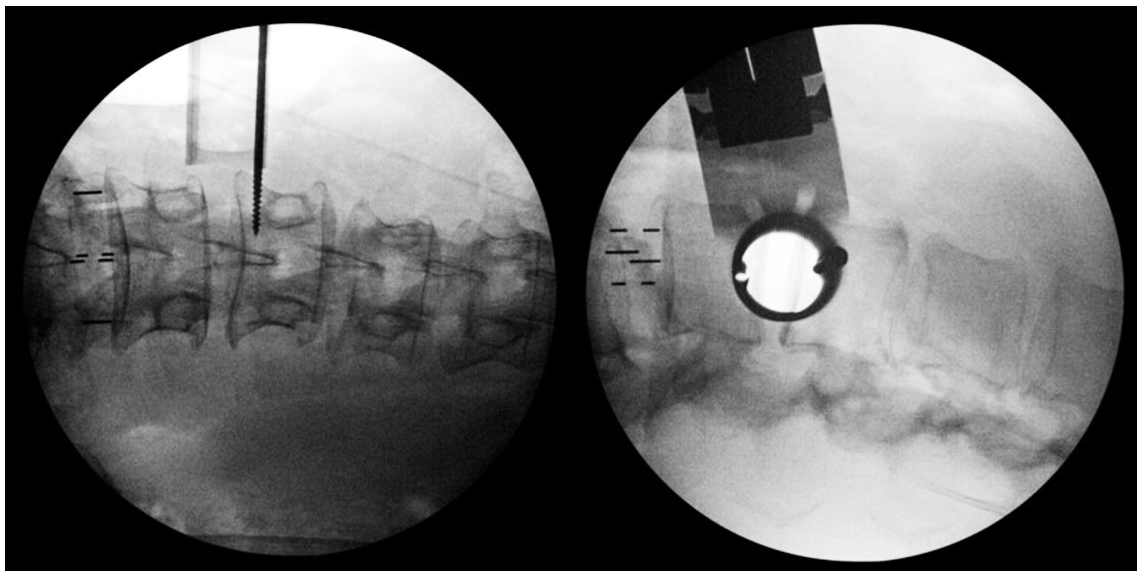


Fig. 3. Intraoperative fluoroscopic anteroposterior and lateral images show the optimal placement of the tubular retractor for the operation.

5) 경요근 접근

요근을 확인한 후, 영상 장치 하에서 요근을 통과하여 계획한 분절의 추간판에 탐침을 삽입하면서, 신경 감시 장치로 신경근이 근처에 있는지 확인한다. 탐침 삽입 후에, 이를 지점으로 순차적으로 확공기를 이용하여 수술창을 확보하고, 튜브형 견인 장치를 삽입하고 수술 테이블에 고정한다. 요추근 신경 얼기는 제 1-2요추부에서 가장 등측으로 위치해 있고, 제 2-3요추부에서 제 4-5요추부로 내려갈수록 점진적으로 배측으로 분포하여, 측면 사진상 척추체의 배측 3/4 지점으로 접근하는 것이 신경 손상을 방지할 수 있다.^{11,12)} 영상 장치를 이용하여, 측면 사진상에서 튜브형 견인 장치가 정 원형으로 보이도록 수직으로, 전후면 사진상에서 튜브형 견인 장치가 수술 할 추간판과 평행하도록 설치한다. 그런 다음, 튜브형 견인 장치가 움직이지 않도록 고정 핀을 삽입하여 고정한다(Fig. 3). 또한, 경요근 접근 과정에서 발생할 수 있는 요추근 신경 손상을 방지하기 위해서, 사측방 요추간 접근법(Oblique Lateral Interbody Fusion, OLIF)이 시도되고 있으며, 추간판 중앙에서 약 6 cm 전방에 피부 절개를 가하고, 대동맥과 요근 사이 공간으로 접근하는 방법이다(Fig. 4).

6) 추간판 제거

관형 견인 장치를 설치하고 나면, 광원을 설치하여 수술 시야를 확보하고, 신경 감시 장치를 이용하여 수술창 주위에 신경근이 있는지 확인한다. 수술창이 신경근에 영향을 미치지 않는 것을 확인한 다음, 추간판의 섬유륜을 확인하고 수술용 칼을 이용하여 적어도 18 mm의 길이로 섬유륜을 제거하고, 큐렛과 시상하부 집자(pituitary forcep) 등을 이용하여 추간판을 제거한다. 추간판 제거 후, 상, 하 종판의 피질골 손상을 주의하면서 연골 성분만 제거한다. 그런 다음, 코브 골막 거상 기구(Cobb

periosteal elevator)를 이용하여 반대측 섬유륜을 터서, 케이지 삽입시 관상 균형을 맞추기 위해 적절한 견인이 되도록 한다. 사측방 요추간 접근법의 경우에는 추간판 제거시 견인 장치를 견인하여 벌리고, 추간판 공간에 들어갈 때 추간판 제거 기구를 처음에는 사면으로 삽입하고, 깊게 들어가면서 수직으로 되도록 전진하면서 제거한다(orthogonal maneuver).

7) 케이지 삽입

추간판이 제거되면, 시험 케이지(trial)를 점차 크기를 증가시키며 삽입하여, 영상 장치를 이용하여 전후면 사진상에서 케이지가 척추체의 운상 골단에 충분히 걸치도록 길이를 측정하고, 적절한 추간공 크기를 회복할 수 있는 높이를 측정한다. 케이지의 길이와 높이가 결정되면, 삽입할 케이지의 중심에 골 이식(자가골, 동종골, 탈회골기질(Demineralized Bone Matrix, DBM) 등)을 한 다음, 영상 장치의 측면 사진상에서 삽입 위치가 적절한지 확인하고, 전후면 사진상에서 삽입하는 케이지의 가운데에 있는 표지는 상, 하 척추의 극돌기와 맞는지, 양 끝의 표지는 척추체의 운상 골단과 맞는지 확인하면서 삽입한다(Fig. 5).

8) 제한점

일반적인 외측 요추간 유합술은 제 1-2요추간부터 제 4-5요추간까지 수술을 할 수 있다. 제 2-5요추간이 용이하게 치료할 수 있는 분절이지만, 제 1-2요추간도 제 12늑골을 일부 절제하거나 견인하면 수술이 가능하다. 제 5요추-제 1천추간은 장골능에 의해 막혀 있고 요천추 신경총과 장골 정맥과 동맥에 의해 점

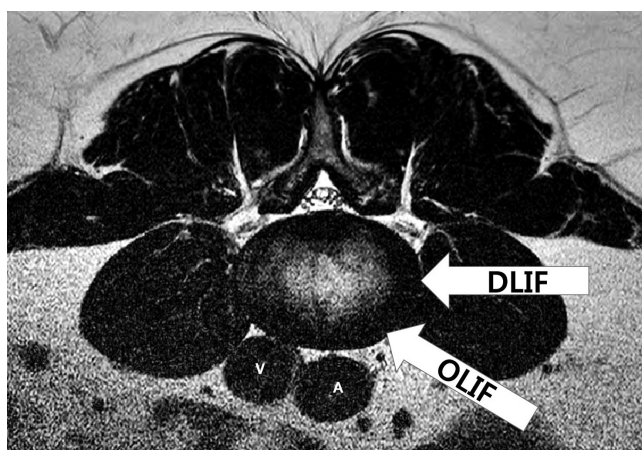


Fig. 4. A schematic figure shows the difference between the direct lateral interbody fusion and oblique lateral interbody fusion approaches for the lumbar spine (see arrows). A, abdominal aorta; V, vena cava.

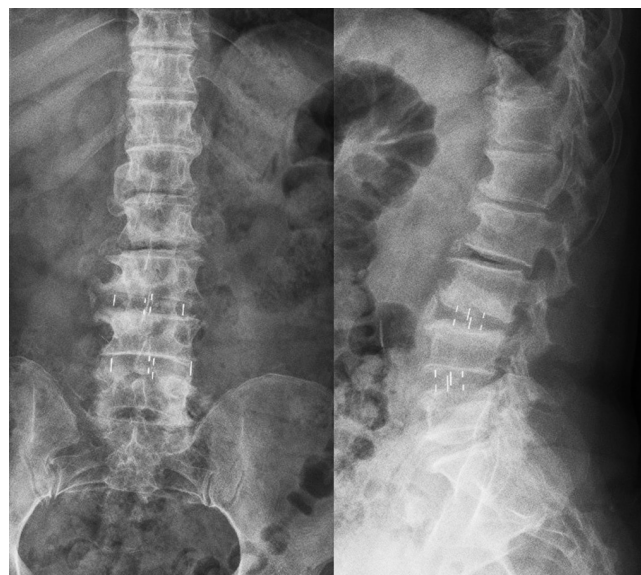


Fig. 5. Postoperative lumbar anteroposterior and lateral radiographs show the proper placement of cages.

근이 어려워, 외측 요추간 유합술의 한계로 여겨졌지만, 최근 측와위에서 좌하복부 전상장골극 전하방부에 횡으로 절개를 하고 척추의 전외측으로 접근하는 사측방 요추간 접근법 술기가 개발되어서 수술이 시도되고 있다.

3. 유합률

외측 요추간 유합술의 경우, 삽입하는 케이지의 면적이 크고 길이가 길어, 척추체 종판에서 강성이 강한 추체 변연에 걸치도록 삽입하여, 후방 추체간 유합술에 비해 보다 안정적으로 유지가 된다.⁴⁾ 전방 추체간 유합술과 비교했을 때에도 Law 등¹³⁾은 사체를 이용한 생역학적 실험에서, 전방 요추간 유합술과 외측 요추간 유합술간에 안정성의 차이는 없다고 하였다.

일반적으로 요추 유합술을 시행했을 때, 불유합률은 약 10%까지 보고되고 있다.¹⁴⁻¹⁶⁾ Bono와 Lee¹⁷⁾는 유합 방식(전방 유합술, 후외측 유합술, 후방 추체간 유합술)에 따라, 그리고 이식물(자가골, 동종골, 골대체제)에 따라 그 유합률을 분석하였는데, 최저 85%에서 최고 91%까지 보고하였다.

외측 요추간 유합술의 경우에는, 불유합률은 Watkins 등¹⁸⁾이 19%라고 보고하였다. 또한 유합률은 Berjano 등¹⁹⁾이 87.1%라고 하였으며, Marchi 등²⁰⁾은 91%라고 하였다.

그리고, 외측 요추간 유합술에 케이지 삽입 후 부가적인 고정을 한 경우와 하지 않은 경우를 비교해 보니, Kretzer 등²¹⁾은 케이지 단독 삽입만 했을 경우와 부가적인 고정술을 한 경우 해당 분절 운동 범위에 큰 차이가 없다고 하였고, Marchi 등²⁰⁾은 케이지 단독 삽입만으로도 유합률이 91%라고 보고하였다. 그러나 Cappuccino 등²²⁾이 발표한 사체를 이용한 생역학적 실험에서, 케이지 단독 삽입했을 경우 운동 범위가 31.6%였는데, 척추경 나사못 고정을 부가적으로 시행하니 운동 범위가 13.0%로 줄게 되어, 부가적인 고정을 하는 것이 보다 안정적이라고 하였다. 또한 Pawar 등⁴⁾도 견고한 요추 유합을 위해서는 부가적인 고정술을 권고하였다. 저자들은 외측 요추간 유합술 후에는 전례에서 후방 척추경 나사못 기기 고정술을 경피적 또는 관혈적 방법으로 삽입하고 있다.

4. 합병증

외측 요추간 유합술 시행 시 발생할 수 있는 합병증으로, 가장 흔하게 발생하는 것은 대퇴부 전방 통증 또는 감각 저하와 고관절 굴곡근 약화로, 이는 요근의 자극 또는 음부 대퇴 신경의 일시적 자극 때문이다.^{2,23-25)} Pumberger 등²⁶⁾은 38%의 환자에서 수술 후 6주간 대퇴부 전방 통증이 있었고, 그 이후에는 점차 감소하였다고 하였다. 또한, 요근의 굴곡 이상과 요신경총 관련 운동 이상도 보고되고 있다.⁴⁾ 이러한 요추부 신경근 손상을 피하기 위해 수술 접근 과정 중 신경에 대한 모니터링을 시행하여 신

경 손상 여부를 확인해야 하며, 되도록이면 요근의 전방 부근으로 접근하는 것을 추천한다.

수술 접근 과정에서 발생 가능한 합병증으로, Dakwar 등²⁷⁾은 복벽의 비대칭을 보고하였는데, 이는 내복사근과 횡근을 지배하는 장골 하복 신경과 장골 서혜 신경의 손상인 것으로 여겨진다. 그러나 복벽 근육을 섬세하게 섬유 방향으로 가르고 접근하면, 이러한 합병증은 거의 발생하지 않는다.

또한 추체 종판 골절과 함께 케이지 침강과 연관된 합병증도 보고되고 있다.^{25,28,29)} 그 원인으로는 추체 종판의 침범(breach), 기구 삽입, 케이지 움직임 등이 기여 인자로 생각되고 있다. 이러한 케이지 침강을 방지하기 위해서는, 추간판 제거시 연골 종판만 제거하고 골단판은 손상시키지 않도록 세심한 주의를 기울여야 하고, 너무 큰 케이지를 삽입하지 않도록 주의한다.

최근 Beckman 등³⁰⁾은 다기관 연구에서 일반적이지 않은 대측성 요근 혈종으로 인해 반대측 신경 이상이 나타난 7예를 보고하였는데, 이는 반대측 추간판 물질을 터주는 과정에서 분절 혈관의 손상으로 인한 것이 아닌가 분석하였다. 이 또한, 추간판 제거 과정에서 코브 골막 거상 기구 등을 사용할 때, 반대쪽까지 너무 깊게 삽입하지 않도록 주의하여야 한다.

결론

외측 추체간 유합술은 고식적 전방 추체간 유합술과 후방 추체간 유합술의 장점을 취합하고, 단점을 보완한 최소 침습 수술로, 신경관의 간접 감압을 통해 환자에게 가해지는 손상이 적고 출혈량이 적어, 수술 후 환자의 회복 및 재활 기간을 단축하여 사회 복귀를 빠르게 할 수 있다는 장점이 있다. 특히 관상면 척추 변형에 효과적이며, 유합률도 전방, 후방 유합술과 상응하여 점점 그 적응증이 확대되어 가고 있다. 또한 다분절 수술을 해야 하거나 고령이면서 내과적 병력이 많아서 대량 출혈이 걱정되는 환자에 적용하기 좋은 수술법이다.

하지만, 수술 도중, 수술 후 발생하는 비특이적 합병증은 숙지하여야 하며, 이를 개선해 나가는 것이 과제라 할 수 있다.

REFERENCES

1. Arnold PM, Anderson KK, McGuire RA Jr. The lateral transpoas approach to the lumbar and thoracic spine: A review. *Surg Neurol Int.* 2012;3(Suppl):198-215.
2. Ozgur BM, Aryan HE, Pimenta L, et al. Extreme lateral interbody fusion(XLIF): a novel surgical technique for anterior lumbar interbody fusion. *Spine J.* 2006;6:435-43.
3. Dakwar E, Cardona RF, Smith DA, et al. Early outcomes

- and safety of the minimally invasive, lateral retroperitoneal transpsoas approach for adult degenerative scoliosis. *Neurosurg Focus*. 2010;28:E8.
4. Pawar A, Hughes A, Girardi F, et al. Lateral lumbar interbody fusion. *Asian Spine J*. 2015;9:978–83.
 5. Oliveira L, Marchi L, Coutinho E, et al. A radiographic assessment of the ability of the extreme lateral interbody fusion procedure to indirectly decompress the neural elements. *Spine(Phila pa 1976)*. 2010;35(Suppl):331–7.
 6. Kim SJ, Lee YS, Kim YB, et al. Clinical and Radiological outcomes of New Cage for Direct Lateral Lumbar Interbody Fusion. *Korean J Spine*. 2014;11:145–51.
 7. Arnold PM, Anderson KK, McGuire RA Jr. The lateral transpsoas approach to the lumbar and thoracic spine: A review. *Surg Neurol Int*. 2012;3(Suppl):198–215.
 8. Mundis GM, Akbarnia BA, Phillips FM. Adult deformity correction through minimally invasive lateral approach techniques. *Spine(Phila Pa 1976)*. 2010;35(Suppl):312–21.
 9. Acosta FL, Liu J, Slimack N, et al. Changes in coronal and sagittal plane alignment following minimally invasive direct lateral interbody fusion for the treatment of degenerative lumbar disease in adults: a radiographic study. *J Neurosurg Spine*. 2011;15:92–6.
 10. Phan K, Rao PJ, Scherman DB, et al. Lateral lumbar interbody fusion for sagittal balance correction and spinal deformity. *J Clin Neurosci*. 2015;22:1714–21.
 11. Benglis DM, Vanni S, Levi AD. An anatomical study of the lumbosacral plexus as related to the minimally invasive transpsoas approach to the lumbar spine. *J Neurosurg Spine*. 2009;10:139–44.
 12. Jahangiri FR, Sherman JH, Holmberg A, et al. Protecting the genitofemoral nerve during direct/extreme lateral interbody fusion (DLIF/XLIF) procedures. *Am J Electroneurodiagnostic Technol*. 2010;50:321–35.
 13. Laws CJ, Coughlin DG, Lotz JC, et al. Direct lateral approach to lumbar fusion in a biomechanically equivalent alternative to the anterior approach: an in vitro study. *Spine(Phila Pa 1976)*. 2012;37:819–25.
 14. Frotzell P, Hagg O, Wessberg P, et al. Chronic low back pain and fusion: a comparison of three surgical techniques: a prospective multicenter randomized study from the Swedish lumbar spine study group. *Spine(Phila Pa 1976)*. 2002;27:1131–41.
 15. Christensen FB, Hansen ES, Ekskjaer SP, et al. Circumferential lumbar spinal fusion with Brantigan cage versus posterolateral fusion with titanium Cotrel–Dubousset instrumentation: a prospective, randomized clinical study of 146 patients. *Spine(Phila Pa 1976)*. 2002;27:2674–83.
 16. Hackenberg L, Halm H, Bullmann V, et al. Transforaminal lumbar interbody fusion: a safe technique with satisfactory three to five year results. *Eur Spine J*. 2005;14:551–8.
 17. Bono CM, Lee CK. Critical analysis of trends in fusion for degenerative disc disease over the past 20 years: influence of technique on fusion rate and clinical outcome. *Spine(Phila Pa 1976)*. 2004;29:455–63.
 18. Watkins R 4th, Watkins R 3rd, Hanna R. Non-union rate with stand-alone lateral lumbar interbody fusion. *Medicine(Baltimore)*. 2014;93:E275.
 19. Berjano P, Langella F, Damilano M, et al. Fusion rate following extreme lateral lumbar interbody fusion. *Eur Spine J*. 2015;24(Suppl):369–71.
 20. Marchi L, Abdala N, Oliveira L, et al. Radiographic and clinical evaluation of cage subsidence after stand-alone lateral interbody fusion. *J Neurosurg Spine*. 2013;19:110–8.
 21. Kretzer RM, Molina C, Hu N, et al. A comparative biomechanical analysis of stand alone versus facet screw and pedicle screw augmented lateral interbody arthrodesis: An in vitro human cadaveric model. *Clin Spine Surg*. 2016;29:E336–43.
 22. Cappuccino A, Cornwall GB, Turner AW, et al. Biomechanical analysis and review of lateral lumbar fusion constructs. *Spine(Phila Pa 1976)*. 2010;35(Suppl):361–7.
 23. Guerin P, Obeid I, Bourghli A, et al. The lumbosacral plexus: anatomic considerations for minimally invasive retroperitoneal transpsoas approach. *Surg Radiol Anat*. 2012;34:151–7.
 24. Kepler CK, Bogner EA, Herzog RJ, et al. Anatomy of the psoas muscle and lumbar plexus with respect to the surgical approach for lateral transpsoas interbody fusion. *Eur Spine J*. 2011;20:550–6.
 25. Sharma AK, Kepler CK, Girardi FP, et al. Lateral lumbar interbody fusion: clinical and radiographic outcomes at 1 year: a preliminary report. *J Spinal Disord Tech*. 2011;24:242–50.
 26. Pumberger M, Hughes AP, Huang RR, et al. Neurologic deficit following lateral lumbar interbody fusion. *Eur Spine J*.

- 2012;21:1192–9.
27. Dakwar E, Le TV, Baaj AA, et al. Abdominal wall paresis as a complication of minimal invasive lateral transpsoas interbody fusion. *Neurosurg Focus*. 2011;31:E18.
28. Karikari IO, Grossi PM, Nimjee SM, et al. Minimally invasive lumbar interbody fusion in patients older than 70 years of age: analysis of peri- and postoperative complications. *Neurosurgery*. 2011;68:897–902.
29. Brier-Jones JE, Palmer DK, Inceoglu S, et al. Vertebral body fractures after transpsoas interbody fusion procedures. *Spine J*. 2011;11:1068–72.
30. Beckman JM, Vincent B, Park MS, et al. Contralateral psoas hematoma after minimally invasive, lateral retroperitoneal transpsoas lumbar interbody fusion: a multicenter review of 3950 lumbar levels. *J Neurosurg Spine*. 2016;5:1–5.

최소 침습적 외측 요추간 유합술: 수술 술기 및 고찰

소재완 • 이재철 *

순천향대학교 의과대학 천안병원 정형외과학교실, 순천향대학교 의과대학 서울병원 정형외과학교실 척추센터 *

연구계획: 증설

목적: 외측 요추체간 유합술의 수술 술기 및 임상 결과를 문헌 고찰을 통하여 알아보고자 하였다.

선행문헌의 요약: 척추 유합술은 퇴행성 요추부 질환에 유용한 치료법이다. 근래에 외측 요추체간 유합술이 개발되어 전방 추체간 유합술을 최소 침습적 방법으로 시행할 수 있게 되었다.

대상 및 방법: 수술 술기 및 문헌 고찰.

결과: 외측 요추간 유합술은 전통적인 전방 추체간 유합술시 발생할 수 있는 합병증의 발생 가능성을 최소화하면서, 후방 추체간 유합술에 비해 크기가 큰 케이지를 사용하기 때문에 추간판 높이를 효과적으로 복원하여 신경관 압박 효과가 크다고 보고되고 있다. 외측 요추간 유합술의 적응증은 전방, 후방 추체간 유합술의 적응증을 거의 모두 포함하며, 유합률과 임상적 결과에서 대등한 것으로 보고되고 있다. 하지만, 비특이적 합병증으로 대퇴부 전방 통증과 고관절 굴곡근 약화가 발생할 수 있는 것으로 보고되고 있다.

결론: 외측 추체간 유합술은 전방 또는 후방 추체간 유합술을 대체할 수 있는 방법의 하나이며, 최소 침습 수술로서 출혈과 연부 조직 손상을 최소화하고, 수술 후 환자의 회복 및 재활 기간을 단축하여 사회 복귀를 빠르게 할 수 있다는 장점이 있다. 그러나, 수술 중, 수술 후 발생할 수 있는 비특이적 합병증들을 개선해야 하는 것이 향후 과제이다.

색인 단어: 요추부, 퇴행성 요추부 질환, 최소 침습적 외측 요추체간 유합술

약칭 제목: 외측 요추체간 유합술의 술기 및 고찰

접수일: 2016년 8월 24일

수정일: 2016년 9월 1일

게재확정일: 2016년 11월 19일

교신저자: 이재철

서울특별시 용산구 대사관로 59 순천향대학 병원 정형외과학교실 척추센터

TEL: 02-709-9250

FAX: 02-794-9414

E-mail: jlee@schmc.ac.kr