



# Lomber dejeneratif spondilolistezis: tanı ve tedavi

## Degenerative lomber spondylolisthesis: diagnosis and treatment

Turgut Akgül

İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, İstanbul

Lomber dejeneratif spondilolistezis, yapısal defekt olmasına rağmen omurlarda kayma meydana gelmesi olarak tanımlanmaktadır. Genellikle L4-5 seviyesinde, nadir olarak komşu segmentlerde oluşur. Dejeneratif lomber spondilolisteziste, patolojiler intervertebral disk ve faset eklem dejenerasyonu ile başlar. Klinik olarak hastalar, asemptomatik olabilecekleri gibi, şiddeti değişken olarak mekanik bel ağrısı, nörolojik klaudikasyonlar ve inkontinans sorunları ile başvuru-abilirler. Tanıda, standart radyografilerin yanında, bilgisayarlı tomografi, miyelografi ve manyetik rezonans görüntüleme kullanılabilir. Minimal invaziv olması ve yumuşak doku komponentleri daha iyi göstermesi açısından, manyetik rezonans ilk tercih edilmesi gereken görüntüleme yöntemidir. Tüm dejeneratif spondilolistezis olgularının %10–15 kadarı cerrahi olarak tedavi edilmektedir. Özellikle nörolojik klaudikasyonu ve vesikorektal sorunları olan hastaların %83 kadar büyük bir kısmında, tedavi edilmedikleri takdirde mevcut sorunlarında ilerleme olmaktadır. Cerrahi tedavi seçenekleri arasında; dekompresyon, dekompresyon ile füzyon, füzyon tercihleri içinde posterolateral ve interbody füzyon (TLIF, PLIF ve ALIF) seçenekleri yer almaktadır.

**Anahtar sözcükler:** dejeneratif hastalık, lomber; omurlararası disk dejenerasyonu; tanı; tedavi

Degenerative lomber spondylolisthesis is defined as slip of the vertebrae without any vertebral arc defect. The displacement commonly occurs at L4-L5 level, rarely in adjacent segments. In degenerative lomber spondylolisthesis, pathology starts with intervertebral disc and facet joint degeneration. Clinically it can be variable as asymptomatic or mechanical back pain, neurological claudication and incontinence. In addition to standard radiography, computerized tomography, myelography and magnetic resonance imaging can be used for diagnosis. Since it is minimally invasive and shows the soft tissue components better, the first choice should be magnetic resonance imaging. About %10–15 of degenerative lomber spondylolisthesis patients are treated surgically. The situation gets worse in %83 of the patients who have neurological claudication and vesicorectal problems, and have not been treated. In surgical treatment options, there are decompression and decompression with fusion; the fusion options are posterolateral and interbody fusion (TLIF, PLIF and ALIF).

**Key words:** degenerative disease, lumbar; intervertebral disc degeneration; diagnosis; treatment

Omurun arka elemanlarının yapısal defekti olmamasına rağmen, faset eklemlerde ileri dejenerasyonlar sonrasında meydana gelen kaymalar, dejeneratif spondilolistezis olarak tanımlanmaktadır. Literatürde ilk olarak, 1930 yılında Junghanns tarafından bildirilmiştir; L4-5 seviyesindeki faset eklemlerin L5-S1 faset eklemine göre artmış sagittal oryantasyonu nedeniyle, sıklıkla L4-5 seviyesinde olur ve %30 oranında komşu segmentlerde meydana gelir. Dejeneratif spondilolistezis, 50 yaşından sonra, sıklıkla kadınlarda görülür.<sup>[1]</sup> Kadınlarda sıklıkla görülme nedeni, bağ laksitesinin erkeklere göre daha fazla

olması olarak bildirilmektedir. Faset eklem kırıkda-larında yüksek miktarda sentezlenen östrojen reseptörleri, postmenopozal dönemdeki bu patolojiyi açıklayabilir.<sup>[2]</sup> Valkenburg ve arkadaşlarının yaptıkları radyoloji çalışmasında, >60 yaşında olan kadınların yaklaşık %10 kadarında spondilolistezis saptandığı bildirilmekle beraber, Farfan ve arkadaşlarının yaptıkları kadavra çalışmasında, bu oran %4,1 olarak bildirilmiştir.<sup>[3,4]</sup>

Dejeneratif lomber spondilolistezis patolojisi, intervertebral disk ve faset eklemlerde dejenerasyon ile başlar. Dejeneratif disk hastalığının gelişmesi sonrası, lomber bölgeye gelen yüklenmelerin büyük bir kısmı

faset eklemlere aktarılır. Bu, ilerleyen dejenerasyon ile meydana gelen mikroinstabilite sonrasında, faset eklemlerde hipertrofi ve osteofit oluşumuna neden olur. Bu değişiklik sonrasında eklem kapsülünde meydana gelen gerilme ile, bağ gevşekliliğinin de eşlik etmesi nedeniyle, omurlarda öne veya yana kaymalar meydana gelebilmektedir. Disk mesafesinde yükseklik kaybı, faset eklem hipertrofinin varlığı, ligamentum flavum hipertrofisi, subkondral skleroz ve osteofit formasyonunun varlığı, ileri derecede kanal darlığı ve foraminal darlık meydana getirir. Miao ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada da, kanal darlığının en önemli nedenleri arasında, posterior disk yüksekliği, kayma miktarı, segmental kifoz ve kısmen anterior disk yüksekliği olduğu gösterilmiştir.<sup>[5]</sup> Yapılan radyolojik çalışmada, disk mesafesinde yükseklik kaybı ve multifidis kaslarındaki atrofinin, dejeneratif lomber spondilolistezis gelişiminden sorumlu olabileceği de gösterilmiştir.<sup>[6]</sup>

## KLİNİK

Dejeneratif lomber spondilolistezisi olan hastalarda, alt lomber bölge ağrısı ile beraber foraminal ve omur kanalı darlığına bağlı nörolojik klaudikasyon ve radikülopati görülebilir. İlerleyen olgularda, kanal darlığına bağlı alt ekstremité güçsüzlükleri ile mesane kontrolünde sorunlar meydana gelebilir. Nörolojik klaudikasyonda, hastalar ağrıları ve uyuşukluğu daha çok gluteal bölgede veya uyluk proksimalinde hissederler. Nörolojik klaudikasyonu olan hastalarda, vasküler klaudikasyonun ayırıcı tanısı mutlaka yapılmalıdır. Dejeneratif lomber spondilolisteziste patolojiler; dejenerere ve sublukse faset eklem, faset eklem kapsülündeki tansiyonun ve stabilize edici kasların etkisinin kaybolması sonrasında segmental instabilite, spinal kanal ve foraminal darlık bulunması ile açıklanabilir.<sup>[7]</sup>

Hastalarda, L4-5 segment listezisi sonrası en sık L5 sinir kökünde sorunlar meydana gelir. L4-5 spondilolistezis sonrasında, gerek ligamentum flavum hipertrofisi gerekse de lateral reseste, superior artiküler fasette dejenerasyon sonrasında oluşan osteofit, L5 sinir köküne kompresyon yapar. Sıklıkla da, kök tuzaklanması L5 pedikülünün seviyesinde meydana gelir. İleri derecede kayması olan olgularda ise, foraminal kompresyon sonrasında L4 sinir kökünde tutulumlar meydana gelebilmektedir.

Alt lomber bölge ağrıları, sıklıkla mekanik instabilite sonrasında meydana gelir. Ağrıların etiyojilerinde ise, fleksiyonda dejenerere diske gelen yüklenmeler sonrası ve ekstansiyonda dejenerere olmuş faset eklemler sayılabilir. Lomber dejenerere spondilolistezisi olan hastalarda, alt lomber bölge ağrıları, uzun süreli ayakta durmalarda ve yürümelerde artarken, oturma ile beraber

ağrılarda belirgin azalma olur. Hastaların, öne eğilmeleri ile beraber lomber kanalda görece genişleme meydana geldiğinden, şikayetlerinde azalma olduğu belirlenmiştir.<sup>[8-10]</sup>

Dejeneratif lomber spondilolistezis olgularında, kalçalarda fleksiyon kontraktürü, paraspinal kaslarda zayıflık ve atrofi ile lomber lordozda kayıp görülür. İleri olgularda, klinik muayenede, lomber bölgede basamaklanma dışarıdan elle palpe edilebilir.

Lomber dejeneratif spondilolistezis olan olgularda, pelvik insidansta, sakral eğimde (*slope*), L4 ve 5 eğimde normal popülasyona göre belirgin anlamda artış bulunmaktadır.<sup>[11]</sup> Çalışmalarda, yüksek pelvik insidansın L4-5 spondilolistezis ile doğrudan ilişkili olduğu da gösterilmiştir.<sup>[11]</sup>

## RADYOLOJİ VE SINIFLAMA

Dejeneratif lomber spondilolistezisin değerlendirmesinde, ayakta çekilen standart ön-arka ve yan grafi, ilk görüntüleme yöntemidir. Ön-arka grafide; dejeneratif skolyoz, lateral olistezis veya L5'te olan sakralizasyonlar değerlendirilebilir. Fleksiyon ve ekstansiyonda çekilen lateral grafilerde, komşu segment instabilite-leri değerlendirilebilmektedir. Her iki grafi arasında 4 mm'den veya açıda meydana gelen 10°'den fazla hareket, instabilite olarak değerlendirilir. İnstabilitenin değerlendirilmesinde, tanı için mutlaka dinamik grafilerin eklenmesi önerilir (Şekil 1).<sup>[12,13]</sup>

Bilgisayarlı tomografi (BT), geçmişte, spinal stenozu tanısında, faset eklem hipertrofisinin ve kemik kalitesinin değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılmış olmakla beraber, günümüzde manyetik rezonans (MR) görüntüleme yapılamayacak hastalarda tanı ve cerrahi planlama açısından, miyelo-BT şeklinde kullanılmaktadır (Şekil 2).

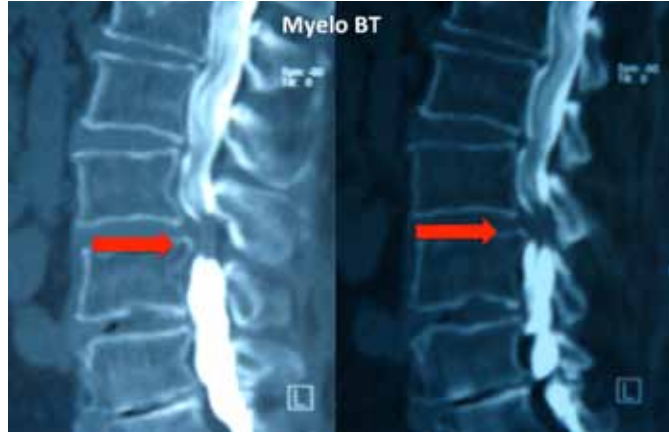
Miyelografi, invaziv bir yöntem olduğu için, mevcut ileri görüntüleme yöntemleri sonrasında kullanımı azalmıştır. Miyelografi ile dinamik grafilerin alınması yoluyla, patolojilerin dinamik etkileri de değerlendirilebilmektedir (Şekil 3). Miyelografiye bağlı baş ağrısı ve bulantı başta olmak üzere, komplikasyon oranları %20 seviyelerinde olmaktadır.

MR görüntüleme, tanıda sıklıkla kullanılan tedavi yöntemidir. MR, köklerin foraminal sıkışmalarını, kanal darlığına neden olan yumuşak dokuları, ligamentum flavum hipertrofisini ve sinoviyal kistlerin değerlendirilmesini sağlar. Faset eklemlerde görülen sinoviyal kistler, sinir köklerine bası yapar ve segmental instabilite varlığını gösterir (Şekil 4).

Radyolojik yöntemlerin değerlendirilmesi üzerine yapılan çalışmada, BT, miyelo-BT ve MR kullanımını,



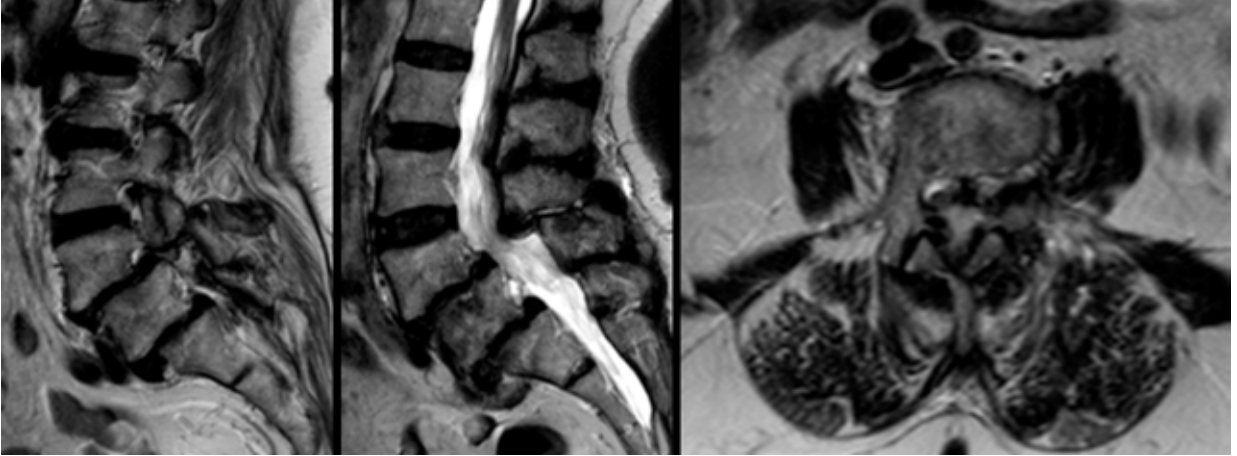
**Şekil 1.** Defeneratif lomber spondilolistezi olan hastanın ön arka ve yan grafileri. Yan grafide listezisi olan hastanın stres grafilerinde (zorlu fleksiyon ve ekstansiyon) 4 mm'den fazla veya açıda meydana gelen 10°'den fazla hareket, instabilite olarak tanımlanmaktadır.



**Şekil 2.** Miyelo-BT, MR çekilmesinde sorunu olan hastalarda uygulanan duyarlılığı ve özgüllüğü yüksek olan bir tanı yöntemidir. Kırmızı okla işaretli alanda, kanalda meydana gelen stenoz görülmektedir.



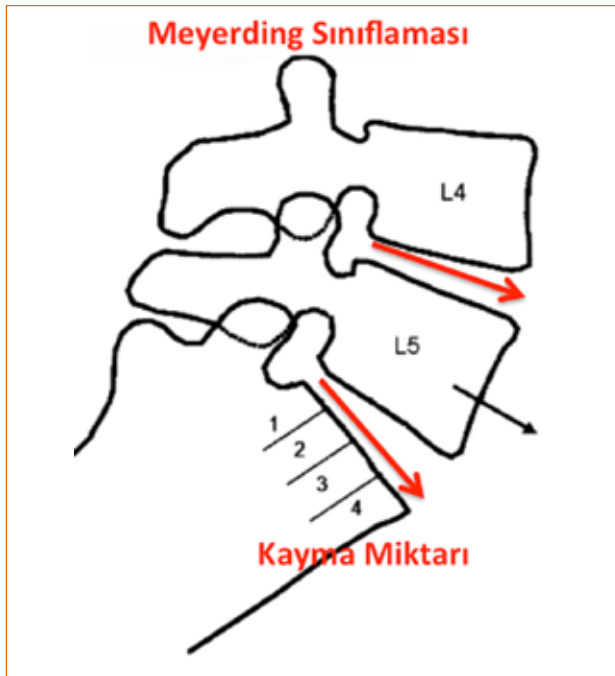
**Şekil 3.** Miyelografi, spinal kord patolojilerinin, spinal kord yaralanmalarının, kistlerin basılanının incelenmesi için, lomber veya servikal bölgeden kontrast madde enjeksiyonunu takiben seri X-ray görüntülerinin alınması ile yapılır. Seri görüntülemelerle, dinamik patolojiler saptanmış olur.



**Şekil 4.** MR, köklerde foraminal sıkışmalar, kanal darlığına neden olan yumuşak dokular, ligamentum flavum hipertorfisi, faset eklem hipertrofileri ve sinoviyal kistlerin değerlendirilmesini sağlar. L4-5 dejeneratif spondilolistezi olan hastanın MR değerlendirmesinde; foraminal stenoz, kanal darlığı, spondilolistezis ve disk dejenerasyonu görülmektedir.

tanıda benzer sonuçlara sahip olsalar da, noniyonizan ve en az invaziv olan MR'nin ilk kullanılması gerektiği vurgulanmıştır.<sup>[14]</sup>

Sınıflamada, sıklıkla omurun kayma miktarı kullanılarak yapılan Meyerding sınıflaması kullanılır.<sup>[15]</sup> Kayma oranlarına göre; %0-25 arası kayma Evre 1, %25-50 arası kayma Evre 2, %50-75 arası kayma Evre 3 ve %75-100 arası kayma Evre 4 olarak sınıflandırılır (Şekil 5). Kepler ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada,



**Şekil 5.** Meyerding sınıflaması; üst omurun alta yer alan omur üzerinde kayma derecesine göre evreleme yapmaktadır.

bu radyolojik sınıflamanın yeterli olamayacağı ve ek parametrelerin gerektiğini vurgulamışlardır. Bunlar, lokal kifoz varlığı, disk yüksekliği ve translyasyon miktarıdır ve;

Tip A, kifoz değişikliği olmadan disk mesafesinde ilerleme derecede daralma;

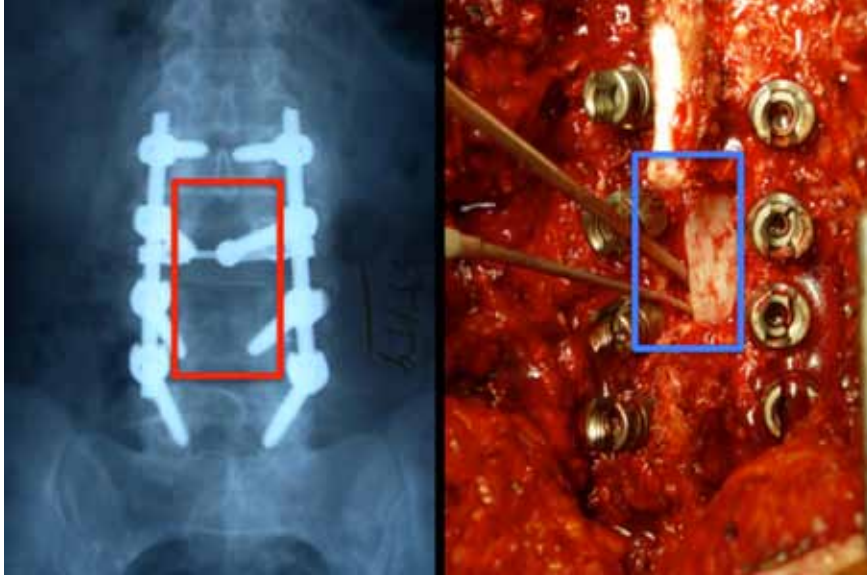
Tip B, kifoz değişikliği olmadan kısmi disk yüksekliği korunarak <5 mm translyasyon varlığı;

Tip C, kifoz değişikliği olmadan kısmi disk yüksekliği korunarak >5 mm translyasyon varlığı;

Tip D, kifotik açılanmanın varlığı olarak belirlenmiştir.<sup>[16]</sup>

## TEDAVİ

Dejeneratif lomber spondilolistezisin klinik yansımaları farklılık gösterdiğinden, hastaların ancak %10-15 kadarı cerrahi olarak tedavi edilmektedirler.<sup>[7]</sup> Özellikle nörolojik klaudikasyonu ve vesikorektal sorunları olan hastaların %83 kadar büyük bir kısmında, tedavi edilmedikleri takdirde, mevcut sorunlarında ilerleme belirlenmiştir. Matsunaga ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, başvuru anında nörolojik semptomları olmayan hastaların %76 kadarında, semptomlarda ilerleme olmadığı ve bunların konservatif tedavi yöntemleri ile tedavi edilebileceği bildirilmiştir.<sup>[1]</sup> Herkowitz ve arkadaşları ise, cerrahi tedavi endikasyonu olarak üç önemli kriter belirlemişlerdir. Bu kriterler; 1) hayat kalitesini olumsuz yönde etkileyecek ve en az üç aylık konservatif tedaviye yanıt vermeyen ısrarcı, tekrarlayan bel, bacak ağrısı veya nörolojik klaudikasyonun varlığı, 2) ilerleyen nörolojik defisit ve 3) inkontinans varlığı olarak belirlenmiştir.



**Şekil 6.** Dekompresyon ile, posterior elemanlar uzaklaştırılarak kökler ve dura serbestleştirilir. Şekilde, posterior entsrümantasyon ve dekompresyon yapılan hastanın klinik (mavi) ve radyolojik görüntüsü (kırmızı) görülmektedir.

## KONSERVATİF TEDAVİ

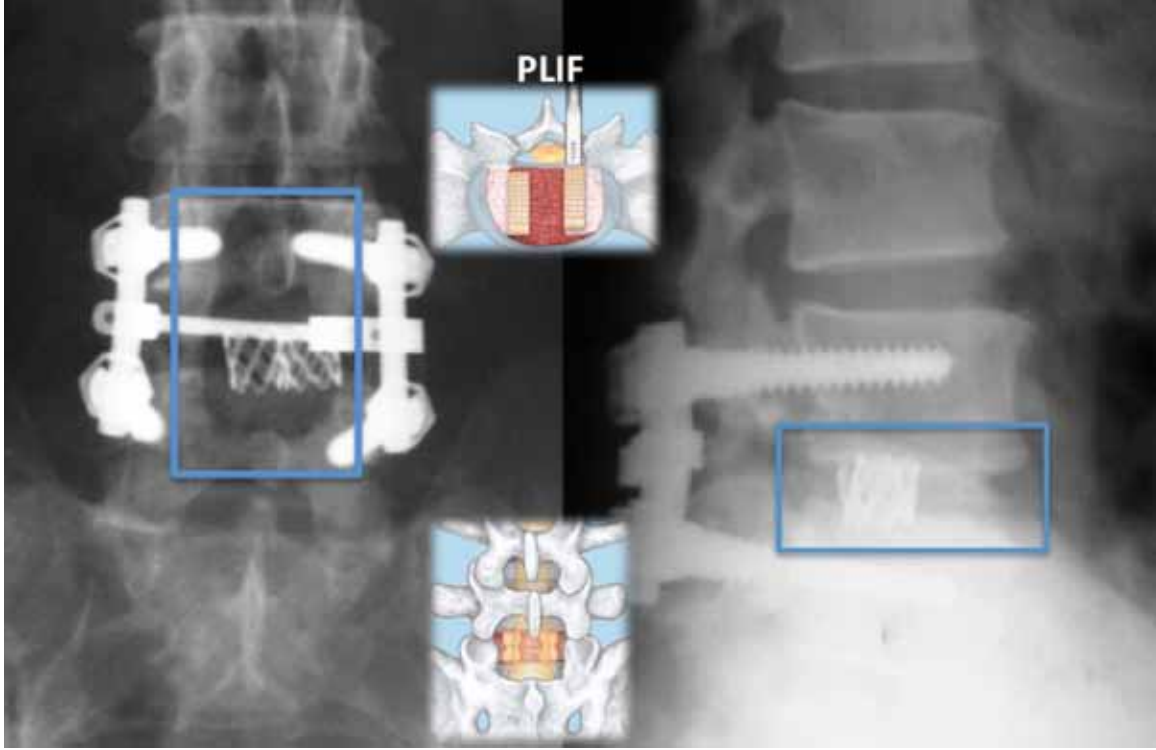
Nörolojik şikayetlerin varlığına rağmen, ilk düşünülmesi gereken, cerrahi dışı tedavi yöntemleridir. Sıklıkla önerilen kombine tedavi yaklaşımları; nonsteroid anti-inflamatuvar ilaçların kullanılması, aerobik kondüsyonun artırılması, kilo kontrolü ve osteoporozun kontrol altına alınması olarak belirlenmiştir. Fizik tedavide uygulanan tedavi protokolleri ile; ağrıda azalma, lomber bölgede hareket açıklığında ve fonksiyonunda belirgin artma, omurgada stabilizasyon sağlanır. Hastaların fizik tedavi protokolleri arasında, semptomlarını arttırmadan fonksiyonel kapasiteyi arttıran bisiklet egzersizleri, yürümeye göre daha fazla tercih edilmelidir. Bisiklet kullanmada, oturma yeri ile el tutamakları arasındaki mesafe, hastalarda kontrollü öne fleksiyona imkan verir. Sinaki ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, konservatif tedavi protokolü seçilen hastalarda fleksiyon germe egzersizleri ve izometrik bel germe egzersizleri yapılması önerilmektedir.<sup>[17]</sup> Hastalarda, fleksiyon tipi egzersizlerin yapılması ile beraber, iş modifikasyonunda, arka desteklik kullanılması veya ağrı nedeniyle günlük işlerin kısıtlanma seviyelerinde anlamlı azalma olduğu belirtilmiştir.

Akut semptomlarının azaltılmasında epidural veya foraminal steroid enjeksiyonu yarar sağlar.

## CERRAHİ TEDAVİ

Cerrahi tedavi seçenekleri geniş bir spektuma sahiptir. Bu tedavi seçenekleri arasında; sadece

dekompresyon, dekompresyon ve tek taraflı füzyon, dekompresyon ve füzyon ile anterior desteğin eklenmesi sayılabilir. Literatürde, dekompresyonun cerrahiye eklenmesi konusunda fikir birliği bulunmaktadır. Dekompresyon ile beraber, nörolojik ve radiküler semptomlarda azalma meydana gelir.<sup>[18]</sup> Sigmondson ve arkadaşları ise, yaptıkları çalışma sonrasında, dekompresyon cerrahisine füzyonun eklenmesi ile beraber, ağrının azaltılmasında, fonksiyonel skorlarda ve hayat kalitesinde daha fazla düzelme olduğunu belirtmişlerdir (Şekil 6).<sup>[19]</sup> Füzyon cerrahisinde amaç, instabiliteyi önlemek ve dejeneratif disk- faset ekleme bağlı ağrıların azaltılmasını sağlamaktır. Füzyon cerrahisi için implantlı veya implantsız kullanımlar mevcuttur. Füzyon cerrahisinde implant kullanımı ile beraber, füzyon oranlarında belirgin artış saptandığı bildirilse de, üstünlüklerini karşılaştıran fazlaca yayın bulunmamaktadır.<sup>[20,21]</sup> Ye ve arkadaşlarının yaptıkları metaanaliz çalışmasında, implant kullanılarak yapılan füzyonlarda kaynama oranı, kullanılmayanlara göre belirgin anlamda yüksek olsa da, ağrı ve hasta memnuniyetinde belirgin farklılık bulunmamıştır.<sup>[21]</sup> Literatürde kullanılan implantlar ise, pedikül vidaları ve *interbody* füzyon için kullanılan özel kafeslerdir. Bu implantların kullanılması ile beraber, fizyolojik sagittal *alignment* restore edilmekte ve nöral foramenlerde meydana gelen açılmalar ile beraber, indirekt dekompresyon meydana gelmektedir. Cerrahi tedavi ile başarılı sonuçlar alınmakla beraber, Sato ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada,



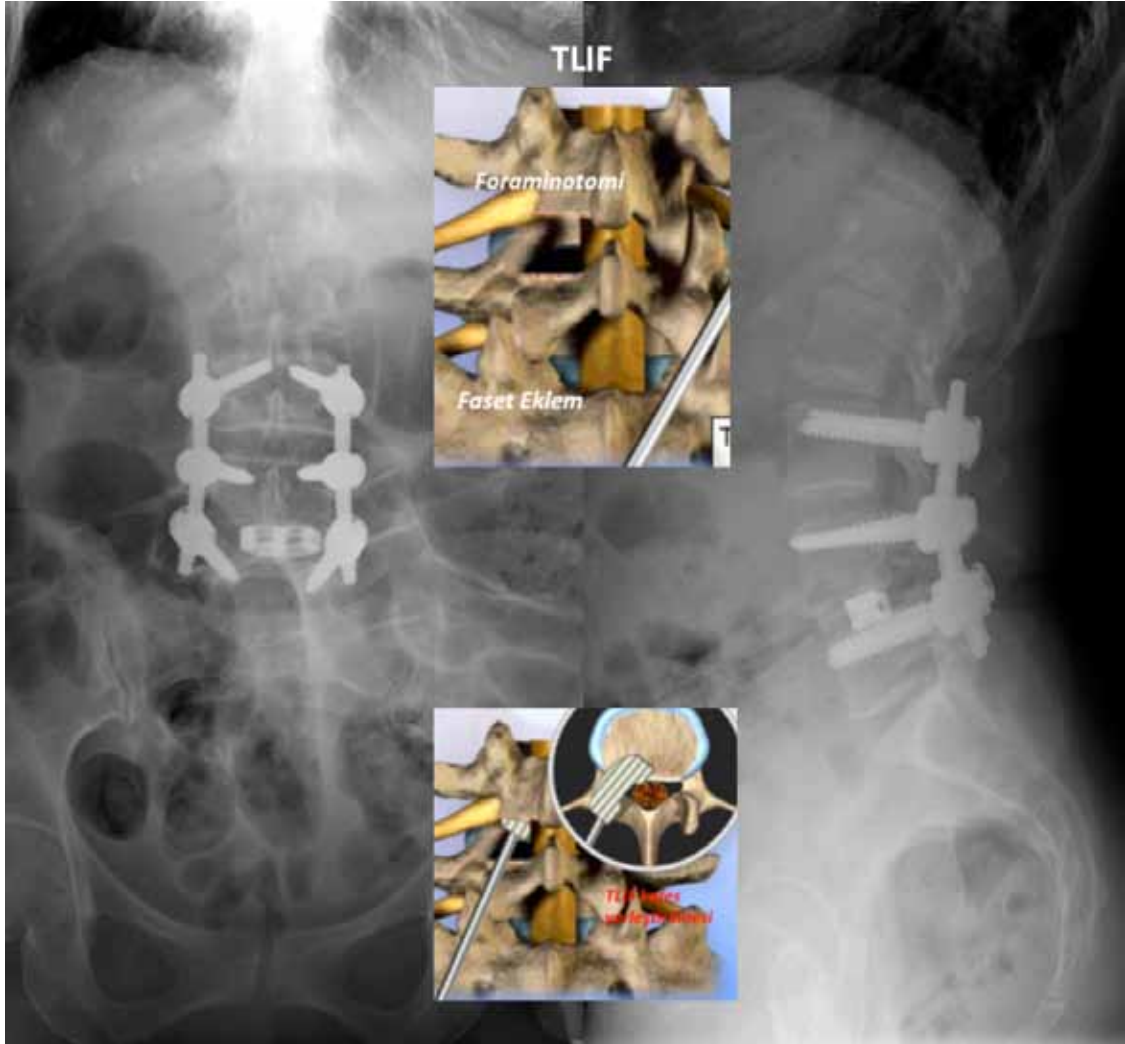
**Şekil 7.** PLIF'te, faset eklemler mümkün olduğu kadar korunarak ve orta hatta laminektomi yapılarak, dura ve kökler açığa konulur. Dura kenara çekilerek, disk mesafesinde yaklaşık 13 mm'lik pencere oluşturulur. Disk mesafesinde, diskektomi sonrasında *endplate*'de yüzeyel kartilaj temizlenir. Duranın her iki yanından bu işlem yapıldıktan sonra, greft ve kafes yardımı ile *interbody* füzyon yapılır.

cerrahi sonrası komplikasyon oranı altı yıl içerisinde %23 oranında bildirilmektedir. Bu oranların, sadece dekompresyon olgularında füzyon eklenenlere göre daha fazla, bunun da sebat eden diskojenik ağrılar ile bağlantılı olduğu bildirilmiştir.<sup>[22]</sup> Füzyon elde etmek için, posterolateral füzyon tek başına kullanılabileceği gibi, posterior veya anterior yaklaşımla, *interbody* füzyon teknikleri ile anterior kolon desteği ve füzyonu sağlanmış olur. *Interbody* füzyon teknikleri arasında; anterior *interbody* füzyon (ALIF), transforminal *interbody* füzyon (TLIF) ve posterolateral *interbody* füzyon (PLIF) seçenekleri yer alır (Şekil 7 ve 8). *Interbody* füzyonun cerrahiye eklenmesi ile beraber, anterior kolon desteği ve füzyon oranlarında artış sağlanmaktadır. Disk materyalinin temizlenmesi sayesinde, diskojenik ağrılar azaltılmış olur. *Interbody* füzyon teknikleri ile füzyon oranlarında belirgin artış sağlanmış olsa da, bu tekniklerin kaynama açısından birbirlerinden belirgin farklılıkları tespit edilememiştir.<sup>[23]</sup> *Interbody* füzyon tekniklerinden ALIF, sagittal planın düzelmesinde ve 360° füzyonun sağlanmasında etkili iken, anterior cerrahinin getirdiği morbidite yüksekliği dezavantaj olarak görülmektedir.<sup>[23]</sup> Posteriordan yapılan *interbody* füzyon tekniklerinden PLIF uygulamasının kanal

içerisinden yapılması ve geniş laminektomi gerekliliği bir dezavantaj olarak bildirilmişken, foraminal yaklaşım ile *interbody* füzyon yapılmasına olanak sağlayan TLIF, daha az komplikasyon oranı ile benzer sonuçlar vermektedir.<sup>[24]</sup>

## SONUÇ

Lomber dejeneratif spondilolistezis tanısında, standart radyografilerle beraber, en az invaziv olan MR yapılması tanı için yeterli olmaktadır. Dejeneratif spondilolistezis hastalarında klinik yakınmalar, olmayabileceği gibi, mekanik ağrı veya nörolojik klaudikasyon veya sfinkter kontrol sorunları şeklinde olabilir. Dejeneratif spondilolistezis hastalarında tedavi yaklaşımının belirlenmesinde en önemli basamak, ağrının nedeninin ve nörolojik sorunların varlığını değerlendirmektir. Semptomları bulunmayan veya minimal klinik şikayeti olan spondilolistezis olgularında, kombine konservatif tedavi yöntemlerinin uygulanması uygun iken, nörolojik bulguları olan veya bu bulguları ilerleyen ve ısrarcı ağrıları olan hastalarda cerrahi tedavinin uygulanması en doğru seçenektir. Cerrahi tedavi yöntemleri, sadece nöral dokuların rahatlatılmasını hedef



**Şekil 8.** TLIF, PLIF uygulamasına göre daha minimal invaziv bir hastalıktır. Posteriorda, tek taraflı faset eklemlerinin eksizyonu sonrasında disk mesafesine ulaşılmaktadır. Disk mesafesi temizlendikten sonra, özel şekillendirilmiş kafes tek taraftan yerleştirilir.

alan dekompresyon ile buna, implant kullanılan veya kullanılmayan füzyon cerrahisinin eklenmesi şeklindedir. Sıklıkla, posterior dekompresyon, pedikül vidası ile stabilizasyon ve posterolateral füzyon cerrahisi uygulanmakla beraber, *interbody* füzyon tekniklerinin (PLIF, TLIF, ALIF) kullanılması ile, füzyon oranlarında artış ve diskojenik ağrılarda belirgin azalma sağlanır.

#### KAYNAKLAR

1. Matsunaga S, Sakou T, Morizono Y, Masuda A, Demirtas AM. Natural history of degenerative spondylolisthesis. Pathogenesis and natural course of the slippage. Spine (Phila Pa 1976) 1990;15(11):1204-10.
2. Ha KY, Chang CH, Kim KW, Kim YS, Na KH, Lee JS. Expression of estrogen receptor of the facet in degenerative spondylolisthesis. Spine (Phila Pa 1976) 2005;30(5):562-6.
3. Valkenburg HA, Haanen HCM. The epidemiology of low back pain. In: White AA, Gordon SL, editors. The proceedings of the American association of orthopedic surgery symposium on low back pain, 1982. p.9-22.
4. Farfan HF. The pathological anatomy of degenerative spondylolisthesis. A cadaver study. Spine (Phila Pa 1976) 1980;5(5):412-8.
5. Miao J, Wang S, Park WM, Xia Q, Fang X, Torriani MP, Wood KB, Li G. Segmental spinal canal volume in patients with degenerative spondylolisthesis. Spine J 2013;13(6):706-12. [CrossRef](#)
6. Wang G, Karki SB, Xu S, Hu Z, Chen J, Zhou Z, Fan S. Quantitative MRI and X-ray analysis of disc degeneration and paraspinal muscle changes in degenerative spondylolisthesis. J Back Musculoskelet Rehabil 2015;28(2):277-85. [CrossRef](#)
7. Pette KA, Salib RM, Walker SG. External electrical stimulation and bracing for treatment of spondylolysis. A case report. Spine (Phila Pa 1976) 1993;18(4):436-9.

8. Herkowitz HN. Spine update. Degenerative lumbar spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976)* 1995;20(9):1084-90.
9. Frymoyer JW. Degenerative spondylolisthesis. In: Andersson GBJ, McNeill TW, editors. *Lumbar spinal stenosis*. St Louis: Mosby Year Book; 2009.
10. Frymoyer JW. Degenerative Spondylolisthesis: Diagnosis and Treatment. *J Am Acad Orthop Surg* 1994;2(1):9-15.
11. Funao H, Tsuji T, Hosogane N, Watanabe K, Ishii K, Nakamura M, Chiba K, Toyama Y, Matsumoto M. Comparative study of spinopelvic sagittal alignment between patients with and without degenerative spondylolisthesis. *Eur Spine J* 2012;21(11):2181-7. [CrossRef](#)
12. Pieper CC, Groetz SF, Nadal J, Schild HH, Niggemann PD. Radiographic evaluation of ventral instability in lumbar spondylolisthesis: do we need extension radiographs in routine exams? *Eur Spine J* 2014;23(1):96-101. [CrossRef](#)
13. Wood KB, Popp CA, Transfeldt EE, Geissele AE. Radiographic evaluation of instability in spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976)* 1994;19(15):1697-703.
14. Saint-Louis LA. Lumbar spinal stenosis assessment with computed tomography, magnetic resonance imaging, and myelography. *Clin Orthop Relat Res* 2001;(384):122-36.
15. Meyerding HW. Spondylolisthesis; surgical fusion of lumbosacral portion of spinal column and interarticular facets; use of autogenous bone grafts for relief of disabling backache. *J Int Coll Surg* 1956;26(5 Part 1):566-91.
16. Kepler CK, Hilibrand AS, Sayadipour A, Koerner JD, Rihn JA, Radcliff KE, Vaccaro AR, Albert TJ, Anderson DG. Clinical and radiographic degenerative spondylolisthesis (CARDS) classification. *Spine J* 2015;15(8):1804-11. [CrossRef](#)
17. Sinaki M, Lutness MP, Ilstrup DM, Chu CP, Gramse RR. Lumbar spondylolisthesis: retrospective comparison and three-year follow-up of two conservative treatment programs. *Arch Phys Med Rehabil* 1989;70(8):594-8.
18. Steiger F, Becker HJ, Standaert CJ, Balague F, Vader JP, Porchet F, Mannion AF. Surgery in lumbar degenerative spondylolisthesis: indications, outcomes and complications. A systematic review. *Eur Spine J* 2014;23(5):945-73. [CrossRef](#)
19. Sigmundsson FG, Jönsson B, Strömqvist B. Outcome of decompression with and without fusion in spinal stenosis with degenerative spondylolisthesis in relation to preoperative pain pattern: a register study of 1,624 patients. *Spine J* 2015;15(4):638-46. [CrossRef](#)
20. Watters WC 3rd, Bono CM, Gilbert TJ, Kreiner DS, Mazanec DJ, Shaffer WO, Baisden J, Easa JE, Fernand R, Ghiselli G, Heggeness MH, Mendel RC, O'Neill C, Reitman CA, Resnick DK, Summers JT, Timmons RB, Toton JF; North American Spine Society. An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of degenerative lumbar spondylolisthesis. *Spine J* 2009;9(7):609-14. [CrossRef](#)
21. Ye YP, Chen D, Xu H. The comparison of instrumented and non-instrumented fusion in the treatment of lumbar spondylolisthesis: a meta-analysis. *Eur Spine J* 2014;23(9):1918-26. [CrossRef](#)
22. Sato S, Yagi M, Machida M, Yasuda A, Konomi T, Miyake A, Fujiyoshi K, Kaneko S, Takemitsu M, Machida M, Yato Y, Asazuma T. Reoperation rate and risk factors of elective spinal surgery for degenerative spondylolisthesis: minimum 5-year follow-up. *Spine J* 2015;15(7):1536-44. [CrossRef](#)
23. Wang SJ, Han YC, Liu XM, Ma B, Zhao WD, Wu DS, Tan J. Fusion techniques for adult isthmic spondylolisthesis: a systematic review. *Arch Orthop Trauma Surg* 2014;134(6):777-84. [CrossRef](#)
24. Hackenberg L, Halm H, Bullmann V, Vieth V, Schneider M, Liljenqvist U. Transforaminal lumbar interbody fusion: a safe technique with satisfactory three to five year results. *Eur Spine J* 2005;14(6):551-8.