

## Lomber Spondilolisteziste Biyomekanik Farklılıklar ve Patofizyolojik Süreç

### Biomechanical Differences and Pathophysiological Process in Lumbar Spondylolisthesis

#### ÖZ

Spondilolistezis (SLL) deformitesi omurga patolojileri içerisinde tanısı kolay konulabilen ancak tedavi yöntemi konusunda fikir birliği olmayan bir patolojidir. Omurga biyomekaniğinin zaman içerisinde daha iyi anlaşılması, hastalığın doğal seyrinin biliniyor hale gelmesi SLL'nin alt tipleri olduğunu göstermiştir. Günümüzde başlıca dejeneratif, displastik, istmik, travmatik ve patolojik olmak üzere beş alt tip tanımlanmıştır. Her bir SLL tipinin farklı doğal seyri ve biyomekanik özellikleri vardır. Bu nedenle farklı tedavi yaklaşımları olabilmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Spondilolistezis, Biyomekanik, Omurga

#### ABSTRACT

Spondylolisthesis (SLL) deformity is a pathology that can be easily diagnosed among spinal pathologies, but there is no consensus on the treatment method. A better understanding of the biomechanics of the spine and the natural history of the disease over time have shown that there are subtypes of SLL. Today, five subtypes have been defined, mainly degenerative, dysplastic, isthmic, traumatic, and pathological. Each type of SLL has different natural history and biomechanical features. Therefore, there may be different treatment approaches.

**Keywords:** Spondylolisthesis, Biomechanics, Spine

#### GİRİŞ

Spondilolistezis tanısı, klinik yakınmaları destekleyecek radyolojik bulguların eşliğinde kolay konulmakla beraber, hastalığın doğal seyri ve tedavi seçenekleri konusunda net bir fikir birliği yoktur. Bazı olgularda, ciddi translasyonel deformite olmasına karşın orta dereceli bir ağrı yakınması ve hafif nörolojik tutulumlar olurken, bazı olgularda ise hafif bir kayma ciddi klinik belirti ve bulgulara yol açabilmektedir. Hatta bazı olgularda tanı tesadüfen koyulmaktadır. Dandy ve Shannon bu karışıklığın nedeni olarak hastalığın tek bir nedeni olduğuna inanıl-

ması olduğunu ve bu görüşün yanlış olduğunu belirttiler (2). Geçen süre içerisinde spondilolistezis deformitesinin farklı nedenleri olduğu ve her tip spondilolistezisin kendine özgü hastalık süreçleri olduğu anlaşılmıştır.

Sağlıklı bir omurganın biyomekanik özelliklerinin bilinmesi ile birlikte, omurga deformitesi, travma ya da dejenerasyona sekonder gelişen mekanik değişikliklerin bilinmesi, hastalığı önlemede, tanı koymada ve tedavi etmede yol gösterici olacaktır.

Alt lomber omurga bölgesi, oldukça mobil omurga bölgesi ile hemen hemen hareketsiz olan sakroiliak bölge ara-

sında geçiş bölgesini oluşturur. Bu geçiş bölgesi omurga patolojisi oluşumuna ve ilerlemesine hassas bir bölgedir.

## SPONDİLOLİSTEZİS BİYOMEKANİK ÖZELLİKLERİ

Sağlıklı bir omurga stabil bir yapıdır. Normal omurga kinematiği ve yük dağılımı omurganın anatomik bütünlüğüne ve optimal yük dağılımına bağlıdır. Omurga stabilitesi global olarak Denis ve McAfee (3,14) tarafından longitudinal olarak tanımlanan 3 kolon (ön-orta-arka kolonlar) teorisi ile değerlendirilirken (Şekil 1), segmental stabilite Louis (11) ve Kirkaldy-Willis (20) tarafından tanımlanan üç eklem kompleksi ile değerlendirilir. Bu üç eklem kompleksi; ön kolonda intervertebral disk ve arka kolonda bilateral faset eklemleridir (Şekil 2). Normal sağlıklı omurgada bu iki sistemin uyum içerisinde çalışması, lumbosakral bölgede optimal yük dağılımını ve hareketi sağlar. Sistemler arasındaki bu uyumun, doğumsal gelişim bozukluğu, travma, hastalık, dejenerasyon gibi çeşitli nedenlerle bozulması durumunda lumbosakral bölgenin normal biyomekanikinde değişiklikler olur.

### Dejeneratif Spondilolistezis

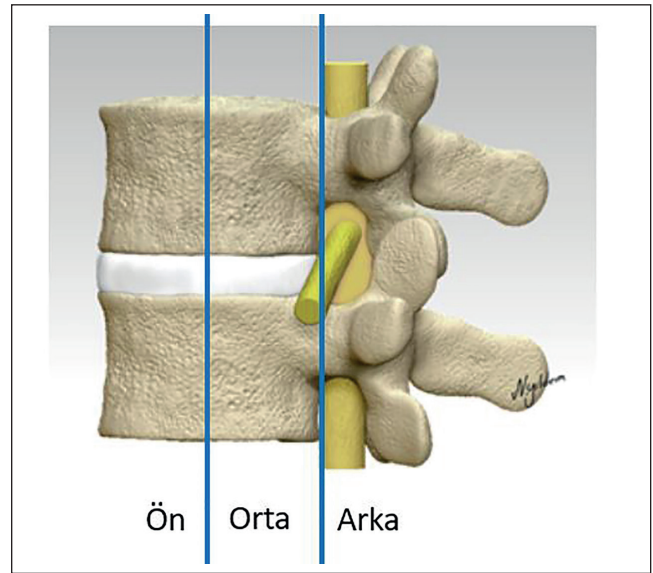
Dejeneratif değişiklikler spondilolistezisin en sık nedenidir. Kadınlarda daha fazla görülür ve en sık L4-5 segmentinde oluşur (Şekil 3) (6,9). Diğer spondilolistezis tiplerinin aksine dejeneratif spondilolisteziste nöral arkus intakttır ve kayma derecesi nadiren %30 dan fazladır (7,13).

Dejeneratif değişiklikler genellikle bir eklemden başlar ve zamanla üçlü eklem kompleksinde ve hatta sonrasında komşu segmentlerde görülür (18,20). İlk patolojik değişimde çoğunlukla intervertebral disk dokusunda görülür. Diskin aksiyel yük taşıma kapasitesinde azalma meydana gelir. Omurga bu durumu kompanse etmek için arka elemanları daha fazla kullanmaya başlar. Faset eklemlere ve ligamentlere binen yük artar. Faset eklemleri artan stresi karşılamak için volüm artışına gider ve faset tropismi gelişir. Bu nöral foramen daralmasına neden olabilir. Ayrıca, faset tropismi ile birlikte yani eklem yüzeylerindeki artış nedeniyle, aksiyel yüklenme esnasında normalden daha fazla rotasyonel hareket olur, bu da annulus fibrosus üzerinde stres artışına neden olur (1,16). Bu anormal hareket artışı ve artan stres, segmental instabilite gelişimine zemin hazırlar.

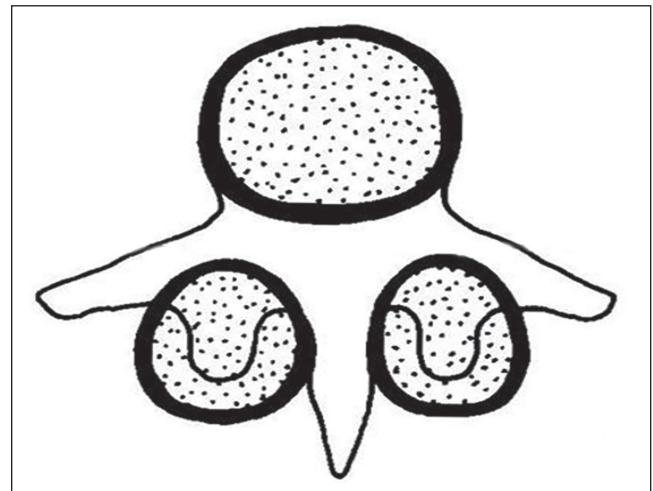
Bir diğer önemli risk faktörü de faset eklemlerinin sagittal plandaki konumlarıdır. Love ve ark. (12) sagittal planda 45°den fazla faset oryantasyonu olan hastalarda dejenera-

tif spondilolistezis gelişme riskinin 25 kez fazla olduğunu bildirdiler.

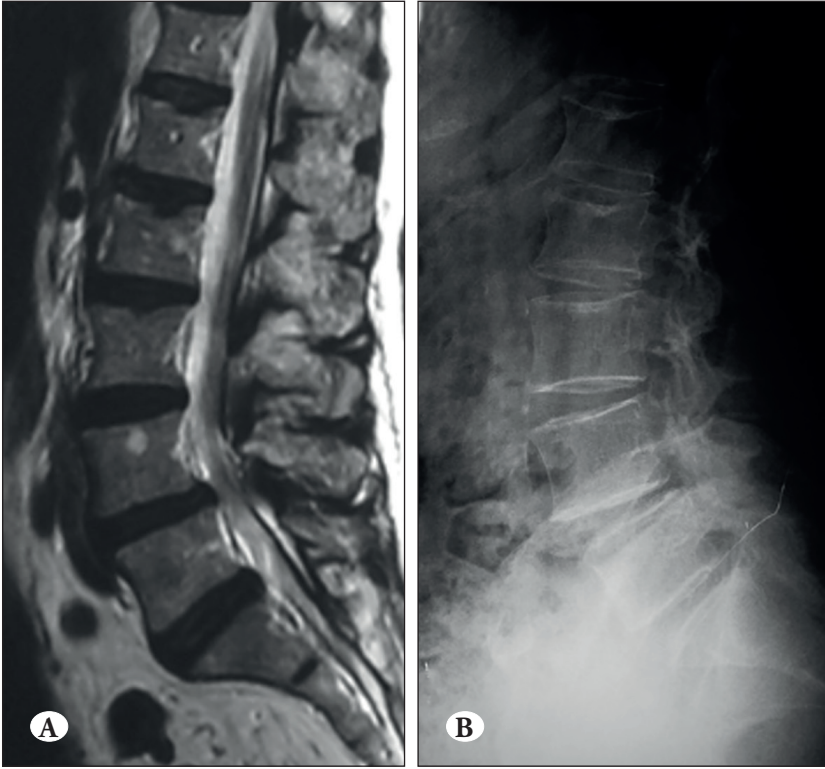
Dejeneratif değişiklikler sonucunda faset eklem dejenerasyonunda ilerleme ve instabilite, ligamentöz yapılarda gevşeme, ligamentum flavumun içe bükülmesi (kanal çapında azalma), ve instabil hale gelmiş hareket segmentini tekrar stabilize edebilmek için osteofit oluşumu (nöral foramen ve kanal çaplarında daralma) görülür. Hastalığın bu doğal seyri sırasında ağrı, uyuşukluk, güçsüzlük gibi yakınmalar görülebilir.



**Şekil 1:** Sagittal planda üç kolon teorisi; ön kolonda Anterior longitudinal ligaman ve vertebra korpusu ile diskin ön yarısı, orta kolonda vertebra korpusu ve diskin arka yarısı, arka kolonda omurganın tüm arka elemanları yer alır.



**Şekil 2:** Segmental seviyede üç kolon teorisi; ön kolonda disk, arka kolonda bilateral faset eklemleri yer alır.



**Şekil 3: A)** Sagittal T2 MR incelemesinde L4-5 düzeyinde dejeneratif SLL görülmekte. **B)** Yan lateral direkt grafide L4-5 düzeyinde evre bir SLL görülmekte.

Radyolojik tetkiklerde özellikle fleksiyon-ekstansiyon yan grafilere aşırı anormal fokal segmental hareket saptanabilir (15,17,19). Ancak bazı olgularda Panjabi'nin tanımladığı nötral bölgenin aşırı genişlemesi nedeniyle belirgin bir translasyonel instabilite görülmeyebilir (5). Kanayama ve ark. fleksiyon hareketi sırasındaki disk mesafesinin açı değişiminin lomber distraksiyon instabilitesinin en prognostik indikatörü olduğunu bildirdiler (8).

### İstmik Spondilolistezis

Edinsel pars interartikularis defekti sonrasında spondilolistezis gelişmesi olarak tanımlanan bu hastalık spondilolistezis olarak da adlandırılır (Şekil 4).

Tüm istmik spondilolistezislerde kabul gören teori bir kırığın olmasıdır ve bu da 3 alt gruba ayrılır; akut, uzama, yorgunluk kırıkları. Pars interartikularisde çeşitli nedenlerle akut kırık oluşur. Bu bölgeye normalde binen yüklerle ek olarak ciddi makaslama (shear) kuvvetleri de etkir ve sağlıklı iyileşme olmayabilir. Böyle bir durumda faset eklemlerinin sağladığı tranlasyonel deformiteyi önleyici kilit mekanizması etkin olarak kullanılamayacağı için spondilolistezis gelişme riski yüksektir. Diğer senaryoda ise kısmi iyileşme, kallus oluşumu gerçekleşir ancak sürekli etkiyen mikrotravmalar (normalde omurga üze-

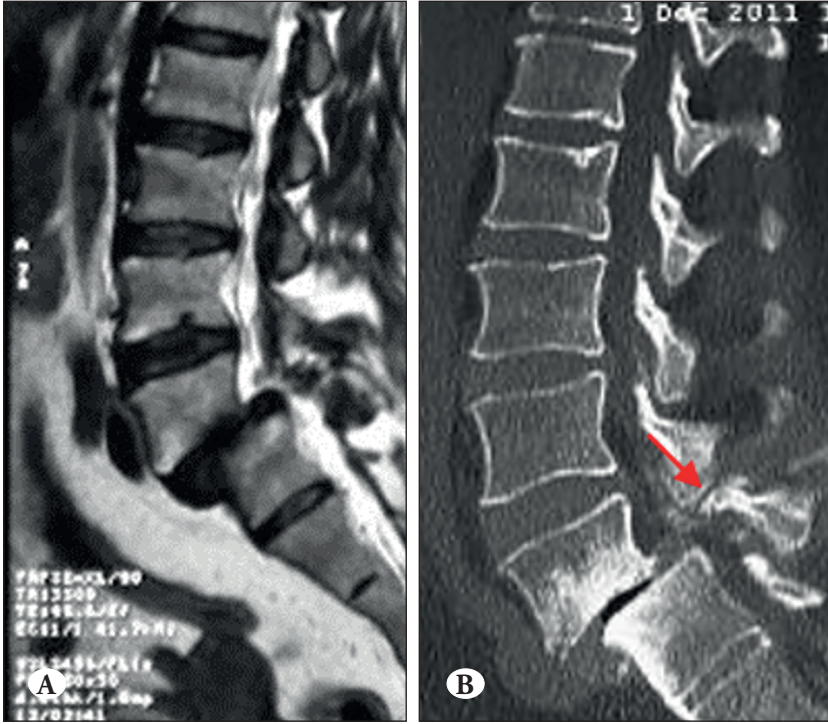
rine binen yükler ve makaslayıcı kuvvetler) tekrarlayıcı kırıklara-iyileşmelere neden olur ve pars interartikularis boyunda uzamaya ve sonuçta üst omurga cisminin öne kaymasına yani spondilolistezise neden olur. Son senaryoda ise iyileşme gerçekleşse bile bu zayıf bir iyileşme olacak ve yorgunluk kırıklarına açık hâle gelecektir.

Lumbosakral bileşke morfolojisi gereği ciddi aksiyel kompresif yüklenme ve yüksek makaslama kuvvetlerine maruz kalmaktadır. Nöral arkusun arka elemanlarında böyle bir zafiyet gelişmesi hâlinde bu yüklere etkin direnç gösteremeyen kişilerde spondilolistezis gelişme riski yüksektir.

Yapılan çalışmalar kadın cinsi, %50 den fazla kayma olması, çocukluk çağında kaymanın başlamış olması gibi faktörlerin spondilolistezisin ilerlemesinin en önemli risk faktörleri olduğunu göstermiştir.

### Displastik Spondilolistezis

Pars interartikularisin displastik lezyonları hemen her zaman spina bifida okültası olan hastalarda görülür. Bu tip spondilolistezisde alt lomber ve üst sakral fasetlerin displazisi sık görülen bir bulgudur. Konjenital bir defekt olmasına karşın genellikle klinik bulgular kişinin yaşının ilerlemesiyle kas dokusunun zayıflaması, kilo artışı, gibi



**Şekil 4:** A) Sagittal T2 lomber MR tetkikinde L5-S1 düzeyinde SLL görülmekte B) sagittal lomber tomografi tetkikinde L5-S1 SLL ve arka kolonda istmik defekt (kırmızı ok) görülmekte.

nedenlerle orta-ileri yaşlarda ortaya çıkar. Lumbosakral bölgede kilit vazifesi gören faset eklemlerinin oluşmaması L5 vertebra cisminin sakrum üzerinden öne kaymasına neden olur. Yüksek dereceli kayma görülme olasılığı diğer spondilolistezis tiplerine göre daha fazladır.

### Travmatik Spondilolistezis

Travmatik spondilolistezis nadir görülen bir klinik tablodur (10) (Şekil 5).

Yüksek enerjili bir travma sonrasında oluşabilir (4). Arka elemanlarda kırık ve ligamentöz yapılarda hasar görülür. Diğer spondilolistezis tiplerinden farklı olarak akut olarak intervertebral disk ve ligamentöz yapılarda kemik doku ile birlikte hasar görmesi nedeniyle ciddi instabilite gelişir. Omurganın hem sagittal planda ve hem de aksiyal planda her üç kolonununda etkilenmesi akut translasyonel deformite gelişme riski taşır. Bu nedenle klinik bulguların daha ciddi olma olasılığı yüksektir. Spinöz proses ve transvers proses kırıkları da sıklıkla tabloya eşlik eder.

Travma anında omurgayı başlıca kompresyon, distraksiyon ve makaslama (shear) kuvvet vektörleri etkiler ve omurganın direncinin aşıldığı durumlarda spondilolistezis gelişir.

### Patolojik Spondilolistezis

Malign neoplastik hastalıklar omurgada patolojik spondi-



**Şekil 5:** Sagittal T2 lomber MR incelemesinde T12-L1 düzeyinde SLL ve L1de patlama kırığı görülmekte.

lolistezise neden olabilirler. Bazı tümör tiplerindeki malign hücreler kemiğin remodeling dengesini değiştirir ve osteolisis aktivitesinde artışa, sonuçta kemik harabiyetine yol açar. Osteolitik aktivitedeki artış hareket segmentinde instabilite gelişim olasılığında artışa neden olur. Özellikle

pars interartikularisin patolojik bozulması, instabilite gelişimine zemin hazırlar. Benzer şekilde bilateral faset eklemler tutulumu da instabilite riskini artıran bir durumdur. Patolojik süreç içerisinde gelişen özellikle posterior kolon kemik yapılarındaki direnç kaybı ve yük taşıma kapasitesindeki direnç zaman içerisinde sagittal planda translasyonel kayma deformitesine neden olabilmektedir.

## SONUÇ

Spondilolistezis, omurga cerrahlarının sık karşılaştığı bir problemdir. Tedavi yöntemi hastanın yakınmalarının şiddetine, kayma derecesine, omurgada dar kanal ve/veya nöral foramen daralması problemlerinin eşlik edip etmemesine bağlı değişiklikler gösterebilir. Ancak SLL alt tipinin iyi değerlendirilmesi ve buna uygun hastaya en optimal tedavi seçeneğinin sunulması zorunluluktur. Bu nedenle SLL'in biyomekanik özelliklerinin bilinmesi hastalığın doğal seyri konusunda omurga cerrahlarına önemli bilgiler verecektir.

## KAYNAKLAR

1. Dai LY: Orientation and tropism of lumbar facet joints in degenerative spondylolisthesis. *Int Orthop* 25(1):40-42, 2001.
2. Dandy DJ, Shannon MJ: Lumbo-sacral subluxation (Group I spondylolisthesis). *J Bone Joint Surg Br* 53:578-595, 1971
3. Denis F: The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. *Spine (Phila Pa 1976)* 8:817-831, 1983
4. Fabris D, Costantini S, Nena U, Lo Scalzo V: Traumatic L5-S1 spondylolisthesis: report of three cases and a review of the literature. *Eur Spine J* 8(4):290-295, 1999
5. Hasegawa K, Kitahara K, Shimoda H, Hara T: Biomechanical evaluation of destabilization following minimally invasive decompression for lumbar spinal canal stenosis. *J Neurosurg Spine* 18(5):504-510, 2013
6. Jacobsen S, Sonne-Holm S, Rosing H, Monrad H, Gebuhr P: Degenerative lumbar spondylolisthesis: An epidemiological perspective: The Copenhagen Osteoarthritis study. *Spine (Phila Pa 1976)* 32:120-125, 2007.
7. Kalichman L, Hunter DJ: Diagnosis and conservative management of degenerative lumbar spondylolisthesis. *Eur Spine J* 17(3):327-335, 2008
8. Kanayama M, Hashimoto T, Shigenobu K, Oha F, Ishida T, Yamane S: Intraoperative biomechanical assessment of lumbar spinal instability: Validation of radiographic parameters indicating anterior column support in lumbar spinal fusion. *Spine (Phila Pa 1976)* 28(20):2368-2372, 2003
9. Leong JC, Luk KD, Chow DH, Woo CW: The biomechanical functions of the iliolumbar ligament in maintaining stability of the lumbosacral junction. *Spine (Phila Pa 1976)* 12(7):669-674, 1987
10. Lim CT, Hee HT, Liu G: Traumatic spondylolisthesis of the lumbar spine: A report of three cases. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 17(3):361-365, 2009
11. Louis R: Stability as defined by the three-column spine concept. *Anat Clin* 7:33-42, 1985
12. Love TW, Fagan AB, Fraser RD: Degenerative spondylolisthesis. Developmental or acquired? *J Bone Joint Surg Br* 81(4):670-674, 1999
13. 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)* 15(11):1204-1210, 1990
14. McAfee PC, Yuan HA, Fredrickson BE, Lubicky JP: The value of computed tomography in thoracolumbar fractures. An analysis of one hundred consecutive cases and a new classification. *J Bone Joint Surg Am* 65(4):461-473, 1983
15. McGregor AH, Cattermole HR, Hughes SP: Global spinal motion in subjects with lumbar spondylolysis and spondylolisthesis: Does the grade or type of slip affect global spinal motion? *Spine (Phila Pa 1976)* 26(3):282-286, 2001
16. Noren R, Trafimow J, Andersson GB, Huckman MS: The role of facet joint tropism and facet angle in disc degeneration. *Spine (Phila Pa 1976)* 16(5):530-532, 1991
17. Schneider G, Percy MJ, Bogduk N: Abnormal motion in spondylolytic spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976)* 30(10):1159-1164, 2005
18. Widmer J, Fornaciari P, Senteler M, Roth T, Snedeker JG, Farshad M: Kinematics of the spine under healthy and degenerative conditions: a systematic review. *Ann Biomed Eng* 47(7):1491-1522, 2019
19. Xu H, Xia Q, Miao J: Vertebral in vivo motion of adjacent segments in patients with degenerative spondylolisthesis. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi* 94(47):3731-3734, 2014
20. Yong-Hing K, Kirkaldy-Willis WH: The pathophysiology of degenerative disease of the lumbar spine. *Orthop Clin North Am* 14(3):491-504, 1983