



**T.C. SAğLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FATİH SULTAN MEHMET SAğLIK UYGULAMA VE ARAŞTIRMA**  
**MERKEZİ**

**BEYİN VE SİNİR CERRAHİSİ KLİNİğİ**

**LOMBER DEJENERATİF SPONDİLOLİSTEZİS TEDAVİSİNDE**  
**PARASPİNAL KASLARIN YAğLANMASININ KLİNİK ÖNEMİ**  
**(RETROSPEKTİF KOHORT KESİTSEL ANALİZİ)**

**Dr. Uğur Ozan ÖZTAŐ**  
**(TIPTA UZMANLIK TEZİ)**

**İSTANBUL/2023**



**T.C. SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FATİH SULTAN MEHMET SAĞLIK UYGULAMA VE ARAŞTIRMA**  
**MERKEZİ**

**BEYİN VE SİNİR CERRAHİSİ KLİNİĞİ**

**LOMBER DEJENERATİF SPONDİLOLİSTEZİS TEDAVİSİNDE**  
**PARASPİNAL KASLARIN YAĞLANMASININ KLİNİK ÖNEMİ**  
**(RETROSPEKTİF KOHORT KESİTSEL ANALİZİ)**

**Dr. Uğur Ozan ÖZTAŐ**

**(TIPTA UZMANLIK TEZİ)**

**Tez DanıŐmanı:**

**Doç. Dr. Murat Őakir EKŞİ**

**(TIPTA UZMANLIK TEZİ)**

**İSTANBUL/2023**

## TEŞEKKÜR

Tez yapım ve yazım sürecinde tüm özverisiyle desteğini ve yardımını esirgemeyen tez danışmanı Hocam **Doç. Dr. Murat şakir EKŞİ**'ye;

Sağlık Bilimleri Üniversitesi Fatih Sultan Mehmet Eğitim ve Araştırma Hastanesi Eğitim sorumlusu **Doç. Dr. Erhan ŐELİKOęLU** Hocama, **Prof. Dr. Tayfun HAKAN** Hocama ve İdari Sorumlu **Uzm. Dr. Jülide HAZNECİ**'ye, **Uzm. Dr. Ali BÖREKCİ**, **Uzm. Dr. Özden Őaęlar ÖZTÜRK** ve **Uzm. Dr. Arif TOPAL**'a saygılarımı sunuyorum. Ayrıca; Őalıřtıęım kliniklerdeki hemşire ve personele, Beni bugünlere getiren, verdikleri emeklerle her zaman yanımda olan çok sevgili annem **Prof. Dr. Fulya ÖZTAŐ** ve babam **Prof. Dr. Haydar ÖZTAŐ**' a, en zor günlerimde daima yanımda olan ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen kardeşim **Av. Elif Ceren ÖZTAŐ**'a sonsuz teőekkürler.

**Dr. Uğur Ozan ÖZTAŐ**

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR .....	1
İÇİNDEKİLER .....	2
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	4
ŞEKİL LİSTESİ.....	6
TABLolar LİSTESİ.....	7
<b>1. ÖZET .....</b>	<b>8</b>
<b>2. ABSTRACT.....</b>	<b>10</b>
<b>3. GİRİŞ VE AMAÇ .....</b>	<b>12</b>
<b>4. GENEL BİLGİLER.....</b>	<b>13</b>
4.1. Vertebral Anatomi ve Omurga Fizyolojisi.....	14
4.2. Spondilolistezis Epidemiyoloji.....	15
4.3. Dejeneratif Spondilolistezin Etiyopatogenezi.....	16
4.4. Dejeneratif Spondilolistezis Gelişimine Yol Açan Risk Faktörleri.....	17
4.5. Fizik Muayene.....	18
4.6. Lomber Spinal Dejeneratif Spondilolistezis Semptomları ve Tedavisi.....	18
4.7. Konservatif Tedavi.....	21
4.8. Cerrahi Tedavi.....	24
<b>5. SPONDİLOLİSTEZİSİN SINIFLANDIRMASI.....</b>	<b>25</b>
5.1. Wiltse Sınıflandırması.....	25
5.2. Marchetti ve Bartolozzi Sınıflandırması.....	27
5.2.1. Yüksek Displastik Grup.....	27
5.2.2. Düşük Displastik Grup.....	27
5.3. Spinal Deformite Çalışma Grubu Sınıflandırması.....	28
<b>6. TANI VE GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİ.....</b>	<b>28</b>
6.1. Direkt Grafiler.....	28
6.2. Kemik Sintigrafisi.....	29
6.3. Bilgisayarlı Tek Foton Emisyon Tomografisi (SPECT).....	29
6.4. Bilgisayarlı Tomografi.....	30
6.5. Magnetik Rezonans Görüntüleme.....	30
<b>7. CERRAHİ YÖNTEMLER.....</b>	<b>31</b>
7.1. Açık Laminektomi.....	33
7.2. Posteriyör Segmental Enstürmantasyon .....	33
7.3. Minimal İnvaziv Dekompresyon Teknikleri.....	39
7.4. Endoskopik Omurga Cerrahisi.....	40

<b>8. PARASPİNAL KASLARIN YAĞLANMASININ KLİNİK ÖNEMİ VE DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ.....</b>	<b>44</b>
<b>9. GEREÇ VE YÖNTEM.....</b>	<b>52</b>
9.1.Çalışma olgularının belirlenmesi.....	52
9.2.Görüntüleme Yöntemi.....	52
9.3.Omurga Dejenerasyonunun Değerlendirilmesi.....	53
9.4.Paraspinal Kasların Değerlendirilmesi.....	54
9.5.İstatistiksel analiz.....	55
<b>10. BULGULAR.....</b>	<b>56</b>
10.1.Hasta popülasyonu.....	56
10.2.Değerlendiriciler Arası Güvenilirlik Testleri.....	56
10.3.Grupların karşılaştırılması.....	58
<b>11. TARTIŞMA.....</b>	<b>59</b>
<b>12. KISITLILIKLAR . ....</b>	<b>61</b>
<b>13. SONUÇ.. ....</b>	<b>63</b>
<b>14. KAYNAKLAR . ....</b>	<b>64</b>
<b>15. ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>78</b>
<b>16. EK-1: ETİKKURUL ONAYI .....</b>	<b>79</b>
<b>17. EK-2: TEZ KONUSU ONAYFORMU (V.3).....</b>	<b>81</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR

- AUC:** Eğri altındaki alan
- BESS:** Biportal endoskopik spinal cerrahi
- BMI :** Vücut kitle indeksi
- BT:** Bilgisayarlı Tomografi
- CARDS:** Klinik ve radyografik dejeneratif spondilolistezis sınıflandırma sistemi
- CI:** Güven aralığı
- CSA:** Enine kesit alanı
- DS:** Dejeneratif spondilolistezis
- ESS:** Endoskopik omurga cerrahisi
- FDA:** ABD Gıda ve İlaç İdaresi
- FJ:** Faset eklem
- FSU:** Fonksiyonel Spinal Ünite
- GA:** Regresyon analizi
- IL :** İnterlaminar yaklaşım,
- IPD:** Interspinous process dekompresyon
- I-R:** Intra-Rater
- IVDD:** Lomber intervertebral disk dejenerasyonu
- LBP:** Bel ağrısı
- LDH:** Lomber disk herniasyonu
- LeanCSA:** Dik kesit
- MED:** Mikroendoskopik diskektomi
- MI:** Minimal invaziv
- MIS:** Minimal invaziv cerrahi
- MISS:** Minimal invaziv omurga cerrahisi
- MRG:** Magnetik Rezonans Görüntüleme
- OR:** Olasılık oranı
- PACS:** Resim Arşivleme ve İletişim Sistemi
- PBED:** Biportal endoskopik dekompresyon
- PI:** Pelvik İnsidans
- ROC** Alıcı İşletim Karakteristiği analizi
- SAP:** Superior artiküler proçes
- sLSS:** Semptomatik lomber spinal stenoz

**SPECT:** Bilgisayarlı Tek Foton Emisyon Tomografisi  
**SPSS:**Sosyal bilimler için istatistik paketi  
**TELUL:**Transforaminal tam endoskopik lomber undercutting laminektomini  
**TESSYS:**Transforaminal endoskopik omurga sistemi  
**TF :** Transforaminal yaklaşım  
**TLIF:**Transforaminal lomber interbody füzyon  
**UBE:**Tek taraflı biportal endoskopi  
**ULBD:**Unilateral laminotomi tekniği için bilateral dekompresyon  
**VAS:**Ağrı için görsel analog skala  
**YESS:** Yeung endoskopik omurga sistemi  
**SS:**Sakral slop

## ŞEKİL LİSTESİ

<i>Şekil 1. Vertabraların Anatomik Yapısı</i> .....	<b>14</b>
<i>Şekil 2. Spondilolistesisle Vertabrada Oluşan Değişimler</i> .....	<b>16</b>
<i>Şekil 3: Paraspinal Kaslarda Yağlı Değişim</i> .....	<b>52</b>



## TABLÖLAR

**Tablo 1:** *Spondilolistezis Nedeniyle Ameliyat Edilen veya Konservatif Olarak Tedavi Edilen Hastalar; Hastaların Ciddi İntervertebral Disk Dejenerasyonu ve Herhangi Bir Lomber Seviyede Modic Değişikliklerinin Varlığı Bakımından Karşılaştırılması.....55*

**Tablo 2:** *Spondilolistezis Nedeniyle Ameliyat Edilen veya Konservatif Olarak Tedavi Edilen Hastaların, Omurga Dejenerasyonu ve Paraspinal Kaslardaki Yağ İnfiltrasyonu Bakımından Karşılaştırılması .....55*

---

# LOMBER DEJENERATİF SPONDİLOLİSTEZİS TEDAVİSİNDE PARASPINAL KASLARIN YAĞLANMASININ KLİNİK ÖNEMİ (RETROSPEKTİF KOHORT KESİTSEL ANALİZİ)

## 1. Özet

**Amaç:** Lumbosakral yapının statik ve kinetik yapısının bozulması sonucu vücudun karşılaşılabileceği herhangi bir şoku absorbe etmesi ve posterior elemanların spinal hareketlerini kontrol etmesi büyük önem taşımaktadır. Lomber yapının herhangi bir şekilde deformasyonun sonucu ortaya çıkabilecek spondilolistezlerden biri olan dejeneratif spondilolistezisin yaşla birlikte artış gösterdiği bilinmektedir. Son dönemde elde edilen bulgular, bu risk faktörlerine ek olarak paraspinal kaslarda gelişen yağ infiltrasyonunun cerrahi müdahale gerektiren dejeneratif spondilolistezisli hastaların klinik ciddiyetinin bir göstergesi olabileceği öne sürülmektedir. Dejeneratif spondilolistezisin doğal seyri, nasıl başlayıp nasıl ilerlediği, hangi bağımsız değişkenlerin hangi oranda katkı sağladığı iyi bilinmemektedir. Yakın tarihlerde yapılan geniş katılımlı bir analiz dejeneratif spondilolistezisli tüm hastalarda önemli oranda ağrı görülmediği, dejeneratif spondilolistezisnin her zaman defisit ile sonuçlanmadığını, dejeneratif spondilolistezis için her zaman ameliyatın gerekli olmadığını göstermiştir. Bu nedenle bu çalışmada paraspinal kaslardaki yağ infiltrasyonunun, dejeneratif spondilolistezisli hastaların klinik vaka bakımından ciddiyetinin belirlenmesinde ve cerrahi tedavi gerektirmesinde bir katkısının bulunup bulunmadığı araştırılmıştır.

**Mateyal ve Metotlar:** Bu çalışmada, Ocak 2013 ile Mayıs 2023 tarihleri arasında retrospektif olarak toplanan bir veri tabanının kesitsel analizini yapılmıştır. Bu amaçla ön veri setine kronik bel ağrısı, nörolojenik kladikasyon şikâyetleri ile polikliniğimize başvuran, konservatif tedaviye rağmen, altı haftadan uzun süren şikâyetleri ile lomber spinal MRG çekilen, ardışık kadın ve erkek hastalar dâhil edilmiştir. Spondilolistezis nedeniyle geçmişte opere edilen 32 hasta bu çalışmanın esas deneklerini (hastalarını) oluşturmakta olup, kontrol grubu olarak yaşları ve cinsiyetleri deney grubu ile benzer, konservatif tedavi yöntemlerine (medikal tedavi, fizik rehabilitasyon, girişimsel tedavi) yönlendirilen 32 DS hastasından kontrol grubu olarak yararlanılmıştır. Araştırmaya katılan hastalar, PACS sistemi kullanılarak lomber omurga MRG'sinde (1.5 Tesla, Philips, Amsterdam, Hollanda) değerlendirilmiş olup, görüntüler, dStream TotalSpine sarmalı (Philips, Amsterdam, Hollanda) kullanılarak sagittal T1-, sagittal Turbo Spin Echo T2-, sagittal yağa doymuş T2-, aksiyel Turbo Spin Echo T2- ve koronal Turbo Spin Echo T2 ağırlıklı olarak kaydedilmiştir.

Lomber intervertebral disk dejenerasyonu (IVDD), T2 ağırlıklı sagittal lomber omurga Pfirrmann derecelendirme sistemi yardımıyla MRG'lerde L1-L2'den L5-S1 disk seviyelerine kadar derecelendirilmiş olup, Pfirrmann tarafından geliştirilen bu sistem orijinal olarak beş derece içermektedir. Modic değişiklikler, L1-L2 ile L5-S1 disk seviyeleri arasında, T1 ve T2 ağırlıklı sagittal lomber omurga MRG'lerinde Modic sınıflandırması kullanılarak değerlendirilmiştir. Hasta ve kontrol deneklerinin sayısının sınırlı olması nedeniyle çalışmanın istatistiksel analizlerini kolaylaştırmak amacıyla hastalarda intervertebral disk dejenerasyonu ve Modic değişiklikleri "hafif-orta/şiddetli IVDD" ve "var/yok" olarak kategorize edilmiştir. Multifidus, erektör spinae ve psoas kasları, T2 ağırlıklı aksiyel lomber omurga MRG'lerinde Goutallier sınıflandırma sistemi kullanılarak L1-L2'den L5-S1 intervertebral disk seviyelerine kadar yağ infiltrasyonu açısından değerlendirilmiştir.

Veriler, sosyal bilimler için istatistiksel paket (SPSS) sürüm 20.0 (IBM, Armonk, New York, ABD) kullanılarak analiz edilmiştir. Verilerin normal dağılımı Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testleri ile analiz edilmiş olup, verilerin buna göre normal dağılmadığı saptanmıştır. Parametrik olmayan sürekli değişkenler Mann-Whitney U Testi kullanılarak analiz edilmiştir. Kategorik değişkenler Ki-Kare Testi veya Fisher'in Kesin Testi kullanılarak değerlendirilmiştir. Gruplar arasında anlamlı farklılık gösteren değişkenler için lomber spondilolistezisli hastalarda ameliyatın öngörücülerini göstermek için İkili Lojistik Regresyon Analizi yapılmıştır. Regresyon analizi sonuçları, %95 güven aralığı (CI) değerleri ile Olasılık Oranı (OR) olarak verilmiştir. Lomber spondilolistezis cerrahisinin herhangi bir ön görücüsü/belirleyicileri için kesme değerini tanımlamak için Alıcı İşletim Karakteristiği (ROC) analizi yapılmıştır. Eğri Altındaki Alan (AUC) % 95 GA ile değerlendirilmiştir. Değerlendiriciler içi güvenilirlik, Landis ve Koch tarafından açıklanan yonteme göre

değerlendirilmiş olup,  $P < 0.05$  alfa değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

**Bulgular:** Elde edilen bululara göre DS nedeniyle cerrahi operasyon geçiren deney grubu hastalar ile herhangi bir cerrahi müdahaleye maruz kalmamış hastalar (Kontrol Grubu- Konservatif tedavi) arasında lomber seviyede şiddetli IVDD ve Modic değerler bakımından herhangi bir farklılık bulunmamıştır. Araştırma grubu ve Kontrol grupları paraspinal kas yağlı dejenerasyon değerleri bakımından karşılaştırılmış olup, spondilolistezis nedeniyle cerrahi operasyon geçiren hastalardan oluşan grubun erekör spinae'sında konservatif tedaviye maruz kalan kontrol grubuna göre yüksek yağlı dejenerasyonun varlığı saptanmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığında,  $p < 0,001$  seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. LomberDS durumunda hangi hastanın cerrahi müdahale ile tedavi edilmesine yönelik bir ipucu elde edilmek amacıyla yapılan regresyon analizinde omurganın yağlı dejenerasyon erekör spina değeri 1.088, olasılık oranı (%95 CI= 1.010-1.173,  $p= 0.026$ ) olarak tespit edilmiş olup, bu değer hastanın lomber spondilolistezis ameliyatı olma olasılığının belirlenmesi bakımından anlamlı bulunmuştur.

### **Sonuçlar:**

Günümüzde omurga cerrahisinde DS'li hangi hastaların cerrahi müdahaleye maruz kalacağı sorusunun cevaplandırılması önem kazanmaktadır. Değişik risk faktörlerinin yanı sıra, paraspinal kaslardaki, özellikle erekör spinadaki yağ infiltrasyonunun, cerrahi müdahale gerektiren DS'li hastaların klinik şiddeti için bir belirleyici olabileceği bu çalışma ile ortaya konmuştur. Mevcut bulgular herhangi bir lomber seviyede erekör spinadaki her bir derecelik yağ infiltrasyonu artışının, DS'li hastalarda cerrahi müdahale olasılığını %8 artırdığını göstermektedir. Bulgularımız, lomber seviyesinde erekör spinae'deki yağ infiltrasyonu artışının erekör spinae'nin kompensatuar rolünü azalttığı, buna bağlı olarak, hastanın daha fazla ağrı hissetmesi ve yaşam kalitesi düşmesi sebebi ile omurgayı stabilize etmek için hastaya cerrahi müdahalenin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Sınırlı, öncü bir çalışma niteliğinde olan bu çalışmada elde edilen mevcut bulguların gelecekte, spino-pelvik parametrelerin geniş katımlı hasta analizlerine dayalı, Meyerding sınıflaması kriterlerine göre yeni tedavibazlı sınıflamaların geliştirilmesine yardımcı olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Bel ağrısı; paraspinal kaslar; spondilolistezis; ameliyat; erekör spinae

# CLINICAL IMPORTANCE OF PARASPINAL MUSCLE FATTY INFILTRATION IN THE TREATMENT OF LUMBAR DEGENERATIVE SPONDYLOLISTHESIS (RETROSPECTIVE COHORT CROSS SECTIONAL ANALYSIS)

## 2. Abstract

**Objective of study:** It is of great importance for the body to absorb any shock that may be encountered as a result of the deterioration of the static and kinetic structure of the lumbosacral structure and to control the spinal movements of the posterior elements. It is known that spondylolisthesis, specifically the degenerative one, could occur as a result of any deformation of the lumbar structure and advance with age. Recent findings suggest that in addition to these risk factors, fatty infiltration in the paraspinal muscles may be an indicator of the clinical severity of degenerative spondylolisthesis requiring surgical intervention. The natural course of DS, how it starts and how it progresses, and which independent variables contribute to what extent are not well known. A recent, well-attended analysis showed that not all patients with DS experience significant pain, not ending with disability, and that surgery is not always necessary for them. Therefore, in this study, it was investigated whether fat infiltration in the paraspinal muscles contributed to the severity of DS patients requiring surgical intervention.

**Material&Methods:** In this study, a cross-sectional analysis of a data base collected retrospectively between January 2013 and May 2023 was done. For this purpose, consecutive male and female patients who admitted to our outpatient clinic with complaints of chronic low back pain, neurogenic claudication for more than six weeks despite conservative treatment, and who underwent lumbar spinal MRI were included in the preliminary data set. 32 patients who were operated for DS in the past constitute the main subjects (patients) of this study, and 32 patients, whose age and gender were similar to the experimental group, and who had been referred to conservative treatment methods (medical treatment, physical rehabilitation, interventional treatment) composed the control group. Patients participating in the study were evaluated with lumbar spine MRI (1.5 Tesla, Philips, Amsterdam, Netherlands) using the Picture Archiving and Communication System (PACS), and images were analyzed using the dStream TotalSpine helix (Philips, Amsterdam, Netherlands), sagittal T1-, sagittal Turbo Spin Echo T2-, sagittal fat-saturated T2-, axial Turbo Spin Echo T2- and coronal Turbo Spin Echo T2 scans were used.

Lumbar intervertebral disc degeneration (IVDD) was graded from L1-L2 to L5-S1 disc levels on MRIs with the help of T2-weighted sagittal lumbar spine Pfirrmann grading system, and this system originally developed by Pfirrmann et al. and includes five grades. Modic changes were assessed using the Modic classification on T1- and T2-weighted sagittal lumbar spine MRIs between the L1-L2 to L5-S1 disc levels. Due to the limited number of patients and control subjects, intervertebral disc degeneration and Modic changes in patients were categorized as "mild-moderate/severe IVDD" and "yes/absent" to facilitate statistical analysis of the study. Multifidus, erector spinae and psoas muscles were evaluated for fat infiltration from L1-L2 to L5-S1 intervertebral disc levels using the Goutallier classification system on T2-weighted axial lumbar spine MRIs.

Data were analyzed using statistical package for social sciences (SPSS) version 20.0 (IBM, Armonk, New York, USA). The normal distribution of the data was analyzed by Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk tests, and it was determined that the data were not normally distributed. Non-parametric continuous variables were analyzed using the Mann-Whitney U Test. Categorical variables were evaluated using the Chi-Square Test or Fisher's Exact Test. Binary Logistic Regression Analysis was performed to show predictors of surgery in patients with lumbar DS for variables that differed significantly between groups. Regression analysis results

are given as Odds Ratio (OR) with 95% confidence interval (CI). Receiver Operating Characteristic (ROC) analysis was performed to define the cutoff value for any predictor(s) of lumbar DS surgery. Area Under the Curve (AUC) was evaluated with 95% CI. Intra-rater reliability was evaluated according to the method described by Landis and Koch, with an alpha value of  $P < 0.05$  considered statistically significant.

**Results:** According to the findings, no difference was found in terms of severe IVDD (presence of severe IVDD) and Modic values at the lumbar level between the experimental group patients who underwent surgery for DS and the patients who did not undergo any surgical intervention (Control Group-Conservative treatment). Experimental and control groups were compared in terms of paraspinal muscle fatty degeneration values. There was more fatty infiltration in erector spinae muscle in subjects undergoing surgery for DS. When the results were compared, statistical significance was found at the  $p < 0.001$  level. In the regression analysis, fatty degeneration in the erector spinae had an OR of 1.088 (95% CI= 1.010-1.173,  $p = 0.026$ ). It was found to be significant in terms of determining the possibility of having surgery.

**Conclusions:** Today, it is important to answer the question of which patients will be exposed to surgical intervention in subjects with DS. In addition to various risk factors, it has been shown that fat infiltration in the paraspinal muscles, especially in the erector spinae, may be a determinant of the clinical severity of DS requiring surgical intervention. Current findings showed that each degree of increased fat infiltration in the erector spinae at any lumbar level increased the likelihood of surgical intervention in DS by 8%. Our findings revealed that the increase in fat infiltration in the erector spinae at the lumbar level might have reduced the compensatory role of the erector spinae, and accordingly, the patient might have felt more pain and had had decreased quality of life, requiring surgical intervention to stabilize the spine. It is considered important in spine surgery that the current findings obtained in this limited, pioneering study could be tested in the future studies according to the Meyerding classification criteria, to develop treatment-based classification systems for DS.

**Keywords:** Low back pain; paraspinal muscles; spondylolisthesis; surgery; erector spinae

### 3. GİRİŞ VE AMAÇ

Spondilolistezis, Yunanca omur anlamına gelen “*spondylos*” ve öne doğru kayma anlamına gelen “*listesis*” terimlerinden kaynaklanır. Dejeneratif spondilolistezis (DS), dejeneratif değişiklikler sonrası bel ağrısı ile veya bazen bel ağrısı olmaksızın spinal stenoz ve nörojenik kladikasyon ile ortaya çıkar[1]. Yapılan epidemiyolojik analizler, hastalığın yaşa ve cinsiyete göre değişim gösterdiğini ortaya koymuştur. *Kobayashi ve ark.* dejeneratif spondilolistezis oranının kadınlarda erkeklerde göre çok daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Çoğu dejeneratif spondilolistezis vakası L4-L5 veya daha az sıklıkla L5-S1 veya L3-L4'te görülmektedir [1-3].

Lomber spinal stenoz (LSS) ise nörolojik kladikasyon olarak adlandırılan ve kısa mesafeli bir yürüyüş sonrası kronik bacak ağrısı ve uyuşma ile karakterizedir [4,5]. Dejeneratif süreçte çok sayıda intervertebral diskte kademeli olarak önemli değişiklikler meydana gelir ve bu da omurga içindeki önemli nörovasküler yapıları çevreleyen boşlukların azalmasına sebep olur. Spondilolistezise bağlı olsun veya olmasın lomber spinal stenoz, bel, kalça ve alt ekstremitelerde semptomatik ağrı ile sonuçlanır [6,7]. Sosyoekonomik koşullar, tıbbi bakım seviyeleri, ülkelerin ortalama yaşam süreleri, kişisel genetik faktörler gibi çeşitli faktörlerin lomber spinal stenoz epidemiyolojisini etkilediği iyi bilinmektedir. Lomber spinal stenozun 65 yaş üstü hastalarda omurga cerrahisinin en sık görülen patolojik nedenlerinden biri olduğu bilinmektedir[7,8].

Spondilolistezis ve onun başlangıcı olan spondilolizis hastaların gençlik dönemlerinde tanı alsa da, nörolojik kayıp eşlik etmediği müddetçe, cerrahi seçenek daha çok ileri yaşlarda gereksinim haline gelir. Özcan-Ekşi ve ark.[9,10] yaptıkları çalışmalarda intervertebral disk dejenerasyonu, vertebral end-plate yıpranması ile paraspinal kasların dejenerasyonu arasında çok yakın ilişki tespit etmişlerdir. Omurganın psoas kası ile arka kısmındaki multifidus kasının L4-L5 seviyesinde birbirlerini destekleyecek şekilde çalıştıkları, bu nedenle sistemde paraspinal kas yağlanması/atrofisi gibi modifikasyonlar oluşması durumunda bel ağrısının arttığını bildirmişlerdir. Klinik çalışmalarda faset eklem ve disk dejenerasyonlarının paraspinal kasların yağlanmasına bağlı olabileceği ortaya konmuştur. Bu sebeple paraspinal kaslardaki yağlı değişim/atrofisinin hastaların klinik seyirleri ve tedavi gereksinimleri ile yakından ilgili olduklarını söylemek mümkündür. Cerrahiye giden süreçte

paraspinal kasların dejenerasyonun etkili olduğu saptanırsa olgularının birçoğunda ileriki yaşamlarında ameliyata gitmesini azaltmak mümkün olacaktır.

Bu durumun açığa çıkarılmasında katkı sağlanması amacıyla bu çalışmada *Sağlık Bilimleri Üniversitesi Fatih Sultan Mehmet Eğitim ve Araştırma Hastanesi*'nde opere edilmiş ve konzervatif tedavi almış spondilolistezis olguları retrospektif olarak toplanarak paraspinal kaslardaki yağlı değişim/atrofi bakımından incelenmiştir. Manyetik rezonans görüntülemelerde aksiyel T2 kesitlerde Goutallier semikantitatif inceleme yöntemi ile paraspinal kaslarda yağlı değişim/kas atrofisi incelenerek intervertebral disk dejenerasyonu, vertebral end-plate yıpranması ile paraspinal kasların dejenerasyonu arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Bu nedenle bu çalışmada omurga dejenerasyonu ve paraspinal kaslardaki yağ infiltrasyonunun, cerrahi müdahale gerektiren dejeneratif spondilolistezisli hastaların klinik bakımdan durumlarının tespitinde bir katkısının bulunup bulunmadığı araştırılmıştır.

#### **4. GENEL BİLGİLER**

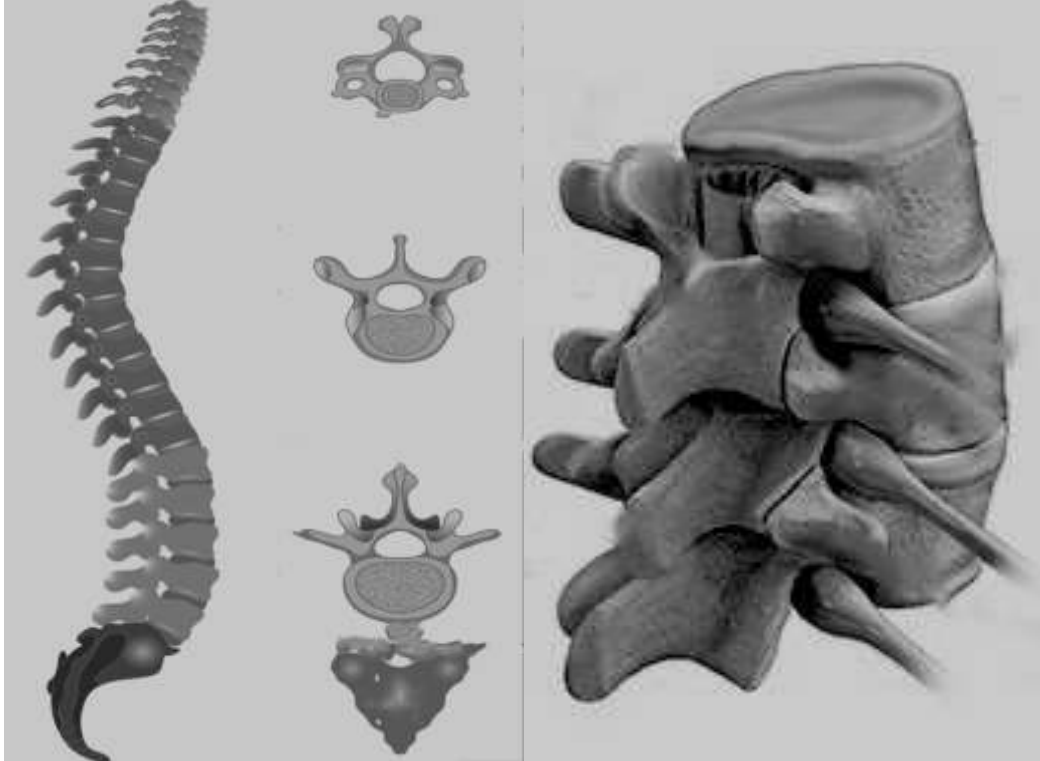
Spondilolistezis bir vertebranın ardışık başka bir vertebra üzerinde kayma bozukluğu olup, bel ağrısı ile karakterize olabilir. İlerlemiş vakalarda nörolojik defisiti olan hastaların yaşam kalitesinin düşmesine sebep olur [11]. Spondilolistezis dejeneratif farklı etiyojilere bağlı olarak ortaya çıkabilir. Çoğunlukla pars interarticularis'teki defekt (istmik tip), üst sakrum veya L5 arkının konjenital anormallikleri (displastik), travmatik ve lokal kemik hastalıkları ile ilgili (patolojik) olabilir [12-13]. Hastalık nörolojik kladikasyon olarak isimlendirilen kısa mesafeli bir yürüyüşün ardından görülen bacak ağrısı ve uyuşma ile karakterizedir [14].

Yaşlanmaya bağlı olarak dejeneratif süreçte çok sayıda intervertebral diskte, ligamentum flavum (LF) dâhil bitişik yapılarda, faset eklemlerinde kademeli olarak değişimler meydana gelir. Zamanla omurgalarda nörovasküler yapıları çevreleyen boşlukların genişlikleri azalmaya başlar. Yapılan analizler LSS kaynaklı patolojik değişimlerin nörovasküler yapılarla, merkezde spinal kanal, lateral reses ve nöroforamen bölgelerinde meydana gelen değişimlere bağlı olarak ortaya çıktığını göstermiştir. Sonuç olarak, nörolojik defisit ve bunun sonucunda oluşan yetersizlikler olsun ya da olmasın bel, kalça ve alt ekstremitelerde semptomatik ağrılar görülür [7].

#### **4.1. Vertebral Anatomi ve Omurga Fiziyojisi**

Omurga anatomisi ve biyofiziyojisinde ortaya çıkan değişimler, omurganın genel durumunda ve fiziyojisinde işlev bozukluklarına yol açar. Vertebralar ve sagittal kısım yükün iletimi, hareket ve spinal yapının normal şeklinin korunmasını sağlarken, önde bulunan üyeler vücut ağırlığının taşınmasından ve güç kaynaklı oluşan şokun absorbe edilmesinden, arka kısımda bulunan üyeler (posterior) ise omurganın genel hareketinden sorumludurlar. Fonksiyonel Spinal Ünite (FSU) tüm omurgadaki temel biyomekanik unsur olup, yapılan hareketin fiziyojik sınırlar içerisinde kalmasından büyük oranda sorumludur. Çekirdek bir mekanik birim olarak kabul edilen bu yapı iki komşu vertebra, intervertebral disk ve bunlarla bağlantılı ligamanlardan meydana gelir. Bu temel yapı fiziyojik olarak aşırı yüklerin taşınması, sagittal, koronal ve aksiyal boyutlardaki esneme, gerilme, yana eğilme ve doğal varyasyonların etkin olmasını sağlar.

**Şekil 1. Vertabraların anatomik yapısı**



Dengeli ve esnek bir omurga için hareket sınırlarının ve esnekliğinin korunması fiziyojik olarak büyük öneme sahiptir. Uygulanan aşırı kuvvet ve güçlere karşı omurganın

stabilitesinin sağlanması kas ve tendonlar (aktif sistem), vertebra, faset, disk (pasif sistem) ve bölgede bulunan sinir sistemi elamanları tarafından sağlanmaktadır. Tüm ayakta durma pozisyonlarında, yük kaldırma, taşıma ve aniden yapılan hareketlerde vücudun statik durumunun sağlanmasından sorumlu olan omurgalara normalden çok daha fazla kuvvet etki eder. Omurgaların normalin üzerinde olan bu yükleri mevcut alt sistemlerini organize bir şekilde çalıştırarak kompanse ettiği bilinmektedir. Bu gibi durumlarda kasların, ligamentlerin ve nöronların uyumlu bir şekilde çalışabilmesi büyük öneme sahiptir. Bilimsel olarak “stabilite” terimi genelde normal, “instabilite” ise normal olmayan ve karasız olan durumların ifadesi için kullanılmakta olup, vertebra sistemi için kullanılan lomber instabilitenin klinik olarak neyi ifade ettiği tartışma konusudur. Vertebral insabilite spinal yapıda fizyolojik limitler içerisinde spinal yapıda yeterli biyo-mekaniksel işlevin yerine getilememesi olarak tanımlanmaktadır.

Omurgalar için instabilite Amerikan Ortopedi Cerrahları Akademisi tarafından “*omurgaya herhangi bir yüklenme olduğu zaman omurgada normalin üstünde hareket ortaya çıkması*” şeklinde tanımlanmıştır. Buna göre spinal aksta ortaya çıkan radyolojik ve klinik instabilite tanımlarından bahsetmek mümkündür. Radyolojik instabilitede, spondilolisteziste olduğu gibi pasif osseoligamentöz sınırlayıcı anatomik yapıların deformasyonu izlenirken, klinik instabilitenin tanısı daha zor olup, radyolojik görüntülerle desteklenmesi gerekir [15].

#### **4.2.Spondilolistezisin Epidemiyolojisi**

Spondilolizis ve spondilolistezis vakalarına rastlanma sıklığı farklı gruplar arasında değişim göstermektedir. Örneğin Afrika kökenli Amerikalılarda oran %1,8-2,4, beyazlarda %5,6 olarak saptanmıştır[16]. Dünya genelinde en yüksek spondilolistezis vakasına Eskimolar arasında rastlanmaktadır. Gençlerde % 13 olan vaka oranının, yetişkinlerde % 54 olduğu tespit edilmiştir. Genelde spor yapan yetişkinlerde risk oranının daha yüksek olduğu kabul edilmekte olup, jimnastikçilerde bu oranın %7-10 arasında olduğu bildirilmiştir[17, 18]. Spondilolistezis genetik olarak kalıtsal özelliğe sahip gibi görünmekte olup, spondilolistezisli hastaların 1. ve 2. derece akrabalarında bu hastalığın görülme riski %25-30 arasında değişim göstermektedir. Yapılan bir radyolojik çalışmada displastik spondilolisteziste oranın %33, isthmik tipte ise %15 olduğu saptanmıştır. Bu oran genel popülasyonlarla karşılaştırıldığında oldukça yüksek olup, spondilolistezisin

multifaktoriyal otozomal dominant kalıtıma sahip olduğunu öne sürülmüştür [19].

#### ***4.3.Dejeneratif Spondilolistezin Etiyopatogenezi***

Posterior arkanomalilerini yalnız spondilolizis ile açıklamak mümkün olmayıp, kalıtsal yatkınlığın varlığınının da rol oynadığı kabul edilmektedir. Başlangıçta spondilolistezis ana faktör olarak görülmüş olup, spondilolistezis gelişiminde travmanın önemli bir role sahip olduğu saptanmıştır. Konjenital defekt ve görünen instabilitenin de etiyolojide etkili olduğunu düşünülmektedir. Buna göre, pars interartiküleristeki zayıflığa bağlı bir genetik yatkınlığın olabileceği var sayılmıştır. Hastaların birinci derece yakınlarında spondilolizis ve spondilolistezis oranlarının yüksek olması bu görüşü destekler niteliktedir [20].

#### ***Şekil 2.Spondilolistesisle Vertabrada Oluşan Değişimler***



Nöral arkın iki tarafında iki ayrı kemikleşme merkezinin varlığı, defektin gelişime bağlı sonradan olamayacağını destekler niteliktedir. Ancak, çocuklarda erken dönemlerde defektin görülmemesi patolojinin sonradan geliştiğini ortaya koymaktadır. Pars

interartiküleristeki bu modifikasyonlara mikrotravma ve mikrostrreslerin sebep olduğu var sayılmaktadır. Çoğunlukla zorlamalara bağlı olarak küçük travmalar şeklinde ortaya çıkan modifikasyonların zamanla semptomların gelişimine sebep olduğu sanılmaktadır. Ancak bazı durumlarda şiddetli ve ani travmalar sonucu omurga kaymalarının olduğu bilinmektedir [21].

#### ***4.4.Dejeneratif Spondilolistezis Gelişimine Yol Açan Risk Faktörleri***

Dejeneratif spondilolistezis gelişimine yol açan birçok risk faktörlerinin yaşla birlikte arttığı bilinmektedir. Araştırmalar, 50 yaşın altında risk faktörlerinin daha az olduğunu, ancak yaşla birlikte hızla arttığını, 66-70 yaş arası erkeklerin %15'ini ve kadınların %50'sini etkilediğini göstermiştir[22]. Bu değişim ligaman hiperlaksitesine ve hormonal etkilere bağlı olarak kadınlarda değişimin daha sık görüldüğü saptanmıştır. Wang ve ark. [2] menopozun kadınlardadejeneratif spondilolistezis gelişiminin artmasına yol açan önemli faktörlerden biri olduğunu öne sürmüşlerdir. Hareketsiz çalışma ortamları nedeniyledejeneratif spondilolistezis geliştirme riski muhtemelen artarken, yürüme veya yokuş veya basamak çıkma gerektiren işlerde hastalık riskinin azalmış olduğu görülmektedir[2].

Prospektif bir çalışmada [23] başlangıç deformitesi olmayan 142 kadın izlemiş ve sagittal düzlemde yüksek pelvik insidansları (PI), L4 eğim açısı (IA), modifiye vertebral boyut ve faset eklem (FJ) oryantasyonunun kadınlarda dejeneratif spondilolistezis gelişiminin göstergeleri olabileceği sonucuna varılmıştır. Benzer şekilde,daha fazla L4 IA ( $>11.15^\circ$ ), daha fazla sagittal FJ ( $>60.19^\circ$ ) ve daha şiddetli FJ dejenerasyonunundejeneratif spondilolistezisin anlamlı göstergeleri olduğunu saptamışlardır[24, 25]. Ayrıca yüksek PI ( $>45^\circ$ ) ve lomber lordozun ( $51,3^\circ$ ) dejeneratif spondilolistezis için anlamlı olduğunu bildirmişlerdir.

#### ***4.5. Fizik Muayene***

Lomber omurga muayenesi sırasında akut ve orta şiddetli kronik vakalarda fokal hassasiyet kolaylıkla saptanabilir. Yüksek dereceli spondilolisteziste ise etkilenen bölge el muayenesi ile paravertebral spazma olan hassasiyet tespit edilebilir. Genelde hastalarda lomber fleksiyon eklem hareket açıklığı ağrısız olabilir, ancak hiperekstansiyon, lateral fleksiyon

ve rotasyon yaparken hastanın semptomlarını artırır [27]. Hastalıkla ilgili diğer bulgular antalgik yürüyüş, lomber lordozda artış ve hamstring kısalığıdır. Hasta, ciddi kaymalarda oluşan lumbosakral kifoz gibi vücudun ağırlık merkezindeki öne doğru yer değiştirmeyi telafi etmek için farklı mekanizmalar geliştirebilir. Hamstring kasılmasıyla pelvis daha vertikal bir konuma getirilir ve üst lomber bölge lordozu artırılır. Hasta sıklıkla kalça ve diz fleksiyonda dururarak yürür, bu duruma '*Phalen-Dickson işareti*' denir.

Kısa adım mesafeli ve geniş bir yürüyüş desteği sağlamak için bacaklar hafif açık bir yürüyüş şekline sahiptirler. Tek bacak hiperekstansiyon testi tanıda ve unilateral spondilolizisi bilateral lizisten ayırt etmede kullanılan esas kriterlerden biridir. Hasta çoğunlukla tek bacağı üzerinde durur ve lomber omurgasını ekstansiyona getirir. Asimetrik bel ağrısı unilateral spondilolizisi gösterirken, bilateral lezyonda simetrik veya asimetrik ağrı olabilir[27]. Hasta ayakta dururken skolyoz açısından değerlendirilmelidir. Skolyoz hamstring ve paravertebral kaslarda spazm, rotasyonel deformite, trunkal asimetrinin kombinasyonu sonucu oluşabilir [28].

Nörolojik muayene ile motor defisit, duyu defisiti ve refleks değişikliği olup olmadığı araştırılmalıdır. Spondilolistezis hastaları fokal nörolojik defisit ve radikülopatiye başvurabilirler. Hastalarda bilateral radiküler semptomlar daha yaygın olup, tipik olarak L5 kökü kalça ve bacağı yayılan radiküler ağrı ve *ekstansör hallucis longus* kas güçsüzlüğüne yol açabilir. Yüksek dereceli subluksasyonda sakrum üstünde kauda equina traksiyonuna sebep olur. Bu traksiyon sonucunda perineal parestezi, azalmış sfinkter tonusu ve üriner retansiyon gibi kauda equina bası semptomlarının oluşmasına yol açabilir. Ek olarak, kauda traksiyonunun hamstringlerde refleks spazma neden olduğu varsayılmaktadır[27].

#### ***4.6. Lomber Spinal Dejeneratif Spondilolistezis Semptomları ve Tedavisi***

Dejeneratif spondilolistezisli hastalar için tanı stratejisi, ayrıntılı öykü ve fiziksel değerlendirme ile başlar. Dejeneratif spondilolistezis semptomu, bacak semptomlarına neden olan spinal stenoz veya mekanik bel ağrısı ile ilişkili olabilir[1]. Spinal stenozlu hastalarda omurganın ekstansiyon pozisyonları sorun yaratırken, spinal fleksiyon ile semptomlar hızla düzelir. Dejeneratif spondilolistezisli hastalarda bel ağrısı, hamstring spazmı, nörojenik kladikasyo ve radikülopatinin herhangi bir kombinasyonunukarakterisitiktir[2].

Spondilolistezis hastalarının yaşına ve etiyolojisine bağlı olarak değişim gösterir. Derecesi düşük spondilolistezislerin çoğu herhangi bir progres göstermez, bu nedenle asemptomatik olarak kabul edilirler. Bazı vakalarda daralmış foramendeki dejeneratif değişiklikler kayma bölgesindeki nöral foramen stenozu kök basısının önemli sebebidir. Spondilolistezis çoğunlukla ergenlerde bel ağrısı şeklinde ortaya çıkar. Yetişkinlerin hemen hemen yarısında bel ağrısının başlama öyküsü ile vakanın ortaya çıkması başlangıcı travma öyküsü ile ilişkilidir. Muhtemelen dejeneratif spondilolistezis oluşumuna katkıda bulunan ana sebepler arasında segmental instabiliteye yol açan disk dejenerasyonu; faset eklemlerinin artritisi; bağ stabilize edici bileşen yetmezliği ve yetersiz kas stabilizasyonunu saymak mümkündür [2].

Hastalar genellikle lokal bel, bazende kalça ve bacak ağrılarında şikayetçidirler. Harekete bağlı olarak ağrı artışından şikâyet ederler. Sıklıkla bel ağrısı atakları görülür. Korse ya da dış müdahalelerle semptomların azaldığı görülür. Genellikle omurgaya, komşu omurlar arasındaki bölgelere parmakla basılarak sorunlu olan bölgenin saptanması yapılabilir. Çocuk ve genç erişkinlerde istmik ve displastik kaymalar sık bel ağrısı nedenlerindedir. Ancak spondilolistezisli ergenlerin çoğu asemptomatiktir. Dejeneratif tip 50'li yaşlardan sonra sık görülür ve sıklıkla pozisyon ve postürle ilgili sabit ağrı tipik olup, ağrı etiyolojisinde mekanik komponenti destekler [29,30].

Lomberspinalstenoz(LSS), lomberspondilolisteziste de bir sonuç olarak ortaya çıkan ve eşlik eden foraminal darlıkların da sebep olduğu radiküler ağrılar ve kladikasyon ile prezentedir. Lomber spinal stenozun(LSS) tipik semptomları, sinir kökü kompresyonuna ve ilgili instabiliteye atfedilen nörojenik kladikasyon ve/veya bel/bacak ağrısını içerir. Erken evre LSS'li olgularda, ciddi nörolojik defisitleri olmayan hastalarda genellikle konservatif tedavi önerilmektedir. Konservatif tedavinin etkin olmadığı vakalar için cerrahi tedavileri önerilmekte olup, bu hastaların genel olarak %10-15'ine cerrahi müdahale yapılmaktadır[31].Görüntülemeyen yansıyan lomber spinal instabilitesi olan hastalar için, saf dekompresyon mevcut tüm sorunları çözemeyebilir. Bu durumda, dekompresyon artı stabilizasyonu veya aletli füzyon önerilmektedir [32].

Kesin bir spinal kanal dekompresyonu, dejeneratif spondilolistezisli için cerrahi

prosedürdeki en önemli adım olup [33, 34], tek başına açık laminektomi (OL), lomber vertebra lateral radyografilerinde ilgili instabilite olmayan LSS'li ve hafif dejeneratif spondilolistezisli hastalarda alternatif bir cerrahi seçenektir [35, 36]. Ancak açık dekompresyon cerrahisi paravertebral yumuşak dokulara zarar verebilir. Bu nedenle minimal invaziv (MI) dekompresyon cerrahisinin özellikle Asya'da giderek daha popüler hale geldiği bilinmektedir. Son yıllarda cerrahi aletlerin gelişmesi ve iyileştirilmesiyle, çeşitli minimal invaziv omurga cerrahisi (MISS) iyileştirmelerle güncellenmiştir. Tipik teknik güncellemeler, dolaylı spinal kanal dekompresyonu için interspinöz süreç dekompresyonunu, doğrudan spinal kanal dekompresyonu için endoskopik omurga cerrahisini içerir.

LSS cerrahisi, spinal stabiliteyi koruyarak daralmış spinal kanalları açmayı amaçlar. Saf dekompresyon veya füzyonlu dekompresyon şeklinde uygulanan geleneksel açık cerrahinin, dejeneratif spondilolistezisli veya dejeneratif spondilolistezisiz LSS tedavisinde etkili olduğu kabul edilmektedir. Bununla birlikte, geleneksel açık cerrahinin uzun vadeli klinik sonuçları belirsiz olup, yeniden cerrahi müdahale oranlarının yüksekliği dokularda bir kısım stabil olmayan durumlara yol açabilir.

Konservatif tedavi, analjezikler, anti-enflamatuar ilaçlar, düşük vücut ağırlığı ve fizik tedavi dâhil olmak üzere dejeneratif spondilolistezisli veya dejeneratif spondilolistezisiz LSS için temel dayanak noktasıdır. Konservatif tedavi sıklıkla başarılıdır. Bununla birlikte, yaşam kalitesini büyük ölçüde etkileyen zayıflatıcı ağrı nedeniyle vakaların yaklaşık %10-15'i cerrahi tedavi gerektirir. Cerrahi işlemler, hipertrofik kemik ve yumuşak dokuları uzaklaştırarak daralmış kanalları ve dural keseyi serbestleştirmeyi amaçlar. DS'li LSS için, ABD klinik kılavuzları tek başına dekompresyon ve dekompresyon artı füzyon önermektedir ve çok sayıda cerrah,dejeneratifspondilolistezisli LSS için laminektomi ve ek enstrümantasyonla füzyonu altın standart olarak görmektedir [37].Ekstra masrafa ve hastalar için belirli risklere rağmen, stabil olmayan dejeneratif spondilolistezis veya çok segmentli dekompresyon için füzyon zorunludur. Bu tür senaryolarda, açık cerrahi kendi başına instabiliteye neden olabilir.

Bununla birlikte, dejeneratif spondilolistezis ile ilişkili LSS'li hastaların tedavisi için füzyon veya füzyon dışı cerrahi tekniği seçimi hala tartışmalıdır. Füzyonlu dekompresyon,

ODI ve VAS gibi sonuç göstergelerine göre LSS için saf dekompresyona kıyasla daha iyi olduğu kabul edilmektedir. Ancak yapılan bazı çalışmaların analizi füzyonlu dekompresyonun saf dekompresyondan üstün olmadığını göstermektedir[38]. Ayrıca biyomekanik test çalışmaları, MI dekompresyonunun OL'ye kıyasla daha az miktarda instabilite ile sonuçlandığını göstermiştir [39-41].

Literatürdeki birçok çalışma, inatçı ağrı, radiküler semptomlar, kauda ekina sendromu ve konservatif tedaviye dirençli yüksek fonksiyonel talepleri olan dejeneratif spondilolistezisten etkilenen hastalarda, cerrahi tedavinin ağrıyı azalttığı ve yaşam kalitesini artırdığını göstermiştir[42-43]. Son zamanlarda, daha kısa operasyon süresi ve daha az perioperatif komplikasyon gibi birçok avantajı nedeniyle minimal invaziv cerrahiye (MIS) artan bir ilgi söz konusu olup, erken iyileşme ve sosyal yaşama ve çalışma hayatına daha kısa sürede dönüş sağlanması sebebi ile cerrahi müdahaleye talep artmaktadır [44-45]. Geleneksel arka orta hat yaklaşımından farklı olarak bu teknik, omurga stabilitesinde rol oynayan arka-orta hat kas-bağ yapılarının zarar görmesini önleyerek daha iyi klinik sonuçlara yol açabilir [46-47].

Günümüzde spondilolistezis tedavisi için kullanılan Konservatif ve Cerrahi yöntemlerin özelliklerini aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür.

#### ***4.7. Konservatif Tedavi***

Günümüzde spondilolistezis tedavisi ve yönetimi ile ilgili yeterli büyüklükte kontrollü klinik çalışmalar bulunmamakta olup, bu da uygun ve standart tedavi yönlerinin geliştirilmesini zorlaştırmaktadır. Spondilolistezis tedavisinde ilk uygulanan yöntemler spor aktivitelerinin kısıtlanmasını, steroid olmayan anti-enflamatuvarların alınmasını, hiperlordotik sert korseleme ve fizyoterapiyi içermektedir. Fiziksel egzersizler ise çoğunlukla abdominal ve bel kaslarının güçlendirilmesi, hamstring ve kalça fleksörlerinin fleksibilitelerinde iyileştirilmesi amacıyla faydalıdır.

Nörojenikkladikasyo veya radikülopatisi, stabil düşük dereceli dejeneratif spondilolistezisi olan hastalar için ameliyatsız tedavi genellikle birinci basamak tedavi olarak önerilir [48,49]. Konservatif prosedürlerden hareket aralığını yeniden kazandırmak, omurgayı

stabilize etmek için yararlanılır. Aktivite modifikasyonu, destek, fizyoterapi, nonsteroidal antiinflamatuvar ilaçlar, epidural steroid enjeksiyonları, kuvvet/postüral eğitim ve temel antrenmanları tüm bu süreci içerebilir [50,51]. Ekstansiyona dayalı egzersizlerin aksine fleksiyon egzersizlerinin daha iyi ağrı azalması ve fonksiyonel düzelme sağladığına dair veriler mevcuttur. En az 3-6 aylık konservatif tedaviye dirençli hastalarda düşük dereceli DS ile birlikte semptomatik spinal stenozu yönetmek için cerrahi müdahale önerilebilir [52].

Veriler, dejeneratif spondilolistezis ve spinal stenozun cerrahi yönetiminin cerrahi olmayan tedaviye kıyasla daha iyi klinik sonuçlara yol açtığını göstermektedir [44]. Rastgele (randomize) kontrollü çalışmalar, cerrahi tedavinin, nonoperatif tedaviye göre semptomatik dejeneratif spondilolistezisli hastalarda ağrı ve hastanın işlevlerini iyileştirdiğini bulmuştur [35]. Weinstein ve ark. [42] cerrahi olarak tedavi edilen dejeneratif spondilolistezisli ve spinal stenozlu hastaların, cerrahi olarak tedavi edilmeyen hastalara kıyasla iki yıllık bir süre boyunca önemli ölçüde daha yüksek ağrı ve fonksiyon düzelmesi gösterdiğini gözlemlenmiştir.

MRG veya SPECT ile tespit edilebilen iyileşme potansiyeli yüksek akut lezyonlar, spor aktivitelerinde kısıtlama ve torakolomber ve lumbosakral ortezler ile tedavi edilebilir. Ortez kullanımı lomber lordozda azalma, akut pars defektinde kemiğin iyileşmesine yardımcı olmak için ekstansör strese azalmaya neden olur. Tedavinin esas amacı mevcut ağrıyı azaltmak, lomber hareket açıklığını tamamlamasını sağlamak ve kor kaslarını güçlendirmektir[53]. Hastaya ağrı ve ani yüklenmelerden kaçınması, omurganın aşırı ekstansiyon ve fleksiyondan korunması gerektiği, vakanın hangi hareketlerle kötüleşebileceği özellikle belirtilmelidir. Hastalıkla ilgili temel sorunun sinir kökü ağrısı, şeklinde ortaya çıkabileceği anlatılmalıdır. Aerobik kondisyon kazandırıcı, spinal fleksiyonu koruyan egzersizler (yüzme, yürüme, egzersiz bisikleti gibi) önerilmeli, koşma gibi yük bindirici hareketlerden uzak tutulmalıdır [54].

Spondilolistezis tedavisinde çoğunlukla göğüsden alt büyük trokanterin 2,5 cm üzerine kadar uzanan, vücudu tamamen saran, anti-lordotik pozisyon sağlayan korse önermektedir. Destekleyici korseleme (modifiye Boston korsesi gibi) abdominal konkaviteyi 30 °C ve lomber fleksiyonu 15°C'de tutacak şekilde destek sağlar. Bu korsenin minimum 3-6 ay,

günde 23 saat kullanılması önerilmektedir. Korseleme ile aktivite kısıtlaması sonucu lomber omurganın hiperekstansiyonu büyük oranda engellenir. Üç-altı aylık konservatif tedavi unilateral defektlerin büyük bir kısmını ve bilateral defektlerin %50'sini iyileştirebilir.

Tedavi sürecinde hastalarda ilk olarak ağrıda rahatlama gerçekleşir, hasta yavaşça spor aktivitelerine yeniden başlayabilir. Spondilolizis ve spondilolistezis tedavisinde bel ağrısı steroid olmayan antienflamatuvar ilaçlar, sıcak veya soğuk fizik tedavi yöntemleri, masaj ile terapi yöntemleri ve yaşam tarzı değişiklikleri önerilmektedir. Tedavi amaçlı abdominal kasların güçlendirilmesi intra-abdominal basınç artışına yol açar, böylelikle normal postural dizilimin sürekliliği korunur. Egzersiz sırasında dinamik spinal stabilite ve mobilite artırılarak hastanın kilo vermesi, sigarayı bırakması önerilerek, kardiyovasküler kondisyon ve dayanıklılığı artırıcı genel egzersiz programları tavsiye edilir. Hastaların uygulayacakları fleksiyon egzersizlerinin, hastada lordozu azaltıcı etkiye sahip olduğu, bu egzersizin vücudun ağırlık merkezini öne kaydırarak posterior yüklenmenin de azalmasını sağladığı var sayılmaktadır [63].

Fleksiyon kökenli egzersizler lomber omurganın fleksiyonu ve posterior pelvik tilti destekleyen egzersizler olup, fleksiyon egzersizleri ile lordozdaki artışın azaltılması sağlanır. Buna bağlı olarak ağırlık merkezinin öne doğru kaymasıyla posterior yüklenmenin de azaltılması amaçlanır. Ekstansiyon kökenli egzersizler ise lomber omurganın ekstansiyonu ve anterior pelvik tilti destekleyen egzersizler olup, pron pozisyonundayken bel ve kalça ekstansiyonu egzersizlerini içerir [56]. Lomber stabilizasyon egzersizleri, omurga spinal stabilizatör kasların sensörimotor yeniden programlanmasını hedeflemekte olup, bu kasların motor kontrol yeteneklerini artırıp geciken yanıtlarını düzeltmeye ve böylece pasif stabilizatör sistemin kompansementine odaklanır. Bu egzersizler anterior köprü, plank, “*kedideve,kuş-köpek*” egzersizlerini içerir[56-57].

Yapılan çalışmalara göre lomber omurga etrafındaki kasların spesifik egzersizi dinamik dengeyi artırır ve segmental spinal hareketi kontrol eder. Lomber omurgayı kontrol eden bu lokal kas sistemi multifidus, internal oblik ve transversus abdominis kaslarından oluşur [58]. Spesifik kaslara yönelik güçlendirme çalışmalarının genel sırt güçlendirmeden daha etkili olduğu gösterilmiştir. Normal şartlarda segmental stabilite için minimal bir kontraksiyon

yeterli olmakta olup, egzersiz programının ilk fazında omurgayı statik nötral pozisyonda tutarak spesifik izometrik transversus abdominis-multifidus kontraksiyonları yaptırılır [57].

#### **4.8.Cerrahi Tedavi**

Cerrahi tedavi genellikle konservatif tedaviye herhangi bir şekilde yanıt vermeyen hastalara uygulanır. Spondilolizis ve düşük dereceli spondiloliztezis olgularının %9-15'inin cerrahi tedavi gerektirmekte olup, çoğunlukla inatçı ağrılar, progresif spondiloliztezis, nörolojik defisit gelişmesi ve ağrıyla ilişkili segmental instabilite durumlarında uygulanır. Cerrahi yaklaşımda spinal matüritenin derecesi, kaymanın derecesi, semptomlar, hastanın aktivite seviyesi progresyonda etkilidir. Asemptomatik bir ergen aynı özellikteki yetişkine göre cerrahi tedavi için daha uygun olabilir. Çünkü mekanik ve nörolojik disfonksiyona neden olan yüksek dereceli spondilolizteziste deformitenin progresyonu gençlerde yaşlılara göre daha hızlıdır. Ergenlerde kayma oranının %50'den, yetişkinlerde ise kayma oranının %75'ten fazla olduğu durumlarda cerrahi işlem önerilebilir [50]. Cerrahi müdahalenin bağırsak veya mesane disfonksiyonu, radikulopatisi olan hastalarda yararlı olduğu bilinmektedir.

Doğrudan cerrahi tedavi; pars defektinin doğrudan onarılması, dekompresyon veya dekompresyon olmaksızın nöral yapıların etkilendiği kaymanın progresyonun önlenmesi için ilişkili segmentte artrodez, pars defektinin direkt fiksasyonu olup bu müdahale “*Buch tekniği*”, “*Scott wiring*” ve “*ipsilateral pedinkülün vida veya kanca ile tamirini*” içerir [50].

Dekompresyonun amacı radiküler semptomların ve nörolojik kladikasyonun rahatlatılması iken, füzyonun amacı instabiliteyi yok ederek bel ağrısının giderilmesidir. Enstrümantasyonun amacı ise füzyonu kolaylaştırmak, listezisi ya da kifotik deformiteyi düzeltmektir [58]. Füzyon spondilolizteziste yaygın olarak savunulan bir yöntem olup, komşu segmentlerde dejenerasyona neden olabileceğinden dolayı genç insanlarda füzyonun uzun dönem etkilerine dikkat edilmelidir. Kadavralar üzerinde yapılan lomber füzyon çalışmasında füzyon seviyesindeki artmış intradiskal basıncın komşu disklerdeki dejenerasyon sürecini hızlandırabileceği bildirilmiştir[59].

Kinematik çalışmalarda füzyon sonrasında komşu vertebralarda disk dejenerasyonu, faset eklemlerde artmış stres, faset hipertrofisi, hipermobilitenin ortaya çıkabileceği gösterilmiştir. Düşük dereceli spondilolizteziste önemli nörolojik defisitlerin olmaması

sebebi ile dekompresyon, radikülopatisi olan yetişkinlerde kabul edilebilir bir yöntemdir. Dejeneratif değişiklikler en iyi ayakta çekilen yan grafilerde görülebilir.

## 5. SPONDİLOLİSTEZİSİN SINIFLANDIRMASI

### 5.1. *Wiltse Sınıflandırması*

Spondilolistezisin sınıflandırılmasında en yaygın kullanılan sınıflandırma Wiltse tarafından tanımlanmıştır [50].

Buna göre;

#### ***Tip 1 Konjenital veya Displastik Tip***

Displastik spondilolistezis lumbosakral eklemlerin konjenital anomalisine bağlı olarak gelişir. Bu durumda konjenital defekt sakrum displazisi, elonge veya zayıflamış pars, hipoplastik faset eklemler ya da sakral yetmezlik ile karakterize edilir. Spondilolistezislerin %15-20'si displastik olup, en fazla ergenlerde, 10-20 yaş arasında görülür.

#### ***Tip 2 istmik tip***

Akut veya kronik strese bağlı olarak pars interartikulariste meydana gelen defekte bağlı olarak ortaya çıkar. Faset anatomisi normale yakın olup, pars interartikulariste defekt varlığı kesin bulgudur. Bu defektin kalıtsal olma olasılığı mevcut olup, hastalığın aile üyelerinde bulunması durumunda kalıtsal olarak gelecek nesillerde rastlanma sıklığı yüksektir.

#### ***Üç alt tipe ayrılır:***

***Tip 2a:*** Pars interartikulariste kronik stresin tam stres fraktürüne yol açmasıyla karakterize edilir.

***Tip 2b:*** Parsın değişime uğramayan, ancak stres frekansına ve kemiğin yıkılıp tekrar yapılma süreci sebebi ile genişlemiş şekli ile bilinir.

***Tip 2c:*** Akut travmatik yaralanmanın pars interartikulariste parçalanmalara yol açmasıyla karakterize edilir. Nadir görülen bir deformasyon şeklidir.

#### ***Tip 3 dejeneratif tip:***

Başlangıçta '*pseudo spondilolistezis*' olarak tanımlanmış olup, daha sonra "*dejeneratif spondilolistezis*" tanımı kullanılmıştır. Daha sonra yapılan çalışmalarda bütünlüğü korunmuş nöral arklı vertebranın kaymasının, lomber faset eklemlerin dejeneratif artritine bağlı olduğunu gözlemlemiştir. Nöral arkın değişmemiş olmasıyla birlikte, faset eklemler ve diskte segmental instabiliteye yol açan dejenerasyonların meydana geldiği sonucuna varılmıştır. Bu tip dejeneratif yapı kadınlarda erkeklere göre beş kat daha sık görülmektedir.

En fazla L4-5 düzeyinde, daha sonra L5-S1 ve daha da az olarak L3-4 düzeyinde görüldüğü bilinmektedir. Etken faktörler gebelik, eklem laksitesi, ooferektomi, faset eklemlerin sagittal orientasyonu ve artmış pedikül-faset oranı olarak bilinmektedir [1,53, 60].

Farklı patolojik sebeplere bağlı olarak zamanla ortaya çıkan *Dejeneratif spondilolistezis*'in sınıflandırılmasında *Meyerding* tarafından geliştirilen radyolojik bir sınıflandırma kullanılmaktadır. Meyerding tarafından önerilmiş olup, oldukça kabul gören bu sınıflandırmada; *Derece I*, vertebral gövdenin %0-25'i kadar bir kaymayı; *Derece II*, %25 ila %50 arasında bir kaymayı; *Derece III*, %50 ila %75 arasında bir kaymayı; *Derece IV* ise, %75 ile %100 arasında bir kaymayı tanımlamak için kullanılır. Derece V, genelde tüm omurun kaymasını veya tipik olarak spondiloptozu tanımlar. Dejeneratif spondilolistezis vakalarının çoğunluğu derece I veya II şeklindedir [52]. Semptomatik dejeneratif spondilolistezisi olan ve nörolojik defisitleri olmayan çoğu hastalarda konservatif tedavi daha iyi sonuç verirken, kas zayıflığı veya kauda ekuina sendromu olan hastalarda cerrahi olmaksızın tedavi olanaksız görünmektedir.

Diskin başlangıçtaki yüksekliğinin % 80'inden fazlasını kaybetmesi durumunda ve intervertebral osteofitler gelişiminde kayma ilerlemesi daha az mümkün hale gelir [26]. Omurgalarda herhangi bir nedenle ortaya çıkan anatomik bozukluklar ve biyomekanik deformasyonlar bireylerde işlev kaybının en önemli sebeplerindedir. Lumbosakral yapının statik ve kinetik yapısının bozulması sonucu patolojik olarak hastalarda anterior bölge organlarının taşınmasında, herhangi bir şokun absorbe edilmesinde ve posteriyor elemanların omurga hareketlerinin kontrolünde büyük sorunlar ortaya çıkabilir [20, 53, 61]. Herhangi bir nedenle vertabranın yapısında ortaya çıkan vertebra kaymaları gibi anormallikler spondilolistezis olarak bilinir ve nörolojik defisitleri olmayan hastaların büyük çoğunluğunda konservatif tedavi ile iyi sonuçlar elde edilebilir.

## **5.2. Marchetti ve Bartolozzi Sınıflandırması**

Marcetti ve Bartolozzi [1, 54, 55] tarafından önerilen bu sınıflandırma belirgin kayma gösteren omurların özellikleri esas alınarak yapılmıştır. İki sınıftan oluşan gruplama değişime bağlı olarak pars interartülarisin uzaması, litik lezyonlar, travmatik lezyonları içermektedir. Bu sınıflandırma 1994 'te revize edilerek düşük ve yüksek displastik gruplar

olarak isimlendirilmişlerdir. Bu iki alt grupta uzamış pars interartikularis ve interartikular lizis tanımlanmış olup, travmatik lezyonlar kazanılmış gruba dahil edilmiştir. İyatrojenik etiyojiler ise cerrahi sonrası olarak gruplandırılmıştır[50,63].

Gelişimsel kategori; pars interartikularis, lomber fasetler, diskler ve vertebral endplate displazisinin değişimine bağlı olarak tespit edilir ve düşük ve yüksek displastik şeklinde iki kategoriye ayrılır. Displazinin durumu belirleyici olup, lumbosakral segmentin kayma durumu, kifoz durumu ve lokalizasyon önemli kriterler olarak kabul edilmektedir.

### ***5.2.1.Yüksek Displastik Grup***

Bu grup nöral ark, intervertebral disk, S1 üst end-plate ve L5 cisminin major yetmezliği ile karakterize edilir. Ayrıca sıklıkla pars elonge ve kesik, anterior-superior sakrum yuvarlak, L5 vertebra cismi trapezoidal özelliğe sahiptir. Bu değişikliklerin bir kısmı primer ve endplate değişiklikleri olup, diğerleri kaymaya yanıt olarak ortaya çıkmış özelliklerdir.

### ***5.2.2.Düşük Displazili Grup***

Yüksek displazililerden, L4-5 cisimleri dikdörtgen biçiminde kalması ve sakral/L5 üst ucunun korunması ile ayrılır. Bu grupta, kompenzatuvar hiperlordoz ve sakral vertikalizasyon mevcut olmayıp, modifikasyon riski daha azdır. Omurga eklemleri arasında kronik stresin en fazla tekrarlandığı bölge olması sebebi ile kazanılmış spondilolistezis çoğunlukla parsı etkiler. Spinal yüklenmeye bağlı olarak sekonder pars yetmezliği gelişebilir.

### ***5.3.Spinal Deformite Çalışma Grubu Sınıflandırması***

Omurların kayma derecesi, pelvik bölgesinin durumu ve spinopelvik dengeyi esas alarak olarak L5-S1 spondilolistezis radyografik tetkikine dayalı bir değerlendirme biçimidir[63, 64]. Kayma derecesi önemli olup, kayma % 50' den azsa düşük dereceli, % 50'den fazla ise yüksek dereceli spondilolistezis olarak tanımlanır. Bu amaçla spino-pelvik ve sakro-pelvik dizilim pelvik insidans, sakral eğim, pelvik eğim ve C7 vertikal çizgi ölçümlerini kullanarak değerlendirilir.

Düşük dereceli spondilolistezis hastaları pelvik durumuna göre üç gruba ayrılır. Buna göre

45 dereceden daha azsa düşük, 45-60 arasında ise normal, 60 dereceden büyükse yüksek pelvik olarak isimlendirilir. Yüksek dereceli spondilolistezis sakral slop (SS), pelvik tilt (PT) ve C7 vertikal çizgi ölçümlerine dayanarak 3, ilave olarak her hasta sakral pelvik denge durumuna bağlı olarak 2 gruba ayrılır. Bunlar dengeli pelvis (yüksek SS/düşük PT) ve dengesiz pelvis (düşük SS/yüksek PT) olarak isimlendirilir. Pelvisin denge durumuna hazırlanmış olan nomograma bakılarak karar verilir. Dengesiz pelvis C7'den indirilen vertikal çizginin femur başıyla ilişkisine dayanarak dengeli omurga ve dengesiz omurga olarak iki gruba ayrılır[63-65].

## **6. TANI VE GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİ**

Spondilolistezisin tanısında genel olarak grafler, Bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans görüntüleme (MRG), SPECT (Single-photon emission computed tomography), kemik sintigrafi kullanılan radyolojik tanı yöntemleridir [50].

### **6.1.Direkt Grafler**

Direk grafilerde hastanın ayakta torakolumbosakral, yanal, anteroposterior ve oblik çekilen radyografileri radyolojik değerlendirme için önemlidir. Ferguson pozisyonu anteroposterior görüntüleme için genel olarak tercih edilir. Bu yolla lomber transvers prosesin büyüklüğü ve diskin yüksekliği ve sakral spina bifida olup olmadığı anlaşılabilir. İstmik spondilolizis mevcutsa defekt pars interartikularis'te diğer kısımlara göre bir yansıma görülür. Bu yansıma veya diğer bölgelere göre daha açık (parlak) görülen bölge “yaka görüntüsü” veya “İskoç köpeği kırık boynu” olarak bilinir.

Ancak tün pars defeklerin tanınması bu yöntemle mümkün olmayıp, bu metotla vakaların yaklaşık % 20'sinin tanımlanabileceği, oblik, oblik lateral grafilerde ise olguların yaklaşık %80'den fazlasının tanımlanabileceği varsayılmaktadır [53]. Bazı vakalarda pars defektin tek taraflı (unilateral) olabilmesi sebebi ile her iki taraftandan da görüntü alınması tercih edilir[50]. Spondilolistezisin görüntü ile tespitinde oblik görüntülemenin en iyi yöntem olmasına rağmen omurların kayma derecesinin tespiti için belirleyici olmayıp, bu amaçla oblik görüntülemenin yanında lateral grafi de alınması gerekir.

Fleksiyon-ekstansiyon görüntüleri spinal yapıda instabilitenin önemli göstergesi olup, bu amaçla hastanın ayakta lateral grafisinin alınarak değerlendirilmesi esastır. Ayakta durmak hastada ağrı başlatıcı olabilir, lateral grafitiler genelde omurların kayma derecelerini, açılarını, sakral inklüzyon ve kaymanın sürekliliğinin tespitine yardımcı olur

## **6.2. Kemik Sintigrafisi**

Kemik sintigrafisi doğrudan alınan grafileerin hassasiyetlerinin sınırlı olması sebebi ile emin olunamayan durumlarda yararlanılan metotlardan biri olarak kabul edilir. Özellikle oblik grafitilerde tespitinde bir kısım zorluklar bulunan pars interartikularis stres fraktürünün tespiti bakımından önemlidir. Bazı durumlarda stres etkisinin kemik defekti olmadan ortaya çıkması mümkündür. Geçmişte travma veya şiddetli aktivite ile karşılaşmış hastalarda kemik sintigrafisi yardımıyla spondilotik bölgelerin saptanması mümkündür.

## **6.3. Bilgisayarlı Tek Foton Emisyon Tomografisi (SPECT)**

SPECT daha önce verilen tanı metotlarına göre daha detaylı bilgi elde edilebilen ve lumbosakral omurganın iyi bir şekilde incelenmesi ve yorumlanmasına olanak veren bir metot olarak bilinir. Kemik sintigrafisi ve doğrudan grafi SPECT' e göre daha sınırlı veri elde edilebilen metotlar olup, bu nedenle SPECT lumbosakral omurga anormalliklerinin tespitinde tercih edilen görüntüleme yöntemlerindedir. Yapılan çalışmalar bu metot yardımıyla pars interartikularis bölgelerinde radyoaktif madde birikimi ve tespitinin daha kolay olduğunu ortaya koymaktadır [66]. Ancak bu metot bazı dezavantajlara sahiptir. Örneğin SPECT yardımıyla anatomik detayların elde edilmesi mümkün değildir. Bu nedenle pars interartikulariste oluşan defektin doğrulanabilmesi için MRG veya BT gerekli olabilir.

## **6.4. Bilgisayarlı Tomografi**

Spondilolizis ile yakından ilgili olan kemik yapısındaki değişimlerin iyi bir şekilde tanımlanabilmesi için Bilgisayarlı Tomografi metodu oldukça faydalıdır. Özellikle saptanmasında büyük özen ve dikkat gerektiren displastik faset ve pars defektlerinin tespitinde doğrudan grafi ve diğer metotlara göre çok daha etkilidir. Ayrıca BT pars defektinin iyileşme potansiyelinin tespitinde ve değerlendirilmesinde büyük öneme sahiptir.

Kemik sintigrafisi ile doğrudan grafinin etkinliklerinin araştırıldığı bir çalışmada BT'nin doğrudan grafiye göre daha sensitif, kemik sintigrafisinden daha iyi ölçüm değerlerine sahip olduğu bulunmuştur [67]. Ayrıca BT kemik defektinin sebepleri ile ilgili SPECT'ye göre daha detaylı bilgi sunar. BT'nin bir diğer avantajı da disk herniasyonu gibi kemik sintigrafisinde görülmeyen spinal patolojileri de ortaya çıkarmasıdır [67,68].

Bilgisayarlı tomografide hastaların iyonize radyasyona maruz kalmaları sebebi ile öncelikli olarak tercih edilmez. Ancak MRG ile tanı konulamayan ve MRG çekilemeyen hastalarda genelde bu yöntem tercih edilir. BT santral nöral spinal kanal ve nöral forameni de içerecek şekilde spinal anatomiye görüntüler. Pars interartikularisteki anormallikler (spondilolizis, atenuasyon, sklerozis), santral spinal kanal stenozu, nöral foraminal stenoz, dejeneratif disk hastalığı, faset artropatisi gösterilebilir [50].

### ***6.5. Magnetik Rezonans Görüntüleme***

Magnetik Rezonans Görüntüleme (MRG) anatomik olarak nöral yapıların ve diğer metotlarla iyi bir şekilde incelenmesi mümkün olmayan bağ doku kaynaklı dokuların incelenebilmesi için oldukça yararlıdır. Spondilolistezis için büyük öneme sahip nörolojik bulguların saptanmasında hayati öneme sahiptir. Bir diğer avantajı ise zararlı etkileri bilinen iyonize radyasyona maruz bırakmadan spinal bölgenin görüntülenmesine olanak vermesidir. Bu yöntemle sagittal ince kesitlerde (T1' de 3 mm lik, T2' de 4 mm lik incelikte) pars defektleri %95 oranında tanımlayabilmek mümkündür. Hastalığın erken evresinde, kemik defekti olmadan stres reaksiyonu saptanabilir. Spondilolitik defektteki fibröz skar dokusunun nöral yapılardaki etkisi daha kolay görülebilir [50, 53].

## **7. CERRAHİ YÖNTEMLER**

Dejeneratif spondilolistezisli hastalarda optimal cerrahi tedavi dekompresyon ve füzyon olmakla birlikte DS olmaksızın semptomatik lomber stenozlu hastalarda optimal cerrahi tedavi konusunda fikir birliği yoktur [61]. Lomber spinal stenoz için dekompresyona füzyon eklenmesi, mevcut tüm kanıtlarla tutarlı olmasa da, daha yüksek klinik sonuçlara ve daha düşük yeniden ameliyat oranlarına yol açabilir [44]. Dejeneratif spondilolistezisli hastalarda dekompresyona füzyon eklemenin tek başına dekompresyona göre bir avantaj olup

olmadığını belirlemek için sistematik bir inceleme yürütülmüş ve füzyonun, tek başına dekompresyona göre tatmin edici bir klinik sonuç üretme olasılığının çok daha yüksek olduğunu bulunmuştur.

Randomize kontrollü bir çalışmada, dejeneratif spondilolistezisli veya dejeneratif spondilolistezisiz spinal stenozlu hastalarda dekompresyon ve füzyonun, tek başına dekompresyona kıyasla 2 ve 5 yılda klinik sonuçlarda iyileşme sağlamadığını bulmuşlardır. Bu nedenle, füzyon eklenmesi lehinde veya aleyhinde bir öneriye izin vermeyen çelişkili bir veri vardır [44]. Bu nedenle bazı klinisyenler, tedaviyle ilişkili daha düşük morbidite ve mortalite nedeniyle, özellikle stabil düşük dereceli dejeneratif spondilolistezisi ve yaygın bacak ağrısı olan yaşlı hastalarda tek başına dekompresyonu tercih etmektedirler. [52]. Ancak, her dejeneratif spondilolistezis vakası tek başına dekompresyonla tedavi edilemez. Düşük dereceli dejeneratif spondilolistezis ve foraminal stenozu veya vertebral instabilitesi olan hastalar eş zamanlı füzyondan fayda görebilir [61].

Ek olarak, bel ağrısı spinal segment instabilitesi ile indüklenebilir, dolayısıyla etkilenen segmenti stabilize etmek için füzyon gerekir [61]. Martin ve ark [69], DS ve stenozdan etkilenen hastalarda dekompresyona aletli füzyon eklemenin katı füzyon elde etme olasılığını önemli ölçüde artırdığını, ancak aletsiz füzyona göre klinik sonuçta önemli bir fark olmadığını bulmuşlardır. Chan ve ark.[44], daha iyi klinik sonuçlarla ilişkili olmamasına rağmen, füzyonları pedikül vida fiksasyonu ile tamamlamanın, başarılı füzyon oranlarında enstrümantasyon lehine önemli bir varyasyona katkıda bulunduğunu bulmuşlardır.

Pedikül vidaları ile posterolateral lomber füzyona (PLF) interbody (IBF) ile aletli posterior füzyon eklemenin uzun vadeli faydaları da kesin değildir [58]. Kelly ve ark. [60], dekompresyon ve pedikül vida fiksasyonu ile PLF ile; dekompresyon ve transforaminallomber interbody füzyon (PLF + TLIF) ile PLF ile tedavi edilen dejeneratif spondilolistezisli hastaların sonuçlarını değerlendirmek için retrospektif bir çalışma gerçekleştirmiş ve bir PLF'ye TLIF eklemenin dejeneratif spondilolistezis tedavisinde işlevsel bir iyileşme sonuç vermediğini bulmuştur. Benzer şekilde retrospektif bir incelemede Gottschalk ve ark. [62], L4-L5 DS'nin tedavisinde bir PLF'ye interbody füzyon (IBF) eklemenin klinik, radyografik ve maliyetini karşılaştırmış ve PLF'ye IBF eklemenin

maliyeti artırdığını ve tek başına PLF ile karşılaştırıldığında füzyon oranlarında ve klinik skorlarda karşılaştırılabilir sonuçlar elde ettiğini bulmuştur.

Spinal minimal invaziv cerrahi (MISS), cilt insizyonunu, kas hasarını ve perioperatif ağrıyı azaltarak erken iyileşmeyi ve yaşam kalitesini artırdığı için yaygın olarak kullanılmaktadır[70] ve MIS'in açık füzyonla benzer klinik sonuçlara sahip olduğu gösterilmiştir. Hasta daha düşük bir fiyata, daha kısa cerrahi süreye, daha az kan kaybına ve daha kısa hastanede kalış süresine sahiptir [44]. Dejeneratif spondilolistezis için lateral erişim cerrahisi (LAS), giderek daha popüler hale gelen minimal invaziv bir füzyon tekniğidir. Xu ve ark. [53], dejeneratif spondilolistezisli 52 hastada LAS ve arka pedikül vidaları ile tespit sonrası klinik sonucu belirlemek için bir çalışma yürütmüştür. Bel ve bacak ağrısının sırasıyla %80,3 ve %83,0 oranında azaldığını ve Oswestry Disability Index ve North American Spine Society skorunun sırasıyla %76,2 ve %75,9 arttığını gözlemlemişler ve hastaların %90'ı mükemmel/iyi memnuniyet bildirilmiştir.

### **7.1. Açık Laminektomi**

Listezis olsun veya olmasın lomber omurganın stenozu oldukça yaygın bir durumdur. Genellikle yaşlanma sürecine bağlı olarak kademeli, dejeneratif bir süreç sonucunda ortaya çıkar. Omurga kemiklerinin doğal yaşlanma süreci 30 yaş civarında başlar ve birçok kişide ağrıya veya radiküler semptomlara yol açar. Lomber spinal stenoz bel ağrısının yaygın bir nedenidir. Lomber spinal stenoz yürürken veya eğilirken ağrıya, kasıklarda, bacaklarda veya belin alt kısmında uyuşma veya karıncalanma, mesane veya bağırsak sorunları ile teşhis edilebilir. Omurlar arası diskler, omurganın şok emicileri olan omurlararasındaki yumuşak, esnek yastıklardır. Diskin yumuşak iç kısmı lifli dış katmanın dışına itildiğinde disk hernisi meydana gelir. Ekstrüzyona uğrayan disk materyali daha sonra omurilik köküne veya omuriliğe baskı yaparak ciddi bir soruna yol açabilir. Bu semptomlar fonksiyon ve yaşam kalitesini etkilediğinde ameliyat genellikle en iyi seçenektir. Bazen başka nedenlerden dolayı daha büyük bir ameliyatın parçası olarak laminektomi yapılır. Spondilolistezise bağlı olsun veya olmasın spinal stenozun tedavisi laminektomi ameliyatı gerekebilir. Stenoz, omurilik kanalının kademeli olarak daralması olup, daralan alan sinir köklerini ve omuriliği sıkıştırarak şiddetli ağrıya neden olabilir veya belirli şekillerde

hareket etmeyi zorlaştırabilir.

Laminektomi, sinir köklerine ek alan sağlamak için kemiğin bir kısmının sinir köklerinin üzerinden ve/veya çevresinden çıkarılmasını içeren bir operasyon olup, cerrahi işleme omurilik veya sinir kökleri üzerinde herhangi bir baskı mevcutsa bu gibi durumlarda cerrahi olarak omurilik kanalının etrafındaki kemikli çerçeve olan laminanın bir kısmını çıkarır. Omurgaya erişmek için kaslar ayrılır, sinirler veya omurilik üzerindeki gerilimi azaltmak için laminanın bir kısmı veya tamamını çıkarır. Lamina çıkarılması, basıya uğrayan sinirlerden veya omurilikten gelen baskıyı ortadan kaldırır ve bu da yaşam kalitesinin ve işlevin iyileşmesine yol açabilir.

Genellikle medalfasetektomi ve foraminotomi ile kombine edilen açık laminektomi, instabilitesi olmayan hastalarda geleneksel olarak standart tedavi olmuştur. Son yıllarda daha az invaziv prosedürler kullanılmakta olup, daha küçük kesilerlemikrodekompresyon uygulaması gittikçe yaygınlaşmaktadır. Sinir cerrahisinde sıklıkla görüldüğü gibi, minimal invaziv yöntemlere geçiş hiçbir zaman sağlam kanıtlarla desteklenmemiştir. Bilateral mikrodekompresyon ile umut verici sonuçlar bildiren küçük ve birkaç çalışma dışında genel karşılaştırmalı değerlendirmeler yapılmamıştır[15]. Bu nedenle lomber spinal stenoz tedavisinde mikrodekompresyonun geleneksel laminektomiye eşdeğer olup olmadığı bilinmemektedir.

Cerrahi operasyon sırasında hasta yüz üstü yatırılarak genel anestezi yapılır ve ameliyat sahası temizlenir. Sırtın orta hattında 5 ila 13 cm uzunluğunda (tedavi edilen seviye sayısına bağlı olarak daha uzun olabilir) bir kesi yapılır. Sol ve sağ bel kasları (multifundus ve erektörspinae), laminalara erişim sağlamak için ekarte edilir. Kaslar yana sabitlendikten sonra doğru vertebral seviyeyi belirlemek için intraoperatif radyografiler kullanılır. Yüzeysel bağlar kenara çekildikten sonra laminalar kesilerek çıkarılır (laminotomi/laminektomi). Bazen laminalar kesilebilir ancak çıkarılmaz (laminoplasti). Bu süreçlerin her ikisi de sinir elemanları için omurilik kanalı içindeki alanı arttırır. Santral stenoz tedavi edildikten sonra, lateral reses stenozu ve foraminal stenoz da mevcutsa fasetektomi ve/veya foraminotomi (fasetlerin ve/veya intervertebralforamenlerin alınması) yapılabilir. Gerekli olması durumunda tedavi edilen omurların füzyonu yapılır. Dejeneratif

spondilolisteziste ise standart uygulamadır. Tüm işlemlerden sonra bağlar, kaslar ve cilt eski yerine dikilir.

Mikrodekompresyonun ameliyattan sonra cerrahi travmayı azaltması, hastanın geleneksel ameliyata göre daha erken hareketine olanak sağlaması sebebi ile yakın gelecekte bu yöntemin yaygınlaşması mümkün görünmektedir. Minimal invaziv tekniklerle yapılan cerrahi müdahalelerden sonra ağrı yönetimi ve hastanın hastaneden daha kısa sürede taburcu edilmesi bu yöntemin getirdiği yenilikler olarak değerlendirilebilir.

## ***7.2. Posteriyor Segmental Enstrümantasyon***

Spinal implantların kullanılmasının ana amacı nörolojik hasarı önleyerek ve mümkün olduğu kadar çok hareket segmentini koruyarak dengeli bir omurga elde etmektir. Bu, deformitenin düzeltilmesinden sonra omurganın füzyonu ile gerçekleştirilir. Deformite düzeltilmesi anterior, posterior veya kombine yaklaşımla yapılabilir. 1960'larda Harrington distraksiyon rodlarının kullanılmaya başlaması ile omurga enstrümantasyonu deformitenin düzeltilmesinde ana unsur haline geldi. Ancak Harrington çubuğunun koronal düzlemde skolyotik segment için iyi bir düzeltme sağlarken, distraksiyona dayalı kuvveti vertebral rotasyonu kontrol edemediği ve normal sagittal hizalamanın kaybına neden olduğu saptanmıştır [71,72].

1960'lı yıllarda Harrington'un orijinal sisteminin modifikasyonları sonucu çok sayıda kemik vidaları ve dişli kablolar geliştirildi. Daha sonraki yıllarda omurgayı stabilize etmek için pürüzsüz, bükülebilir çubuklar ve teller kullanılmaya başlanmıştır. 1980'lerde enstrümantasyon, omurga düzeltilmesinde üç boyutlu bir yaklaşıma dönüşmüş olup, rodlar, kancalar ve vidalar bireysel hasta ihtiyaçlarını karşılayacak şekle dönüşmeye başlamıştır [73]. Bu dönemde geliştirilen Cotrel-Dubousset enstrümantasyonunda kullanılan birincil ankraj implantı olan kancalar, rod sistemine kolayca entegre edilir ve kök yaralanması riskini en aza indirir. Ancak yerleştirilmesi zaman alıcıdır ve kanal içinde yer kaplayarak özellikle derotasyon manevrası sırasında omurilik yaralanması riski oluştururlar [74]. Daha sonraları geliştirilen pedikül vidaları segmental üç sütunlu fiksasyona izin vererek omurga enstrümantasyonunda devrim yaratmıştır [75].

Pedikül vidaları posterior enstrümantasyonun temel dayanağı olup, ve kancalara kıyasla kemikte daha iyi ve daha stabil bir tutuş sağlayarak düzeltme oranlarının artmasını sağlar. Bilateral segmental enstrümantasyon yapının sağlamlığını artırır ve düzeltme oranlarını artırabilir ve şiddetli eğriliklerde güvenle kullanılabilir. Pedikül vidaları için ortalama ameliyat istatistikleri ve kan kaybının önceki çalışmalarda kanca sistemlerine benzer olduğu gösterilmiştir. Pedikül vidalarının kullanımıyla sagittal kontur daha iyi korunur. Yakın zamanda yapılan bir çalışma, vida kullanımının hastaların subjektif memnuniyeti üzerinde olumlu bir etkisinin bulunmadığı önceki çalışmaların aksine, pedikül vidalarının fonksiyonel sonuç ölçümlerindeki puanları arttırdığını da göstermiştir [76]. Vida bazlı arka segmental enstrümantasyon, omurga boyunca birden fazla sabitleme noktasına sahip olup, bunların tümü, arka elemanlardan girerek ve omurga gövdesinin ön yarısında pedikül boyunca ilerleyerek omurganın üç sütununu kapsar. Bu, deformitenin apeksinde daha fazla kontrol sağlar.

Posterior yaklaşımın birçok avantajı vardır. Ameliyat alanına kolayca ulaşılabilen ve nörovasküler riskin çok az olduğu basit bir görüntüleme olmasının yanı sıra, omurganın sagittal düzleminin iyi bir şekilde kontrol edilmesini sağlar. Normal şartlarda göğüs kafesi ihlali olmadığı için solunum fonksiyonları korunur. Doğrudan vertebral rotasyonun ve yerinde şekillendirmenin kullanılmasına izin verilerek, koronal düzlemdeki deformite daha kapsamlı bir şekilde ele alınır ve iyi kontrol edilir. Avantajlarına rağmen posterior yaklaşımın dezavantajları da vardır. Arka kas yapısı ihlal edilmiş olup, bu bölgedeki yumuşak doku örtüsünün olmaması nedeniyle enfeksiyon oranları ön yaklaşıma göre daha yüksektir. Belirtilmesi gereken bir diğer dezavantaj ise, yalnızca posterior yaklaşımın, anterior yaklaşımla karşılaştırıldığında aynı düzeltmenin elde edilmesi için daha fazla hareket segmentinin dâhil edilmesini gerektirmesidir.

Posterior yaklaşımda deformiteyi düzeltmeye yönelik teknikler, uygun hasta konumlandırmasıyla başlar ve kompresyon/distraksiyon, rod rotasyonu, translasyon, konsol redüksiyonu ve yerinde konturlama ile veya kontursuz doğrudan vertebral rotasyonu içerir. Çok sık karşılaşılmamasına rağmen çok ciddi ve sert eğrilikler, esnekliklerini artırmak için diskektomiden Chevron/Ponte osteotomilerine ve posterior vertebral kolon rezeksiyonuna kadar uzanan ek müdahaleler gerektirebilir.

Anterior cerrahinin pulmoner tehlikeye neden olduğu mekanizmanın, göğüs kafesi sertliğindeki artışları, torakotomi tarafındaki diyafragma hareketinde bozulmayı, kaynamama ve cerrahiyi takiben eşit olmayan hava dağılımını içereceği şekilde teorize edilmiştir [14]. Bunlar zamanla iyileşse de, çok sayıda çalışma uzun vadeli takipte akciğer kapasitesinde önemli bir düşüş olduğunu bildirmiştir. Ancak anterior yaklaşımın yararları da vardır. Daha önce de belirtildiği gibi omurganın ön elemanlarına erişim kolaylığı, daha kısa füzyon ve enstrümantasyon ile daha iyi düzeltme sağlanmakta ve bu da maliyette azalmaya yol açmaktadır. Anterior enstrümantasyonda omurganın arka elemanları üzerinde distraksiyon kullanılmadığı için torasik kifozun da daha iyi korunduğu bilinmektedir [77-78].

Spondilolistezis, üç sütunlu desteğin değişen mekanik yapısının ve sebep olduğu dengesizliğin yeniden düzenlenmesini gerektirir. Günümüzde posterior lomber pedikül vida enstrümantasyonunun kullanımı artık etkilenen segmentin rekonstrüksiyonunda standart hale gelmiş olup yaygın kullanımı segmental omurga fiksasyonu çağını başlatmıştır [79,80].Biyomekanik olarak pedikül vida sistemleri diğer posterior fiksasyon sistemlerine göre daha güçlü bir kavrama kuvveti uygulayan üç kolonlu stabilizasyonun tekrar yapılandırılmasına olanak sağlar. Bu durumda sağlam arka elemanlar gerektirmez; bitişik normal hareket bölümünün korunması deformitenin ilerlemesini önleyerek daha önce ortaya çıkan mekanik ağrı sendromlarını azaltır ve böylece acil ambulasyonu teşvik eder [81, 82]. Enstrümantasyonun yerleştirilmesiyle posterior lomber elemanların füzyonu, omurga instabilitesi için vakaların %95'ine civarında kabul edilebilir sert bir füzyon oluşumuna olanak sağlar [80, 83].

Bununla birlikte bazı cerrahlar ön kolon yetmezliği vakalarında, özellikle sadece bir veya iki VB'nin olduğu durumlarda segmentlerin köprülenmesi için güçlü bir anterior bazlı desteğin gerekli olduğunu, ancak böyle bir durumda füzyonun posterior yapının füzyon hızını ve dayanıklılığını geliştirebileceğini savunmuşlardır [84, 85]. PLIF zahmetli bir işlem olup, her zaman nörolojik yaralanma riski taşır ve müdahalenin genel maliyetini artırır. Bu nedenle bu tekniğin avantajları posterolateral artrodezin avantajlarıyla karşılaştırılarak değerlendirilmelidir.

Ameliyat tekniği olarak hastalara implantasyonla birlikte füzyon uygulanır ve dekompresif cerrahi olarak spinöz prosesin çıkarılması, iki taraflı laminektomi, kısmi bilateral fasetektomi ve foraminotomi işlemleri genellikle uygulanır. Vida yerleştirme ve redüksiyon manevralarından önce fitiklaşmış disk materyali bakımından disk boşluklarının ve disk çıkıntılarının dikkatlice değerlendirilmesi gerekir. Posterolateral füzyon için kemikli yüzeylerin enine ve eklemsele uzantılarının dekortikasyonu yapılır.

Süngerimsi bir kemik yapısı oluşturularak üzerinde kortikal şeritler yapılandırılır. Katı bir maddeden oluşan PLIF sisteminin ve gözenekli saf titanyum kaplamanın kemik büyümesini kolaylaştırdığı kanıtlanmıştır. [86,87]. Kortikal kemik pürüzlenir ve kısmen kaldırılır. Daha sonra titanyum füzyon bloğu çiftleri yerleştirilir. Otolog süngerimsi kemik implantın yan tarafındaki medial ve lateral oyuklara sıkıştırılır. Operasyon sonrası hastaların düzenli aralıklarla klinik değerlendirmelerinin yapılması gerekir. Bu amaçla ameliyat sonrası ve düzenli aralıklarla spondilolistezis ve değişimi belirlemek amacıyla radyograflerin alınması ve azalmaların değerlendirilmesi gerekir.

Başarılı füzyon fleksiyon-ekstansiyon radyograflerinde hareketin, görüntüleme implantın etrafındaki halenin varlığının değerlendirilmesi ve kaynaşmış bölümler arasındaki trabeküler kemiklerin detaylı olarak incelenmesi gerekir. Ameliyat sonrası kemik penceresi yapısının bilgisayarlı tomografi veya manyetik rezonans görüntüleme değerlendirilmesi gerekir. Nöral dekompresyonun sonuçlarını değerlendirilmesi diğer bir önemli kriter olarak bilinir. Nöral foraminal alanın müdahaleden sonraki dönemlerde değerlendirilmesi gerekir. Fizyolojik lomber dengenin yeniden sağlanması için segmental lomber fiksasyon, redüksiyon/distraksiyon prosedürü ile birleştirilir. Lomber eğriliğin düzeltilmesi anterior kaymaya neden olan kesme kuvvetlerini azaltarak füzyon hızını arttırabilir. Ayrıca redüksiyon, füzyon tabanları arasındaki boşluğu daraltır ve greft üzerindeki bükülme momentini azaltır. Redüksiyon/distraksiyon prosedürleri aynı zamanda lomber bölgede ek stres yaratan ve duruş/yürüyüş düzensizliklerine ve bel ağrısına neden olan sagittal düzlemde VB kaymasının neden olduğu açısale değişiklikleri potansiyel olarak düzeltebilir [88-90].

Çeşitli biyomekanik çalışmalar statik ve yorulma testlerinin sonuçları, ön kolon desteği ihtiyacını güçlü şekilde ortaya koymaktadır. Bu da, arka pedikül vida sistemlerinin,

tasarımlarının konsol niteliğinden dolayı fizyolojik yüklere direnç göstermede belirgin bir dezavantaja sahip olduğunu ortaya koyar. Bulgular PLIF ilavesinin omurga yapısına ilave mekanik güç kazandırdığını göstermektedir. Enstrümantasyonun yerleştirilmesiyle birlikte posterior lomber elemanların füzyonunun, lomber instabilite için geçerli bir çözümü temsil ettiği ve vakaların %95'ine kadar katı bir füzyonla sonuçlanabileceği belgelenmiştir [80, 83]. Spondilolisteziste disk alanı çökmesinin ve iki bitişik vertebral endplate arasındaki daha doğrudan temasın, ön desteğin yokluğunu telafi etmiş olabileceğini ve arka kolonların füzyonunu ve genel klinik sonucu olumlu yönde etkilemiş olabileceğini belirtmekte fayda vardır. Spondilolistezis nedeniyle tedavi edilen hasta serilerinde tatmin edici füzyon ve ağrı sonuçlarının tüm serilerde korelasyon gösterdiği gösterilmemiştir ve ağrı durumundaki sonuçlar tatmin edici olsa bile hastalık öncesi günlük aktiviteye dönüş garantisi edilmez. Füzyondan ziyade lumbosakral dengeye odaklanan çalışmalarda bile ilginç bir şekilde lordoz ve klinik sonuç ölçümleri bu ilişki açıkça incelendiğinde net bir şekilde ilişkili değildir [89].

### ***7.3. Minimal İnvaziv Dekompresyon Teknikleri***

Günümüzde minimal invaziv cerrahi tekniklere artan ilgi ve cerrahi tedavi için dekompresyonun büyük önemi göz önüne alındığında, dejeneratif spondilolistezis ile ilişkili LSS için güncellenmiş minimal invaziv dolaylı ve doğrudan dekompresyon tekniklerinin yeniden gözden geçirilmesi önemli görülmektedir. Bilindiği gibi Interspinous Process Dekompresyon Interspinous process cihazları (IPD), cerrahide spinal kanalları açmayı ve segmental hareketi korumayı amaçlayan minimal invaziv indirekt bir dekompresyon tekniği olarak tasarlanmıştır.

Interspinöz proses dekompresyonu spinöz prosesler arasına belirli cihazlar yerleştirilerek uygulanır. Bu yolla cerrahi olarak omurilik ve sinir köklerinin dekompresyonu ve semptomların giderilmesi ile dolaylı olarak omurilik kanalının hacmi genişletilebilir[91]. IPD, LSS'nin hedeflenen seviyelerde indirekt dekompresyonu için yeni bir cerrahi sistem kullanan X-STOP tekniğinin geliştirilmiş şekli olarak kabul edilebilir. Uygulanandan başlamasından itibaren kısa sürede elde edilen veriler X-STOP cihazının bu ve benzeri cerrahi müdahalelerde kullanımını teşvik edici niteliktedir [92, 93].

Günümüze kadar ABD Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından onaylanan mevcut IPD'ler arasında hafif ile orta şiddette LSS için Coflex (Paradigm Spine, Wurmlingen, Almanya) ve Superion (Vertiflex, Carlsbad, CA, ABD) bulunmaktadır. Her iki cihaz da pedikül vida fiksasyonunun rijitliğinden yoksun enerjik kararlılığa sahiptir. Coflex ve Superion cihazlarının bir diğer avantajı ise perkütan enstrümantasyonlar olup, bu yolla yumuşak dokular ve spinal yapılardaki rahatsızlığı en aza indirmek mümkün görülmektedir [92, 93]. Geleneksel dekompresyon ve füzyon ile karşılaştırıldığında, IPD diğer tekniklere göre daha az maliyetli ve güvenli bulunmuştur [92, 94].

Superion cihazı Wilson çerçevesiyle fleksiyon pozisyonunda geleneksel spinal dekompresyon cerrahisinden daha önce konservatif tedavide başarısız olan LSS'li hastalar için endikedir. Çalışmalar, diğer interspinöz ayırıcılar ve laminektomi ile karşılaştırıldığında, Superion'un daha kısa operasyon süresi, azaltılmış kan kaybı ve düşük komplikasyon oranları ile güvenli olduğunu göstermiştir [95,96]. Laminektomi ile karşılaştırıldığında, hastaların fiziksel işlevlerinde daha iyi olduğu saptanmıştır. Ayrıca, Superion grubu prosedürle ilgili herhangi bir komplikasyon ve prosedürden üç yıl sonrasında yeniden operasyon yapılması gerektirecek bir durumla karşılaşmamıştır. Dört ve beş yıllık takip çalışmalarından elde edilen veriler bunu destekler niteliktedir[97].

Laminektominin yeniden ameliyat oranını arttırmasına rağmen IPD'nin yeniden ameliyat oranı azalttığı bilinmektedir. Ancak LSS'li tüm vakalar IPD cihazı için uygun olmayıp, osteoporozlu hastalar çoğunlukla ameliyattan sonra osteofitik kırıklar riski altındadırlar. Ayrıca özellikle dinamik instabilitesi olan aşırı veya şiddetli dejeneratif spondilolistezisli hastalar, ameliyattan sonra posterior implant hareketi riskine sahiptir. Bu nedenle, LSS'li bu iki tip hasta, IPD'ler için uygun adaylar olarak değerlendirilmemektedirler [93,98].

#### **7.4. Endoskopik Omurga Cerrahisi**

Endoskopik omurga cerrahisi (ESS), sürekli olarak geliştirilen spinal endoskoplar nedeniyle daha az hasarlı bir dizi minimal invaziv ameliyatı içerir. Genel olarak bu amaçla "*perkütan lateral dissektomi*" ve "*perkütan nükleozom*" önerilmektedir. Başlangıçta, endoskopik tekniğin disk herniasyonları için kullanımı ile sınırlı iken günümüzde endoskopik ışık kaynağı ve büyütme teknolojisindeki gelişmelerle bağlı olarak ESS endikasyonları genişlemiştir. *De Antoni ve ark.* [99] ilk kez 1996 yılında artroskopik sistem ve aletler

kullanılarak lomberin arkasında tek taraflı bir spinal endoskopi tekniğini tanımlamışlar ve buna "*translaminar lumbar epidural endoskopi*" teknolojisini adı verilmiştir. *Osman ve ark*[100] lensten bağımsız olabilen ve tıraş makineleri, frezler, küretler, trefinler vb. gibi daha büyük cerrahi aletlerin sertleşmiş diskleri çıkarmasına olanak sağlayan tek taraflı, çift kanallı spinal endoskopi tekniğinin cerrahi müdahalede kullanılmasını teklif etmişlerdir.

Tek kanallı omurga endoskoplarına kıyasla çift kanallı omurga endoskopları cerrahide yeni bir yöntem olarak kabul görmüştür. Bu nedenle De Antoni ve Osman, modern UBE/BESS teknolojisinin kurucuları olarak kabul edilirler [99, 100]. Son yıllarda, ekipman olanaklarının (optikler, yüksek çözünürlüklü kameralar, ışık kaynağı, yüksek hızlı burr, irigasyon pompaları) başarılı bir şekilde gelişmesiyle birlikte, dejeneratif spondilolistezis ile ilişkili veya dejeneratif spondilolistezissiz için çeşitli endoskopik tekniklerle endoskopi cerrahisi yapılabilmektedir. Günümüzde endoskopik yardımcı füzyon ameliyatları bile tatmin edici klinik sonuçlar verebilmektedir [101,102]. Endoskopik omurga cerrahisinin artıları arasında daha az doku diseksiyonu ve kas yaralanması, genişlemiş daha net cerrahi görüş alanı, azalmış kan kaybı, daha az ameliyat sonrası epidural fibroz ve yara izi, daha erken iyileşme ve yüksek yaşam kalitesi, hastanede kısa kalış süresini saymak mümkündür. Endoskopik tekniklerin endoskoplara, spinal seviyelere ve cerrahi yaklaşımlara göre farklı prosedürleri vardır. Transforaminal (TF) yaklaşım ve interlaminar (IL) yaklaşım, ESS'de dekompresyon için yaygın olarak kullanılmaktadır.

Foraminal stenoz ve lateral reses stenozunun en yaygın patolojisi superior artiküler çıkıntının (SAP) hipertrofisi olup, bu gibi durumlarda foraminal stenozda sinir kökü, lateral reses stenozunda ise transvers sinir kökü basıya uğrar. Transforaminal endoskopik yaklaşım genellikle lateral reses/foraminal stenoz tedavisi için uygun bir metot olarak kabul edilir. 2019'da Japon araştırmacılar [103], lokaanestezi altında TF yaklaşımı yoluyla merkezi darlığı açmak için gelişmiş bir cerrahi teknik önermiştir. Bu amaçla klinik vakayı başlatmadan önce, taze bir kadavra omurgası kullanarak lomber undercutting laminektomiye denemişler ve daha sonra, transforaminal tam endoskopik lomber undercutting laminektomini (TELUL) mümkün olduğunu göstermişlerdir. Elde edilen olumlu sonuçlara bağlı olarak bu tekniği ilk defa lokal anestezi altında 72 yaşında bir kadına uygulamışlar ve TE-LUL'den sonra hastanın bacak ağrısında ve kas zayıflığında iyileşme tespit etmişlerdir.

Endoskopik Omurga Cerrahisinde kullanılan bir diğer yöntem de Biportal endoskopik sistem olup, bu yöntemin temel özelliği unilateral spinal cerrahinin iki bağımsız ve birlikte çalışan (enstrümantal portal ve endoskopik portal) çalışma kanalına sahip olmasıdır. Tek taraflı biportal endoskopi (UBE)/biportal endoskopik spinal cerrahi (BESS) dekompresyon tekniği, biportal endoskopik sistemin tipik bir tekniğidir. LSS'yi tedavi etmek için tek taraflı, çift kanallı spinal endoskopi kullanımını önermiş olup, bu tekniğe BESS ismi verilmiştir. Daha sonraları farklı bir grup tarafından perkütan biportal endoskopik dekompresyon (PBED) olarak adlandırılan tek taraflı çift kanallı omurga endoskopi tekniği kullanılmaya başlanmıştır [104]. Tek taraflı çift kanallı omurga endoskopi teknolojisi, hızlı bir gelişme sürecine girmiş olup, bir kısım gelişmiş özelliklere sahiptir.

Son yıllarda MIS, omurga ve günlük hareketler için temel unsurlar olarak kas yapılarını koruma kavramı artan bir ilgi kazanmış olup, IPD'lerin dolaylı dekompresyon teknikleri ve mikroskopik omurga cerrahisi veya ESS gibi doğrudan dekompresyon teknikleri dahil olmak üzere MI dekompresyonunda güncel gelişmeler olmuştur[105]. Özellikle, ESS daha hızlı gelişmiş olup, daha güncel teknolojilere sahiptir. IPD, düşük dereceli DS ile ilişkili olan veya olmayan LSS'li hastalar için minimal düzeyde invaziv dolaylı bir dekompresyon implantı olarak bilinir. IPD yerleştirilmesi farklı pozisyonlara göre %18 ile %23 arasında değişen artışlarla daralmış kanalları genişletebilir [106, 107]. Alan ve genişlik açısından foramen genişlemesi sağlanabilir [108].

Ancak IPD'ye bağlı kifoz konusu kesinlik kazanmamıştır. Meta-analiz kanıtları, IPD'nin konservatif tedaviye göre daha üstün klinik sonuçlara ve dekompresyon cerrahisine benzer sonuçlara sahip olduğunu göstermektedir [109]. Aksi takdirde, IPD ilgili masraflardan tasarruf edebilir. Ancak, osteoporozlu yaşlı hastalarda dekompresyona kıyasla yeniden operasyon sorunları nedeniyle IPD kullanımı kısıtlanmıştır [39]. Günümüzde ciddi osteoporozun, ameliyat sırasında veya sonrasında kırık riskleri nedeniyle IPD için bir kontrendikasyon olduğu kabul edilmektedir.

Geleneksel açık cerrahide eksiler arasında doku yaralanmaları ve buna bağlı instabilite yer alır. Olumsuz sorunları ele almak için, mikrocerrahi laminotomi yoluyla doğrudan MI

dekompresyon prosedürleri giderek daha geniş bir kabul görmeye başlamıştır [110]. Ana teknikler, ULBD, transmüsküler tübüler ekartörlerle modifiye edilmiş minimal invaziv tek taraflı laminektomi olarak kabul edilmektedir. Günümüzde ESS, MISS spinal cerrahi algısının bir uzantısı olarak hizmet vermekte olup, spinal endoskopinin kilometre taşı, LDH'den LSS tedavisine geçiş olarak kabul görmektedir. Önceleri karşılaşılan ana engel, sürekli görsel yönetimle yeterli kemik ve bağ çıkarılmasının zorluğuydu[111]. Endoskopik spinal dekompresyon cerrahisi, LSS için gerçekçi bir MI prosedürü olup, ESS, endoskopik özellikler ve yaklaşımlar açısından sınıflandırılabilir. Bunlar arasında IL ve TF yaklaşımları, LSS'li hastalarda spinal kanal dekompresyonu için yaygın olarak kullanılan iki yaklaşımdır.

Bu prosedürler için çeşitli anestezi rejimleri belirtilmiştir. IL tam endoskopik cerrahi için genel anestezi gerekli olup, TF yaklaşımında ise lokal anestezi uygulanabilir. Gelecek vaat eden ESS'nin birçok avantajı olsa da, bu minimal invaziv teknikle ilişkili benzersiz risklere ve komplikasyonlara da dikkat edilmesi gerekmektedir. RCT'lerden, LSS için ESS ile ilgili revizyon, geçici parestezi, rastlantısal durotomi, epiduralhematom ve enfeksiyon dahil olmak üzere komplikasyonlar bildirilmiştir [112]. Cerrahların deneyiminin, cerrahi prosedürlerin komplikasyonlarını azaltmada ve sonuçları iyileştirmede önemli bir rol oynadığı genel olarak kabul edilmektedir. Kronik kas-iskelet ağrısı ve özellikle bel ağrısı, tedavi için ortaya çıkan kavramlarla günlük klinik uygulamada önemli bir yüküdür.

Endoskopik sistem perkütan endoskopik sistem olarak da bilinmekte olup, ilk olarak 1980'lerin ortalarında LDH'yi tedavi etmek için uygulanmıştır. Sistem, sürekli tuzlu su akıntısı ile çalışan tüpsü ve optik sistemi birleştirir. Bu teknik omurga hastalıklarının tedavisi için endoskopları uygulayan minimal invaziv bir cerrahi tekniği olarak da bilinir. 1999'da Kambin'in güvenlik üçgeni yaklaşımı yoluyla intervertebral foraminal endoskop sistemini geliştirerek "*Yeung endoskopik omurga sistemi (YESS)*" olarak isimlendirilmiştir[113]. Bu sistem, nükleus pulposus dokusunun içten dışa doğru çıkarılması ile karakterize edilen, modern tam endoskopik sistemlerin geliştirilmesine önemli bir katkı sağlamıştır.

Bir başka gelişme transforaminal endoskopik omurga sistemi (TESSYS) olup, nükleus pulposus dokusunun dıştan içe doğru çıkarılması ile karakterize edilir[58]. Bu yöntemle çeşitli LDH ve LSS tiplerininin tedavisi mümkün görünmektedir. Perkütan endoskopik veya

tam endoskopik sistem günümüzde LDH ve LSS'yi tedavi etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak cerrahi endikasyonların genişlemesi ile birlikte bu sistemin getirdiği yaygın komplikasyonlar olan dura yaralanması, sinir kökü yaralanması, ameliyat sonrası nöks vb. bu cerrahi sistemin yeniden gözden geçirilmesi önerilmektedir.

Mikroendoskopikdiskektomi (MED), LDH tedavisi için tübüler ekartöre bağlı rijit bir endoskop (mikroendoskop) kullanılarak yapılan minimal invaziv bir cerrahi yöntemdir. MED, geleneksel açık laminektomiye minimal invaziv ve endoskopik cerrahiye dönüştürmeyi amaçlamaktadır. Endikasyonlarının genişlemesi ile sistem, LSS tedavisi gibi daha geniş bir klinik uygulama yelpazesinde başarılı bir şekilde uygulanmaktadır [59, 63]. Günümüzde METRx tüpü en yaygın kullanılan MED sistemi haline gelmiştir. Ancak tam endoskopik sistemden farklı olarak mikroendoskopik sistem çalışırken sürekli salin irrigasyonu gerektirmez; bu nedenle cerrahi alan görüşü tam endoskopik sistem kadar net değildir.

## **8. PARASPİNAL KASLARIN YAĞLANMASI, KLİNİK ÖNEMİ VE DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ**

Kanıtlar, paraspinal kas atrofisi, asimetri ve yağ infiltrasyonunun bel ağrısı (LBP) ile ilişkili olduğunu göstermektedir [114-115]. Daha spesifik olarak, semptomlar ve lokalize spinal patolojide dikkatler multifidus kasına odaklanmıştır. Bu bulgular çoğunlukla tek taraflı LBP veya radikülopati [116-117], disk herniasyonu ve disk dejenerasyonuklinik prezentasyonu olan hasta örneklerinden gelmektedir.Lomber paraspinal kas, lomber segmental stabiliteyi korumak için önemli olup, paraspinal kaslardaki kusurların disk dejenerasyonuna neden olduğu varsayılmaktadır.

İlerleyen yaşa bağlı olarak enine kesit alanı (CSA) azalması ile beraber gelişen lomber paraspinal kas atrofisi, nükleus pulposusun dehidrasyonu, intervertebral disklerde gelişmeye başlayan biyokimyasal dejeneratif değişiklikler, azalmış disk yüksekliği, artan kas içi yağ infiltrasyonu gibi metabolik olaylar omurgalarda belirgin şekilde görülen değişimlerle yakından ilgilidir[118].Bu bağlamda paraspinal kas atrofisi, bel ağrısının varlığının ve şiddetinin önemli bir göstergesi olarak kabul edilir[119].Lomber omurga üzerindeki yükün

artması, intervertebral disk yüksekliğinde ve kuvveti emme yeteneğinde azalmaya yol açar. Ek olarak, lomber omurganın artan yükü, çevredeki faset eklemleri ve omurilik bağları üzerindeki yükü de artırır [120, 121]. Bu nedenle, sürekli artan spinal yükleme ile paraspinal kas atrofisi, disk ve faset dejenerasyonunun ilerlemesine ve spinal ligaman hipertrofinesine yol açar. Ayrıca lomber füzyon, simüle edilmiş füzyon modellerinde bitişik biyomekanik değişikliklere neden olur. Umehara ve ark. [122] lomber füzyondan sonra komşu segmentlerde arka kolonun yükünde ve ağırlık taşınımında anlamlı bir artış olduğunu saptamıştır. Weinhoffer ve ark. [123] kaynaşmış segmentlerin üzerindeki seviyelerde intradiskal basıncın anlamlı olarak arttığını tespit etmişlerdir.

Saptanan biyomekanik kanıtlar, füzyon segmentlerine bitişik bölgelerde artan segmental hareket ve artmış intervertebral mekanik stresin varlığını göstermiştir [123, 124]. Pek çok çalışmadan elde edilen veriler disk, faset ve arka ligament yapısının şiddetli dejenerasyon durumlarında spinal segmentin hareketinde anormal bir artışın meydana gelebileceğini göstermektedir [125-127]. Lomber füzyondan sonra disk içi basınç, faset temas yüklemesi ve segmental hareketteki bu tür değişiklikler yoluyla, paraspinal kas atrofisi potansiyel olarak bitişik seviyelere daha fazla stres ekler ve dejenerasyonu hızlandırır [128]. Kas bozukluğu, spinal bozuklukların önemli bir bileşeni olup, kas disfonksiyonu bel ağrısının (LBP) hem nedeni, hem de sonucu olarak kabul edilebilir. Yapılan çalışmalar kaslarda yağ infiltrasyonu ile paraspinal kasların azalan enine kesit alanı (CSA) arasında bir ilişki olduğunu göstermiştir [128, 129].

Bu şekilde ortaya çıkan yağlı dejenerasyonların omurganın denge ve diziliminin bozulması gibi fonksiyonel değişimlere yol açabileceği öne sürülmüştür [130, 131]. Bununla birlikte, bugüne kadar, faset artropatisi, disk dejenerasyonu, spinal stenoz veya deformite gibi spinal patolojilerde, tehlikeli kasların ağrıya katkısı ile ilgili kesin sonuçlara ulaşan çalışmalar mevcut değildir. Paraspinal kas yağlı dejenerasyonun ve atrofisinin, bel ağrısı ve disk herniasyonun [132, 133], dejeneratif lomber yapıya sahip hastalarda sıklıkla mevcut olduğu bildirilmiştir [134-136]. Tartışmalı olmasına rağmen, 1986'da Macintosh ve ark. [137] lomber multifidus fasiküllerinin kaudal olarak 3-4 vertebral seviyeye uzanan tek bir sinir kökü (dorsal ramusun medial dalı) tarafından innerve edildiğini bulmuşlardır.

Bu nedenle, multifidus anatomisi ve ilgili sinir kökü göz önüne alındığında, multifidus asimetrisi esas olarak patolojik durumun sebebi sayılabilir [133]. Bu pato-anatomik ilişki *Hodges ve ark* domuz modeli kullanılarak sinir kökü hasarının akut etkilerinin deneysel bir çalışmada gösterilmiştir[138]. L3 sinir kökünün lezyonu, multifidus kesit alanında (CSA) azalmaya ve ipsilateral olarak üç vertebral segment üzerinde genişlemiş adipositlerin gelişmesine yol açarken, bir L3-L4 disk lezyonundan sonra (denervasyon olmadan) multifidus atrofisinin L4'te lokalize olduğu saptanmıştır [138].

Disk hernisi olan hastalarda bulgular bu kadar belirgin olmayıp [130, 139], disk hernisi olan hastalarda kas infiltrasyonu asimetrik olabilir ve bu farklılık bir tarafta diğer tarafa göre daha belirgin olabilir. Ayrıca, multifidus, longissimus ve psoas gibi kaslarda daha fazla yağ infiltrasyonu, bel ağrısı öyküsü olan hastalarda daha kötü fonksiyonel sonuçlarla yol açabilir. Benzer şekilde lomber spinal stenoz (LSS) veya semptomatik LSS (sLSS) olan hastalarda artmış kas atrofisi ve yağ infiltrasyonu görülür [140].

Bulgular gözönüne alındığında, disk herniasyonu ile boyut ve yağ infiltrasyonundaki multifidus varyasyonları arasındaki ilişkiyi açıklığa kavuşturabilmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu görülmektedir. Semptomların süresi uzadıkça daha fazla atrofi ve yağ infiltrasyonunun meydana gelmesi beklenmesine rağmen[141],sinir kökü yaralanmasını takiben multifidus kasında hızlı morfolojik değişikliklerinde meydana geldiği gözlemlenmiştir. Ancak, akut ve subakut semptomatik disk hernisi olan hastalarda multifidus asimetrisi ve yağ infiltrasyonunun derecesini inceleyen çok az çalışma mevcut olması sebebi ile kesin sonuca ulaşmak zor görünmektedir [139]. Eğer multifidus asimetrisi ve yağ infiltrasyonu tarafa ve seviyeye özgüyse ve semptomatik disk herniasyonu olan hastalarda rutin olarak mevcutsa, multifidus atrofi daha az belirgin disk patolojilerini lokalizeetmek ve diskle ilişkili semptomlardan sorumlu patolojiyi araştırmak için yararlı bir belirteç olabilir.

Bazı araştırmacılar dorsal ramusun medial dalının yalnızca multifidus kasını innerve ettiğini iddia etse de[142], çeşitli çalışmalarda lomber sinir kökü lezyonunu takiben kaudal ve kraniyal olarak çeşitli seviyelerde spontan multifidus aktivitesi tespit edilmiş olup, bu multifidus'un polisegmental bir yapıya sahip olabileceğini varsayılmıştır[128]. MRG'de kas

denervasyonunu takip eden günlerde ödem benzeri sinyal değişiklikleri görülebilse de, progresif kas atrofisi ve yağ infiltrasyonu genellikle birkaç hafta sonra belirginleşir [143]. Ancak, multifidus CSA'daki asimetri veya kompozisyon ile disk herniasyonu semptomlarının süresi arasında anlamlı bir ilişki söz konusu olmayabilir. Ancak bir diğer çalışmada, L4-L5 spinal stenozu ile ilişkili tek taraflı nörolojik belirtileri olan hastalarda semptom süresi morfometrik paraspinal kas parametreleri ile ilişkili bulunmamıştır [144].

*Kim ve ark* [145-147] L4-L5 disk herniasyonu olan tek taraflı siyatiği olan hastalarda multifidus CSA'da semptom süresi ile asimetri arasındaki ilişkiyi incelemiş olup, yalnızca 3 ay semptomları olan hastalarda semptomatik tarafta, önemli oranda daha az multifidus CSA tespit etmişlerdir. Benzer şekilde, Wang ve ark.[2] kronik (3 ay) tek taraflı bel ağrısı olan hastalarda akut hastalara göre daha az multifidus CSA ve ağırlı tarafta ipsilateral daha fazla yağ infiltrasyonu olduğunu göstermişlerdir[148]. Bununla birlikte, bu hastaların % 76' sında spesifik disk patolojisi olmaksızın spesifik olmayan mekanik bel ağrısı teşhisi konmuştur.

Disk herniasyonunun yanında ve altındaki omurga seviyesinde daha fazla yağ infiltrasyonu ile kas bileşiminde varyasyonların varlığını söz konusu olup, benzer sonuçlar erektör spinae kası için de geçerlidir. Yağ infiltrasyonunun kas fonksiyonunu azalttığı, fonksiyonel performansı etkileyebileceği, LBP'nin tekrar oluşmasına katkıda bulunabileceği öne sürülmüştür [149, 150]. Ancak bu teoriyi doğrulamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır[151]. Bugüne kadar LBP'li hastalarda kas bileşimi ile morfolojileri arasındaki ilişkiyi araştıran bir kısım çalışmanın bulunmasına rağmen, LSS'li hastalarda bu ilişkiye dair kanıtlar yeterli değildir. Multifidusun yağlı dejenerasyonu ve psoas kaslarının düşük CSA'sı, Oswestry Disabilite İndeksi'nde (ODI) daha düşük bir fonksiyonel performans ile ilişkilendirilmektedir [151,152]. Ek olarak, multifidusun azalmış CSA'sı, sLSS için cerrahi sonrası hastaların daha kötü sonuçlara yatkın hale gelmesine neden olabilir [153]. Ayrıca, paraspinal kasların CSA'sı ile antropometrik parametreler arasındaki ilişkinin olup olmadığı tam olarak bilinmemektedir.

Bazı çalışmaların paraspinal kas CSA'sı ile vücut boyu veya vücut kütlesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki gözlemlenmediği bildirilmiştir [154,155]. Manyetik rezonans

görüntüleme (MRG), lomber omurganın ayrıntılı incelemesini ve multifidus ve erektör spinae (longissimus ve iliocostalis) dahil olmak üzere paraspinal kasların morfolojisi ve bileşiminin tahminini kolaylaştırır. Bu değerlendirmelerin niteliksel veya niceliksel olarak gerçekleştirilebilmesi mümkündür. Bu amaçla geliştirilen Goutallier sınıflandırması, yağ infiltrasyonunu niteliksel olarak değerlendirmek için görsel bir derecelendirme sistemidir [156,157]. Başlangıçta bilgisayarlı tomografide rotator manşet kaslarının yağlı dejenerasyonunu derecelendirmek için önerilen Goutallier sınıflaması, MRG'ye ve sırt kasları dâhil olmak üzere diğer kasların değerlendirilmesi amacıyla kullanılmaya başlanmıştır[158, 159].

Ayrıca, Goutallier dereceleri ile disk dejenerasyonunun şiddeti ve yaş arasında pozitif korelasyon olduğuna dair kanıtlar mevcuttur[160]. Önceki çalışmalarda [17]nicel bir şekilde ölçülen multifidus kasındaki yağ yüzdesi ile Goutallier dereceleri arasında önemli bir pozitif korelasyonun varlığı göstermiştir. Goutallier sınıflandırmasının uygulanmasının basit ve klinisyenler için hastalarını değerlendirmek için yararlı bir araç olmasına rağmen, kalitatif ölçümler ve sıralı ölçeklerin dezavantajları vardır. Bu sınıflandırma, değerlendiricinin deneyimine bağlı olup, beş ayrı seviyeden oluşan sıralı bir ölçeğe sahiptir.

Buna karşılık, paraspinal kasların kantitatif MRG ölçümleri, nesnel ve sürekli ölçümler olarak bu tür sınırlamaları aşabilir. Bununla birlikte, bu nicel ölçümlerin daha fazla zaman almaları sebebi ile bu uygulamaları nedenle klinik ortamlardan ziyade, araştırma çalışmalarında kullanılması daha uygundur. Paraspinal kas yağ infiltrasyonunun kalitatif ve kantitatif değerlendirmeleri arasındaki karşılaştırmalar ve bunların sLSS'li hastalarda hasta özellikleriyle ilişkilendirilmesine dair veriler yeterli olmaktan uzaktır. Bu nedenle Goutallier sınıflandırması kullanılarak değerlendirilen paraspinal kas yağ infiltrasyonunu kantitatif MRG ölçümleriyle karşılaştırmak, kas dejenerasyonundaki asimetriyi değerlendirmek ve paraspinal kas morfolojisi ve yağ infiltrasyonu arasındaki ilişkiyi araştırmak önemli görülmektedir.

Goutallier kas yağ infiltrasyonu sınıflandırma sistemi ile LeanCSA'nın kantitatif değerlendirmesi ve paraspinal kas CSA'nın LeanCSA/CSA olarak adlandırılan yağsız fraksiyonu arasında bir korelasyon söz konusudur. Bel bölgesindeki tüm seviyelerde yağ infiltrasyonunu değerlendirmesi önemli olup, LSS bağlamında yağ infiltrasyonunu

yorumlarken hastanın boyunun dikkate alınmasının önemini destekler niteliktedir[161]. Daha yüksek Goutallier dereceleri olan hastalarda daha düşük LeanCSA ve LeanCSA/CSA tespit edilmiş olup, bunda daha küçük mutlak ve göreceli yağsız kas CSA'sını temsil ettiği sonucuna ulaşılmıştır.

Benzer şekilde, *Battaglia ve ark* [157] Goutallier dereceleri ile yaptıkları bir çalışmada ölçülen ortalama yağ yüzdesi değerleri ile MR görüntüleri için güçlü ile çok güçlü bir korelasyon olduğunu bildirilmiştir. Bugüne kadar, yağ infiltrasyonunun ve paraspinal kasların atrofisinin rolü patolojik durumlar için net olmasa da, bunların LBP ile ilişkisine dair kanıtlar vardır. Örneğin, *Kjaer ve ark*[160]multifidus kasının yağ infiltrasyonunun bel ağrısı ile güçlü bir şekilde ilişkili olduğunu bulmuşlardır. Bu sonuçlar, yağ infiltrasyonu ile kronik bel ağrısı arasında pozitif bir korelasyon olduğunu iddia eden *Goubert ve ark* sonuçlarıyla tutarlıdır [130].

Yanık ve ark.[162]disk herniasyonundan etkilenen bireylerde yağ infiltrasyonunda önemli bir artış olduğunu öne sürmüş olup, bu bulguları destekleyen diğer bir kısım çalışmalar da mevcuttur.[142,163]. *Yarjanian ve ark*. [139]asemptomatik bireylere kıyasla sLSS'li hastalarda paraspinal kasların fonksiyonel CSA'sında azalma bulmuşlardır. Ancak, bu bulgular LSS kanıtı olmayan kronik LBP'li deneklerle karşılaştırıldığında farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Genel olarak, bel kasının spinal bozukluklarla ilişkisine dair kanıtlar, klinisyenlerin hastaların MR görüntülerinde paraspinal kasların morfolojisini düzenli olarak değerlendirmesinin önemini vurgulamaktadır [140].

Bununla birlikte, paraspinal kas CSA'sını ve yağsız fraksiyonu kantitatif olarak ölçmek zaman alıcı bir işlem olup, klinik ortamlarda mümkün görülmemektedir. Goutallier sınıflandırma sistemi kullanılarak değerlendirilen yağlı atrofisinin niceliksel ölçülerle güçlü bir şekilde ilişkili olduğunu ve bu nedenle, niteliksel bir ölçü olmasına rağmen, sLSS'de paraspinal kasların dejenerasyonunu değerlendirmek için Goutallier sınıflandırma sisteminin etkili bir yöntem olduğunu söylemek mümkündür. Paraspinal kas morfolojisi ve yağ infiltrasyonu CSA, LeanCSA ve LeanCSA/CSA'nın kantitatif ölçümleri ile lomber omurganın tüm seviyelerinde sol ve sağ taraflar arasında güçlü bir korelasyona sahip olup, bunun kas morfolojisi ve dejenerasyonunda bir simetri işareti olarak yorumlanması

mümkündür. Ancak, semptomların lateralitesi veya spinal stenoz ile ilgili veriler asimetric semptomlar veya spinal stenoz durumunda asimetric bir kas dejenerasyonunun gözlemlenebilmesine olanak sağlayabilir.

Disk herniasyonundan etkilenen hastalar üzerinde yapılan bir çalışmada, Battié ve ark. [163] etkilenen tarafta toplam paraspinal kas CSA'sının daha fazla olmasına rağmen, herniasyonun altındaki seviyesinde radiküler kompresyon tarafındaki multifidus kasında çok daha fazla yağ infiltrasyonu olduğunu bildirmiştir [155]. L4 ve L5'te semptomatik posterolateral disk herniasyonu olan hastalarda yapılan bir başka çalışmada, Fortin ve ark. [137] sadece multifidusta değil, hem multifidus hem de erektör spina kasında etkilenen tarafta daha küçük CSA ve daha fazla yağ infiltrasyonu olan erektör spina kasında bir asimetri gözlemlenmiştir [142].

Bu bulguların mekanizması, değişmiş nöral sinyalin bir sonucu olarak anormal kas aktivasyonu ile ilişkili görünmektedir [138]. Yapılan çalışmalar yağ infiltrasyonun genellikle kraniyalden kaudala doğru arttığını ve en yüksek değere L5'te ulaştığını göstermektedir [162]. Bu çalışmalarda L4 ve L5'in yağ infiltrasyonundan en çok etkilenen segmentler olduğunu göstermişlerdir. Çoğu dejeneratif spinal sürecin L4/L5 ve L5/S1 segmentlerini içerdiği bilinmekte olup, paraspinal kasların yağlı atrofisi ile spinal bozukluklar arasında nedensel bir bağlantı olduğuna dair kanıt net kanıtlar mevcut değildir [164].

Ayrıca, Lee ve ark. [134-135], yaptıkları bir çalışmada 10 sağlıklı gönüllüde kaudal seviyelere doğru artan bir yağ infiltrasyonu gözlemlenmiştir. Benzeri şekilde, Kjaer ve ark. [160], en düşük lomber seviyelerin, LBP öyküsü olan yetişkinlerde ve ergenlerde yaşa bakılmaksızın en büyük yağ infiltrasyonu belirtilerine sahip olduğunu bulmuşlardır.

Bu bağlamda Goutallier sınıflandırması kullanılarak değerlendirilen paraspinal kas yağ infiltrasyonunu kantitatif MRG ölçümleriyle karşılaştırmak, kas dejenerasyonundaki asimetriyi değerlendirmek ve paraspinal kas morfolojisi ve yağ infiltrasyonu arasındaki ilişkiyi araştırmak önemli görülmektedir. Bulgular kaudal lomber seviyelerin, genç ve sağlıklı bireylerde bile fizyolojik olarak yağ infiltrasyonuna daha yatkın olduğunu göstermektedir. Bel kaslarının yağ infiltrasyonundaki artışla ilişkili olduğu bilinen spinal

patolojiler, paraspinal kasların kraniyal ve kaudal bölümleri arasındaki kas bileşimindeki farkı daha da artırabilir.

Paraspinal kas morfolojisinin kantitatif ölçümleri ile yağ infiltrasyonu ve antropometrik parametreler arasındaki ilişki incelendiğinde CSA ve LeanCSA'nın vücut boyu ile güçlü ve LeanCSA/CSA'nın zayıf bir korelasyona sahip olduğunu bulunmuştur. Büyük bir hasta örneğinde paraspinal kasların CSA'sı ile vücut boyu, vücut kütlesi ve BMI arasında pozitif bir korelasyon olduğu gösterilmiştir. Buna karşılık, Wood ve ark. [152]ve McGill ve ark. [153], CSA ile vücut boyu, vücut kütlesi veya BMI arasında anlamlı bir ilişki bulmamışlardır. Ayrıca, Reid ve ark [165]daha uzun vücut boyunun daha büyük CSA'nın öngörücüsü olmadığını bildirmişlerdir. Sonuçlar paraspinal kasların daha yüksek seviyelerde yağ infiltrasyonunun muhtemelen obezite ile ilgili olmadığını, daha çok kasın kendisinin dejeneratif süreci veya hastayı etkileyen omurilik bozukluğu ile ilişkili olduğunu göstermektedir.

Stenoz seviyesi ne olursa olsun lomber omurganın her seviyesinde paraspinal kasların kalitatif ve kantitatif parametrelerinin ölçülmesi önemli olup, yağ infiltrasyonunun L4 ve S1 arasında daha fazla olduğuna dair kanıtlar mevcuttur. Kas atrofisi ve yağ infiltrasyonunun hastalığın etiolojisindeki rolünü ve farklı tedavilerin bu parametreler üzerindeki etkisini aydınlatmak için daha az şiddetli LSS'li veya konservatif olarak tedavi edilen hastalarda ve aynı yaşlardaki sağlıklı kontrollerde benzer analizler yapılmalıdır. Goutallier sınıflandırmasının paraspinal kasların yağ infiltrasyonunun kantitatif değerlendirilmesiyle korelasyonu, klinisyenlerin bu sınıflandırmayı paraspinal kas yağ infiltrasyonunu değerlendirmek için etkili bir araç olarak düşünmeleri gerektiğini ortaya koymaktadır.

Spinal füzyon, günümüzde dejeneratif bozukluklardan deformitelere kadar çeşitli lomber spinal hastalıklar için standart cerrahi tedavi yöntemidir. Pedikül vida fiksasyonu ile posterior lomber füzyonun tatmin edici klinik sonuçlar vermesine rağmen, katı füzyon bitişik kaynaşmamış segmentin dejenerasyonunu hızlandırabilir [166,167]. Füzyon cerrahisinden sonra uzun süreli takip çalışması, komşu segmentlerde segmental instabilite, spinal stenoz, intervertebral disk lezyonu, spondilolistezis ve kırık gibi dejeneratif değişikliklerin varlığını göstermiştir [168,169]. Ayrıca, komşu segmentlerde anormal

yükleme ve artan mobilite, komşu segment dejenerasyonunun(ASD) gelişimini açıklayabilir [113].

Radyografik kanıtlara dayanarak, ASD prevalansının %40'tan fazla olduğu ve revizyon cerrahisi gerektiren semptomatik ASD insidansının %5,2 ila %18,5 arasında değiştiği bildirilmektedir [121,169]. Onesti [170], spinal füzyon cerrahisinden sonra ortaya çıkan paraspinal kas atrofisinin, başarısız bel cerrahisi sendromuna neden olduğunu bildirmiştir. Ek olarak, lomber ekstansör kasların yaygın dejenerasyonu ve zayıflığının OSB için risk faktörleri olduğuna inanılmaktadır [171].Ancak, bildiğimiz kadarıyla, hiçbir çalışma preoperatif paraspinal kas atrofisi ile ASD arasındaki ilişkiyi analiz etmemiştir.

## **9. GEREÇ VE YÖNTEM**

### **9.1. Çalışma Olgularının Belirlenmesi**

Bu çalışmada, Ocak 2013 ile Mayıs 2023 tarihleri arasında prospektif olarak toplanan bir veri tabanının kesitsel analizini yapılmıştır. Bu amaçla ön veri setine kronik bel ağrısı, nörojenik kladikasyoşikâyetleri ile polikliniğimize başvuran, konservatif tedaviye rağmen, altı haftadan uzun süren şikâyetleri ile lomber spinal MRG çekilen, ardışık kadın ve erkek hastalar dâhil edilmiştir. Ameliyat edilen hastalar, son tarihten veri setinin başına kadar ardışık bir sırayla toplanmış olup,ciddi spinal stenoz ve/veya nörolojik defisit nedeniyle opere edilen hastalar, cerrahinin kaynağı hastaların ağrı düzeyi veya yaşam kalitesi durumundan bağımsız olduğundan çalışma dışı bırakılmıştır.

Spondilolistezis nedeniyle geçmişte opere edilen 32 hasta bu çalışmanın esas deneklerini (hastalarını) oluşturmakta olup, kontrol grubu olarak yaşları ve cinsiyetleri deney grubu ile benzer, konservatif tedavi yöntemlerini (medikal tedavi, fizik rehabilitasyon, girişimsel tedavi) tercih eden 32 hastadan kontrol grubu olarak yararlanılmıştır.Ancak çalışmaya MRG alamama, travma, önceki omurga ameliyatı öyküsü, spinal enfeksiyon, skolyoz, kifoz, nörolojik veya psikiyatrik bozukluklar, endokrin veya romatizmal hastalıklar, malignite ve gebelik gibi hastalık veya mazeretleri olanlar dahil edilmemiştir.ÇalışmaSağlık Bilimleri Üniversitesi Fatih Sultan Mehmet Eğitim ve Araştırma Hastanesi Kurumsal İnceleme Kurulu tarafından(KİK no: FSMEAH-KAEK 2023/33) onaylanan bir araştırma olup, tüm çalışma protokolünün, *Helsinki Bildirgesi* ve bildirgedeki sonraki değişiklikleri ile uyumlu olacak şekilde yürütülmüştür.

## **9.2. Görüntüleme Yöntemi**

Araştırmaya katılan hastalar, *Fotoğraf Arşivleme ve İletişim Sistemi (PACS)* kullanılarak lomber omurga MRG'sinde (*1.5 Tesla, Philips, Amsterdam, Hollanda*) değerlendirilmiş olup, görüntüler, dStream TotalSpine sarmalı (Philips, Amsterdam, Hollanda) kullanılarak sagittal T1-, sagittal Turbo Spin Echo T2-, sagittal yağa doymuş T2-, aksenal Turbo Spin Echo T2- ve koronal Turbo Spin Echo T2 ağırlıklı olarak kaydedilmiştir. Görüntüleme parametreleri şunlardı: yansıma süresi, 14 ms ve 100 ms; tekrar süresi, sırasıyla T1- ve T2- ağırlıklı diziler için 440 ms ve 3222 ms. Esas alınmıştır. Görüş alanı (FOV) 160 mm (ön-arka [AP]) x 270 mm (ayak-baş [FH]) x 66 mm (sağ-sol [RL]); voksel boyutu 1,1 mm (AP) x 1,5 mm (FH) x 4 mm (RL) idi; matris boyutu 144 (AP) x 168 (FH) x 15 (RL) olarak belirlenmiş olup, tüm MRI sekansları ve tüm MRI oryantasyonları için 0,4 mm'lik bir aralık esas alınmıştır.

## **9.3. Omurga Dejenerasyonunun Değerlendirilmesi**

Lomber intervertebral disk dejenerasyonu (IVDD), T2 ağırlıklı sagittal lomber omurga *Pfirschmann Derecelendirme Sistemi* yardımıyla MRG'lerde L1-L2'den L5-S1 disk seviyelerine kadar derecelenmiştir. Pfirschmann tarafından geliştirilen bu sistem orijinal olarak beş derece içermektedir [172]. Buna göre Derece I, nükleus ve annulus fibrosus arasında net bir ayırım olan homojen, parlak beyaz bir intervertebral diski göstermekte olup, sinyal yoğunluğu korunmuş bir disk yüksekliği ile beyin omurilik sıvısına izo- veya hipoyoğun olan bir özelliğe sahiptir.

Derece II, grade I diskin özelliklerinin yanı sıra yatay bantları bulunan/bulunmayan, homojen olmayan bir disk yapısına sahiptir. Derece III, normal veya hafifçe azaltılmış disk yüksekliği ile orta seviyede bir sinyal yoğunluğu ile karakterize edilir. Disk, nükleus pulposus ve annulus fibrosus arasında belirsiz bir ayırım ile homojen olmayan gri bir renge sahiptir. Derece IV, nükleus pulposus ve annulus fibrosus arasındaki ayırımın kaybolduğu, homojen olmayan, griden siyaha doğru değişim gösteren bir renkle ayırt edilir. Disk materyalinin sinyal yoğunluğu orta ile hipointens arasında değişim gösterebilir. Buna göre disk yüksekliği korunabilir veya biraz azalmış halde bulunabilir. Grade V, nükleus pulposus ve annulus fibrosus arasındaki ayırımın kaybolduğu, homojen olmayan ve siyah bir

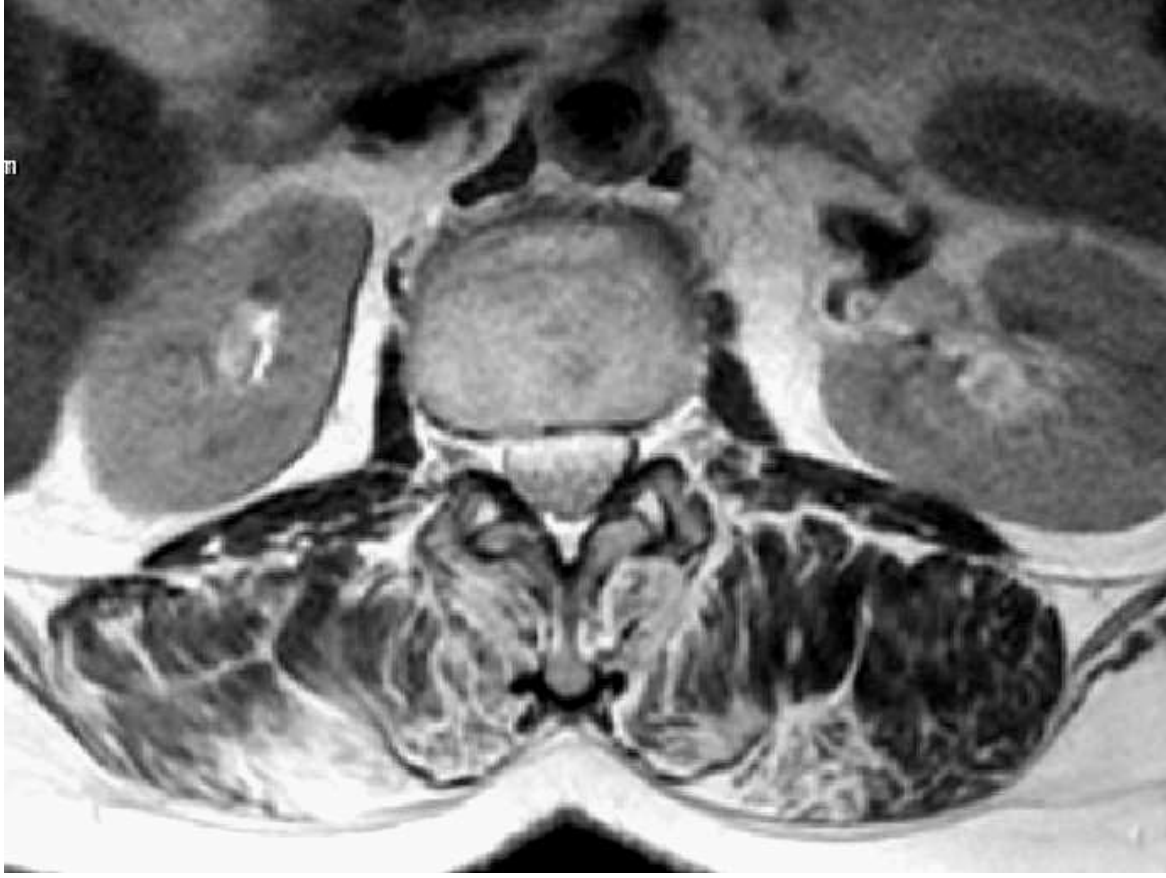
intervertebral diske sahip olarak karakterize edilir. Disk sinyali az yoğunlukta çökmüş bir disk boşluğu ile karakterize edilir.

Modic değişiklikler, L1-L2 ile L5-S1 disk seviyeleri arasında, T1 ve T2 ağırlıklı sagittal lomber omurga MRG'lerinde Modic sınıflandırması kullanılarak değerlendirilmiştir[168-170]. Buna göre üç tür Modic değişikliği mevcut olup, tip I, T1-'de hipointens (az yoğun) ve T2 ağırlıklı MRG'lerde hiperintens (çok yoğun); tip II, T1'de hiperintens (çok yoğun) ve T2 ağırlıklı MRG'lerde izo- veya hiperintens (çok yoğun); ve tip III, hem T1 hemde T2 ağırlıklı MRG'lerde hipointens (az yoğun) özelliklerine sahiptir. Hasta ve kontrol deneklerinin sayısının sınırlı olması nedeniyle çalışmanın istatistiksel analizlerini kolaylaştırmak amacıyla hastalarda intervertebral disk dejenerasyonu ve Modic değişiklikleri "hafif-orta/şiddetli IVDD" ve "var/yok" olarak kategorize edilmiştir. Buna göre; Derece I-III IVDD, "hafif-orta", Derece IV ve V IVDD, daha önce yapıldığı gibi "şiddetli" olarak kategorize edilmiştir[173].

#### ***9.4. Paraspinal Kasların Değerlendirilmesi***

Multifidus, erektör spinae ve psoas kasları, T2 ağırlıklı aksiyal lomber omurga MRG'lerinde Goutallier sınıflandırma sistemi kullanılarak L1-L2'den L5-S1 intervertebral disk seviyelerine kadar yağ infiltrasyonu açısından değerlendirilmiştir[173-175]. Goutallier sınıflandırması Derece 0, normal kas; Derece 1, kas içinde yağlı çizgiler; Derece 2, kastan daha az yağ mevcut; Derece 3, kasa eşit miktarda yağ mevcut; ve Derece 4, kastan daha fazla yağ mevcut olarak değerlendirilmiştir(*Şekil 1*).

#### ***Şekil 3. Paraspinal Kaslarda Yağlı Değişim***



### **9.5. İstatistiksel analiz**

Veriler, sosyal bilimler için istatistiksel paket (*SPSS*) sürüm 20.0(*IBM, Armonk, New York, ABD*) kullanılarak analiz edilmiştir. Kategorik değişkenler mutlak sayı ve yüzde olarak, sürekli değişkenler ise standart sapmalı ortalama değerler olarak verilmiştir. Verilerin normal dağılımı *Kolmogorov-Smirnov* ve *Shapiro-Wilk* testleri ile analiz edilmiş olup, verilerin buna göre normal dağılmadığı saptanmıştır. Parametrik olmayan sürekli değişkenler *Mann-Whitney U Testi* kullanılarak analiz edilmiştir. Kategorik değişkenler *Ki-Kare Testi* veya *Fisher'in Kesin Testi* kullanılarak değerlendirilmiştir. Gruplar arasında anlamlı farklılık gösteren değişkenler için lomber spondilolistezisli hastalarda ameliyatın öngörücülerini göstermek için *İkili Lojistik Regresyon Analizi* yapılmıştır.

*Regresyon analizi* sonuçları, %95 güven aralığı (GA) değerleri ile *Olasılık Oranı (OR)* olarak verilmiştir. Lomber spondilolistezis cerrahisinin herhangi bir öngörücüsü/belirleyicileri için kesme değerini tanımlamak için *Alıcı İşletim Karakteristiği (ROC) analizi* yapılmıştır. Eğri Altındaki Alan (AUC) %95 GA ile değerlendirilmiştir. Tüm radyolojik değerlendirmeler araştırmacı tarafından yapıldığından, ilk değerlendirme

sürecinden bir ay sonra rastgele 10 hasta (5 cerrahi gruptan ve 5 cerrahi olmayan gruptan) alınarak sadece *Intra-Rater (I-R)* güvenilirlik testleri uygulanmıştır. Değerlendiriciler arası güvenilirlik, Landis ve Koch [176] tarafından açıklanan yöntemle değerlendirilmiş olup,  $P < 0.05$  alfa değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.



## 10. BULGULAR

### 10.1. Hasta Populasyonu

Spondilolistezis nedeniyle opere edilen 32 hasta bu çalışmanın esas deneklerini (hastaları) oluşturmakta olup, kontrol grubu olarak yaşları ve cinsiyetleri deney grubu ile benzer özelliklere sahip, konservatif tedavi yöntemleri (medikal tedavi, fizik tedavi rehabilitasyon, girişimsel tedavi) tercih edilmiş 32 hasta kontrol grubu olarak alınmıştır. Çalışma süresince toplam 64 hasta incelenmiş olup, bu hastaların %84,4 (n: 54)kadın,%15,6 (n: 10) erkek olup, hastaların yaş ortalaması  $55,00 \pm 12,3$  yıl (23-81 yıl aralığı) olarak tespit edilmiştir. Araştırmagrubu (n=32) daha önce *Çalışma Sağlık Bilimleri Üniversitesi Fatih Sultan Mehmet Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği*'nde cerrahi müdahaleye maruz kalmış hastalardan oluşmakta olmuştur.

Kontrol grubu(n=32) ise aynı klinikten hastaların ağrının günlük yaşamlarını nasıl etkilediğine bağlı olarak, herhangi bir konservatif tedavi yöntemi uygulamış hastalardan seçilmiştir. Araştırma ve Kontrol gruplarının benzer özelliklere sahip olmalarının sağlanması amacıyla her iki grupta 27 kadın (%84,4) ve 5 erkek (%15,6) hastanın olmasına özen gösterilmiştir. Araştırma grubunun (herhangi bir şekilde cerrahi müdahale geçirmiş) hastalarının yaş ortalaması ( $54,84 \pm 9,71$  yıl, aralık= 25-79 yıl) ve Kontrol grubu, konservatif tedaviye maruz kalmış hastaların yaş ortalaması ise  $55,15 \pm 14,65$  yıl, aralık= 23-81 yıl olarak hesaplanmıştır.

### 10.2. Değerlendiriciler Arası Güvenilirlik Testleri

Araştırmaya katılan araştırmacıların değerlendirmelerin objektif olabilmesi için *Değerlendiriciler Arası Güvenilirlik Testi (IVDD)* uygulanmıştır, Modic değişiklikler ve paraspinal kas yağlı dejenerasyonu için değerlendiriciler arası güvenilirlik değerleri sırası ile 0,928 (%95 CI: 0,867-0,960,  $p<0,001$ ), 0,918 (%95 CI: 0,857-0,954,  $p<0,001$ ), 0,737 (%95 CI) : 0,669-0,790,  $p<0,001$ ) olarak bulunmuştur.

### 10.3. Grupların karşılaştırılması

Elde edilen bulgulara göre spondilolistezis nedeniyle cerrahi operasyon geçiren deney grubu hastalar ile herhangi bir cerrahi müdahaleye maruz kalmamış hastalar (Kontrol Grubu-Konservatif tedavi) arasında lomber seviyede şiddetli IVDD(presence of severe IVDD) ve Modic

değerler bakımından herhangi bir farklılık bulunamamıştır (**Tablo 1**).

**Tablo 1. Spondilolistezis Nedeniyle Ameliyat Edilen veya Konservatif Olarak Tedavi Edilen Hastalar; Hastaların Ciddi Intervertebral Disk Dejenerasyonu ve Herhangi Bir Lomber Seviyede Modic Değişikliklerinin Varlığı Bakımından Karşılaştırılması**

Lumbar	Hafiften –Orta seviyeye IVDD		Ciddi IVDD		P Değeri	Modic değişim yok		Modic değişim mrvcut		P Değeri
	Konservatif	Cerrahi	Konservatif	Cerrahi		Konservatif	Cerrahi	Konservatif	Cerrahi	
L1-L2	29 (90.6)	28 (87.5)	3 (9.4)	4 (12.5)	1.000	31 (96.9)	32 (100)	1 (3.1)	0 (0)	1.000
L2-L3	28 (87.5)	27 (84.4)	4 (12.5)	5 (15.6)	1.000	30 (93.8)	32 (100)	2 (6.2)	0 (0)	0.492
L3-L4	27 (84.4)	27 (84.4)	5 (15.6)	5 (15.6)	1.000	26 (81.2)	28 (87.5)	6 (18.8)	4 (12.5)	0.491
L4-L5	25 (78.1)	22 (68.8)	7 (21.9)	10 (31.2)	0.396	26 (81.2)	25 (78.1)	6 (18.8)	7 (21.9)	0.756
L5-S1	16 (50)	18 (56.2)	16 (50)	14 (43.8)	0.616	20 (62.5)	25 (78.1)	12 (37.5)	7 (21.9)	0.171

**Kısaltmalar:** IVDD= intervertebral disk dejenerasyonu, (=) Parantez içindeki sayılar yüzdeyi temsil etmektedir.

Araştırma grubu ve Kontrol grupları omurga dejenerasyonu ve paraspinal kas yağlı dejenerasyon değerleri bakımından karşılaştırılmış olup, spondilolistezis nedeniyle cerrahi operasyon geçiren hastalardan oluşan grubun erector spinae'lerinde konservatif tedaviye maruz kalan kontrol grubuna göre yüksek yağlı dejenerasyonun varlığı saptanmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığında,  $p < 0,001$  seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (**Tablo 2**).

**Tablo 2. Spondilolistezis Nedeniyle Ameliyat Edilen veya Konservatif Olarak Tedavi Edilen Hastaların, Omurga Dejenerasyonu ve Paraspinal Kaslardaki Yağ İnfiltrasyonu Bakımından Karşılaştırılması**

Puan	Konservatif tedavi (n= 32)	Cerrahi tedavi (n=32)	P değeri
Toplam psoas puanı *	14.96 ± 3.94	15.00 ± 3.91	0.995
Toplam multifidus puanı *	24.71 ± 8.12	28.41 ± 8.19	0.072
Toplam erector spinae puanı*	17.81 ± 6.37	22.09 ± 7.96	0.036*****

<b>Toplam paraspinal kas puanı*</b>	59.93 ± 17.66	65.50 ± 17.67	0.242
<b>Toplam Modic puanı**</b>	1.75 ± 1.45	1.09 ± 1.05	0.064
<b>Toplam IVDD puanı***</b>	13.78 ± 3.31	13.03 ± 3.23	0.148
<b>Toplam puan****</b>	75.46 ± 19.61	79.62 ± 17.90	0.401

**Kısaltmalar:** n=Obje sayısı IVDD=intervertebral disk dejenerasyonu \*=Goutallier sınıflandırmasına göre ilgili intervertebral diskin her düzeyinde ve her iki tarafında yapılan hesaplamalar \*\*= Karşılık gelen her diskte Modic tipi değişikliklerin toplam olarak hesaplanması (I, 1 olarak, II, 2 olarak, III, 3 olarak alınmıştır), \*\*\*= Hesaplanmış toplam Pfirrmann puanı (her not, 1. derece, 1 puan; 2. derece, 2 puan; 3. derece, 3 puan; 4. derece, 4 puan; 5. derece, 5 puan olarak değerlendirilmiştir), \*\*\*\*= paraspinal kasların toplam puanı, Modic değişiklikler ve IVDD, \*\*\*\*\*. istatistiksel olarak anlamlı

Lomber spondilolistezis durumunda hangi hastanın cerrahi müdahale ile tedavi edilmesine yönelik bir ipucu elde edilmek amacıyla yapılan regresyon analizinde omurganın yağlı dejenerasyon erektör spinae değeri 1.088, olasılık oranı % 95 CI= 1.010-1.173,  $p= 0.026$  olarak tespit edilmiş olup, bu değer hastanın lomber spondilolistezis ameliyatı olma olasılığının belirlenmesi bakımından anlamlı bulunmuştur. ROC analizi, hangi hastanın spondilolistezis ameliyatına maruz kalacağını tahmin etmek için erektör omurgadaki yağlı dejenerasyon için 17 puanlık bir kesme değerinin (cut-off value) (EAA: 0,652, % 95 CI: 0,517-0,786,  $p= 0,037$ ) olması gerektiğini ortaya koymuştur. Yeni kesme değeri için duyarlılık ve özgüllük sırasıyla %69 ve %50 olarak bulunmuştur.

## 11. TARTIŞMA

Displazi, istmik kırıklar, travma, patolojik süreçler ve dejeneratif süreçler gibi pek çok faktör sekonder spondilolistezise sebep olabilir [171]. Spondilolistezisin en yaygın nedenleri arasında istmik kırıklar (yaygınlık oranı %6.8) ve dejeneratif süreçler (yaygınlık oranı %2.8) saymak mümkündür [12, 52, 177].

Dejeneratif spondilolistezisin etiyolojisi ise disk dejenerasyonu, faset eklem dejenerasyonu, ligaman laksitesi ve paraspinal kas atrofisi/yağ infiltrasyonu gibi farklı nedenlerden kaynaklanabilir [1]. DS'nin doğal seyri, önce nasıl başlayıp nasıl ilerlediği, hangi bağımsız değişkenin ne zaman ve hangi oranda katkı sağladığı iyi bilinmemektedir [178]. Dejeneratif spondilolistezisli olmayan hastaların yaklaşık beşte birine gelecek 15 yıl içinde Dejeneratif spondilolistezise sahip olabilirken, Dejeneratif spondilolistezisli hastaların %34'ünün hastalıklarının çoğunla sonraki 25 yıl içinde ileri evrelere evrilmesi söz konusudur[159]. Geçmişte kaymanın ilerlemesine bağlı olarak ağrı şiddetinin arttığı yönünde bir inanın yaygın olmasına rağmen ağrı artışı ile arasında bir korelasyon olduğuna dair oldukça sınırlı kanıtlar mevcuttur [177]. Sinha ve George[179] radiküler ağrısı olmayan şiddetli radyolojik foraminal stenozlu hastalar için ameliyata gerek olmadığını öne sürmüşlerdir.

Yakın tarihlerde yapılan geniş katılımlı bir analiz dejeneratif spondilolistezisli tüm hastalarda önemli oranda ağrı görülmediği, dejeneratif spondilolistezisin her zaman defisitle sonuçlanmadığını, dejeneratif spondilolistezis için her zaman ameliyatın gerekli olmadığını göstermişlerdir [179].Bu nedenle hangi sinir cerrahisinde dejeneratif spondilolistezisli hangi hastaların cerrahi müdahaleye maruz kalacağı sorusunun cepalandırılması önem kazanmaktadır. Bu nedenle bu araştırmada omurgaların temel yapı birimleri olan intervertebral disk, end-plate ve paraspinal kaslar gibi dejeneratif spondilolistezisin ortaya çıkmasında etkili olan patolojik durumlardan hangisinde cerrahi müdahalenin gerekliliğinin araştırılması amaçlanmıştır.Kayma ilerlemesi ile ilişkili olduğu bilinenlokal ve sistemik faktörler, intervertebral diskin açılanması, disk alanı boyunca artan yüklenme, alt interkristal çizgi, artmış pelvik insidans ve yaygın eklem gevşekliliği dejeneratif spondilolistezis vakalarında önemli etkenler olarak bilinir [180-181]. Omurgalarda osteofit oluşumu, disk yüksekliği kaybı ve ligamanların kemikleşmesi gibi telafi edici modifikasyonlar dejeneratif spondilolistezise karşı koymak ilgili bölgelerde zamanla gelişerek ilerler [181].

Bu tür telafi edici değişiklikler spinal stenoz ve hareketliliğin kısıtlanması gibi omurganın ikincil düzensizliklerine ve modifikasyonuna yol açar[183]. Yapılan çalışmalar dejeneratif spondilolistezis prevalansını yaklaşık 15 yıllık bir süre içerisinde iki katına (%10'dan %22.5) çıktığını göstermektedir [183]. Dejeneratif spondilolistezisin belirtileri ve semptomları dejeneratif spondilolistezisin ilerlemesiyle başlar. Atalay ve ark.'nın yakın tarihli geniş katılımlı bir çalışmalarında dejeneratif spondilolistezisin semptomatolojisi ile ilgili bazı demografik ve radyolojik faktörlerin etken olduğunu öne sürmüşlerdir. Buna göre cinsiyet (özellikle kadınlar), vücut kitle indeksi, menopoz, erken intervertebral disk dejenerasyonu, sagittal faset eklem oryantasyonu, eklem laksitesi, yüksek pelvik insidans, L4-L5 seviyesinde DS varlığı, artmış L4 veya L5 vertebra açısı, artan lomber lordotik açı ve %25'ten fazla kayma olması durumunun DS'nin gelişiminde etken faktörler olabileceğini ortaya koymuşlardır [28, 185-188].

*Yanık ve ark.*[189] disk herniasyonundan etkilenen bireylerde yağ infiltrasyonunda önemli bir artış olduğunu öne sürmüşler olup[171], bu bulguları destekleyen diğer bir kısım çalışmalar da mevcuttur [148, 172]. Yarjanian ve ark. [139] asemptomatik bireylere kıyasla sLSS'li hastalarda paraspinal kasların fonksiyonel CSA'sında azalma bulmuşlardır. Genel olarak, bel kasının spinal bozukluklarla ilişkisine dair kanıtlar, klinisyenlerin hastaların MR görüntülerinde paraspinal kasların morfolojisini düzenli olarak değerlendirmesinin önemini vurgulamaktadır.

Bununla birlikte, paraspinal kas CSA'sını ve yağsız fraksiyonu kantitatif olarak ölçmek zaman alıcı bir işlem olup, klinik ortamlarda mümkün görülmemektedir. Goutallier sınıflandırma sistemi kullanılarak değerlendirilen yağlı atrofinin niceliksel ölçülerle güçlü bir şekilde ilişkili olduğunu ve bu nedenle, niteliksel bir ölçü olmasına rağmen paraspinal kasların dejenerasyonunu değerlendirmek için Goutallier sınıflandırma sisteminin etkili bir yöntem olduğunu söylemek mümkündür. Paraspinal kas morfolojisi ve yağ infiltrasyonu lomber omurganın tüm seviyelerinde sol ve sağ taraflar arasında güçlü bir korelasyona sahip olup, bunun kas morfolojisi ve dejenerasyonunda bir simetri işareti olarak yorumlanması mümkündür. Ancak, semptomların lateralitesi veya spinal stenoz ile ilgili veriler asimetric semptomlar veya spinal stenoz durumunda asimetric bir kas dejenerasyonunun gözlemlenebilmesine olanak sağlayabilir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular bu risk faktörlerinin yanı sıra, paraspinal kaslarda, özellikle erector spinae'daki yağ infiltrasyonunun, cerrahi müdahale gerektiren dejeneratif spondilolistezisli

hastaların klinik vaka bakımından ciddiyetini belirleyici olabileceği göstermektedir. Buna göre herhangi bir lomber seviyedeki erktör spinada bir derecelik yağ infiltrasyonu artışının ameliyat olasılığını %8 oranında artırdığını söylemek mümkündür. Bulgularımız, dejeneratif spondilolistezisin doğal seyirinde paraspinal kasların rolü hakkında elde edilen güncel verileri destekler niteliktedir. Bilindiği gibi paraspinal kasların ana rolü, omurganın dik duruşunu ve dinamik stabilitesini korumaktır [188]. Wang ve ark. [2] yaş ve cinsiyet bakımından eşleştirilmiş DS'li hastalar ile spondilolistezissiz LBP'li hastaları karşılaştırmış olup, dejeneratif spondilolistezisli hastalarda, büyük olasılıkla dejeneratif spondilolistezis ile ilgili dejeneratif değişiklikleri telafi etmek için ön disk yüksekliğinde azalma, multifidus kas atrofisi ve erktör spina kas hipertrofisi olduğunu saptamışlardır.

Önceki çalışmalarda herhangi bir şekilde dejeneratif spondilolistezisli olgular için konservatif tedavi edilenler ve cerrahi girişim gerektirenler diye bir ayırım yapılmamış olması, bu araştırmanın sonuçlarının cerrahi müdahale için karar oluşturmada etkin olabileceğini söylemek mümkün görülmektedir. Bu çalışmaya bazı noktalarda benzerlik gösteren bir çalışmada Thakar ve ark.[190] istmik spondilolistezisli 120 hastayı analiz etmişler ve bunları yaş ve cinsiyet uyumlu normatif popülasyonla karşılaştırmışlardır.Sonuç olarak istmik spondilolistezisli hastaların multifidus kasında selektif atrofi ve erktör omurgada kompensatuar hipertrofi olduğunu tespit etmişlerdir. Mevcut çalışmalar ve bu araştırmanın bulgularına dayanarak erktör spiane'nin kompensatuar rolü azaldıkça, hastanın daha fazla ağrı hissettiğini, yaşam kalitesinin düştüğünü, bu nedenle omurgayı stabilize etmek için cerrahi müdahalenin gerekli olduğu söylemek mümkündür.

## **12.KISITLILIKLAR**

Bu nedenle bu çalışmada omurgaların temel yapı birimleri olan intervertebral disk, end-plate ve paraspinal kaslar gibi dejeneratif spondilolistezisin ortaya çıkmasında etkili olan patolojik durumlardan hangisinde cerrahi müdahalenin gerekliliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu çalışmada bir kısım kısıtlılıkları içermekte olup, bu nedenle pilot bir çalışma (sınırlı) bir çalışma olarak kabul edilmelidir. Bu nedenle araştırmanın mevcut bulguları ile cerrahi olarak kesin bir ifade kullanmak mümkün görünmemektedir.

Kontrol ve denekleri uzun süreli kronik takibine yönelik verilerin bulunmaması sebebi ile

hastaların ve kontrol grubunun spino-pelvik parametreleri ve lomber lordozu değerlendirmek mümkün olmamıştır. Ancak şiddetli ağrısı ve defisiti olan hastalara cerrahi müdahalenin yapıldığı, daha az şiddetli ağrısı ve sakatlığı olanlar hastaların ise konservatif olarak tedavi edildikleri bilinen bir gerçektir. Bu araştırmada şiddetli spinal kanal stenozu ve/veya nörolojik defisit olanlar dışında, Meyerding tipini dikkate almayan tüm spondilolistezisler araştırmayadahiiledilmiştir. Bu çalışmada paraspinal kasların (erector spinae) lomber DS'li hastalarda daha şiddetli semptomlara sebep olduğuna dair bulgular elde edilmiş olup, daha önceki çalışmalarda benzeri herhangi bir veriye rastlanılması bakımından önemli görülmektedir. Sınırlı, öncü bir çalışma niteliğinde olan bu çalışma ve ümit vaad eden bulgularının gelecekteki çalışmalarda, spino-pelvik parametrelerin geniş katılımlı hasta analizleriyle ve Meyerding sınıflamasına göre eşleştirilmiş deneklerde doğrulanması sinir cerrahisi bakımından önemli görülmektedir.

### **13. SONUÇLAR**

Dejeneratif spondilolistezisin etiyolojisi ise disk dejenerasyonu, faset eklem dejenerasyonu, ligaman laksitesi ve paraspinal kas atrofisi/yağ infiltrasyonu gibi farklı nedenlerden kaynaklanabilir. Dejeneratif spondilolistezisin doğal seyri, önce nasıl başlayıp nasıl ilerlediği, hangi bağımsız değişkenin ne zaman ve hangi oranda katkı sağladığı iyi bilinmemektedir.

Bu nedenle bu araştırmada omurgaların temel yapı birimleri olan intervertebral disk end-plate'i ve paraspinal kaslar gibi dejeneratif spondilolistezisin ortaya çıkmasında etkili olan patolojik durumlardan hangisinde cerrahi müdahalenin gerekliliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

Bu çalışmada elde edilen bulgular bu risk faktörlerinin yanı sıra, paraspinal kaslarda, özellikle erektör spinadaki yağ infiltrasyonunun, cerrahi müdahale gerektiren dejeneratif spondilolistezisli hastaların klinik vaka bakımından ciddiyetini belirleyici olabileceği göstermektedir. Buna göre herhangi bir lomber seviyedeki erektör spinada bir derecelik yağ infiltrasyonu artışının ameliyat olasılığını %8 oranında artırdığını söylemek mümkündür. Bilindiği gibi erektör spiane'nin kompensatuar rolü azaldıkça, hasta daha fazla ağrı hisseder ve yaşam kalitesi düşer ve omurgayı stabilize etmek için cerrahi müdahaleyi gerektirir. Paraspinal kasların lomber dejeneratif spondilolistezisli hastalarda daha şiddetli semptomlara sebep olduğuna dair ön bulgular elde edilmiş olup, daha önceki çalışmalarda benzeri herhangi bir veriye rastlanılması bakımından önemli görülmektedir.



## 14. KAYNAKLAR

- 1-Koreckij TD, Fischgrund JS. Degenerative Spondylolisthesis. *J Spinal Disord Tech.* 2015;28(7):236-241.
- 2-Wang YXJ, Káplár Z, Deng M, Leung JCS. Lumbar degenerative spondylolisthesis epidemiology: A systematic review with a focus on gender-specific and age-specific prevalence. *J Orthop Translat.* 2016;11:39-52.
- 3-Bydon M, Alvi MA, Goyal A (2019) Degenerative Lumbar Spondylolisthesis: Definition, Natural History, Conservative Management, and Surgical Treatment. *Neurosurg Clin N Am* 30:299-304. doi: 10.1016/j.nec.2019.02.003.
- 4-Matsudaira K, Yamazaki T, Seichi A, et al. Spinal stenosis in grade I degenerative lumbar spondylolisthesis: a comparative study of outcomes following laminoplasty and laminectomy with instrumented spinal fusion. *J Orthop Sci.* 2005;10: 270–6. <https://doi.org/10.1007/s00776-005-0887-7>.
- 5-Verbiest H. A radicular syndrome from developmental narrowing of the lumbar vertebral canal. *Clin Orthop Relat Res.* 2001. <https://doi.org/10.1097/00003086-200103000-00002>.
- 6-Kreiner DS, Shaffer WO, Baisden JL, et al. An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of degenerative lumbar spinal stenosis (update). *Spine J.* 2013;13:734–43. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2012.11.059>.
- 7-Lurie J, Tomkins-Lane C. Management of lumbar spinal stenosis. *BMJ.* 2016;352: h6234. <https://doi.org/10.1136/bmj.h6234>.
- 8-Epstein NE. Learning curves for minimally invasive spine surgeries: are they worth it? *Surg Neurol Int.* 2017;8:61. [https://doi.org/10.4103/sni.sni\\_39\\_17](https://doi.org/10.4103/sni.sni_39_17).
- 9-E.E. Ozcan-Eksi, M.S. Eksi, M.A. Akcal (2019) Severe lumbar intervertebral disc degeneration is associated with Modic changes and fatty infiltration in the paraspinal muscles at all lumbar levels, except for L1-L2: a cross-sectional analysis of 50 symptomatic women and 50 age-matched symptomatic men, *World Neurosurg.* 122, e1069-e77.
- 10-E.E. Ozcan-Eksi, M.S. Eksi, V.U. Turgut, C. Canbolat, M.N. Pamir (2020) Reciprocal relationship between multifidus and psoas at L4-L5 level in women with low back pain, *Br. J. Neurosurg.* 1–9.
- 11-Santagostino AM, Cannizzaro D, Soekeland F, Mancin S, Mazzoleni B (2023) Pain and quality of life in patients undergoing lumbar arthrodesis for degenerative spondylolisthesis: a Systematic Review. *World Neurosurg.* doi: 10.1016/j.wneu.2023.06.047.
- 12-Kalichman L, Kim DH, Li L, Guermazi A, Berkin V, Hunter DJ (2009) Spondylolysis and spondylolisthesis: prevalence and association with low back pain in the adult community-based population. *Spine (Phila Pa 1976)* 34:199-205. doi: 10.1097/BRS.0b013e31818edcfd.
- 13-Wiltse LL, Newman PH, Macnab I (1976) Classification of spondylolysis and spondylolisthesis. *Clin Orthop Relat Res:*23-29.

- 14-Verbiest H. A radicular syndrome from developmental narrowing of the lumbar vertebral canal. *Clin Orthop Relat Res*. 2001. <https://doi.org/10.1097/00003086-200103000-00002>.
- 15-Suzer T. Lumbar Segmental Instability and Deformity. *Turk Neurosurg.*, (2014): 24(1):2820.
- 16-Duvorak J, Panjabi MM, Novotny JE, et al. Clinical validation of functional flexion-extension roentgenograms of the lumbar spine. *Spine*. 1991;16:943-950.
- 17-Kalichman L, Carmeli E, Been E. The association between imaging parameters of the paraspinal muscles, spinal degeneration, and low back pain. *BioMed Res Int*. (2017) 2017:1–14. doi: 10.1155/2017/2562957.
- 18-Garet M, Reiman MP, Mathers J, et al. Nonoperative Treatment in Lumbar Spondylolysis and Spondylolisthesis: A Systematic Review. *Sports Health*. 2013;5:225-232.
- 19-Standaert CJ, Herring SA. Spondylolysis: a critical review. *Br J Sports Med*. 2000;34:415-422.
- 20-Wynne-Davies R, Scott JH. Inheritance and spondylolisthesis: a radiographic family survey. *J Bone Joint Surg Br*. 1979;61-B:301-305.
- 21-McNeely ML, Torrance G, Magee DJ. A systematic review of physiotherapy for spondylolysis and spondylolisthesis. *Man Ther*. 2003;8:80-91.
- 22-Ishimoto Y, Cooper C, Ntani G, et al. Is radiographic lumbar spondylolisthesis associated with occupational exposures? Findings from a nested case control study within the Wakayama spine study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2019;20(1):618.
- 23-Aono K, Kobayashi T, Jimbo S, Atsuta Y, Matsuno T. Radiographic analysis of newly developed degenerative spondylolisthesis in a mean twelve-year prospective study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(8):887-891.
- 24-Guo M, Kong C, Sun S, Sun X, Li X, Lu S. Predictors of L4-L5 Degenerative Lumbar Spondylolisthesis: L4 Inclination Angle and Facet Joint Angle. *World Neurosurg*. 2019;130:e680-e686.
- 25-Cholewicki J, Panjabi MM, Khachatrian A. Stabilizing function of trunk flexor-extensor muscles around a neutral spine posture. *Spine* 1997;22:2207–12.
- 26-Watters WC 3rd, Bono CM, Gilbert TJ, et al. An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of degenerative lumbar spondylolisthesis. *Spine J*. 2009;9(7):609-614.
- 27-Herkowitz HN, Garfin SR, Eismont FJ, et al. *Rothman-Simeone: The Spine*. Elsevier. 6th Ed. 2011.
- 28-Bydon M, Alvi MA, Goyal A. Degenerative Lumbar Spondylolisthesis: Definition, Natural History, Conservative Management, and Surgical Treatment. *Neurosurg Clin N Am*. 2019;30(3):299-304.
- 29-Frontera WF. *Delisa Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon*. 5. Bs. Güneş Tıp Kitapevleri. 2014.
- 30-Bridwell KH. *The Textbook of Spinal Surgery*. 3th Ed. Lippincott Williams & Wilkins. 2011.

- 31-Ahmed SI, Javed G, Bareeqa SB, et al. Comparison of decompression alone versus decompression with fusion for stenotic lumbar spine: a systematic review and meta-analysis. *Cureus*. 2018;10: e3135. <https://doi.org/10.7759/cureus.3135>.
- 32-Grob D, Humke T, Dvorak J. Degenerative lumbar spinal stenosis. Decompression with and without arthrodesis. *J Bone Jt Surg Am Vol*. 1995;77:1036–41.
- 33-Costa F, Anania CD, Zileli M, et al. Lumbar spinal stenosis: introduction to the World Federation of Neurosurgical Societies (WFNS) spine committee recommendations. *World Neurosurg X*. 2020;7: 100075. <https://doi.org/10.1016/j.wnsx.2020.100075>.
- 34-Fornari M, Robertson SC, Pereira P, et al. Conservative treatment and percutaneous pain relief techniques in patients with lumbar spinal stenosis: WFNS spine committee recommendations. *World Neurosurg X*. 2020;7: 100079. <https://doi.org/10.1016/j.wnsx.2020.100079>.
- 35-Ilyas H, Udo-Inyang I Jr, Savage J. Lumbar Spinal Stenosis and Degenerative Spondylolisthesis: A Review of the SPORT Literature. *Clin Spine Surg*. 2019;32(7):272-278.
- 36-Xia W, Fu H, Zhu Z, Liu C, Wang K, Xu S, et al. Association between back muscle degeneration and spinal-pelvic parameters in patients with degenerative spinal kyphosis. *BMC Musculoskelet Disord*. (2019) 20:454. doi: 10.1186/s12891-019-2837-0.
- 37-Eismont FJ, Norton RP, Hirsch BP. Surgical management of lumbar degenerative spondylolisthesis. *J Am Acad Orthop Surg*. 2014;22:203–13. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-22-04-203>.
- 37-Ilyas H, Udo-Inyang I Jr, Savage J. Lumbar Spinal Stenosis and Degenerative Spondylolisthesis: A Review of the SPORT Literature. *Clin Spine Surg*. 2019;32(7):272-278.
- 38-Machado GC, Ferreira PH, Harris IA, et al. Effectiveness of surgery for lumbar spinal stenosis: a systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*. 2015;10: e0122800. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122800>.
- 39-Bresnahan L, Ogden AT, Natarajan RN, et al. A biomechanical evaluation of graded posterior element removal for treatment of lumbar stenosis: comparison of a minimally invasive approach with two standard laminectomy techniques. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34:17–23. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e318191438b>.
- 40-Smith ZA, Vastardis GA, Carandang G, et al. Biomechanical effects of a unilateral approach to minimally invasive lumbar decompression. *PLoS ONE*. 2014;9: e92611. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0092611>.
- 41-Alimi M, Hofstetter CP, Pyo SY, et al. Minimally invasive laminectomy for lumbar spinal stenosis in patients with and without preoperative spondylolisthesis: clinical outcome and reoperation rates. *J Neurosurg Spine*. 2015;22:339–52. <https://doi.org/10.3171/2014.11.SPINE13597>.
- 42-Weinstein JN, Lurie JD, Tosteson TD, et al. Surgical versus nonsurgical treatment for lumbar degenerative spondylolisthesis. *N Engl J Med*. 2007;356(22):2257-2270.
- 43-Medici A, Meccariello L, Falzarano G. Non-operative vs. percutaneous stabilization in Magerl's

A1 or A2 thoracolumbar spine fracture in adults: is it really advantageous for a good alignment of the spine? Preliminary data from a prospective study. *Eur Spine J.* 2014;23 Suppl 6:677-683.

44-Chan AK, Sharma V, Robinson LC, Mummaneni PV. Summary of Guidelines for the Treatment of Lumbar Spondylolisthesis. *Neurosurg Clin N Am.* 2019;30(3):353-364.

45-Meccariello L, Rebonato S, Schiaroli E, Rossi M, Rebonato A. Percutaneous Vertebroplasty Improves Pain Control and Quality of Life in Patients Suffering from Back Pain: A Single Center Experience. *Iran J Radiol.* 2017 July; 14(3):e41746.

46-Samuel AM, Moore HG, Cunningham ME. Treatment for Degenerative Lumbar Spondylolisthesis: Current Concepts and New Evidence. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2017;10(4):521-529.

47-Cervera-Irimia J, González-Miranda Á, Riquelme-García Ó, et al. Scoliosis induced by costotransversectomy in minipigs model. *Med Glas (Zenica).* 2019;16(2):10.17392/1015-19.

48-Frontera WF. *Delisa Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon.5. Bs.Güneş Tıp Kitapevleri.* 2014.

49-Bridwell KH. *The Textbook of Spinal Surgery.* 3th Ed.Lippincott Williams& Wilkins.2011.

50-Herkowitz HN, Garfin SR, Eismont FJ, et al. *Rothman-Simeone:The Spine.* Elsevier.6th Ed.2011.

51-Bydon M, Alvi MA, Goyal A. Degenerative Lumbar Spondylolisthesis: Definition, Natural History, Conservative Management, and Surgical Treatment. *Neurosurg Clin N Am.* 2019;30(3):299-304.

52-Koenig S, Jauregui JJ, Shasti M, et al. Decompression Versus Fusion for Grade I Degenerative Spondylolisthesis: A Meta-Analysis. *Global Spine J.* 2019;9(2):155-161. 21.

53-Xu S, Liow MHL, Goh KMJ, et al. Perioperative Factors Influencing Postoperative Satisfaction After Lateral Access Surgery for Degenerative Lumbar Spondylolisthesis. *Int J Spine Surg.* 2019;13(5):415-422.

54-Karsy M, Bisson EF. Surgical Versus Nonsurgical Treatment of Lumbar Spondylolisthesis. *Neurosurg Clin N Am.* 2019;30(3):333-340

55-Nava-Bringasa TI, Hernández-López M, Ramírez-Morab I. Effects of a stabilization exercise program in functionality and pain in patients with degenerative spondylolisthesis. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2014;27:41-46.

56-De Wald CJ, Vartabedian JE, Rodts MF, et al. Evaluation and management of high-grade spondylolisthesis in adults. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005;30:S49-S59.

57-Marchetti PG and Bartolizzi. Spondylolisthesis: Morden trends in orthopaedic surgery. In *Gaggi A. Bologna.* 165:1982.

58-Haun DW, Kettner NW. Spondylolysis and spondylolisthesis: a narrative review of etiology, diagnosis, and conservative management. *J Chiropr Med.* 2005;4:206-217.

- 59-Schick U, Dohnert J, Richter A, et al. Microendoscopic lumbar discectomy versus open surgery: an intraoperative EMG study. *Eur Spine J*. 2002;11: 20–6. <https://doi.org/10.1007/s005860100315>
- 60-Kalichman L, Kim DH, Li L, Guermazi A, Berkin V, Hunter DJ (2009) Spondylolysis and spondylolisthesis: prevalence and association with low back pain in the adult community-based population. *Spine (Phila Pa 1976)* 34:199-205. doi: 10.1097/BRS.0b013e31818edcfd.
- 61-Moustafa, E., Tur, B.S. (2018) Spondilolistezis: Etiyoloji, Tanı, Klinik Özellikler ve Tedavi, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası, 71(3):118-126.
- 62-Gottschalk MB, Premkumar A, Sweeney K, et al. Posterolateral Lumbar Arthrodesis With and Without Interbody Arthrodesis for L4-L5 Degenerative Spondylolisthesis: A Comparative Value Analysis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2015;40(12):917-925.
- 63-Choi CM, Chung JT, Lee SJ, et al. How I do it? Biportal endoscopic spinal surgery (BESS) for treatment of lumbar spinal stenosis. *Acta Neurochir (Wien)*. 2016;158:459–63. <https://doi.org/10.1007/s00701-015-2670-7>.
- 64-Tebet MA. Current concepts on the sagittal balance and classification of spondylolysis and spondylolisthesis. *Rev Bras Ortop*. 2014;49:3-12.
- 65-Labelle H, Mac-Thiong JM, Roussouly P (2011) Spino-pelvic sagittal balance of spondylolisthesis: a review and classification. *Eur Spine J* 20 Suppl 5:641-646. doi: 10.1007/s00586-011-1932-1.
- 66-Meyerding HW (1932) Spondylolisthesis. *Surg Gynecol Obstet* 54:371-377.
- 67-Miller SF, Congeni J, Swanson K. Long-term functional and anatomical follow-up of early detected spondylolysis in young athletes. *Am J Sports Med*. 2004;32:928-933.
- 68-Frontera WF. *Delisa Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon*.5. Bs.Güneş Tıp Kitapevleri. 2014.
- 69- Martin CR, Gruszczynski AT, Braunsfurth HA, Fallatah SM, O'Neil J, Wai EK. The surgical management of degenerative lumbar spondylolisthesis: a systematic review. *Spine (Phila Pa 1976)* 2007;32(16):1791–1798.
- 70-De Wald CJ, Vartabedian JE, Rodts MF, et al. Evaluation and management of high-grade spondylolisthesis in adults. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30:S49–S59.
- 71- Harrington PR. Treatment of scoliosis. Correction and internal fixation by spine instrumentation. *J Bone Joint Surg Am Vol*. 1962;44:591–610. [PubMed] [Google Scholar]
- 72- Goldstein LA. Treatment of idiopathic scoliosis by Harrington instrumentation and fusion with fresh autogenous iliac bone grafts. *J Bone Joint Surg Am Vol*. 1969;51(2):209–222. [PubMed] [Google Scholar]

- 73- Cotrel Y, Dubousset J, Guillaumat M. New universal instrumentation in spinal surgery. *Clin Orthop Relat Res.* 1988;227:10–23. [PubMed] [Google Scholar]
- 74-Suk SI, Kim WJ, Lee SM, Kim JH, Chung ER. Thoracic pedicle screw fixation in spinal deformities: are they really safe? *Spine (Phila Pa 1976)* 2001;26(18):2049–2057. doi: 10.1097/00007632-200109150-00022. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
- 75-Luhmann SJ, Lenke LG, Erickson M, Bridwell KH, Richards BS. Correction of moderate (<70 degrees) Lenke 1A and 2A curve patterns: comparison of hybrid and all-pedicle screw systems at 2-year follow-up. *J Pediatr Orthop.* 2012;32(3):253–258. doi: 10.1097/BPO.0b013e3182471c74. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
76. Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH, Kim KL, Steger-May K. Pulmonary function in adolescent idiopathic scoliosis relative to the surgical procedure. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87(7):1534–1541. doi: 10.2106/JBJS.C.00978. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
77. Verma K, Auerbach JD, Kean KE, Chamas F, Vorsanger M, Lonner BS. Anterior spinal fusion for thoracolumbar scoliosis: comprehensive assessment of radiographic, clinical, and pulmonary outcomes on 2-years follow-up. *J Pediatr Orthop.* 2010;30(7):664–669. doi: 10.1097/BPO.0b013e3181ec931b. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
78. Betz RR, Harms J, Clements DH, 3rd, et al. Comparison of anterior and posterior instrumentation for correction of adolescent thoracic idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 1999;24(3):225–239. doi: 10.1097/00007632-199902010-00007. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar].
- 79- Boos N, Webb JK: Pedicle screw fixation in spinal disorders: a European view. *Eur Spine J* 6:2–18, 1997.
- 80- Dickman CA, Fessler RG, MacMillan M, et al: Transpedicular screw-rod fixation of the lumbar spine: operative technique and outcome in 104 cases. *J Neurosurg* 77:860–870, 1992.
- 81- Lowery GL, Harms J: Titanium surgical mesh for vertebral defect replacement and intervertebral spacers, in Thalgott JS, Aebi M (eds): *Manual of Internal Fixation of the Spine.* Philadelphia: Lippincott-Raven, 1996, pp 127–146.
- 82- Yashiro K, Homma T, Hokari T, et al: The Steffee variable screw placement system using different methods of bone grafting. *Spine* 16:1329–1334, 1991.
- 83- Detwiler PW, Marciano FF, Porter RW, et al: Lumbar stenosis: indications for fusion with and without instrumentation. *Neurosurg Focus* 3(2):Article 4, 1997.
- 84- Brantigan JW, Steffee AD: A carbon fiber implant to aid interbody lumbar fusion. Two-year clinical results in the first 26 patients. *Spine* 18:2106–2117, 1993.
- 85-Ray CD: Threaded titanium cages for lumbar interbody fusions. *Spine* 22:667–680, 1997.
- 86- Tropiano P, Bronsard JJ, Louis C, et al: Three column stabilisation through a posterior approach with titanium plasmapore intervertebral block (Prospace). Radiological and clinical study after 4 years. *Rivista di Neuroradiologia* 12:S89–S94, 1999.

87. Tropiano F, Diop A, Dejou J, et al: A titanium/plasmapore coated intervertebral block to aid interbody fusion. An experimental, mechanical and histopathological study in ewes. *Rivista di Neuroradiologia* 12:S81–S87, 1999.
- 88- Gelb DA, Lenke LG, Bridwell KH, et al: An analysis of sagittal spinal alignment in 100 asymptomatic middle and older aged volunteers. *Spine* 20:1351–1358, 1995.
89. Goldstein JA, Macenski MJ, Griffith SL, et al: Lumbar sagittal alignment after fusion with a threaded interbody cage. *Spine* 15:1137–1142, 2001.
- 90- Jackson RP, McManus AC: Radiographic analysis of sagittal plane alignment and balance in standing volunteers and patients with low back pain matched for age, sex, and size. A prospective controlled clinical study. *Spine* 19:1611–1618, 1994.
91. H.N. Herkowitz Spine update: degenerative lumbar spondylolisthesis *Spine*, 20 (1995), pp. 1084-1090.
- 92-Liu X. A novel biportal full endoscopy technique for lumbar lateral recess stenosis: technical report. *Clin Spine Surg.* 2019;32:51–6. <https://doi.org/10.1097/BSD.0000000000000667>.
- 93-Cairns K, Deer T, Sayed D, et al. Cost-effectiveness and safety of interspinous process decompression (Superion). *Pain Med.* 2019;20:S2–8. <https://doi.org/10.1093/pm/pnz245>.
- 94-Gala RJ, Russo GS, Whang PG. Interspinous implants to treat spinal stenosis. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2017;10:182–8. <https://doi.org/10.1007/s12178-017-9413-8>.
- 95-Patel VV, Nunley PD, Whang PG, et al. Superion( ) InterSpinous Spacer for treatment of moderate degenerative lumbar spinal stenosis: durable three year results of a randomized controlled trial. *J Pain Res.* 2015;8:657–62. <https://doi.org/10.2147/JPR.S92633>.
- 96-Nunley PD, Patel VV, Orndorff DG, et al. Five-year durability of stand-alone interspinous process decompression for lumbar spinal stenosis. *Clin 954 Pain Ther* (2021) 10:941–959 *Interv Aging.* 2017;12:1409–17. <https://doi.org/10.2147/CIA.S143503>.
- 97-Nunley PD, Patel VV, Orndorff DG, et al. Interspinous process decompression improves quality of life in patients with lumbar spinal stenosis. *Minim Invasive Surg.* 2018;2018:1035954. <https://doi.org/10.1155/2018/1035954>.
- 98-Zini C, Bellini M, Masala S, et al. Percutaneous interspinous spacer in spinal-canal-stenosis treatment:pros and cons. *Medicina (Kaunas).* 2019. <https://doi.org/10.3390/medicina55070381>.
- 99-De Antoni DJ, Claro ML, Poehling GG, et al. Translaminar lumbar epidural endoscopy: anatomy, technique, and indications. *Arthroscopy.* 1996;12: 330–4. [https://doi.org/10.1016/s0749-8063\(96\)90069-9](https://doi.org/10.1016/s0749-8063(96)90069-9).
- 100-Osman SG, Schwartz JA, Marsolais EB. Arthroscopic discectomy and interbody fusion of the thoracic spine: a report of ipsilateral 2-portal approach. *Int J Spine Surg.* 2012;6:103–9. <https://doi.org/10.1016/j.ijsp.2012.02.004>.

101-Minamide A, Yoshida M, Yamada H, et al. Rethinking surgical treatment of lumbar spondylolisthesis. *Neurosurg Clin N Am.* 2019;30:323–31. <https://doi.org/10.1016/j.nec.2019.02.006>.

102-Weiss H, Garcia RM, Hopkins B, et al. A systematic review of complications following minimally invasive spine surgery including transforaminal lumbar interbody fusion. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2019. <https://doi.org/10.1007/s12178-019-09574-2>.

101-Hwa Eum J, Hwa Heo D, Son SK, et al. Percutaneous biportal endoscopic decompression for lumbar spinal stenosis: a technical note and preliminary clinical results. *J Neurosurg Spine.* 2016;24:602–7. <https://doi.org/10.3171/2015.7.SPINE15304>.

102-

103-Sairyo K, Yamashita K, Manabe H, et al. A novel surgical concept of transforaminal full-endoscopic lumbar undercutting laminectomy (TE-LUL) for central canal stenosis of the lumbar spine with local anesthesia: a case report and literature review. *J Med Invest.* 2019;66:224–9. <https://doi.org/10.2152/jmi.66.224>.

106-Siddiqui M, Karadimas E, Nicol M, et al. Influence of X Stop on neural foramina and spinal canal area in spinal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2006;31:2958–62. <https://doi.org/10.1097/01.brs>.

107-Richards JC, Majumdar S, Lindsey DP, et al. The treatment mechanism of an interspinous process implant for lumbar neurogenic intermittent claudication. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005;30:744–9. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000157483.28505.e3>.

108-Lazaro BC, Brasiliense LB, Sawa AG, et al. Biomechanics of a novel minimally invasive lumbar interspinous spacer: effects on kinematics, facet loads, and foramen height. *Neurosurgery.* 2010;66: Pain Ther (2021) 10:941–959 957 126–32. <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000348561.59062.A2> (discussion 132–123).

109-Wu J, Guan T, Tian F, et al. Comparison of biportal endoscopic and microscopic decompression in treatment of lumbar spinal stenosis: a comparative study protocol. *Medicine (Baltimore).* 2020;99: e21309. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000021309>.

110-Torudom Y, Dilokhuttakarn T. Two portal percutaneous endoscopic decompression for lumbar spinal stenosis: preliminary study. *Asian Spine J.* 2016;10:335–42. <https://doi.org/10.4184/asj.2016.10.2.335>.

111-Komp M, Hahn P, Oezdemir S, et al. Bilateral spinal decompression of lumbar central stenosis with the full-endoscopic interlaminar versus microsurgical laminotomy technique: a prospective, randomized, controlled study. *Pain Physician.* 2015;18:61–70.

112-Standaert CJ, Herring SA. Expert opinion and controversies in sports and musculoskeletal medicine: the diagnosis and treatment of spondylolysis in adolescent athletes. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88:537-40.

113-Ahn JS, Lee HJ, Choi DJ, et al. Extraforaminal approach of biportal endoscopic spinal surgery:

a new endoscopic technique for transforaminal decompression and discectomy. *J Neurosurg Spine*. 2018;28:492–8. <https://doi.org/10.3171/2017.8.SPINE17771>.

114-Ploumis A, Michailidis N, Christodoulou P, Kalaitzoglou I, Gouvas G, Beris A (2011) Ipsilateral atrophy of paraspinal and psoas muscle in unilateral back pain patients with monosegmental degenerative disc disease. *Br J Radiol* 84(1004):709–713.

115-Hyun SJ, Kim YB, Kim YS, Park SW, Nam TK, Hong HJ, et al. Postoperative changes in paraspinal muscle volume: comparison between paramedian interfascial and midline approaches for lumbar fusion. *J Korean Med Sci* 2007;22:646–51.

116-Hides J, Gilmore C, Stanton W, Bohlscheid E (2008) Multifidus size and symmetry among chronic LBP and healthy asymptomatic subjects. *Man Ther* 13(1):43–49.

117-Campbell WW, Vasconcelos O, Laine FJ (1998) Focal atrophy of the multifidus muscle in lumbosacral radiculopathy. *Muscle Nerve* 21(10):1350–1353.

118-120-Park P, Garton HJ, Gala VC, Hoff JT, McGillicuddy JE. Adjacent segment disease after lumbar or lumbosacral fusion: review of the literature. *Spine* 2004;29:1938–44.

119-121-Adams MA, Dolan P. Recent advances in lumbar spinal mechanics and their clinical significance. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 1995; 10:3–19.

120-Kamaz M, Kiresi D, Oguz H, Emlik D, Levendoglu F. CT measurement of trunk muscle areas in patients with chronic low back pain. *Diagn Interv Radiol* 2007;13:144–8.

121-Dunlop RB, Adams MA, Hutton WC. Disc space narrowing and the lumbar facet joints. *J Bone Joint Surg Br* 1984;66:706–10.

122-Umehara S, Zindrick MR, Patwardhan AG, Havey RM, Vrbos LA, Knight GW, et al. The biomechanical effect of postoperative hypolordosis in instrumented lumbar fusion on instrumented and adjacent spinal segments. *Spine* 2000;25:1617–24.

123-Weinhoffer SL, Guyer RD, Herbert M, Griffith SL. Intradiscal pressure measurements above an instrumented fusion. A cadaveric study. *Spine* 1995;20:526–31.

124-Bastian L, Lange U, Knop C, Tusch G, Blauth M. Evaluation of the mobility of adjacent segments after posterior thoracolumbar fixation: a biomechanical study. *Eur Spine J* 2001;10:295–300.

125-Ha KY, Schendel MJ, Lewis JL, Ogilvie JW. Effect of immobilization and configuration on lumbar adjacent-segment biomechanics. *J Spinal Disord* 1993;6:99–105.

126-Fujiwara A, Lim TH, An HS, Tanaka N, Jeon CH, Andersson GB, et al. The effect of disc degeneration and facet joint osteoarthritis on the segmental flexibility of the lumbar spine. *Spine* 2000;25:3036–44.

127-Fujiwara A, Tamai K, An HS, Kurihashi T, Lim TH, Yoshida H, et al. The relationship between disc degeneration, facet joint osteoarthritis, and stability of the degenerative lumbar spine. *J Spinal Disord Tech* 2000;13:444–50.

- 128-Ou C-Y, Lee T-C, Lee T-H, Huang Y-H. Impact of body mass index on adjacent segment disease after lumbar fusion for degenerative spine disease. *Neurosurgery* 2015;76:396–402.
- 129-Kalichman L, Carmeli E, Been E. The association between imaging parameters of the paraspinal muscles, spinal degeneration, and low back pain. *BioMed Res Int.* (2017) 2017:1–14. doi: 10.1155/2017/2562957
- 130-Goubert D, De Pauw R, Meeus M, Willems T, Cagnie B, Schoupe S, et al. Lumbar muscle structure and function in chronic versus recurrent low back pain: a cross-sectional study. *Spine J.* (2017) 17:1285–96. doi: 10.1016/j.spinee.2017.04.025.
- 131-Hyun SJ, Kim YB, Kim YS, Park SW, Nam TK, Hong HJ, et al. Postoperative changes in paraspinal muscle volume: comparison between paramedian interfascial and midline approaches for lumbar fusion. *J Korean Med Sci* 2007;22:646–51.
- 132-Kulig K, Scheid AR, Beauregard R, Popovich JM Jr, Beneck GJ, Colletti PM (2009) Multifidus morphology in persons scheduled for single-level lumbar microdiscectomy: qualitative and quantitative assessment with anatomical correlates. *Am J Phys Med Rehabil* 88(5):355–361.
- 133-Mengiardi B, Schmid MR, Boos N, Pfirrmann CWA, Brunner F, Elfering A, et al. Fat content of lumbar paraspinal muscles in patients with chronic low back pain and in asymptomatic volunteers: quantification with MR spectroscopy. *Radiology* 2006;240:786–92.
- 134-Lee E, Choi JA, Oh JH, Ahn S, Hong SH, Chai JW, et al. Fatty degeneration of the rotator cuff muscles on pre- and postoperative CT arthrography (CTA): is the Goutallier grading system reliable? *Skeletal Radiol.* (2013) 42:1259–67. doi: 10.1007/s00256-013-1660-1.
- 135-Lee HJ, Lim WH, Park J-W, Kwon BS, Ryu KH, Lee JH, et al. The relationship between cross sectional area and strength of back muscles in patients with chronic low back pain. *Ann Rehabil Med* 2012;36:173–81.
- 136-Mengiardi B, Schmid MR, Boos N, Pfirrmann CWA, Brunner F, Elfering A, et al. Fat content of lumbar paraspinal muscles in patients with chronic low back pain and in asymptomatic volunteers: quantification with MR spectroscopy. *Radiology* 2006;240:786–92.
- 137-Macintosh, J.E., Fernando Valencia, F., Bogduk, N., Robert R. Munro, R.R. (1986) The morphology of the human lumbar multifidus, *Clinical Biomechanics*, 1 (4): 196-204.
- 138-Hodges P, Holm AK, Hansson T, Holm S (2006) Rapid atrophy of the lumbar multifidus follows experimental disc or nerve root injury. *Spine* 31(25):2926–2933.
- 139-Yarjanian JA, Fetzer A, Yamakawa KS, Tong HC, Smuck M, Haig A. Correlation of paraspinal atrophy and denervation in back pain and spinal stenosis relative to asymptomatic controls. *PM R.* (2013) 5:39–44. doi: 10.1016/j.pmrj.2012.08.017.
- 140-Kamath S, Venkatanarasimha N, Walsh MA, Hughes PM (2008) MRI appearance of muscle denervation. *Skelet Radiol* 37(5):397–404.
- 141-Lalive PH, Truffert A, Magistris MR (2004) Lumbosacral radiculopathy (L3–S1) and specificity of multifidus EMG. *Neurophysiol Clin* 34(1):41–47.

- 142-Fujiwara A, Tamai K, An HS, Shimizu K, Yoshida H, Saotome K. The interspinous ligament of the lumbar spine: magnetic resonances and their clinical significance. *Spine* 2000;25:358–63.
- 143-Wan Q, Lin C, Li X, Zeng W, Ma C (2015) MRI assessment of paraspinal muscles in patients with acute and chronic unilateral low back pain. *Br J Radiol* 88(1053):20140546.
- 144-Fortin M, Gibbons LE, Videman T, Battie MC (2015) Do variations in paraspinal muscle morphology and composition predict low back pain in men? *Scand J Med Sports* 25(6):880–887.
- 145-Kim JE, Choi DJ. Bi-portal arthroscopic spinal surgery (BASS) with 30 degrees arthroscopy for far lateral approach of L5–S1—technical note. *J Orthop.* 2018;15:354–8. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2018.01.034>.
- 146-Kim JY, Ryu DS, Paik HK, Ahn SS, Kang MS, Kim KH, et al. Paraspinal muscle, facet joint, and disc problems: risk factors for adjacent segment degeneration after lumbar fusion. *Spine J.* (2016) 16:867–75. doi: 10.1016/j.spinee.2016.03.010.
- 147-Kim WH, Lee S-H, Lee DY. Changes in the cross-sectional area of multifidus and psoas in unilateral sciatica caused by lumbar disc herniation. *J Korean Neurosurg Soc.* (2011) 50:201. doi: 10.3340/jkns.2011.50.3.201.
- 148-Leng J, Han G, Zeng Y, Chen Z, Li W. The effect of paraspinal muscle degeneration on distal pedicle screw loosening following corrective surgery for degenerative lumbar scoliosis. *Spine.* (2020) 45:590–8. doi: 10.1097/BRS.0000000000003336.
- 149-Le Cara EC, Marcus RL, Dempsey AR, Hoffman MD, Hebert JJ (2014) Morphology versus function: the relationship between lumbar multifidus intramuscular adipose tissue and muscle function among patients with low back pain. *Arch Phys Med Rehab* 95:1846–1852 *Eur Spine J* (2016) 25:1452–1459.
- 150-Wang W, Sun Z, Li W, Chen Z. The effect of paraspinal muscle on functional status and recovery in patients with lumbar spinal stenosis. *J Orthop Surg Res.* (2020) 15:235. doi: 10.1186/s13018-020-01751-1.
- 151-Zotti MGT, Boas FV, Clifton T, Piche M, Yoon WW, Freeman BJC. Does pre-operative magnetic resonance imaging of the lumbar multifidus muscle predict clinical outcomes following lumbar spinal decompression for symptomatic spinal stenosis? *Eur Spine J.* (2017) 26:2589–97. doi: 10.1007/s00586-017-4986-x.
- 152-Wood S, Pearsall DJ, Ross R, Reid JG. Trunk muscle parameters determined from MRI for lean to obese males. *Clin Biomech.* (1996) 11:139–44. doi: 10.1016/0268-0033(95)00018-6.
- 153-McGill SM, Patt N, Norman RW. Measurement of the trunk musculature of active males using CT scan radiography: implications for force and moment generating capacity about the L4/L5 joint. *J Biomech.* (1988) 21:329–41. doi: 10.1016/0021-9290(88)90262-X.
- 154-Goutallier D, Postel JM, Bernageau J, Lavau L, Voisin MC (1994) Fatty muscle degeneration in cuff ruptures. Pre- and postoperative evaluation by CT scan. *Clinical orthopaedics and related research*:78-83.
- 155-Oh JH, Kim SH, Choi J-A, Kim Y, Oh CH. Reliability of the grading system for fatty

degeneration of rotator cuff muscles. *Clin Orthop Relat Res.* (2010) 468:1558–64. doi: 10.1007/s11999-009-0818-6.

156-Slabough MA, Friel NA, Karas V, Romeo AA, Verma NN, Cole BJ. Interobserver and intraobserver reliability of the Goutallier classification using magnetic resonance imaging: proposal of a simplified classification system to increase reliability. *Am J Sports Med.* (2012) 40:1728–34. doi: 10.1177/0363546512452714.

157-Battaglia PJ, Maeda Y, Welk A, Hough B, Kettner N. Reliability of the Goutallier classification in quantifying muscle fatty degeneration in the lumbar multifidus using magnetic resonance imaging. *J Manipulative Physiol Ther.* (2014) 37:190–7. doi: 10.1016/j.jmpt.2013.12.010.

158-Engelken F, Wassilew GI, Köhlitz T, Brockhaus S, Hamm B, Perka C, et al. Assessment of fatty degeneration of the gluteal muscles in patients with THA using MRI: reliability and accuracy of the Goutallier and quartile classification systems. *J Arthroplasty.* (2014) 29:149–53. doi: 10.1016/j.arth.2013.04.045.

159-Tamai K, Chen J, Stone M, Arakelyan A, Paholpak P, Nakamura H, et al. The evaluation of lumbar paraspinal muscle quantity and quality using the Goutallier classification and lumbar indentation value. *Eur Spine J.* (2018) 27:1005–12. doi: 10.1007/s00586-018-5485-4.

160-Kjaer P, Bendix T, Sorensen JS, Korsholm L, Leboeuf-Yde C. Are MRI-defined fat infiltrations in the multifidus muscles associated with low back pain? *BMC Med.* (2007) 5:2. doi: 10.1186/1741-7015-5-2.

161-Fortin M, Gibbons LE, Videman T, Battie MC (2015) Do variations in paraspinal muscle morphology and composition predict low back pain in men? *Scand J Med Sports* 25(6):880–887.

162-Leng J, Han G, Zeng Y, Chen Z, Li W. The effect of paraspinal muscle degeneration on distal pedicle screw loosening following corrective surgery for degenerative lumbar scoliosis. *Spine.* (2020) 45:590–8. doi: 10.1097/BRS.0000000000003336.

163-Masaki M, Ikezoe T, Fukumoto Y, Minami S, Tsukagoshi R, Sakuma K, et al. Association of sagittal spinal alignment with thickness and echo intensity of lumbar back muscles in middle-aged and elderly women. *Arch Gerontol Geriatr.* (2015) 61:197–201. doi: 10.1016/j.archger.2015.05.010.

164-Saleem S, Aslam HM, Rehmani MA, Raees A, Alvi AA, Ashraf J. Lumbar disc degenerative disease: disc degeneration symptoms and magnetic resonance image findings. *Asian Spine J.* (2013) 7:322–34. doi: 10.4184/asj.2013.7.4.322.

165- Reid JG, Costigan PA, Comrie W. Prediction of trunk muscle areas and moment arms by use of anthropometric measures. *Spine.* (1987) 12:273–5. doi: 10.1097/00007632-198704000-00015.

166-McGill SM, Patt N, Norman RW. Measurement of the trunk musculature of active males using CT scan radiography: implications for force and moment generating capacity about the L4/L5 joint. *J Biomech.* (1988) 21:329–41. doi: 10.1016/0021-9290(88)90262-X.

167-Ghiselli G, Wang JC, Bhatia NN, Hsu WK, Dawson EG. Adjacent segment degeneration in the lumbar spine. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86-A:1497–503.

- 168-Whitecloud TS 3rd, Davis JM, Olive PM. Operative treatment of the degenerated segment adjacent to a lumbar fusion. *Spine* 1994;19:531–6.
- 169-Cheh G, Bridwell KH, Lenke LG, Buchowski JM, Daubs MD, Kim Y, et al. Adjacent segment disease following lumbar/thoracolumbar fusion with pedicle screw instrumentation: a minimum 5-year follow-up. *Spine* 2007;32:2253–7.
- 170-Onesti ST. Failed back syndrome. *Neurologist* 2004;10:259–64.
- 171-Yee TJ, Terman SW, La Marca F, Park P. Comparison of adjacent segment disease after minimally invasive or open transforaminal lumbar interbody fusion. *J Clin Neurosci* 2014;21:1796–801.
- 172-Pfarrmann CW, Metzdorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N (2001) Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine (Phila Pa 1976)* 26:1873-1878. doi: 10.1097/00007632-200109010-00011.
- 173-Modic MT, Masaryk TJ, Ross JS, Carter JR (1988) Imaging of degenerative disk disease. *Radiology* 168:177-186. doi: 10.1148/radiology.168.1.3289089.
- 174-Modic MT, Steinberg PM, Ross JS, Masaryk TJ, Carter JR (1988) Degenerative disk disease: assessment of changes in vertebral body marrow with MR imaging. *Radiology* 166:193-199. doi: 10.1148/radiology.166.1.3336678.
- 175-Ozcan-Eksi EE, Kara M, Berikol G, Orhun O, Turgut VU, Eksi MS (2022) A new radiological index for the assessment of higher body fat status and lumbar spine degeneration. *Skeletal Radiol* 51:1261-1271. doi: 10.1007/s00256-021-03957-8
- 176-Landis, JR, Koch, GG (1977) The measurement of observer agreement for categorical data, *Biometrics*,33(1):159-74.
- 177-Mesfin A, Sherif SM, Liu AY, Liu SE, Joo P, Menga EN (2019) Prevalence of isthmic and degenerative lumbar spondylolisthesis: analysis of 882 CT scans. *Spine J* 19:S95–S96.
- 178-Atalay B, Gadjradj PS, Sommer FS, Wright D, Rawanduzy C, Ghogawala Z, Hartl R (2023) Natural History of Degenerative Spondylolisthesis: A Systematic Review and Meta-analysis. *World Neurosurg*. doi: 10.1016/j.wneu.2023.05.112.
- 179-Sinha S, George KJ (2023) The Fate of Nonoperative Management in Patients with Lytic Spondylolisthesis. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg* 84:355-359. doi: 10.1055/a-1747-9905.
- 180-Evans N, McCarthy M (2018) Management of symptomatic degenerative low-grade lumbar spondylolisthesis. *EFORT Open Rev* 3:620-631. doi: 10.1302/2058-5241.3.180020.
- 181-Fitzgerald JA, Newman PH (1976) Degenerative spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg Br* 58:184-192. doi: 10.1302/0301-620X.58B2.932080.
- 182-Benoist M (2003) Natural history of the aging spine. *Eur Spine J* 12 Suppl 2:S86-89. doi: 10.1007/s00586-003-0593-0.

183-Enyo Y, Yoshimura N, Yamada H, Hashizume H, Yoshida M (2015) Radiographic natural course of lumbar degenerative spondylolisthesis and its risk factors related to the progression and onset in a 15-year community-based cohort study: the Miyama study. *J Orthop Sci* 20:978-984. doi: 10.1007/s00776-015-0759-8.

178-Cushnie D, Johnstone R, Urquhart JC, Gurr KR, Bailey SI, Bailey CS (2018) Quality of Life and Slip Progression in Degenerative Spondylolisthesis Treated Nonoperatively. *Spine (Phila Pa 1976)* 43:E574-E579. doi: 10.1097/BRS.0000000000002429.

184-He LC, Wang YX, Gong JS, Griffith JF, Zeng XJ, Kwok AW, Leung JC, Kwok T, Ahuja AT, Leung PC (2014) Prevalence and risk factors of lumbar spondylolisthesis in elderly Chinese men and women. *Eur Radiol* 24:441-448. doi: 10.1007/s00330-013-3041-5.

185-Kawakami M, Tamaki T, Ando M, Yamada H, Hashizume H, Yoshida M (2002) Lumbar sagittal balance influences the clinical outcome after decompression and posterolateral spinal fusion for degenerative lumbar spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976)* 27:59-64. doi: 10.1097/00007632-200201010-00014.

186-Jacobsen S, Sonne-Holm S, Røvsing H, Monrad H, Gebuhr P (2007) Degenerative lumbar spondylolisthesis: an epidemiological perspective: the Copenhagen Osteoarthritis Study. *Spine (Phila Pa 1976)* 32:120-125. doi: 10.1097/01.brs.0000250979.12398.96.

187-Matsunaga S, Ijiri K, Hayashi K (2000) Nonsurgically managed patients with degenerative spondylolisthesis: a 10- to 18-year follow-up study. *J Neurosurg* 93:194-198. doi: 10.3171/spi.2000.93.2.0194.

188-Ward SR, Kim CW, Eng CM, Gottschalk LJt, Tomiya A, Garfin SR, Lieber RL (2009) Architectural analysis and intraoperative measurements demonstrate the unique design of the multifidus muscle for lumbar spine stability. *J Bone Joint Surg Am* 91:176-185. doi: 10.2106/JBJS.G.01311.

189-Yanik B, Keyik B, Conkbayir I. Fatty degeneration of multifidus muscle in patients with chronic low back pain and in asymptomatic volunteers: quantification with chemical shift magnetic resonance imaging. *SkeletalRadiol.* (2013) 42:771–8. doi: 10.1007/s00256-012-1545-8.

190-Thakar S, Sivaraju L, Aryan S, Mohan D, Sai Kiran NA, Hegde AS (2016) Lumbar paraspinal muscle morphometry and its correlations with demographic and radiological factors in adult isthmic spondylolisthesis: a retrospective review of 120 surgically managed cases. *J Neurosurg Spine* 24:679-685. doi: 10.3171/2015.9.SPINE15705

