T.C. SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ, GÜLHANE TIP FAKÜLTESİ

GÜLHANE EĞİTİM VE ARAŞTIRMA HASTANESİ

ALGOLOJİ KLİNİĞİ

LOMBER SANTRAL SPİNAL STENOZDA İNTERLAMİNAR EPİDURAL ENJEKSİYONDA ANESTEZİK VE STEROİDLE BİRLİKTE KOMBİNE EDİLEN MAGNEZYUM UYGULAMASININ ETKİSİ

Dr. Hande Ece ÖZ

TIPTA YAN DAL UZMANLIK TEZİ

ANKARA/2025

T.C. SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ, GÜLHANE TIP FAKÜLTESİ

GÜLHANE EĞİTİM VE ARAŞTIRMA HASTANESİ

ALGOLOJİ KLİNİĞİ

LOMBER SANTRAL SPİNAL STENOZDA İNTERLAMİNAR EPİDURAL ENJEKSİYONDA ANESTEZİK VE STEROİDLE BİRLİKTE KOMBİNE EDİLEN MAGNEZYUM UYGULAMASININ ETKİSİ

Dr. Hande Ece ÖZ

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Alp Eren ÇELENLİOĞLU

TIPTA YAN DAL UZMANLIK TEZİ

ANKARA/2025

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve tez çalışmam süresince bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren, değerli hocalarım Doç. Dr. Ender SİR'e ve Doç. Dr. Alp Eren ÇELENLİOĞLU'na en derin şükranlarımı sunarım. Bilimsel bakış açıları, engin deneyimleri ve yol gösterici tavsiyeleriyle yalnızca akademik gelişimime değil, aynı zamanda mesleki vizyonuma da önemli katkılar sağlamışlardır. Her zaman ulaşılabilir oluşları, yapıcı eleştirileri ve sabırlı yaklaşımları sayesinde bu süreci yalnızca daha verimli değil, aynı zamanda daha anlamlı kıldılar. Bana sağladıkları destek, sadece bu çalışmanın tamamlanmasında değil, aynı zamanda hekimlik ve akademisyenlik yolculuğumun şekillenmesinde de büyük rol oynamıştır. Onların rehberliği, bilimsel merakımı derinleştirmiş, araştırmacı yönümü güçlendirmiş ve karşılaştığım zorluklarda yolumu aydınlatmıştır. Kendilerine, bana kattıkları tüm değerler için içtenlikle minnettarım.

Veri toplama ve uygulama sürecinde özveriyle desteklerini sunan, katkılarıyla çalışmamın yürütülmesini mümkün kılan değerli çalışma arkadaşlarıma katılım sağlayarak araştırmamın gerçekleşmesine imkân veren tüm hastalara en içten teşekkürlerimi sunarım. Onların işbirliği ve güveni, bu sürecin temel yapı taşlarından biri olmuştur.

Eğitimim boyunca bilgi, emek ve dostluklarıyla yanımda olan, birlikte öğrenmenin ve dayanışmanın gücünü hissettiren tüm asistan arkadaşlarıma da ayrıca teşekkür ederim. Bu zorlu ama öğretici süreçte birlikte yol almanın, karşılaşılan güçlükleri paylaşarak aşmanın ve sevinçleri çoğaltmanın kıymetini çok daha iyi anladım. Birlikte geçirilen her an, hem mesleki hem de insani açıdan unutulmaz birer kazanım oldu.

Ve elbette, hayatımın her döneminde yanımda olan, sevgisi, sabrı ve anlayışıyla bana güç veren, her koşulda desteğini esirgemeyen canım aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Onların varlığı, bu yolculuğun en büyük motivasyon kaynağı olmuş, karşılaştığım her zorluğu aşmamda bana rehberlik etmiştir. İyi ki varsınız; varlığınız, en büyük gücüm ve en değerli hazinemdir.

Dr. Hande Ece ÖZ

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
SİMGELER VE KISALTMALAR v
TABLOLAR LİSTESİ vi
ŞEKİLLER LİSTESİ vii
ÖZET viii
SUMMARY ix
1. GİRİŞ VE AMAÇ 1
2. GENEL BİLGİLER 3
2.1. LOMBER OMURGA ANATOMİSİ 3
2.1.1. İntervertebral Disk 5
2.1.2. Eklemler 6
2.1.3. Lomber Omurga Ligamanları 7
2.1.4. Lomber Omurga Kasları 9
2.1.5. Lomber Omurga İnnervasyonu 11
2.1.6. Lomber Omurga Arteryel ve Venöz Dolaşım 12
2.1.7. Lomber Spinal Kanal Anatomisi 14
2.1.8. Lomber Omurga Biyomekaniği 15
2.2. LOMBER SPİNAL STENOZ 16
2.2.1. Tanım ve Tarihçe 16
2.2.2. Epidemiyoloji 17
2.2.3. Etiyoloji ve Sınıflama 17
2.2.4. Patofizyoloji 18
2.2.4.1. Anatomi ve Biyomekanik 18
2.2.4.2. Dejeneratif ve Spondilotik Değişiklikler 19
2.2.4.3. Gelişimsel ve Konjenital Faktörler 21
2.2.4.4. Lomber Spinal Stenoz ve Ağrı Patofizyolojisi 21
2.2.5. Klinik Özelikler ve Fizik Muayene 22
2.2.6. Tanı Yöntemleri 23
2.2.7. Ayırıcı Tanı 27

2.2.8. Tedavi Yaklaşımları....27
2.2.8.1. Konservatif Tedaviler....28
2.2.8.2. Farmakolojik Tedaviler....29
2.2.8.3. Girişimsel Tedaviler....32
2.2.8.4. Cerrahi Tedaviler....33
2.3. İNTERLAMİNAR EPİDURAL STEROİD ENJEKSİYONU....35
2.3.1. Tarihçe ve Klinik Endikasyonlar....35
2.3.2. Etki Mekanizmaları....36
2.3.2.1. Antiinflamatuar Etkiler....36
2.3.2.2. Ağrı İletim Yollarının Modülasyonu....37
2.3.2.3. Sinir Kökü Kompresyonunun Azaltılması....37
2.3.3. Kullanılan İlaçlar....37
2.3.3.1. Partikül İçeren Steroidler....37
2.3.3.2. Partikül İçermeyen Steroidler....38
2.3.3.3. Lokal Anestezikler....38
2.3.4. Riskler ve Güvenlik....40
2.4. MAGNEZYUMUN AĞRI MODÜLASYONUNDAKİ ROLÜ....40
2.4.1. Etki Mekanizması....41
2.4.1.1. NMDA Reseptör Blokajı....41
2.4.1.2. İyon Kanallarının Modülasyonu....42
2.4.1.3. Histopatolojik Değişiklikler....42
2.4.2. Epidural Enjeksiyonda Magnezyum Kullanımı....42
2.4.3. Riskler ve Güvenlik....43
3. GEREÇ VE YÖNTEM....45
3.1. İSTATİSTİKSEL ANALİZ....52
4. BULGULAR....53
5. TARTIŞMA....65
6. SONUÇ....711
KAYNAKLAR....73
EKLER....833
EK-1: ETİK KURUL KARARI....83
EK-2: HASTA VERİ TOPLAMA FORMU....84

ÖZGEÇMİŞ.....85

SİMGELER VE KISALTMALAR

ALL : Anterior Longitudinal Ligament
BKİ : Beden Kitle İndeksi
BT : Bilgisayarlı Tomografi
DN4 : Douleur Neuropathique 4 Anketi
ESE : Epidural Steroid Enjeksiyonu
EP : End Plate
GAS : Görsel Analog Skala
İLESE : İnterlaminar Epidural Steroid Enjeksiyonu
İVD : İntervertebral disk
İVF : İntervertebral Foramen
LDH : Lomber Disk Hernisi
LSS : Lomber Spinal Stenoz
LSSS : Lomber Santral Spinal Stenoz
Mg : Magnezyum
mg : Miligram
MgSO4 : Magnezyum Sülfat
ml : Mililitre
MODİ : Modifiye Oswestry Dizabilite İndeksi
MRG : Manyetik Rezonans Görüntüleme
NMDA : N-metil-D-aspartat
NRS : Sayısal Derecelendirme Skalası
NSAİİ : Non-Steroid Antiinflamatuvar İlaçlar
ODI : Oswestry Disability Index (ODI)
PLL : Posterior Longitudinal Ligament
TFESE : Transforaminal Epidural Steroid Enjeksiyonu

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Lomber omurga kaslarının fonksiyonel sınıflandırması.....10
Tablo 2. Lomber spinal stenozun sınıflandırılması.....18
Tablo 3. BT ve MRG ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması.....26
Tablo 4. LSS ile karışabilen başlıca hastalıklar ve ayırıcı özellikler.....27
Tablo 5. Cerrahi tedavi yöntemlerinin karşılaştırması.....35
Tablo 6. Steroidlerin etkinlik ve güvenlik karşılaştırması.....38
Tablo 7. Demografik karakteristikler ve grupların karşılaştırılması.....53
Tablo 8. NRS, DN4, MODI ve yürüme mesafesi skorlarındaki değişiklikler.....57

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Vertebral kolon anterior, lateral ve posteriordan görünüşü 4
Şekil 2. Lomber omurganın üstten, yandan ve arkadan görünümü 4
Şekil 3. Lomber omurganın ligamanları 9
Şekil 4. Lomber omurga innervasyonu 12
Şekil 5. Vertebral bölge kan dolaşımı 13
Şekil 6. Spinal stenoz olşumuna neden olan dejeneratif değişiklikler 20
Şekil 7. Grupların temel demografik özelliklerinin karşılaştırılması. 54
Şekil 8. Grupların bazal NRS ve yürüme mesafesi değerlerinin karşılaştırılması. 54
Şekil 9. Gruplara göre spinal stenoz darlık derecesi dağılımları 55
Şekil 10. Gruplara göre spinal stenoz seviyelerinin dağılımı 56
Şekil 11. NRS'de %50 ve üzeri azalma oranlarının Grup M ve Grup S'de 3. hafta ve 3. ayda karşılaştırılması 58
Şekil 12. NRS skorlarının zaman içindeki değişimi 59
Şekil 13. DN4 skorlarının zamana bağlı değişimi 60
Şekil 14. MODI skorlarının zamana bağlı değişimi 61
Şekil 15. Yürüme mesafesinin zamana bağlı değişimi 62
Şekil 16. NRS, DN4, MODI ve yürüme mesafesi parametrelerinin normalize edilmiş radar grafik ile gösterimi 63
Şekil 17. NRS, DN4, MODI ve yürüme mesafesi parametrelerinin bazale göre yüzde değişimleri 63

ÖZET

Lomber Santral Spinal Stenozda İnterlaminar Epidural Enjeksiyonda Anestezik ve Steroidle Birlikte Kombine Edilen Magnezyum Uygulamasının Etkisi

Amaç: Bu çalışmanın amacı, lomber santral spinal stenoz (LSSS) nedeniyle interlaminar epidural steroid enjeksiyonu (İLESE) uygulanan hastalarda magnezyum sülfat (MgSO4) eklenmesinin kısa ve orta vadeli analjezik etkisini ve fonksiyonel iyileşmeye katkısını değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntem: Retrospektif kesitsel tasarımdaki bu çalışmaya, Haziran-Kasım 2024 tarihleri arasında Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Algoloji Kliniği'nde LSSS tanısıyla İLESE uygulanan hastalar dahil edilmiştir. Hastalar, enjeksiyon içeriklerine göre iki gruba ayrıldı: Grup M (MgSO4 içeren) ve Grup S (kontrol). Ağrı ve fonksiyonel durum; sayısal derecelendirme skalası (NRS) , Modifiye Oswestry Dizabilite İndeksi (MODİ) ve Douleur Neuropathique 4 Anketi (DN4) skorları ile işlem öncesi, 3. hafta ve 3. ayda değerlendirildi. Veriler SPSS Statistics 22.0 yazılımı ile analiz edildi.

Bulgular: Her iki grupta da enjeksiyon sonrası ağrı skorlarında anlamlı azalma gözlendi ($p<0,05$). Üçüncü haftada NRS skorlarında Grup M'deki azalma istatistiksel olarak daha belirgindi ($p=0,003$). Ancak üçüncü ayda gruplar arasında anlamlı fark bulunmadı ($p=0,114$). Yürüme mesafesi ve MODI/DN4 skorlarında benzer gelişmeler saptandı. Ciddi advers olay izlenmedi.

Sonuç: MgSO4'un İLESE'ye eklenmesi, LSSS hastalarında kısa vadede ağrı kontrolünü artırmakta ve güvenli bir yöntem olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, bu etkinin orta vadede sürmemesi, MgSO4' ün etkisinin geçici olabileceğini düşündürmektedir. Uzun dönem sonuçlar için ileri düzey randomize kontrollü çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar kelimeler: Lomber spinal stenoz, epidural enjeksiyon, magnezyum sülfat

SUMMARY

Evaluation of the Effect of Magnesium as an Adjuvant to Anesthetic and Steroid in Interlaminar Epidural Injections for Lumbar Central Spinal Stenosis

Objective: This study aimed to evaluate the short- and mid-term analgesic effect and functional improvement associated with the addition of magnesium sulfate (MgSO4) to interlaminar epidural steroid injection (ILESI) in patients with lumbar central spinal stenosis (LSSS).

Materials and Methods: This retrospective cross-sectional study included patients who underwent ILESI between June and November 2024 due to moderate to severe LSSS at the Algology Clinic of Gülhane Training and Research Hospital. Patients were divided into two groups based on injection content: Group M (with MgSO4) and Group S (control). Pain and function were assessed using NRS, MODI, and DN4 scores at baseline, week 3, and month 3. Data were analyzed using SPSS

Results: Both groups showed significant pain reduction after injection ($p<0.05$). Group M demonstrated a significantly greater reduction in NRS scores at week 3 ($p=0.003$), although no significant difference was found at month 3 ($p=0.114$). Improvements in walking distance and MODI/DN4 scores were comparable between groups. No serious adverse events were observed.

Conclusion: Adding magnesium sulfate to ILESI enhances short-term pain control in patients with LSSS and appears to be a safe intervention. However, its limited mid-term efficacy suggests that the effect may be transient. Further randomized controlled trials are needed to confirm its long-term benefits.

Keywords: Lumbar spinal stenosis, epidural injection, magnesium sulfate

1. GİRİŞ VE AMAÇ

LSSS, bel bölgesindeki omurilik kanalının daralması ile karakterize olan, bel ve bacaklarda ağrı, uyuşma, kaludikasyon gibi semptomlara yol açabilen en yaygın görülen bel ağrısı sebelerinden biridir (1). LSSS tedavisinde çok sayıda konservatif tedavi, çeşitli girişimsel prosedürler ve dekompresif cerrahi semptomları azaltmada ve yaşam kalitesini artırmada başarılıdır (2).

İLESE uygulaması LSSS' ye bağlı kronik bel ağrısında belirgin bir iyileşme sağlayan ve en sık uygulanan girişimsel tedavilerden birisidir (3). Cerrahiye uygun olmayan ve cerrahi prosedürlerden fayda göremeyebilecek hafif ile orta derecede stenozu olan hastalar için, konservatif tedavinin başarısız olması durumunda epidural enjeksiyonlar tek seçenek olabilir (4). İLESE tedavisi sonrasında hastaların aktivite düzeylerinde ve yürüme yeteneğinde de iyileşme sağlanabilmektedir (5).

MgSO4, N-metil-D-aspartat (NMDA) reseptörünün fizyolojik antagonsiti olduğundan periferik nosiseptif stimülasyona karşı santral sensitizasyonu inhibe eder. MgSO4, ayrıca klinik uygulamada anti-inflamatuar ve nöroprotektif bir ajan olarak kullanılmaktadır (6). Oral magnezyumun (Mg) nöropatik ağrıyı baskıladığı, intratekal MgSO4 uygulamasının morfin analjezisini güçlendirdiği bilinmektedir(6). Ayrıca perioperatif uygulanan MgSO4'ün postoperatif ağrı kontrolü üzerine oldukça etkili olduğunu gösteren birçok çalışma mevcuttur (7). Bunun yanında, epidural yolla uygulanan MgSO4'ün kronik bel ağrısında ve LDH bağlı gelişen radiküler ağrıda etikili güvenli bir ajan olduğunu bildiren çalışmalar vardır (8, 9).

Daha önce yapılan bir çalışmada transforaminal epidural enjeksiyonlara MgSO4 eklenmesinin, yalnızca lokal anestezik ve steroid içeren geleneksel enjeksiyonlara kıyasla anlamlı derecede daha uzun süreli ve etkili ağrı kontrolü sağladığı gösterilmiştir (10). Yapılan bu çalışmada, enjeksiyon sonrası 3 aya kadar Görsel Analog Skala (GAS) skorlarının MgSO4 grubunda belirgin biçimde daha düşük olduğu rapor edilmiştir, fonksiyonel kapasitelerinde de anlamlı iyileşmelere gözlenmiştir (10). Bu bulgular, MgSO4 ağrı yönetiminde potansiyel bir yardımcı tedavi

olarak değerlendirilebileceğini ve cerrahi müdahalelerin yanı sıra konservatif yaklaşımların da dikkate alınması gerektiğini göstermektedir (10).

Bu olumlu sonuçlar, MgSO4' ün potansiyel antinöropatik etkileriyle ilişkilendirilmektedir. Mg'nin merkezi sinir sistemi üzerinde NMDA reseptörlerini bloke ederek ağrı iletimini azaltabildiği ve bu mekanizma aracılığıyla nöropatik ağrının hafifletilmesinde etkili olabileceği literatürde belirtilmektedir (6). Epidural boşluğa uygulandığında da benzer etkiler gösterdiği bildirilen Mg, intratekal uygulamalardaki analjezik etkilerle paralellik göstermektedir (8-10). Bu bulgular MgSO4transforaminal enjeksiyon protokolüne eklenmesinin tedavi etkinliğini artırabileceğini düşündürmektedir (8). Ayrıca, MgSO4'ün önerilen dozlarda ve transforaminal epidural yolla güvenli bir şekilde uygulanabildiği ve ciddi advers etki bildirilmediği vurgulanmıştır. Bu da MgSO4'ün, kronik alt ekstremite radiküler ağrının yönetiminde etkili ve güvenilir bir alternatif tedavi seçeneği olabileceğini göstermektedir (8).

Bildiğimiz kadarıyla literatürde, MgSO4'ün LSSS'de interlaminar epidural yolla uygulanmasının etkisini değerlendiren çalışma bulunmamaktadır. Bu bilgiler ışığında bu çalışmanın amacı LSSS'ye bağlı gelişen bel ve bacağa yayılan ağrı tedavisinde interlaminar yolla uygulanan epidural steroid enjeksiyonu ile steroidle kombine edilen MgSO4'ün etkisini karşılaştırmaktır.

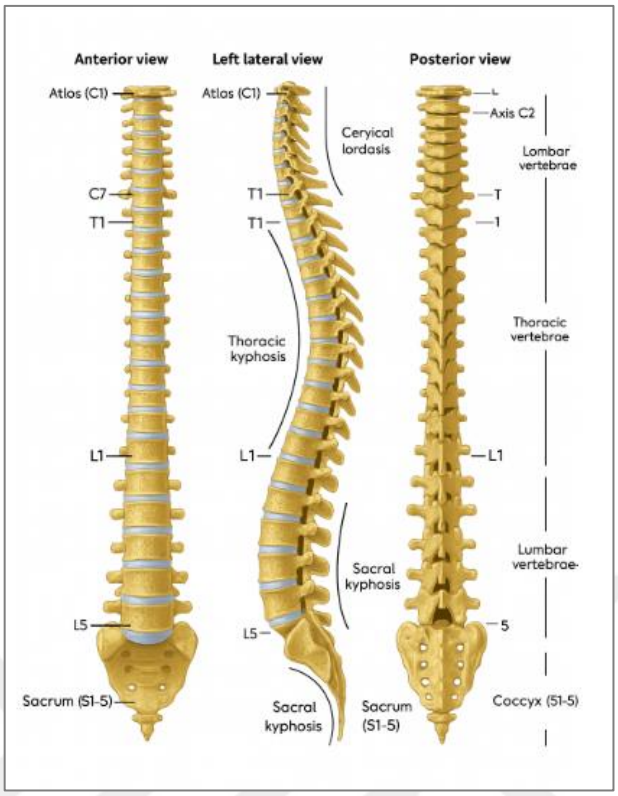
Bu tez çalışmasında amaç; LSSS tanısı almış hastalarda, İLESE'ye MgSO4'ün eklenmesinin analjezik etkinliğe ve fonksiyonel iyileşmeye olan katkısını değerlendirmektir. Bu kapsamda MgSO4'ün klasik tedavi rejimlerine eklenmesinin, konservatif tedavi seçenekleri içerisindeki yerinin daha net tanımlanmasına katkı sağlaması hedeflenmektedir

2. GENEL BİLGİLER

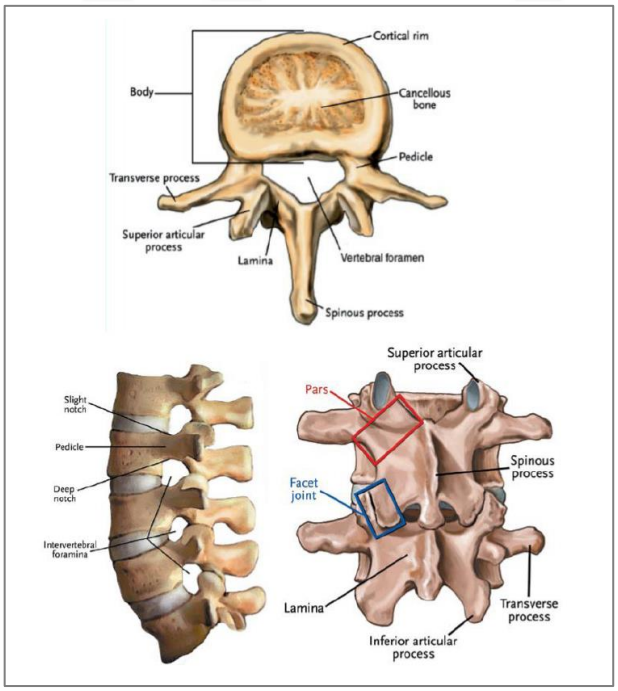
2.1. LOMBER OMURGA ANATOMİSİ

Aksiyel iskeletin temel yapısını oluşturan vertebral kolon; 7 servikal, 12 torakal, 5 lomber, 5 sakral ve 4 koksigeal olmak üzere toplam 33 vertebradan meydana gelir (şekil 1) (11). Her bir vertebra, anteriorda yer alan korpus vertebra ile posteriorda bulunan arkus vertebradan oluşan iki ana bileşenden meydana gelir (11). Arkus vertebra, bilateral pedikül ve laminaların birleşmesiyle şekillenir; üzerinde bir adet prosessus spinosus, iki adet prosessus transversus ve ikişer adet prosessus artikülaris superior ile prosessus artikülaris inferior yer alır (11). Korpus vertebra, trabeküler kemikten oluşur ve dış kısmı ince bir kortikal kemik tabakasıyla çevrilidir. Üst ve alt yüzeyleri, hiyalin kartilaj yapısındaki end-plate'lerle sonlanır (11).

Lomber vertebral kolon, lateralden bakıldığında konkavitesi anteriora bakan ve "lordoz" olarak tanımlanan fizyolojik bir eğrilik gösterir (12). Lomber vertebralar, artmış aksiyel yük taşıma kapasitesine ve mekanik strese karşı yüksek direnç sağlayacak şekilde, servikal ve torakal vertebralara kıyasla daha büyük korpuslara sahiptir (12). L1'den L5 seviyesine doğru ilerledikçe korpus vertebra ve prosessus transversus'ların boyutlarında artış gözlenirken, prosessus spinosus'ların uzunlukları azalır (12). Vertebra korpuslarının posterior yüzeyleri, L1'den L4'e kadar düz veya hafif konkav iken, L5 vertebranın posterior yüzeyi hafif konvekstir (11).



Şekil 1. Vertebral kolon anterior, lateral ve posteriordan görünüşü



Şekil 2. Lomber omurganın üstten, yandan ve arkadan görünümü (13)

Lomber fonksiyonel ünite, omurgaya hem stabilite hem de esneklik kazandırmak üzere birlikte çalışan çeşitli anatomik yapılardan oluşur (11). Bu yapılar arasında vertebralar, intervertebtral diskler, ligamentler, kaslar ve sinirler yer alır. Her bir bileşen, lomber omurganın biyomekaniği ve işlevselliğinde kritik rol oynar. Yük taşıma, hareketi kolaylaştırma ve sinir yapılarını koruma gibi temel işlevlerin sağlanmasına katkıda bulunur (12). Bu yapılar arasındaki bütüncül etkileşim, bel omurgasının yapısal bütünlüğünü ve fonksiyonel kapasitesini sürdürmek açısından gereklidir.

2.1.1. İntervertebral Disk

İntervertebral diskler (İVD), omurganın hareketliliğini sağlarken aksiyel yükleri absorbe eden fibro-kartilajinöz yapılardır ve omurga uzunluğunun yaklaşık %25–30'unu oluştururlar (11). İnsan omurgasında toplam 23 İVD bulunur; lumbosakral bölge hariç, disk boyutları aşağıya doğru ilerledikçe artar. Disk kalınlıkları servikal bölgede ~3 mm, torakal bölgede ~5 mm, lomber bölgede ise ~9–10 mm'dir (14). Bu kalınlıklar vertebra korpus yüksekliğiyle birlikte mobiliteyi etkiler; servikal bölgede 2/5, torakalda 1/5, lomberde 1/3 oranındadır (15). Bu nedenle servikal bölge en hareketli segmenttir.

Makroskopik olarak diskler; merkezi jelatinöz nukleus pulposus ve çevresindeki lamellerden oluşan anulus fibrosustan meydana gelir. Nukleus, yüksek su içeriği sayesinde aksiyel yükün ~%72'sini taşır (16). Gençlerde su oranı %88 iken yaşla birlikte bu oran %70'in altına düşer (16). Anulus fibrosus ise kollajen liflerden oluşur; elastik yapısı ile nukleusu destekler ve kalan yükü taşır (12). Lomber bölgede disk yüksekliği, L1–L2 düzeyinde erkeklerde ortalama 6,9 mm, kadınlarda 5,8 mm iken, L4–L5'te sırasıyla 9,2 mm ve 8,5 mm'ye yükselir (16). L5–S1 düzeyinde ise kadın ve erkek değerleri birbirine daha yakındır. Kadınlarda, L5–S1 hariç disk yükseklikleri anlamlı olarak daha düşüktür (16).

Anulusun ön kısmında 15–20, arka kısmında 8–10 lamel bulunur; bu lameller dıştan içe doğru vertikalden oblik ve horizontal yerleşime geçer (16). Dış tabakalar tip I, iç tabakalar tip II kollajenden oluşur. Sharpey lifleriyle korpusa tutunarak mekanik

dayanıklılığı artırır. Anulusun sinir ve damar bağlantıları, mekanik yüklenmeye bağlı ağrının fizyopatolojisinde rol oynar (17).

İVD'lerin alt ve üst yüzlerindeki hiyalin kıkırdaktan oluşan end-plate'ler, mikroskobik porlar aracılığıyla difüzyonla disk beslenmesini sağlar (16). İlk üç dekadda doğrudan vasküler beslenme varken, sonrasında difüzyon baskındır. Yüklenme sırasında nukleustaki su molekülleri end-plate üzerinden vertebra korpusuna geçerek yükü emer, yük azaldığında geri emilerek diski besler.

İVD'ler fleksiyon, ekstansiyon ve rotasyon gibi hareketlere izin verirken omurgaya stabilite kazandırır (17). Aksiyel kompresyonda anulus yükü dağıtır, nukleus hidrolik özellikleriyle absorpsiyon sağlar (17). Eğilme ve torsiyon gibi kuvvetler diski en çok zorlayan yüklenmelerdir (16). Viskoelastik özellikler enerji emilimi ve dağılımına katkı sunar. Esneklikleri sayesinde, oturma sırasında disk üzerine binen yük üç katına, hareketle altı katına çıkabilir ve bu süreçte disk yüksekliği geçici olarak azalır (16).

2.1.2. Eklemler

Vertebra cisimleri symphysis intervertebralis ve faset eklemleri olarak da bilinen artikülasyo zigapofsialis olarak adlandrılan iki ana tip eklem aracılığıyla bağlantı kurar (11).

Simfisis İntervertebralis

Vertebra korpuslarının alt ve üst yüzeyleri hafif konkav yapıda olup, ince bir hiyalin kıkırdak tabakası ile örtülüdür (12). Bu iki yüzey arasında yer alan İVD , hem hareket kabiliyeti sağlar hem de aksiyel yüklerin absorpsiyonundan sorumludur (12). Vertebra korpuslarının stabilitesini sağlayan başlıca ligamentöz yapılar, önde ligamentum longitudinale anterius (ALL) ve arkada ligamentum longitudinale posterius (PLL)'dur (11).

Artikülasyo Zigapofisiyalis (Faset Eklemler)

Faset eklemleri, prosessus artikülaris superior ve proessus artikülaris inferior yüzeyleri arasında oluşan sinovyal tip eklemlerdir. Eklem yüzeyleri hiyalin kıkırdak

ile kaplıdır ve fibröz bir kapsülle çevrelenmiştir (11). Kapsül içinde, sinovyal membran tarafından oluşturulan ve meniskoid kıvrımlar olarak adlandırılan iki adet resessus (üst ve alt) bulunur. Sinovyal efüzyon durumunda, üst resessusun intervertebral foramene (İVF) doğru protrüzyonu, spinal sinir üzerinde baskı oluşturabilir. Eklem kapsülü, ligamentum flavum tarafından desteklenerek faset eklemlerin stabilitesini sağlar (12).

Faset eklemler, omurgada hareketin yönünü belirlemenin yanı sıra yük taşıma fonksiyonunu da üstlenir (15). Bu eklemlerin ve İVD'lerin yük taşıma oranı, omurganın pozisyonuna bağlı olarak değişir. Özellikle ekstansiyon pozisyonunda, faset eklemler üzerine binen yük, toplam aksiyel yükün yaklaşık %30'una ulaşarak en yüksek seviyesine çıkar (17). Bu özellik, omurganın hem stabilitesini sağlar hem de hareket açıklığının fizyolojik sınırlar içinde kalmasına katkıda bulunur (17).

2.1.3. Lomber Omurga Ligamanları

Vertebral kolonun stabilitesi; İVD'ler, omur cisimleri, faset eklemleri ve spinöz çıkıntılar gibi kemik yapılarla birlikte çeşitli ligamentöz yapılar tarafından sağlanır (11). Bu ligamentler, aksisten sakruma kadar omurganın bütünlüğünü korurken aşırı hareketleri sınırlandırarak stabiliteyi destekler ve postüral kontrol ile proprioseptif duyunun sürdürülmesinde önemli rol oynar (15). Omurga ligamentleri, uzunlamasına uzananlar anterior longitudinal ligament (ALL), posterior longitudinal ligament (PLL) ve vertebra arkuslarını birleştiren transvers seyirli yapılarligamentum flavum, kapsüler, interspinöz, supraspinöz, intertransvers ve vertebropelvik ligamentler olmak üzere iki ana gruba ayrılır (11).

ALL, foramen magnum'un anteriorundan başlayıp atlasın ön tüberkülünden sakruma kadar uzanır ve vertebra korpuslarının ön yüzlerine ile İVD'lerin ön kısımlarına sıkıca tutunur (11). Üç tabakalı lif yapısına sahiptir: derin lifler komşu iki vertebrayı, orta lifler iki ila üç, yüzeyel lifler ise dört ila beş vertebrayı birbirine bağlar (11). Aşağıya doğru inildikçe kalınlığı ve genişliği artar. ALL, aşırı ekstansiyonu sınırlayarak lomber bölge stabilitesine katkı sağlar ve annulus fibrosusu anterior yönden destekler (15). PLL, foramen magnum'un posterior kenarından tectorial membran olarak başlayıp aksisten sakruma kadar spinal kanal içinde uzanır (11).

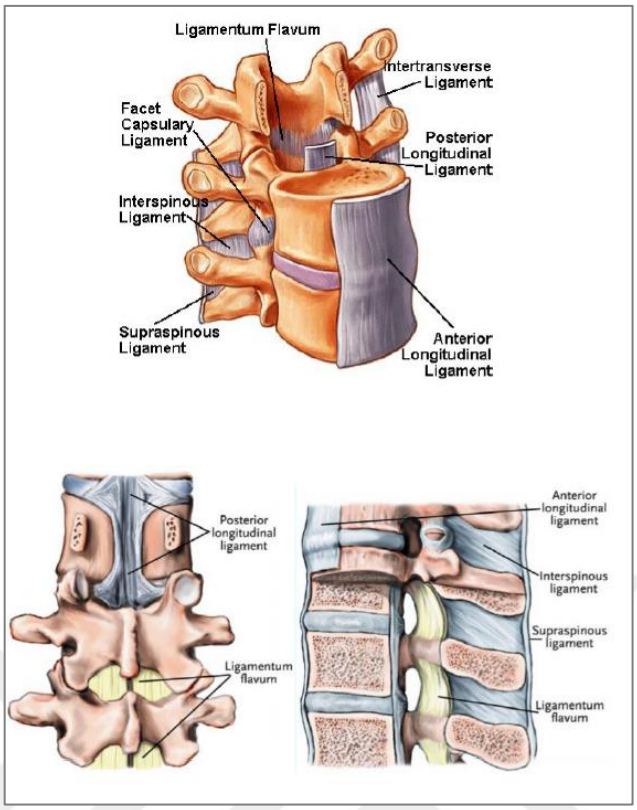
Vertebra korpuslarının arka yüzleri ile İVD'lerin posterior kısımlarına tutunur. Üst seviyelerde daha genişken, L1 seviyesinden itibaren daralmaya başlar ve L5–S1 düzeyinde genişliği yaklaşık yarıya iner (16). Bu anatomik özellik, LDH'lerin oluşumunda etkili bir faktördür. PLL, hiperfleksiyonu sınırlayarak vertebral kolonun anterior bölümünü posteriordan destekler (12).

Ligamentum flavum, %80 oranında elastik lif içermesiyle karakterize sarı renkli bir yapıdır (15). C2'den sakruma kadar, komşu vertebraların laminaları arasında uzanır; üstteki lamina ön-alt yüzeyinden alttaki lamina arka-üst yüzeyine kadar yerleşir. Orta hatta venöz pleksus geçişine izin veren boşluklar bulunur. Servikalden lomber bölgeye doğru kalınlığı artar. Fleksiyon hareketlerini sınırlayarak normal postürün korunmasına katkı sağlar; elastik yapısıyla omurgayı fleksiyon sonrası eski pozisyonuna döndürür (15). Ayrıca, spinal kanalın arka duvarında yumuşak bir bariyer oluşturarak nöral yapıları korur (17).

Supraspinöz ligament, C7 vertebradan sakruma kadar spinöz çıkıntıların uçlarını birleştirir ve servikal bölgede ligamentum nuchae olarak devam eder (11). Yüzeyel lifleri dört-beş, orta lifleri iki-üç, derin lifleri ise komşu iki vertebrayı birleştirir. Bu bağ, aşırı fleksiyonu ve rotasyon hareketlerini sınırlamada rol oynar (15).

İnterspinöz ligament ise komşu vertebraların spinöz çıkıntıları arasında yer alır; ince ve membranöz yapıdadır. Ön yüzü ligamentum flavum, arka yüzü supraspinöz ligament ile devamlılık gösterir. Özellikle lomber bölgede daha iyi gelişmiştir (11).

İntertransvers ligamentler, komşu vertebraların transvers çıkıntılarını birleştiren fibröz bantlardır (11). Servikal bölgede gergin ve incedir; torakal bölgede daha kalın, lomber bölgede ise membranöz yapıdadır. Bu ligamentler, omurganın lateral fleksiyon hareketlerini sınırlandırır (15).



Şekil 3. Lomber omurganın ligamanları (13)

2.1.4. Lomber Omurga Kasları

Lomber omurgayı anterolateral yönden çevreleyen başlıca kaslar m. psoas major ve m. psoas minor'dur (11). M. psoas major, lomber vertebraların anterolateral yüzeylerinden başlayarak femurun trochanter minor'unda sonlanır (11). Kalça fleksiyonunun ana kası olup, aynı zamanda gövdenin fleksiyon, ekstansiyon ve rotasyon hareketlerinde lomber omurganın stabilizasyonuna katkı sağlar (15). M. psoas minor ise her bireyde bulunmayabilir; omurgaya sınırlı düzeyde etki eder ve proprioseptif işlev gördüğü düşünülmektedir (15).

Vertebra transvers çıkıntılarını anteriordan örten ve birbirine bağlayan kaslar arasında m. quadratus lumborum ve mm. intertransversarii laterales yer alır (11). M. quadratus lumborum, 12. kosta ve lomber transvers çıkıntılar ile iliak krest arasında uzanır (11). Lateral fleksiyon hareketine yardımcı olurken, pelvis ile toraks arasında denge sağlar (15). Mm. intertransversarii laterales ise komşu vertebraların transvers

çıkıntıları arasında yerleşir ve segmental stabilite ile lateral fleksiyona katkıda bulunur (11).

Posterior kaslar, vertebral kolonun arka yüzeyini örter ve yüzeyel ile derin tabakalar olarak sınıflandırılır (15). Bu kaslar, omurganın ekstansiyonu, rotasyonu ve postüral stabilitesinde önemli rol oynar (15). Yüzeyel tabakada m. trapezius, m. latissimus dorsi, m. rhomboideus major ve minor ile m. serratus posterior superior ve inferior bulunur (11). Bu kaslar omuz kuşağı ve üst gövde hareketlerinde görev alırken, omurgaya dolaylı destek sağlar (15).

Derin tabakada yer alan erektor spinae grubu, m. iliocostalis, m. longissimus ve m. spinalis kaslarından oluşur (11). Bu grup kaslar birlikte çalışarak omurganın ekstansiyonu ve lateral fleksiyonunu sağlar. Daha derinde bulunan m. multifidus, m. rotatores ve m. semispinalis gibi kaslar ise vertebral segmentler arasında yer alarak omurganın ince ayarlı hareketleri ve stabilitesine katkı sunar (15). Özellikle m. multifidus, lomber omurga stabilizasyonunda önemli bir role sahiptir (15).

Tablo 1. Lomber omurga kaslarının fonksiyonel sınıflandırması

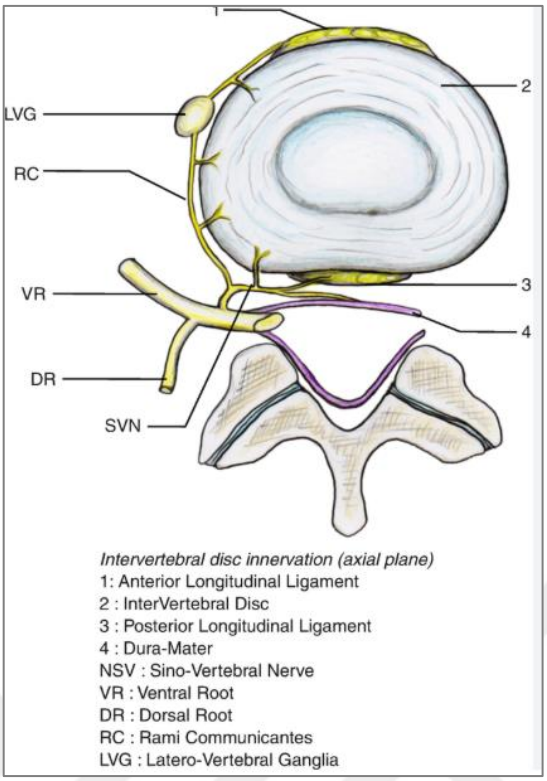
Kas Fonksiyonu	Kas Grubu	Kaslar	Görev ve Etki
Ekstansiyon	Yüzeyel Ekstansörler	m. iliocostalis m. longissimus m. spinalis	Lomber omurgada ekstansiyon ve lateral fleksiyon hareketlerini sağlar.
	Derin Ekstansörler (Transversospinal Grup)	m. semispinalis m. multifidus mm. rotatores	Ekstansiyon hareketi ile birlikte karşı tarafa rotasyon gerçekleştirir.
Fleksiyon	Fleksör Kaslar	m. rectus abdominis m. transversus abdominis m. obliquus internus abdominis m. obliquus externus abdominis	Gövdenin öne eğilmesini sağlar, karın içi basıncı artırarak lomber stabiliteye katkı sunar.
Lateral Fleksiyon	Lateral Fleksör Kaslar	m. quadratus lumborum m. obliquus internus abdominis m. obliquus externus abdominis	Gövdenin aynı tarafına doğru eğilme hareketini gerçekleştirir.
Rotasyon	Rotator Kaslar	m. obliquus internus abdominis m. obliquus externus abdominis	Gövdenin aksi ya da aynı tarafına doğru rotasyon hareketini sağlar (kasın yerleşimine göre değişir).

2.1.5. Lomber Omurga İnnervasyonu

Bel ağrısının patofizyolojisini anlayabilmek için vertebral kolonun duyusal innervasyonunun bilinmesi büyük önem taşır. Lomber omurga, esas olarak sinuvertebral sinir (Luschka'nın rekürrent siniri) ve posterior primer ramus olmak üzere iki ana sinir kaynağından innervasyon alır (12).

Sinuvertebral sinir, spinal sinir kökü anterior ve posterior ramuslara ayrılmadan önce çıkar ve sempatik gangliondan gelen liflerle birleşerek İVF'den spinal kanala girer (11). Pedikülün lateralinden geçerek PLL yanında asendan, desendan ve transvers dallara ayrılır (11). Bu dallar, karşı tarafın simetrik dalları ile anastomoz yaparak geniş bir innervasyon ağı oluşturur (12). Sinuvertebral sinir; PLL'yi, anulus fibrosusun posterior dış liflerini, anterior dura mater'i, posterior vertebral periostu ve lateral resesi innerve eder. Ayrıca, ilgili segmentteki İVD' nin arka kısmına küçük dallar vererek diskin posterior bölümünün innervasyonunu sağlar (12).

Posterior primer ramus, spinal sinir İVF' den çıktıktan sonra anterior ve posterior olmak üzere ikiye ayrılır (18). Anterior ramus öne ilerleyerek lumbosakral pleksusu oluştururken, posterior ramus medial ve lateral olmak üzere iki dala ayrılır (18). Medial dal, faset eklemler ve paraspinal kasların innervasyonunu sağlar. Her bir faset eklemi, komşu iki segmentin medial dalları tarafından çift taraflı olarak innerve edilir (15). Ayrıca multifidus, intertransversarii ve interspinöz kaslar ile interspinöz ligament, ligamentum flavum, spinöz çıkıntılar, lamina ve lumbodorsal fasya da medial dal tarafından innerve edilir (15). Lateral dal ise lomber bölge cildinin duyusal innervasyonunu sağlar (11). Posterior primer ramusun medial dalı, faset eklem kaynaklı ağrının iletiminde ve proprioseptif duyunun taşınmasında görev alırken; lateral dal, yüzeyel cilt duyusunu iletir. Komşu segmentlerin medial dalları arasında yer alan anastomozlar, faset eklem kökenli ağrının segmentler arası yayılımını açıklayabilir (12).

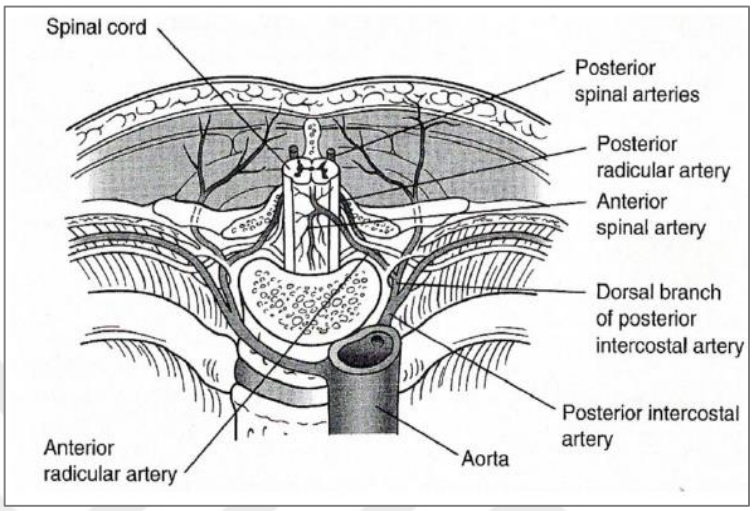


Şekil 4. Lomber omurga innervasyonu

2.1.6. Lomber Omurga Arteryel ve Venöz Dolaşım

Lomber omurganın arteriyel beslenmesi başlıca abdominal aortadan çıkan dört çift lomber arter ve medyan sakral arterin dalları ile sağlanır (19). L1–L4 seviyeleri arasındaki segmental arterler, aortadan bilateral olarak ayrılır ve omur korpusunun orta bölümünden İVF' ye girerek ilerler (18). L5 seviyesinin vaskülarizasyonu genellikle medyan sakral arter tarafından sağlanır (19). Her segmental arter, omur korpusuna vertikal yönde çıkan ve inen dallar verir; ayrıca korpus içine radyal dallar göndererek geniş bir kapiller ağ oluşturur (12). Ana arter, transvers çıkıntı altına ulaştığında dallanarak dorsal dalları meydana getirir. Bu dallar İVF' ye doğru ilerleyerek ön santral dal, spinal dallar ve posterior santral dallara ayrılır (19). Posterior santral dal vertebra korpusunu, prelaminar dal lamina, ligamentum flavum ve epidural dokuları, intermediyer nöral dallar ise spinal kord ve sinir köklerini besler (11). Dorsal dallar aynı zamanda spinöz çıkıntılar ve erektör spina kaslarının kanlanmasından sorumludur (18). Spinal kordun arteriyel beslenmesi ise vertebral arterlerin birleşerek oluşturduğu anterior spinal arter ile bilateral posterior spinal arterler tarafından sağlanır (18). Anterior spinal arter, medulla spinalisin ön iki üçünü, posterior spinal arterler ise arka

üçte birlik bölümünü besler (12). Aortadan köken alan segmental arterler, radiküler arterler yoluyla sinir köklerinin; segmental medüller dallar aracılığıyla ise spinal kordun vaskülarizasyonuna katkıda bulunur (19).



Şekil 5. Vertebral bölge kan dolaşımı (13)

Lomber omurga ve İVD' lerin venöz drenajı, internal ve eksternal venöz pleksuslar aracılığıyla gerçekleştirilir (19). Vertebra korpusundan çıkan venöz kan bu pleksuslara boşalır ve sonrasında lomber venler yoluyla vena kava inferiora drene edilir (19). Ayrıca asendan lomber venler aracılığıyla azigos ve hemiazigos venlerle anastomozlar kurularak alternatif drenaj yolları sağlanır (19). Eksternal venöz pleksuslar valvsiz yapıda olup geniş anastomotik bağlantılarla birbirine bağlanmıştır. Bu yapı, alt ekstremitelerden gelen venöz dönüşün arttığı durumlarda konjesyon riskini artırabilir (20).

İnternal venöz pleksuslar, vertebra korpuslarının arka yüzünde, pedikül medialinde bilateral olarak uzanır ve omurga hareketleri sırasında hidrolik şok absorpsiyonu sağlayarak medulla spinalisin korunmasına katkı sunar (20). Radiküler venler, sinir kökü çevresindeki venöz yapıları anterior internal venöz pleksusa boşaltır. Bu bölgede yer alan ilkel kapak sistemi; egzersiz, karın içi basınç artışı veya alt ekstremitelerden gelen venöz dönüşün artması gibi durumlarda drenajı kısıtlayabilir (19). Bu durum, radiküler ven konjesyonuna ve sinir köklerinde iskemi ile ödem gelişimine neden olarak ağrıya ve fonksiyon kaybına yol açabilir (19).

2.1.7. Lomber Spinal Kanal Anatomisi

Erişkin bireylerde omurilik, C1 vertebrasının üst kenarından başlayarak L1 vertebrasının alt kenarında sonlanır ve ucunda konus medullaris adı verilen konik yapı bulunur (11). Omurilik, içten dışa doğru pia mater, araknoid mater ve dura mater ile sarılıdır (11).

Spinal kanal; vertebra korpusu ve disklerin arka yüzü ile laminalar ve ligamentum flavum arasında yer alır (18). Bu alanda omurilik ve sinir kökleri bulunur. Torakal bölgede kanal daha dar olduğundan küçük lezyonlar bile belirgin nörolojik bulgulara neden olabilirken, lomber bölgedeki daha geniş kanal benzer lezyonlara karşı daha toleranslıdır (15). Spinal kanal L1–L2 seviyelerinde eliptik, L3'te üçgensi, L4–S1 seviyelerinde ise yonca şeklindedir (11). Bu morfoloji, pedikül boyunun kısalması ve faset eklemlerin kanala doğru uzanmasıyla oluşur. AP çap ortalama 22–25 mm'dir ve %50'ye kadar daralma nörolojik bası oluşturmadan tolere edilebilir (18). Spinal kanal her vertebra seviyesinde transvers planda pedikül, orta ve disk düzeyleri olarak; sagittal planda ise santral, lateral reses ve pedikül bölgeleri şeklinde değerlendirilir. Santral bölge dural keseyi içeren alanı, lateral reses dural kenar ile pedikül iç sınırı arasındaki bölgeyi, pedikül bölgesi ise İVF' yi kapsar (11).

Radiküler kanal, spinal kanal ile intervertebral kanal arasında kalan osteoligamentöz alandır (18). Ön duvarını vertebra korpusu ve disk, arka duvarını ligamentum flavum ve faset eklemi oluşturur (18). L4–S1 seviyelerinde sinir köklerinin daha uzun seyretmesi nedeniyle bu bölgelerde bası riski artar. Lateral reses, önde vertebra korpusunun posterolateral yüzü, lateralde pedikül, arkada ise faset eklemi ile sınırlıdır (12). Özellikle L3–L5 seviyelerinde belirgindir. Normal genişliği 4–5 mm olup, 3 mm altı göreceli, 2 mm ve altı kesin stenoz olarak değerlendirilir. İntervertebral kanal; üst ve alt pedikül çentikleri, vertebra korpusu, disk ve pars interartikülaris ile sınırlanır (12). Faset hipertrofisi ve spondiloz bu kanalı daraltarak sinir köklerine bası oluşturabilir (20). L1–L2 kökleri kısa ve yatay seyrederken, L5–S1 kökleri daha uzun ve eğimli ilerler. Radiküler kanal, üç anatomik bölgeye ayrılarak değerlendirilir. Giriş (subartiküler) bölgesi, İVD' nin arkasında ve faset ekleminin önünde yer alır; bu bölgede stenozun en sık nedeni faset hipertrofisidir (14). Orta (foramen) bölgesi sinir kökü ganglionunu içerir ve osteofitik çıkıntılarla daralabilir.

Çıkış (ekstraforaminal) bölgesinde ise stenoz genellikle alt vertebranın faset eklemine bağlı olarak gelişir.

2.1.8. Lomber Omurga Biyomekaniği

Vertebral kolon; servikal, torakal, lomber, sakral ve koksigeal segmentlerden oluşan, insan postürünün korunmasında merkezi rol oynayan kompleks bir yapıdır (21). İki ayaklı dik duruşun evrimsel kazanımıyla gelişen omurga biyomekaniği, minimal enerjiyle sagittal ve koronal düzlemde denge sağlamak üzere tasarlanmıştır (21). Bu denge, servikal lordoz, torakal kifoz, lomber lordoz ve pelvik parametrelerin uyumlu etkileşimiyle korunur (21).

Sagittal plandaki dizilim; omurga stabilitesi, aksiyel yüklerin dengeli dağılımı ve hareket kabiliyeti açısından kritik önemdedir (22). Lomber lordoz, L1 ve S1 üst end-plate'leri arasındaki Cobb açısı ile ölçülür ve yetişkinlerde genellikle 20°–45° arasında değişir (22). Bu açı, bireyin pelvik insidans değeri ile ilişkilidir. Pelvik insidans, sakrumun eğimini ve pelvik yapının sagittal pozisyonunu tanımlayan bireye özgü sabit bir parametredir; pelvik tilt ile sakral slop toplamına eşittir (17). Pelvik tilt, dengeyi sağlamak üzere artabilir ve bu durum pelvik retroversiyon olarak adlandırılır. Sakral slop ise pelvisin pozisyonuna göre değişen ve pelvik insidansla ters ilişkili bir parametredir (17). Global sagittal denge, C7 korpusu ile sakrumdan zemine inen dik çizgiler arasındaki mesafe olan sagittal vertikal aks ile değerlendirilir (17).

Omurga stabilitesi; kemik yapıların, İVD' lerin, faset eklemlerin ve ligamentlerin koordineli çalışmasıyla sağlanır (23). Lomber omurga fleksiyon, ekstansiyon ve lateral fleksiyon hareketlerine olanak tanırken, sagittale yakın yerleşimli faset eklemler nedeniyle rotasyon hareketleri sınırlıdır (24). Bu sınırlama, hem hareketin kontrollü sürdürülmesini hem de spinal kordun travmalardan korunmasını sağlar.

Ligamentöz yapılar, aşırı hareketleri sınırlayarak omurga stabilitesine katkı sağlar (17). ALL ekstansiyonda, PLL ise fleksiyonda gerilerek çalışır. Faset eklem kapsüler ligamentleri de gerilme-gevşeme döngüsü ile omurga hareketlerini fizyolojik sınırlar içinde tutar (17).

Omurganın yük taşıma kapasitesi distale doğru artar ve L4 seviyesinde maksimuma ulaşır. Bu dayanıklılık, kemik mineral yoğunluğu ile ilişkilidir ve yaşla birlikte azalır (17). Kortikal kemik yükün büyük bölümünü taşırken, faset eklemler yükün yaklaşık %18'ini karşılar (17). End-plate'ler de disklerle birlikte yük aktarımında görev alır. Torsiyonel yüklenmelerde bu yük, disk, ligamentler, faset eklemler ve kapsüler yapılar arasında paylaşılır (23).

Spinal stabilite değerlendirmesinde Denis'in üç kolon modeli kullanılır (23). Bu modele göre; ön kolon vertebra korpusunun ön üçte ikisi ve ALL, orta kolon korpusun arka üçte biri ve PLL, arka kolon ise lamina, pedikül, spinöz çıkıntılar ve posterior ligamentleri içerir (23). Ön ve orta kolonlar, aksiyel yükün büyük kısmını taşır; bu bölgelerde oluşan hasar mekanik instabilite riskini artırır (22). Posterior elemanlarda yapılan cerrahi rezeksiyonlar ise segmental stabiliteyi azaltarak lokal yük artışı ve deformite gelişimine zemin hazırlayabilir (23, 24).

2.2. LOMBER SPİNAL STENOZ

2.2.1. Tanım ve Tarihçe

Lomber spinal stenoz (LSS), spinal kanalın daralması sonucu omurilik ve sinir yapılarının sıkışmasına yol açan dejeneratif bir hastalıktır (2). Genellikle osteoartrit ve İVD dejenerasyonu gibi yaşa bağlı dejeneratif değişikliklerin bir sonucu olarak ortaya çıkar ve bu nedenle ileri yaş grubundaki bireylerde daha sık görülür (1). LSS terimi ilk olarak 1900 yılında ortaya atılmış, ancak hastalık klinik olarak 1954 yılında Henk Verbiest tarafından tanımlanmıştır (25). Bunu takiben Porter ve arkadaşları, spinal kanal daralmasına bağlı bel ağrısı ve motor güçsüzlük gibi semptomları ayrıntılı biçimde tanımlamışlardır (26, 27).

Hastalığın temel klinik belirtileri arasında bel ağrısı, nörojenik klaudikasyo, radiküler ağrı ve postüral dengesizlik yer alır. Tanı; ayrıntılı anamnez ve fizik muayene bulgularının yanı sıra, radyolojik görüntüleme yöntemleri ile desteklenir (28). Normal bir lomber spinal kanal, midsagittal çapın 11,5 mm'nin üzerinde olduğu veya kanal alanının 1,45 cm^2'yi aştığı durumlarda söz konusudur. Ön-arka çapın 10–12 mm arasında olması "göreceli stenoz", 10 mm'nin altına inmesi ise "mutlak stenoz" olarak

değerlendirilir (29). Ancak tanı açısından esas belirleyici faktör, nöral yapıların ne derece sıkıştığıdır. Bu nedenle, kanal alanındaki daralmanın ölçülmesi tanısal açıdan daha değerli kabul edilmektedir (29).

2.2.2. Epidemiyoloji

LSS için evrensel olarak kabul görmüş bir tanım ya da radyolojik tanı kriteri bulunmamaktadır. Bu durum, hastalığın prevalans ve insidansını doğru şekilde tahmin etmeyi güçleştirmektedir. LSS'nin yaygınlığı; yaş, kullanılan tanı kriterleri ve sağlık hizmetlerine erişim gibi etkenlere bağlı olarak farklı popülasyonlar ve klinik ortamlar arasında belirgin farklılıklar gösterebilir (30). Özellikle yaşlı bireylerde radyolojik olarak LSS bulgularına sık rastlanması ve asemptomatik olguların varlığı tanı sürecini daha da karmaşık hale getirmektedir (30).

Genel popülasyonda LSS'nin prevalansının yaklaşık %11 olduğu bildirilmektedir ve küresel olarak yaklaşık 103 milyon kişiyi etkilediği tahmin edilmektedir (31). Hastalığın yaygınlığı yaşla birlikte artmakta olup, özellikle 60 yaş üzerindeki bireylerde dikkat çekici düzeydedir. Bu yaş grubunda hafif ila orta dereceli stenoz oranı %47, şiddetli stenoz oranı ise %19,7 olarak bildirilmiştir (32). Amerika Birleşik Devletleri'nde LSS, 65 yaş üzerindeki bireylerde lomber omurga cerrahisinin en sık nedenini oluşturmaktadır (32). Yine 50 yaş üzeri semptomatik bireylerde yapılan bir çalışmada, manyetik rezonans görüntüleme (MRG) bulgularına göre %37,27'sine LSS tanısı konulmuştur (31).

LSS insidansının artmasında, küresel yaşlı nüfusun giderek büyümesi önemli bir rol oynamaktadır. Nitekim, 2010 ile 2025 yılları arasında yaşlı nüfusun %59 oranında artması öngörülmektedir (33). LSS'nin en yaygın formu dejeneratif tiptir; ancak doğumsal stenoz da toplam prevalansa katkı sağlamaktadır (30).

2.2.3. Etiyoloji ve Sınıflama

LSS, anatomik lokalizasyonu, etiyolojisi, klinik özellikleri ve görüntüleme bulgularına göre çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir (34). Anatomik olarak santral, lateral reses ve foraminal stenoz olmak üzere üç ana tipe ayrılır (35). Etiyolojik açıdan LSS; konjenital, edinilmiş, iyatrojenik ve travmatik formlarda ortaya çıkabilir. Klinik

sınıflamalarda hastalar, semptomlarına göre gruplandırılırken; radyolojik değerlendirmelerde MRG ile daralmanın derecesi ve lokalizasyonu belirlenir (36). Fonksiyonel sınıflamalarda ise Oswestry Engellilik İndeksi (ODI) ve Nörojenik Kladikasyo Sonuç Skoru (NCOS) gibi puanlama sistemleri kullanılır (37). Ayrıca, morfolojik sınıflamalar kapsamında Goutallier sınıflaması gibi yöntemlerle kas dejenerasyonu da değerlendirilebilir (38).

Tablo 2. Lomber spinal stenozun sınıflandırılması

Sınıflandırma Türü	Alt Tip	Tanım
Anatomik	Santral stenoz	Midsagittal çap ≤10 mm → mutlak; 10–12 mm → göreceli stenoz. Dural kese ve birden çok sinir kökü etkilenir.
	Lateral reses stenozu	Lateral girintilerin daralması. Genellikle radikülopatiye neden olur.
	Foraminal stenoz	Sinir kökünün foramenden çıkış yerinde daralma. Tek taraflı radiküler ağrı yapabilir.
Etiyolojik	Konjenital / Gelişimsel	Doğuştan dar kanal, kısa pedikül.
	Dejeneratif	Disk dejenerasyonu, osteofit, ligamentum flavum hipertrofisi, spondilolistezis.
	Travma / İatrojenik	Cerrahi sonrası veya travmaya bağlı gelişen stenoz.
Klinik & Radyolojik	Semptom temelli	Radikülopati, nörojenik kladikasyo, mekanik bel ağrısı.
	Radyolojik sınıflama	MRG ile darlık düzeyi ve yeri belirlenir.
Şiddet / Fonksiyonel Etki	ODI – Oswestry Engellilik İndeksi	Fonksiyonel kısıtlılık derecesini gösterir.
	NCOS – Nörojenik Topallama Skoru	Yürüme kapasitesine dayalı semptom değerlendirmesi.
Morfolojik / Patofizyolojik	Dejeneratif Spondilolistezis	Vertebra kayması ile kanal daralması artar.
	Goutallier Kas Derecelendirmesi	Paravertebral kaslardaki yağlı dejenerasyonun MRG ile değerlendirilmesi.

2.2.4. Patofizyoloji

2.2.4.1. Anatomi ve Biyomekanik

Lomber omurga, intervertebral diskler (IVD) aracılığıyla kompresif kuvvetlerin iletiminden sorumludur (39). IVD; jel kıvamında bir nucleus pulposus, bunu çevreleyen annulus fibrosus ve yüklerin dağıtılmasına yardımcı olan end plate

(EP) yapılarından oluşur (39). Nükleus pulposus, dikey yükleri dışa doğru yayarak anüler liflerde gerginlik oluşturur. Bu yüklerin dengeli bir şekilde yönetilebilmesi için vertebraya ait sağlam bir EP yapısı gereklidir (40).

EP bütünlüğünün bozulması durumunda, nükleus pulposus'un yük emme kapasitesi azalır ve özellikle posterior annulus üzerinde stres artışı meydana gelir. Bu durum, anüler liflerdeki gerilimi daha da artırarak dejeneratif disk hastalığının gelişimine zemin hazırlar. Neticede iç disk yapıları zarar görebilir ve intervertebral stenoz gelişebilir (41). EP hasarının neden olduğu yük dağılımındaki bozulma, anüler lifler üzerinde fizyolojik olmayan stres oluşturarak İVD'nin iç yapısında dejenerasyon sürecini başlatabilir ve LSS'nin şiddetlenmesine katkıda bulunabilir (41).

Ayrıca, vertebral EP'nin kırılması, diskin daha hızlı aşınmasına ve potansiyel sinir kökü basılarına yol açarak omurganın uzun dönem sağlığını olumsuz etkileyebilir (41).

Güncel araştırmalar, vertebral EP'lerin paralel hizalandığında daha kırılgan hâle geldiğini ve omurganın doğal eğriliği kaybolduğunda yaralanmaya daha yatkın olduğunu ortaya koymaktadır. Bu hizalanma bozukluğu, EP'lerin daha düşük kuvvetlerde kırılmasına neden olabilir. Lomber füzyon cerrahisi sırasında oluşan uygunsuz hizalanma, komşu omurga segmentlerinin daralmasına veya dengesizliğine yol açarak *bitişik segment hastalığı* gelişme riskini artırabilir (42).

2.2.4.2. Dejeneratif ve Spondilotik Değişiklikler

LSS, dejeneratif, gelişimsel ve spondilotik süreçlerin birleşimiyle ortaya çıkan multifaktöriyel bir patolojidir. Bu değişiklikler, spinal kanal çapının daralmasına ve nöral yapılarda kompresyona neden olarak semptomatik stenoz tablosuna yol açar.

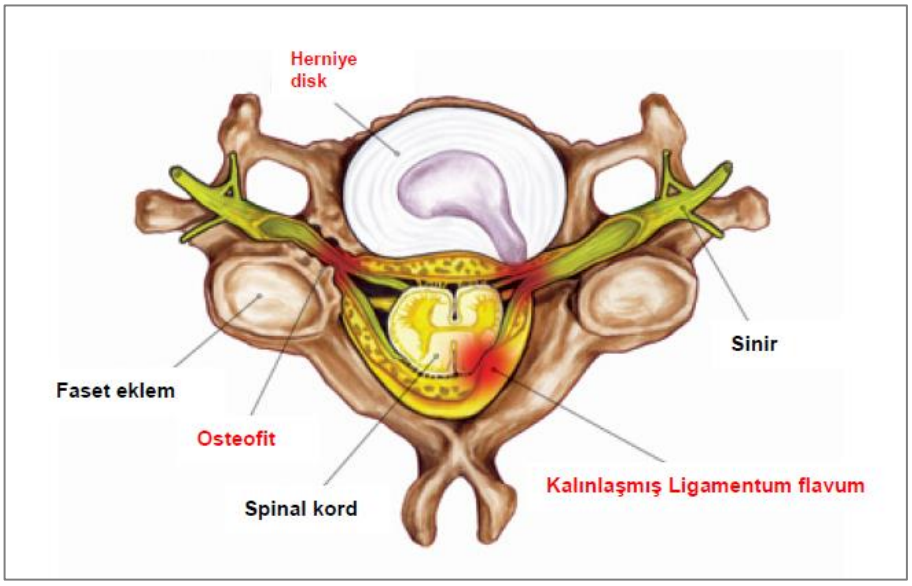
Spondilozis ve buna bağlı olarak gelişen osteofitler, İVD ve ligaman yapılarındaki bozulmalar, spinal kanalın osteo-ligamentöz daralmasına neden olarak LSS'nin temel etiyolojik faktörleri arasında yer alır (40).

Ligamentum flavum hipertrofisi genellikle segmental instabilite ve tekrarlayan mekanik stresle ilişkilidir ve spinal kanalın posterior kısmında daralmaya katkıda bulunur (43). Laminalar ve faset eklemler üzerinde oluşan osteofitler ise kanal hacmini daha da azaltarak sinir dokularına baskı uygular (43).

Anatomik olarak L4-L5 segmenti, artan hareket kabiliyeti ve maruz kaldığı mekanik yük nedeniyle dejeneratif değişikliklere en duyarlı bölgedir. Bu segment, özellikle dejeneratif spondilolistezis gelişimi için predispozan bir lokasyon olarak tanımlanır (44).

Faset eklemlerin daha sagital yerleşime sahip olduğu bireylerde, bu yapıların kesme kuvvetlerine karşı dirençleri azaldığından, dejeneratif spondilolistezis gelişme riski artar (44). Ayrıca, yüksek pelvik insidans ve belirgin lomber lordoz varlığı, alt lomber segmentlerdeki mekanik yükü artırarak dejeneratif değişikliklerin ve dolayısıyla stenozun ortaya çıkma olasılığını yükseltir.

Spondilozise bağlı sekonder değişiklikler de LSS'de sık görülmekte olup, kanalın osteo-ligamentöz daralmasını pekiştiren yapısal bozukluklar arasında yer almaktadır (28).



Şekil 6. Spinal stenoz olşumuna neden olan dejeneratif değişiklikler (45)

2.2.4.3. Gelişimsel ve Konjenital Faktörler

Konjenital olarak kısa pediküller, gelişimsel LSS ile ilişkili önemli bir anatomik varyasyondur (43). Bu durum, spinal kanalın anteroposterior çapını azaltarak kanalın düzleşmiş bir görünüm kazanmasına neden olur ve semptom gelişme olasılığını artırır (43).

Gelişimsel stenozda sık karşılaşılan yonca biçimindeki kemik kanal morfolojisi, bireyleri genç yaşlardan itibaren sinir kökü basısı gibi nörolojik komplikasyonlara yatkın hâle getirebilir (43).

2.2.4.4. Lomber Spinal Stenoz ve Ağrı Patofizyolojisi

LSS ağrı gelişimi, spinal sinirlerin mekanik olarak sıkışması ve buna bağlı olarak sinir köklerinde meydana gelen fizyolojik değişikliklerle yakından ilişkilidir. Spinal kanalın daralması sonucunda sinir kökleri veya dural kese baskı altında kalır; bu durum radiküler ağrıya, motor-duyusal bozukluklara ve nörojenik kladikasyona yol açabilir (46). LSS'de ağrı patofizyolojisi; mekanik, vasküler ve biyokimyasal faktörlerin karmaşık etkileşimini içeren çok yönlü bir süreçtir.

Mekanik Kompresyon ve Sinir Deformasyonu

Sinir köklerinin mekanik olarak sıkışması, doğrudan sinir liflerinin deformasyonuna neden olarak ağrının ortaya çıkmasına yol açabilir. Bu deformasyon, hem sinir iletisini bozabilir hem de sinirin beslenmesini engelleyerek intranöral hasara neden olabilir (46). Sıkışma derecesi belirleyicidir; özellikle orta ve şiddetli düzeydeki kompresyon, akson dejenerasyonu ve demiyelinizasyon gibi geri dönüşü olmayan nörolojik hasarlarla ilişkilidir (47).

Vasküler ve İskemik Faktörler

Sinir köklerinin baskı altında kalması, bölgedeki mikrosirkülasyonu bozarak iskemiye ve intranöral ödem oluşumuna yol açar. Bu iskemik ortam, sinir fonksiyonlarını olumsuz etkileyerek ağrı gelişimini destekler (28). Ayrıca, spinal kanal çapındaki daralmaya bağlı olarak ortaya çıkan venöz konjesyon ve arteriyel hipertansiyon, LSS'nin karakteristik bulgularından biri olan nörojenik aralıklı klaudikasyona katkıda bulunabilir (32).

Biyokimyasal ve Enflamatuar Tepkiler

Mekanik kompresyon, tümör nekroz faktörü-alfa (TNF-α) gibi proinflamatuar sitokinlerin salınımını uyararak inflamatuar süreci başlatabilir. Bu durum sinir hasarını ve ağrıyı daha da şiddetlendirebilir (48).

Sinir kökü basısı sonrasında, madde P ve somatostatin gibi nosiseptif nöropeptitlerin düzeylerinde değişiklikler gözlemlenmiştir. Bu nörokimyasal değişiklikler, aksonal taşıma ve nörotransmitter metabolizmasını etkileyerek ağrının daha karmaşık bir hâl almasına neden olabilir (47).

2.2.5. Klinik Özelikler ve Fizik Muayene

LSS, yaşam kalitesini ve fiziksel işlevselliği ciddi şekilde etkileyen çeşitli klinik semptomlara neden olabilir. En yaygın bulgular arasında nörojenik kladikasyo, radikülopati, duyusal ve motor defisitler ile alt ekstremitelerde ağrı yer alır (32). Bu semptomlar; yürüyüş, ayakta durma ve benzeri fiziksel aktiviteler sırasında kötüleşerek hastaların hareket kabiliyetini ve günlük yaşam aktivitelerini önemli ölçüde kısıtlar.

Nörojenik Klaudikasyon

Nörojenik klaudikasyon, LSS'nin en karakteristik semptomlarından biridir. Alt ekstremitelerde ağrı, uyuşma ve güçsüzlükle kendini gösterir. Bu yakınmalar yürürken veya uzun süre ayakta dururken artar; oturma pozisyonunda ya da lomber omurganın fleksiyona getirilmesiyle belirgin şekilde hafifler. Nörojenik klaudikasyon, yürüme ve koşma kapasitesinde belirgin kısıtlanmaya neden olur (49).

Duyusal Defisitler

LSS'li hastalarda, ilgili sinir köklerinin dermatomal dağılımı boyunca uyuşma, karıncalanma (parestezi) veya duyu kaybı görülebilir. Bu semptomlar hastaların günlük yaşam aktivitelerini ciddi biçimde kısıtlayabilir (36).

Motor Güçsüzlük

Alt ekstremitelerde güç kaybı, LSS'nin sık görülen motor belirtilerindendir. Kas zayıflığı, merdiven çıkma, eğilme ya da ağır nesneleri kaldırma gibi motor becerileri gerektiren aktivitelerde zorluklara neden olabilir (36).

Refleks Kaybı ve Kas Zayıflığı

Spinal sinir köklerinin etkilenmesine bağlı olarak derin tendon reflekslerinde azalma veya kayıp gözlemlenebilir. Bu durum, ince motor kontrolü etkileyerek denge sorunlarına ve fonksiyonel yetersizliklere yol açabilir (46).

Ağrı

LSS'de görülen ağrı genellikle bel bölgesinden başlayıp bacaklara yayılan radiküler karakterde olur. Ağrı kronik ya da aralıklı olabilir ve çoğunlukla ayakta durma veya yürüme gibi omurganın ekstansiyona zorlandığı durumlarda artar (32). Klinik muayenede, lomber ekstansiyon sırasında ağrı artışı ve hareket kısıtlılığı yaygın bulgulardandır.

Uyuşma ve Karıncalanma

Bacak ve ayaklarda hissedilen uyuşma ve karıncalanma, tipik olarak fiziksel aktivite ile kötüleşir, dinlenme ile geriler. Bu duyu değişiklikleri denge ve koordinasyonu bozarak düşme riskini artırabilir (49).

Diğer Semptomlar

LSS'li bireylerde zaman zaman kas spazmları meydana gelebilir ve trapezius ya da interskapular bölgelerde ağrı hissedilebilir (32). Ayrıca, hastaların öne eğildiklerinde ağrının hafiflediği gözlemlenir; bu durum, pozitif eğilme testi ile ortaya konabilir ve semptomların spinal kaynaklı olduğuna dair ipucu verir (49).

2.2.6. Tanı Yöntemleri

LSS tanısı klinik değerlendirme, görüntüleme yöntemleri ve gerektiğinde ileri teknolojilerin bir arada kullanıldığı kapsamlı bir yaklaşımı gerektirir. Doğru tanı, yaşam kalitesini olumsuz etkileyen bu hastalığın etkin tedavisi için kritik öneme sahiptir. Tanı genellikle kapsamlı bir hasta öyküsü ve fizik muayene ile başlar.

LSS'nin tipik semptomları arasında lomber ekstansiyonla şiddetlenen ve fleksiyonla azalan bel ve bacak ağrısı, nörojenik kladikasyo, radikülopati, denge kaybı ve alt ekstremitelerdeki nörolojik bozukluklar yer alır (50).Hastalar sıklıkla uzun süre ayakta kalmakta ya da yürümekte zorlanma gibi fonksiyonel şikâyetler bildirir; bu da nörojenik klaudikasyon açısından önemli bir ipucudur (51).

Görüntüleme Yöntemleri

Klinik bulguların desteklenmesi ve anatomik yapıların değerlendirilmesi için görüntüleme yöntemleri vazgeçilmezdir. Bu yöntemler, hem tanısal kesinliği artırmak hem de uygun tedavi planını belirlemek açısından kritik rol oynar. Görüntüleme bulguları ile klinik semptomlar arasında her zaman birebir uyum olmayabilir. Bu nedenle tanıda hem klinik hem de radyolojik verilerin birlikte değerlendirilmesi esastır (50).

Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG)

LSS tanısında en sık tercih edilen yöntemdir. Spinal kanal, diskler, ligamentum flavum ve diğer yumuşak doku yapılarını yüksek çözünürlükte göstermesi nedeniyle tercih edilir. MRG, stenozun şiddetini ve eşlik eden dejeneratif değişiklikleri değerlendirmede oldukça etkilidir (52). MRG noninvaziv olarak hem kemik hem de yumuşak doku yapılarını yüksek kontrastla görüntüleyebilmesi nedeniyle LSS değerlendirmesinde altın standart olarak kabul edilmektedir. Özellikle T2 ağırlıklı sagittal ve aksiyel kesitler**,** dural kese alanı, ligamentum flavum kalınlığı, faset eklem hipertrofisi ve disk patolojilerini net bir şekilde ortaya koyar (2). Literatürde dural kese alanının <76 mm² olması ciddi stenoz, 76–100 mm² olması orta derecede stenoz, >100 mm² olması ise normal olarak tanımlanmıştır (53, 54). Ayrıca Schizas gibi morfolojik sınıflama sistemleri, MRG ile elde edilen veriler üzerinden stenozun derecelendirilmesine imkân tanır (55).

Bilgisayarlı Tomografi (BT) ve Miyelografi

MRG'ye alternatif olarak, özellikle MRG sonuçları net olmadığında kullanılır.BT, kemik yapıların daha ayrıntılı görüntülenmesini sağlar (56). Fonksiyonel miyelografi, lomber omurga hareketleriyle ilişkili dinamik daralmaları göstermede değerli bir yöntemdir (2). Bu teknikler özellikle cerrahi planlamada

tamamlayıcı rol oynar. BT, yüksek uzaysal çözünürlüğü sayesinde kemik yapıları ayrıntılı biçimde göstermesiyle öne çıkar. Spinal kanalın antero-posterior (AP) çapı, lateral reses derinliği ve kanal hacmi gibi parametreler, özellikle kemik hipertrofisi, osteofit formasyonu ve faset eklem dejenerasyonu gibi nedenlerle gelişen stenozun değerlendirilmesinde güvenilir veriler sağlar (57, 58). Bununla birlikte BT, yumuşak doku kontrastı açısından MRG'ye göre sınırlıdır ve dural kese alanı ölçümü gibi bazı parametreler ancak BT-miyelografi ile anlamlı hale gelir (59).

Gelişmiş Görüntüleme Teknikleri

Son yıllarda yapay zekâ destekli görüntüleme analizleri (örneğin otomatik segmentasyon) ve 3 boyutlu MRG ile difüzyon tensör görüntüleme gibi ileri yöntemler, tanı doğruluğunu artırmak amacıyla kullanılmaktadır (60).

Konvansiyonel Radyografi (X-Ray)

Omurilik kanalı hakkında sınırlı bilgi sunsa da skolyoz, spondilolistezis gibi eşlik eden patolojilerin değerlendirilmesinde başlangıç görüntüleme aracı olarak kullanılabilir (61).

MRG ve BT' den elde edilen ölçüm değerlerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi, hem tanı doğruluğunu artırmakta hem de tedavi planlamasında objektif kriterler sunmaktadır. Aşağıdaki tabloda, BT ve MRG ile LSS değerlendirmesinde kullanılan başlıca ölçüm parametreleri ve eşik değerler yan yana sunulmuştur.

Tablo 3. BT ve MRG ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması

Ölçüm Parametresi	BT Eşik Değerleri	MRG Eşik Değerleri
AP (antero-posterior) çap	Rölatif stenoz: 12–15 mm Kesin stenoz: ≤10 mm Disk seviyesine paralel kesitte ölçülür	Rölatif stenoz: 12–15 mm Kesin stenoz: ≤10 mm T2 ağırlıklı sagittal kesit önerilir
Dural kese alanı	Doğrudan ölçüm genellikle yapılmaz, BT-miyelografi ile değerlendirilebilir	Normal: >100 mm² Orta: 76–100 mm² Ciddi: <76 mm² En dar seviyeden ölçülür
Lateral reses derinliği	≤3 mm lateral reses derinliği stenoz lehine	≤3 mm lateral reses derinliği T1/T2 aksiyel kesitlerde net görünür
Spinal kanal hacmi	≤1.45 cm³ hacim stenoz lehine	Hacimsel analiz rutin değil, araştırmalarda kullanılabilir
Morfolojik sınıflama (ör. Schizas)	BT kesitlerinde sınırlı yumuşak doku kontrastı nedeniyle yaygın değil	Schizas evreleme sistemi: A-D alt grupları
Diğer ileri ölçümler	Kemik hipertrofisi, osteofit oluşumu ve faset eklem trofik değişiklikleri	Ligamentum flavum kalınlığı (>4 mm), faset eklem hipertrofisi, disk hernisi eşlik durumu

LSS tanısı, yalnızca hastalığın varlığını saptamakla kalmaz; aynı zamanda cerrahi ya da cerrahi dışı (konservatif) tedavi seçeneklerinin belirlenmesinde de kritik bir rol oynar. Tedavi yaklaşımı, semptomların şiddetine ve hastanın mevcut sağlık durumu ile önceki tedavi yanıtlarına göre şekillendirilir. Konservatif tedavi, hafif semptomları olan ya da cerrahiye uygunluğu bulunmayan hastalarda tercih edilen ilk basamak yaklaşımdır (36). Bu tedavi fizik tedavi, medikal tedavi ve epidural enjeksiyonları içerebilir. Cerrahi tedavi ise, şiddetli semptomları olan veya konservatif yaklaşımlara yanıt vermeyen olgular için düşünülür. Cerrahi karar sürecinde görüntüleme bulguları önemli bir yönlendirici faktördür (2).

LSS tanısında MRG, en değerli ve yaygın kullanılan araç olarak öne çıkmakla birlikte; klinik muayene, diğer görüntüleme teknikleri (BT, miyelografi) ve yapay zekâ destekli analizlerin entegrasyonu tanısal doğruluğu önemli ölçüde artırmaktadır (52). Ancak, klinik semptomların şiddeti ile radyolojik bulgular her zaman tam bir örtüşme göstermeyebilir. Bu nedenle, multidisipliner bir yaklaşım benimsenmesi gereklidir.Bireyselleştirilmiş tanı ve tedavi stratejileri, sadece daha doğru klinik kararların alınmasına olanak tanımakla kalmaz; aynı zamanda hasta memnuniyetini ve yaşam kalitesini artırmada da önemli bir katkı sağlar (36).

2.2.7. Ayırıcı Tanı

Lomber spinal stenoz (LSS), spinal kanalın daralması sonucu sinir yapılarına bası gelişerek nörojenik kladikasyo, radikülopati, lumbal ağrı ve denge bozukluğu gibi semptomlarla karakterize bir klinik tablodur (62). Ancak bu semptomlar, periferik arter hastalığı, kalça patolojileri, lumbosakral pleksopati, polinöropati gibi birçok başka hastalıkta da gözlenebilir (63). LSS'yi taklit eden bu durumlar, tanı sürecini karmaşıklaştırmakta ve kapsamlı bir ayırıcı tanının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle, ayrıntılı hasta öyküsü ve nörolojik odaklı fizik muayene ile birlikte uygun görüntüleme ve elektrofizyolojik testlerin entegre edildiği sistematik bir tanısal yaklaşım esastır (62).

Tablo 4. LSS ile karışabilen başlıca hastalıklar ve ayırıcı özellikler

Hastalık	LSS ile Benzerlik	Ayırıcı Özellikler / Tanı Yöntemleri
Periferik Vasküler Hastalık (PVD)	Bacak ağrısı ve topallama LSS'yi taklit edebilir.	Eforla artan ve dinlenmeyle geçen ağrı; ayak bileği-kol indeksi, Doppler USG tanıda yardımcıdır.
Sakroiliit	Sırt ağrısı ve tutukluk benzer semptomlardır.	Sabah tutukluğu, sistemik bulgular; enflamatuar belirteçler ve otoantikor testleri tanıda kullanılır.
Piriformis Sendromu	Kalça ve bacak ağrısı ile LSS'ye benzer tablo oluşturabilir.	Tipik olarak nörojenik kladikasyo görülmez; fizik muayenede kalça rotasyonuna duyarlılık ön plandadır.
Spondilit / Spondilodiskit	Bel ağrısı ve sertlik nedeniyle LSS'yi taklit edebilir.	Ateş, yükselmiş CRP/ESR; MRG ile omurga enfeksiyonu veya enflamasyonu saptanabilir.
ALS / Guillain–Barré Sendromu	Kas güçsüzlüğü ve atrofi ile karışabilir.	Yaygın nörolojik tutulum; elektromiyografi (EMG) ve sinir ileti çalışmaları ayırıcı tanıda belirleyicidir.

2.2.8. Tedavi Yaklaşımları

LSS, tedavi süreci hastanın klinik semptomlarının şiddeti, fonksiyonel kısıtlılık düzeyi, eşlik eden komorbiditeleri ve görüntüleme bulgularının birlikte değerlendirilmesini gerektiren kompleks bir klinik tablodur. Bu çok boyutlu değerlendirme, kişiye özel ve etkili bir tedavi planının oluşturulmasına olanak sağlar. LSS'nin tedavi stratejileri, genel olarak konservatif yöntemler, minimal invaziv girişimler ve cerrahi müdahaleler şeklinde sınıflandırılabilir. Her bir yaklaşım, hastalığın evresi, semptomların süresi ve şiddeti ile hastanın tedaviye verdiği yanıt göz önünde bulundurularak bireyselleştirilmelidir.

2.2.8.1. Konservatif Tedaviler

LSS, yaşlı popülasyonda yürüme kısıtlılığı, denge bozukluğu ve düşme riski gibi ciddi morbiditelere neden olan yaygın bir dejeneratif omurga hastalığıdır. Yaşlı bireylerin yaklaşık %30'unu etkilediği bildirilen bu durum, mobilite kaybı ve yaşam kalitesinde belirgin bozulma ile seyrederek önemli bir halk sağlığı sorunu haline gelmiştir (2).Bu nedenle, cerrahi dışı tedavi yöntemlerinin uzun dönemli etkinliğini değerlendirmeye yönelik bilimsel ilgi giderek artmaktadır.

Konservatif tedavi yaklaşımlarının temelini fizik tedavi ve egzersiz programları oluşturmaktadır. Özellikle manuel terapi ile bireyselleştirilmiş egzersiz programlarının birlikte uygulanmasının, ağrının azaltılması ve fonksiyonel kapasitenin artırılması açısından etkili olduğu gösterilmiştir (64).Fleksiyon temelli hareketler, kas kuvvetlendirme çalışmaları, aerobik egzersizler ve psikolojik bileşenleri içeren eğitim destekli programlar en sık kullanılan yaklaşımlar arasında yer almaktadır (65).Bu programların süpervizyon eşliğinde uygulanması, tedaviye uyumu ve hasta memnuniyetini artırabilmektedir (66).

Bununla birlikte, hangi egzersiz bileşenlerinin en etkili olduğu ve süpervizyonun tedaviye katkısının ne düzeyde belirleyici olduğu konularında halen net bir görüş birliği bulunmamaktadır. Kısa ve orta vadeli faydaları destekleyen çalışmalar sayıca fazla olsa da, uzun dönem sonuçlara ilişkin yüksek kaliteli kanıtlar sınırlı kalmaktadır (66).

Son yıllarda, fizik tedavi, davranışsal stratejiler, hasta eğitimi ve farmakolojik ajanların entegre edildiği multimodal yaklaşımlar öne çıkmaktadır. Bu tedavi modellerinin, tek başına uygulanan yöntemlere kıyasla daha üstün klinik sonuçlar sağladığı bildirilmiştir (67).Ayrıca, tamamlayıcı tıp yaklaşımlarına olan ilgi de artmakta olup, akupunktur, farmakopunktur, distraksiyon manipülasyonu ve nöral mobilizasyon gibi yöntemlerin bazı çalışmalarda fonksiyonel iyileşme ve hasta memnuniyeti açısından olumlu sonuçlar verdiği gösterilmiştir (68).Ancak bu yöntemlerin etkinliği henüz sınırlı sayıda randomize kontrollü çalışma ile desteklenmiş olup, daha güçlü bilimsel verilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Genel olarak konservatif tedavi yöntemleri güvenli kabul edilmekte ve ciddi advers etkiler nadiren bildirilmektedir. En sık karşılaşılan yan etkiler, geçici kas ağrıları ve lokal hassasiyetlerdir (64). Özellikle manuel terapi ve süpervize egzersiz programları, hasta memnuniyeti ve tedaviye bağlılık açısından daha olumlu sonuçlar vermektedir (68).

Mevcut literatür, konservatif tedavilerin kısa vadede ağrı kontrolü ve fonksiyonel iyileşme sağladığı konusunda genel bir uzlaşı ortaya koysa da, bu etkilerin uzun dönemde sürdürülebilirliği konusunda çelişkili bulgular mevcuttur. Cerrahi tedavi ile karşılaştırıldığında komplikasyon oranları daha düşük olmakla birlikte, bazı çalışmalarda ileri olgularda cerrahinin uzun dönem sonuçlarının daha üstün olabileceği ortaya konmuştur (69).

2.2.8.2. Farmakolojik Tedaviler

Konservatif tedavi kapsamında farmakolojik ajanlar, LSS ile ilişkili ağrıyı hafifletmek ve işlevselliği artırmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle yaşlı bireylerde sıklıkla görülen LSS, ciddi ağrıya ve hareket kısıtlılığına yol açtığı için, ilaç tedavisi önemli bir yönetim stratejisi olarak öne çıkmaktadır. Bu bağlamda, non-steroid antiinflamatuvar ilaçlar (NSAİİ), gabapentinoidler, kalsitonin, limaprost ve epidural steroid enjeksiyonları gibi ajanlar sık tercih edilen seçenekler arasında yer almaktadır (36).

Epidural steroid enjeksiyonlarının, kısa dönemli ağrı kontrolünde etkili olabileceği bildirilmiştir. Ancak bu uygulamanın uzun dönem etkinliği halen tartışmalıdır. Literatürdeki birçok çalışmada, enjeksiyonların faydasının genellikle 3 ila 6 ay ile sınırlı olduğu ve kalıcı iyileşme sağlamadığı vurgulanmaktadır (67).

LSS'nin farmakolojik yönetiminde en sık başvurulan ilaç grupları arasında NSAİİ'ler, opioidler ve kas gevşeticiler yer almaktadır. Bu ilaçlar, etkinlikleri ve güvenlik profilleri açısından karşılaştırmalı olarak değerlendirilmekte; bireysel hasta özellikleri, eşlik eden hastalıklar ve yan etki riskleri dikkate alınarak seçilmektedir. Bu yaklaşım, tedavinin kişiselleştirilmesini ve yan etki riskinin en aza indirilmesini amaçlamaktadır.

Non-Steroid Antiinflamatuvar İlaçlar (NSAİİ)

LSS tedavisinde en yaygın kullanılan farmakolojik ajanlardan biri olan NSAİİ, hem antiinflamatuvar hem de analjezik etkileri nedeniyle tercih edilmektedir. Randomize kontrollü çalışmaların meta-analizleri NSAİİ kullanımının ağrı şiddeti ve fonksiyonel kısıtlılık üzerinde küçük fakat istatistiksel olarak anlamlı iyileşmeler sağladığını göstermektedir (2).Bu etkiler özellikle üç aydan bir yıla kadar uzanan orta vadeli takiplerde daha belirgin hale gelmektedir.

NSAİİ'ler kısa süreli kullanımlarda genel olarak güvenli kabul edilse de, mide bulantısı, dispepsi ve gastrointestinal kanama gibi yan etkilerle ilişkilidir. Ayrıca uzun süreli ve yüksek doz kullanım, kardiyovasküler olay riskini artırabilir (70). Bu nedenle tedavi süresi ve hasta özellikleri göz önünde bulundurularak dikkatli şekilde reçetelendirilmelidir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, NSAİİ'ler kısa ve orta vadede LSS'ye bağlı ağrı ve işlev kaybının hafifletilmesinde etkili ajanlardır. Ancak özellikle gastrointestinal ya da kardiyovasküler komorbiditeleri bulunan hastalarda dikkatli kullanılmaları gerekmektedir.

Opioidler

LSS hastalarında şiddetli ağrı durumlarında analjezik etki sağlamak amacıyla opioid kullanımı gündeme gelebilmektedir. Kronik bel ağrısına yönelik yapılan sistematik derlemeler, opioidlerin ağrı şiddeti ve fonksiyonel yetersizlik üzerinde küçük ile orta düzeyde iyileşme sağlayabileceğini göstermektedir (71). Ancak, LSS'ye özgü klinik veriler oldukça sınırlı olup, opioidler genellikle diğer tedavilere yanıt vermeyen hastalarda bir seçenek olarak değerlendirilmektedir.

Opioidlerin kullanımı sırasında bulantı, konstipasyon, baş dönmesi ve sedasyon gibi sık karşılaşılan advers etkilerin yanı sıra, tolerans gelişimi ve bağımlılık riski gibi ciddi yan etkiler de söz konusudur. Yapılan meta-analizler, plaseboya kıyasla advers olay riskinde anlamlı bir artış olduğunu ortaya koymuştur (72).

Bu nedenlerle opioidler, yalnızca şiddetli ve kontrol altına alınamayan ağrısı olan LSS hastalarında kısa süreli kullanım için uygun olabilir. Ancak uzun dönem kullanımı ciddi riskler taşıdığından, dikkatli bir hasta seçimi ve yakın klinik takip gerektirmektedir.

Kas Gevşeticiler

LSS tedavisinde, kas gevşeticiler özellikle eşlik eden kas spazmlarının kontrol altına alınması amacıyla kullanılmaktadır. Benzodiazepin grubu ilaçlar başta olmak üzere çeşitli kas gevşetici ajanların, plaseboya kıyasla ağrı şiddetinde ve fiziksel işlevde küçük fakat anlamlı düzeyde iyileşme sağladığı sistematik derlemelerle gösterilmiştir (66). Ancak bu etkilerin LSS özelinde güçlü bilimsel verilerle desteklenmediği ve mevcut kanıtların sınırlı olduğu belirtilmelidir.

Kas gevşeticilerin kullanımı baş dönmesi, sedasyon ve bağımlılık riski gibi yan etkilerle ilişkilidir. Bu yan etkiler özellikle yaşlı hastalarda daha belirgin olabildiğinden, ilaçların dikkatli reçetelenmesi ve yakın izlemle kullanılması önerilmektedir. Sedatif özellikleri nedeniyle bu ilaçlar, günlük yaşam aktivitelerini olumsuz etkileyebilir ve düşme riskini artırabilir.

Gabapentinoidler

Gabapentinoidler, başlangıçta epilepsi tedavisi için geliştirilmiş farmakolojik ajanlar olmakla birlikte, günümüzde nöropatik ağrı ve santral sensitizasyonun modülasyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Gabapentin ve pregabalin etken maddelerini içeren bu ilaç grubu, LSS hastalarında ağrı kontrolü ve fonksiyonel iyileşme sağlamak amacıyla hem konservatif tedavi sürecinde hem de cerrahi öncesi dönemde sıkça tercih edilmektedir (73).

Gabapentinoidler, voltaj bağımlı kalsiyum kanallarının α2-δ alt birimine bağlanarak presinaptik glutamat ve substance P salınımını inhibe eder. Bu mekanizma aracılığıyla merkezi sinir sistemindeki duyarlılığın azaltılması ve ağrı iletim yollarının baskılanması sağlanır.

Kısa dönem etkiler açısından değerlendirildiğinde, pregabalin'in tedavinin ilk altı haftasında gabapentin'e kıyasla daha güçlü analjezik etki gösterdiği bildirilmektedir. Pregabalin kullanımının VAS ve NRS ağrı skorlarında anlamlı azalma sağladığı ve postoperatif dönemde kurtarma analjezik ihtiyacını geciktirdiği ortaya konmuştur (74, 75).

Uzun dönem değerlendirmelerde ise altı haftalık sürecin ardından gabapentin ve pregabalin'in benzer düzeyde ağrı kontrolü sağladığı belirtilmiştir. Meta-analizler, üç ay sonunda VAS skorları açısından iki ajan arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını bildirmiştir (73).Bununla birlikte, pregabalin'in kontrol gruplarına kıyasla uzun dönem VAS skorlarında anlamlı üstünlük gösterdiği vurgulanmıştır.

Gabapentinoidler, LSS nedeniyle cerrahi uygulanan hastalarda preemptif analjezi amacıyla sıklıkla tercih edilmektedir. Bu ajanlar, preoperatif dönemde kullanıldıklarında postoperatif ağrı şiddetini azaltmakta ve opioid gereksinimini düşürmektedir (73).Bu etkileri nedeniyle özellikle pregabalin, cerrahi hazırlık sürecinde önerilen farmakolojik ajanlar arasında yerini almıştır. Gabapentin tedavisi, NSAİİ ve fizik tedavi programları ile kombine edildiğinde yürüme mesafesinde anlamlı artış sağlamıştır. Pregabalin tedavisi de benzer şekilde yürüyüş kapasitesinde hafif düzeyde iyileşme sağlamış, ancak bu etkinin tutarlılığı bazı çalışmalarda sınırlı bulunmuştur (73).Gabapentinoidlerin ODI ile değerlendirilen fonksiyonel sonuçlar üzerindeki etkileri genellikle istatistiksel olarak anlamlı düzeyde üstünlük göstermemiştir. Bununla birlikte, bazı çalışmalarda pregabalin kullanan gruplarda engellilik skorlarında hafif iyileşmeler rapor edilmiştir (73).

2.2.8.3. Girişimsel Tedaviler

İLESE, LSS tedavisinde, özellikle ağrının geçici olarak hafifletilmesi amacıyla uygulanan minimal invaziv girişimler arasında yer alır. Nörojenik kladikasyon ve bel-bacak ağrısının baskın olduğu klinik tabloda, epidural steroid enjeksiyonlar(ESE) inflamatuar süreci baskılayarak kısa vadeli semptomatik rahatlama sağlayabilmektedir (76). Bu enjeksiyonlar interlaminar, transforaminal veya kaudal yaklaşımlarla gerçekleştirilebilir ve genellikle kortikosteroid (örneğin triamsinolon veya metilprednizolon) ile lokal anestezik kombinasyonu içerir. Bazı çalışmalarda, ESE'nin

fizik tedaviyle birlikte uygulanmasının, tek başına enjeksiyona kıyasla daha fazla fonksiyonel kazanım sağladığı bildirilmiştir (77).

Ancak sistematik derlemeler ve randomize kontrollü çalışmalar, ESE'nin uzun dönem etkinliği konusunda tutarlı sonuçlar ortaya koymamıştır. Literatürde, bu girişimin 3 ila 6 ay içerisinde semptomların hafiflemesinde etkili olabileceği, fakat 12 ay ve sonrasına ilişkin faydasının sınırlı kaldığı vurgulanmaktadır (67).Güvenlik açısından ESE genellikle iyi tolere edilen bir yöntem olsa da, nadiren dural ponksiyon, enfeksiyon veya kauda ekuina sendromu gibi ciddi komplikasyonlar gelişebilmektedir. Bu nedenle, tekrarlayan uygulamalarda dikkatli bir şekilde endikasyon konulması ve her durumda risk–fayda dengesinin titizlikle değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır.

2.2.8.4. Cerrahi Tedaviler

LSS tedavisinde, konservatif ve girişimsel yöntemlere yanıt alınamayan veya progresif nörolojik defisit ve ciddi fonksiyonel kısıtlılık gelişen hastalarda cerrahi müdahale gündeme gelir (78). Cerrahi tedavi seçenekleri; hastalığın seviyesi, eşlik eden patolojiler ve hastanın genel sağlık durumu dikkate alınarak bireyselleştirilmelidir (69). Günümüzde minimal invaziv tekniklerin gelişmesi, komplikasyon oranlarını azaltmakta ve iyileşme süresini kısaltarak cerrahi yaklaşımların evrimini etkilemektedir (69).

Endoskopik yardımlı laminotomi, dejeneratif LSS'li hastalarda fiziksel fonksiyonların artırılmasında etkili bir yöntem olarak tanımlanmıştır (69). Literatürde hem kısa hem uzun dönem takiplerde küçük ila orta düzeyde fonksiyonel iyileşme sağladığı ve klasik laminektomiye göre daha az advers olay ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (79). Minimal invaziv yapısı sayesinde iyileşme sürecinin kısalması ve düşük komplikasyon oranları bu yöntemi öne çıkarmaktadır. Benzer şekilde, minimal invaziv tübüler dekompresyon, tek seviyeli LSS tedavisinde etkinliği kanıtlanmış bir diğer cerrahi yöntemdir (78). Özellikle bacak ağrısının ve fonksiyonel kısıtlılığın azaltılmasında başarılı sonuçlar vermekte, invazivliği düşük olması sayesinde iyileşme sürecini hızlandırmakta ve komplikasyon riskini azaltmaktadır (2).

İnterspinöz proses cihazları olarak bilinen Superion® ve Coflex® gibi yapılar, semptomatik LSS'de daha az travmatik bir alternatif olarak sunulmakta ve perkütan uygulanabilirlikleri nedeniyle cerrahi dışı bir palyatif seçenek oluşturmaktadır (80). Ancak bazı çalışmalarda yalnızca dekompresyona kıyasla bu cihazların daha yüksek revizyon cerrahisi oranlarına sahip olabileceği rapor edilmiştir (81). İnterlaminar stabilizasyon ile dekompresyon yöntemi ise spinal stabilitenin korunmasının hedeflendiği hastalarda öne çıkmakta, tek seviyeli LSS'li bireylerde fonksiyonel iyileşmeyi destekleyici etkiler göstermektedir (79).

Geleneksel laminektomi ise ileri derecede semptomatik LSS ya da eşlik eden dejeneratif spondilolistezis varlığında hala yaygın olarak uygulanan bir cerrahi yaklaşımdır (78). Ancak son yıllarda yürütülen araştırmalar, yalnızca dekompresyonun, füzyon cerrahileriyle benzer düzeyde etkinlik sağladığını ve daha düşük komplikasyon oranlarına sahip olduğunu ortaya koymuştur (82). Füzyon cerrahileri ise, daha uzun iyileşme süresi ve artmış cerrahi risklerle ilişkilendirilmekte olup yalnızca instabilitenin eşlik ettiği durumlarda sınırlı bir endikasyonla uygulanmalıdır (78).

Cerrahi tedavi yönteminin seçimi mutlaka hastaya özgü olarak planlanmalıdır. Minimal invaziv teknikler, daha az doku hasarı, kısa hastanede kalış süresi ve düşük komplikasyon oranları nedeniyle tercih edilmekte; ancak bazı ileri vakalarda geleneksel cerrahi girişimlerin zorunlu hale geldiği unutulmamalıdır. Cerrahi strateji belirlenirken hastanın genel sağlık durumu, radyolojik bulguları, eşlik eden hastalıkları ve kişisel beklentileri dikkate alınarak multidisipliner bir yaklaşım benimsenmelidir.

Tablo 5. Cerrahi tedavi yöntemlerinin karşılaştırması

Cerrahi Yöntem	Etkisi	Avantajları	Dezavantajları
Endoskopik Yardımlı Laminotomi	Kısa-orta vadede fonksiyonel iyileşme	Minimal invaziv, kısa iyileşme süresi, düşük komplikasyon	Karmaşık vakalarda yetersiz olabilir
Minimal İnvaziv Tübüler Dekompresyon	Bacak ağrısında ve fonksiyonda düzelme	Minimal invaziv, hızlı iyileşme, düşük risk	Tek seviyeli hastalarla sınırlı veri
İnterspinöz Proses Cihazları	Palyatif rahatlama sağlar	Düşük invazivlik, ayaktan uygulanabilir	Daha yüksek revizyon oranı
İnterlaminar Stabilizasyon ile Dekompresyon	Fonksiyonel iyileşme ve stabilite	Stabilitenin korunması	Uzun dönem etkinlik verisi sınırlı
Geleneksel Laminektomi ve Füzyon	Şiddetli olgularda etkili	Yaygın uygulama, tanıdık cerrahi yaklaşım	Uzun iyileşme süresi, artmış komplikasyon riski

2.3. İNTERLAMİNAR EPİDURAL STEROİD ENJEKSİYONU

2.3.1. Tarihçe ve Klinik Endikasyonlar

İLESE, bel ve siyatik sinir kaynaklı ağrıların tedavisinde 1957 yılında Lievre ve arkadaşlarının yayımladığı ilk bildirimle literatüre girmiştir (83). Radikülopatik ağrının patogenezinde inflamasyonun önemli rol oynadığını gösteren ilk kanıt ise 1981 yılında ortaya konmuştur (84). Bu gelişmeyi takiben, 1986 yılında Benzon tarafından gerçekleştirilen literatür incelemesinde, özellikle sinir kökü irritasyonunun eşlik ettiği mekanik kaynaklı bel ağrısının İLESE uygulamasından fayda görebileceği belirtilmiştir (85). Rosen ve arkadaşları, 1988 yılında LSS ve LDH nedeniyle gelişen bel ağrısı ve siyatalji yakınmaları olan 40 hastayı retrospektif olarak incelemiş ve İLESE uygulamasının radiküler semptomları olan hastaların yaklaşık %50'sinde geçici iyileşme sağladığını, hastaların %25'inden daha azında ise uzun dönemli rahatlama elde edildiğini bildirmiştir (86).

Günümüzde İLESE; LSS, LDH ve dejeneratif-distrofik omurga patolojileri gibi kronik bel ve radiküler ağrının eşlik ettiği çeşitli durumların tedavisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem, özellikle konservatif tedavilere yanıt vermeyen veya cerrahiye uygun olmayan hastalar için etkili bir tedavi seçeneği sunmaktadır. Steroidlerin epidural boşluğa uygulanması yoluyla inflamasyonun baskılanması ve ağrının azaltılması hedeflenmektedir.

Dejeneratif LSS tanılı hastalar üzerinde yapılan bir çalışmada, fizik tedaviye ek olarak kaudal epidural steroid enjeksiyonu uygulanan grupta; yalnızca fizik tedavi gören hastalara kıyasla 3., 6., 12. ve 24. haftalarda NRS ve ODI skorlarında istatistiksel olarak anlamlı iyileşmeler saptanmıştır (87). Başka bir çalışmada ise, dejeneratif omurga patolojilerinden kaynaklanan kronik bel ve radiküler ağrıların tedavisinde uygulanan epidural steroid enjeksiyonlarının %20 ila %100 oranında olumlu sonuçlar verdiği, ortalama başarı oranının ise %80'in üzerinde olduğu bildirilmiştir. Bu veriler, epidural steroid enjeksiyonlarının hem monoterapi hem de kombine tedavi yaklaşımlarında etkili olduğunu göstermektedir (88).Uygulama yöntemine ilişkin olarak; interlaminar ve transforaminal gibi farklı tekniklerin benzer etkinliğe sahip olduğu, yöntemin seçiminin hekimin deneyimi ve tercihlerine göre şekillendiği ifade edilmektedir. Ayrıca, floroskopi, ultrasonografi ve BT gibi görüntüleme rehberliğinde yapılan enjeksiyonların güvenliği artırdığı ve tedavi başarısını olumsuz etkilemeden komplikasyon oranlarını azalttığı gösterilmiştir (89).

2.3.2. Etki Mekanizmaları

İLESE özellikle radiküler ağrı ve kronik bel ağrısı olan hastalarda spinal ağrının yönetiminde yaygın olarak başvurulan girişimsel bir tedavi yöntemidir. İLESE'nin terapötik etkinliği, büyük ölçüde enjeksiyon içeriğinde yer alan kortikosteroidlerin antiinflamatuar ve nöromodülatör etkilerine dayanmaktadır. Bu etkiler, sinir kökü çevresindeki inflamasyon ve ödemin azaltılması, proinflamatuar sitokinlerin inhibisyonu ve santral sinir sistemi düzeyinde ağrı iletim yollarının modülasyonu gibi mekanizmaları kapsamaktadır.

2.3.2.1. Antiinflamatuar Etkiler

İLESE'de kullanılan kortikosteroidler, prostaglandinler ve lökotrienler gibi inflamatuar mediatörlerin sentezini ve salınımını inhibe ederek etki gösterir (88, 89).Bu mekanizma sayesinde sinir kökü etrafındaki ödem ve inflamasyon azalır; bu da lomber radikülopati ve servikal radikülopati gibi hastalıklarda hem ağrının azalmasını hem de fonksiyonel iyileşmeyi destekler (90).Özellikle inflamasyonun baskın olduğu durumlarda, kortikosteroidlerin hedefe yönelik uygulanması, lokal doku düzeyinde inflamasyonun azaltılmasına ve etkin analjezi sağlanmasına olanak tanır (91).

2.3.2.2. Ağrı İletim Yollarının Modülasyonu

Kortikosteroidlerin lokal analjezik etkileri, sinir iletiminin geçici olarak bloke edilmesini sağlayarak akut ağrı kontrolünde etkilidir. Bu etki, spinal kord düzeyinde ağrı sinyallerinin iletimini azaltmakta ve böylece merkezi sinir sistemi düzeyinde algılanan ağrının hafiflemesine katkıda bulunmaktadır (90).

2.3.2.3. Sinir Kökü Kompresyonunun Azaltılması

LDH gibi durumlarda, sinir kökü çevresinde oluşan inflamasyon ve ödem, sinir üzerine mekanik bası oluşturur. İLESE uygulaması, bu inflamatuar süreci baskılayarak sinir üzerindeki basıyı azaltır, böylece hem radiküler ağrıda azalma hem de fonksiyonel kapasitede artış sağlar (92). Bu klinik iyileşme, ODI gibi objektif değerlendirme araçlarıyla da gösterilebilmektedir.

2.3.3. Kullanılan İlaçlar

İLESE'de kullanılan steroidlerin farmakokinetik özellikleri, hem analjezik etkinliğin süresini hem de güvenlik profilini belirlemede önemli rol oynar. Bu steroidler, partikül içeren (metilprednizolon, triamsinolon) ve partikül içermeyen (ördeksametazon, betametazon) olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Steroid seçimi, klinik tabloya, beklenen ağrı giderim süresine ve hastanın güvenlik risklerine göre bireyselleştirilmelidir.

2.3.3.1. Partikül İçeren Steroidler

Metilprednizolon ve triamsinolon, enjeksiyon yerinde daha uzun süre kalmaları nedeniyle uzun etkili steroidlerdir. Chatterjee ve ark. metilprednizolonun 6 aylık takipte NRS ve RMDQ skorlarında deksametazona kıyasla daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmiştir(93). Benzer şekilde, Tagowski ve ark. triamsinolonun şiddetli lomber radiküler ağrıda deksametazondan üstün olduğunu göstermiştir (94).

Güvenlik açısından, partikül içeren steroidler, vasküler yapıları tıkama riski nedeniyle emboli ve omurilik enfarktüsü gibi ciddi komplikasyonlara yol açabilir(95).Bu nedenle yüksek riskli hastalarda dikkatle kullanılmalıdır.

2.3.3.2. Partikül İçermeyen Steroidler

Deksametazon, partikül içermeyen, daha hızlı emilen ve güvenlik profili daha iyi olan bir steroiddir. El-Yahchouchi ve ark. deksametazonun kısa vadeli ağrı kontrolü ve fonksiyonel iyileşmede partikül steroidlere benzer etkinlik gösterdiğini belirtmiştir (96).

Betametazon, deksametazona göre daha az yan etkiyle daha etkin kısa süreli analjezi sağladığı bildirilen bir diğer partikülsüz steroid olup, özellikle kısa vadeli semptom kontrolü gereken durumlarda tercih edilebilir (97).

Kısa süreli ağrı giderimi gereken, vasküler komplikasyon riski yüksek olan hastalarda deksametazon ve betametazon gibi partikül içermeyen steroidler önceliklidir.

Daha uzun süreli analjezi ihtiyacı olan ve düşük risk profiline sahip hastalarda metilprednizolon veya triamsinolon tercih edilebilir.

Ayrıca, ağrı etiyolojisine göre de steroid seçimi değişebilir. Örneğin, deksametazon, spinal stenozdan ziyade disk herniasyonuna bağlı ağrılarda daha etkili olabilir (94).

Tablo 6. Steroidlerin etkinlik ve güvenlik karşılaştırması

Steroid	Partikül	Etki Süresi	Güvenlik Profili	Klinik Avantajı
Metilprednizolon	Var	Uzun	Orta – emboli riski	Uzun dönem ağrı kontrolü
Triamsinolon	Var	Uzun	Orta – emboli riski	Şiddetli radiküler ağrıda etkili
Deksametazon	Yok	Kısa	Yüksek – güvenli	Kısa süreli ağrı kontrolü; vasküler riskli hastalarda güvenli
Betametazon	Yok	Kısa	Yüksek – güvenli	Daha az yan etkiyle etkin kısa süreli analjezi

2.3.3.3. Lokal Anestezikler

Epidural enjeksiyonlar için lokal anestezik seçimi, etkili analjezi ile motor blokajı ve sistemik toksisite riski arasındaki dengeyi göz önünde bulundurmalıdır. Bupivakain, ropivakain ve levobupivakain gibi interlaminar epidural steroid enjeksiyonlarında kullanılan lokal anestezikler arasındaki

farmakokinetik farklılıklar, bunların klinik sonuçlarını önemli ölçüde etkiler. Bu farklılıklar öncelikle lipid çözünürlüğü, plazma klirensi, protein bağlanması ve toksisite profilleriyle ilgilidir ve bu da bu anesteziklerin etki süresi, başlangıç süresi ve güvenliğini etkiler. Bu farmakokinetik özelliklerin anlaşılması, epidural anestezide klinik sonuçların optimize edilmesi için çok önemlidir.

Bupivakain

Bupivakain, epidural enjeksiyonlarda yaygın olarak kullanılan uzun etkili bir amid lokal anesteziktir. İki enantiyomerin rasemik bir karışımıdır ve R-(+)-enantiyomer daha yüksek toksisite ile ilişkilidir. Yüksek lipit çözünürlüğe sahiptir, bu da etki süresinin uzamasına katkıda bulunur, ancak aynı zamanda sistemik toksisite riskini, özellikle kardiyovasküler ve merkezi sinir sistemi etkilerini artırır (98). Bupivakainin sürekli infüzyonu, plazma konsantrasyonunda yavaş bir artışa neden olabilir, ancak bu, postoperatif dönemde plazma protein konsantrasyonlarındaki değişiklikler nedeniyle genellikle iyi tolere edilir (98). Etki süresi daha uzun olan bupivakain, uzun süreli analjezi gereken durumlarda tercih edilebilir, ancak toksisite potansiyeli daha yüksek olduğu için dikkatli olunması gerekir (98).

Ropivakain

Ropivakain, toksisite insidansını azaltmak için tasarlanmış, bupivakainin saf S-(-)-enantiomeridir. Bupivakain ile karşılaştırıldığında daha düşük lipit çözünürlüğüne ve biraz daha yüksek plazma klirensine sahiptir, bu da daha kısa eliminasyon yarı ömrü ile sonuçlanır (98).Klinik çalışmalar, ropivakainin levobupivakain ile karşılaştırıldığında daha az motor blokajı ile etkili analjezi sağladığını ve bu sayede hasta memnuniyetinin daha yüksek olduğunu göstermiştir (99). Ropivakainin farmakokinetik profili, sistemik toksisite riskinin daha düşük olduğu daha güvenli bir uygulama sağlar ve bu da onu belirli klinik ortamlarda tercih edilen bir seçenek haline getirir (100). Ropivakainin uygun farmakokinetik profili, doğum analjezisi gibi minimal motor blokajı istenen prosedürler için uygun olmasını sağlar (99).

Levobupivakain

Bupivakainin S-(-)-enantiomeri olan levobupivakain, rasemik karışıma kıyasla daha yüksek plazma protein bağlanma derecesi ve daha düşük dağılım hacmi sergiler (98).Beyin ve miyokardiyal dokulara afinitesi daha düşüktür, bu da R-(+)-enantiomere kıyasla daha düşük toksisite insidansı anlamına gelir(98). Klinik ortamlarda, levobupivakainin ropivakain ile karşılaştırıldığında biraz daha fazla motor blokajı olmasına rağmen etkili analjezi sağladığı gösterilmiştir (99).

Bu anesteziklerin farmakokinetik özellikleri iyi belgelenmiş olsa da, klinik sonuçlar uygulama tekniği ve hastaya özgü değişkenler gibi faktörlere de bağlıdır. Örneğin, epidural enjeksiyonlarda lokal anesteziklere steroidlerin eklenmesi, anesteziklerin tek başına kullanılmasına kıyasla ağrı giderimi veya fonksiyonel sonuçlar açısından önemli farklılıklar göstermemiştir (101). Bu, farmakokinetiklerin önemli bir rol oynadığını, ancak genel klinik etkinliğin hem farmakolojik hem de prosedürel faktörleri içeren çok faktörlü olduğunu göstermektedir.

2.3.4. Riskler ve Güvenlik

Partikül içeren kortikosteroidlerin, özellikle transforaminal enjeksiyonlarda kullanımı, spinal arterlerin embolizasyonu yoluyla felç gibi ciddi nörolojik komplikasyonlarla ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle, partikül içermeyen steroid preparatları genellikle daha güvenli olarak kabul edilmekte, ancak bu ajanlar da içerdikleri benzil alkol gibi koruyucu maddeler nedeniyle potansiyel risk taşımaya devam etmektedir (102). 16.000'in üzerinde epidural enjeksiyonun değerlendirildiği geniş ölçekli bir çalışmada, hem transforaminal hem de interlaminar uygulamalarda majör advers olayların düşük sıklıkta gerçekleştiği, bununla birlikte, transforaminal enjeksiyonlarda vazovagal reaksiyonlar daha sık görülürken, interlaminar enjeksiyonlarda dural ponksiyon insidansının nispeten daha yüksek olduğu saptanmıştır (103).

2.4. MAGNEZYUMUN AĞRI MODÜLASYONUNDAKİ ROLÜ

Bel ağrısının tedavisinde $MgSO_4$ içeren epidural enjeksiyonlar, omurilik düzeyinde çeşitli nörofizyolojik değişikliklere yol açarak analjezik etki sağlayabilir. Bu etkilerin temelinde, Mg'un NMDA reseptör antagonisti olarak merkezi sinir

sistemindeki ağrı yollarını modüle etme yetisi yatmaktadır. $MgSO_4$'ün bu özelliği, merkezi duyarlılığı azaltarak ağrı işleme sürecini değiştirmekte ve postoperatif analjezik gereksinimini azaltabilmektedir.

Klinik çalışmalarda, nöraksiyel yolla uygulanan $MgSO_4$'ün postoperatif dönemde analjezik tüketimini anlamlı düzeyde azalttığı gösterilmiştir. Bu bulgular, magnezyumun spinal düzeyde ağrı iletim yollarını etkili şekilde modüle ettiğini desteklemektedir (104).Bununla birlikte, $MgSO_4$'ün nöroaksiyel uygulamasına ilişkin güvenlik profili henüz tam olarak netlik kazanmamıştır. Mevcut literatürde nörolojik komplikasyonlara nadiren rastlanmış olsa da, bu durum potansiyel nörotoksisite açısından dikkatle değerlendirilmelidir.

Epidural $MgSO_4$ uygulamaları, bel ağrısı tedavisinde umut verici sonuçlar ortaya koymakta; özellikle spinal nörofizyolojik mekanizmaların modülasyonu yoluyla analjezik etki oluşturmaktadır. Ancak bu tedavi yönteminin güvenliği ve uzun dönem etkileri hakkında daha kapsamlı ve kontrollü çalışmalara ihtiyaç vardır. $MgSO_4$'ün klinik kullanımı genişletilmeden önce, spinal düzeyde yol açtığı nörofizyolojik değişimlerin mekanizmalarının tam olarak aydınlatılması önem arz etmektedir. $MgSO_4$'ün etkinliğine rağmen, nöroaksiyel uygulamalardaki güvenlik profili hâlâ netlik kazanmamıştır. Mevcut bazı çalışmalarda, minimal düzeyde nörolojik komplikasyonlara rastlandığı bildirilmiştir (105).Omurilik nörofizyolojisinin modülasyonu yoluyla bel ağrısının tedavisinde $MgSO_4$ epidural enjeksiyonları umut verici sonuçlar sunmakla birlikte, potansiyel nörotoksisite ve uzun vadeli etkileri hâlen önemli bir endişe kaynağıdır. Bu nedenle, $MgSO_4$'ün klinik uygulamalardaki güvenliğini ve etkinliğini tam olarak ortaya koymak amacıyla ileri düzey, kontrollü ve uzun süreli çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

2.4.1. Etki Mekanizması

2.4.1.1. NMDA Reseptör Blokajı

Mg, omurilik düzeyinde merkezi duyarlılık ve ağrı modülasyonunda önemli rol NMDA reseptörünün fizyolojik antagonisti olarak işlev görür (106). NMDA reseptörlerini bloke ederek, $MgSO_4$ merkezi sensitizasyonun indüksiyonunu ve

sürdürülmesini azaltabilir; bu durum da ağrı algısında azalma ve analjezik gereksinimde düşüş ile sonuçlanır (104).

2.4.1.2. İyon Kanallarının Modülasyonu

$MgSO_4$, nöronal uyarılabilirlik ve ağrı iletimiyle ilişkili olan kalsiyum ve potasyum iyon kanallarını da etkilemektedir (106). Kalsiyum kanallarının blokajı ve potasyum kanallarının modülasyonu yoluyla, $MgSO_4$ antinosiseptif etkiler göstererek omurilik nörofizyolojisini daha ileri düzeyde etkileyebilir. Ayrıca, Mg'nin nitrik oksit yolunu aktive etmesi, özellikle somatik ağrı modellerinde analjezik etkilerinin bir başka mekanizması olarak değerlendirilmektedir (106).

2.4.1.3. Histopatolojik Değişiklikler

Hayvan modellerinde yapılan çalışmalarda, tekrarlanan intratekal $MgSO_4$ enjeksiyonları sonrasında omurilik dokusunda hafif ve sınırlı histopatolojik değişiklikler gözlemlenmiş; ancak anlamlı nörotoksik etkiler tespit edilmemiştir (107).Bu bulgular, $MgSO_4$'ün omurilik fizyolojisinde bazı değişikliklere yol açabileceğini, fakat kısa vadede klinik olarak anlamlı nörotoksisiteye neden olmadığını göstermektedir.

2.4.2. Epidural Enjeksiyonda Magnezyum Kullanımı

$MgSO_4$ özellikle epidural enjeksiyon bağlamında, bel ağrısının tedavisinde alternatif ya da yardımcı bir ajan olarak giderek daha fazla araştırılmaktadır. $MgSO_4$'ün potansiyel yararları arasında daha etkin analjezi sağlanması, fonksiyonel iyileşmenin desteklenmesi ve opioid ihtiyacının azaltılması yer alırken; potansiyel riskler ise özellikle nörolojik komplikasyonlarla ilişkilidir. Steroid enjeksiyonları gibi geleneksel tedavilerle karşılaştırıldığında, $MgSO_4$ umut verici ancak dikkatli değerlendirilmesi gereken bir seçenek sunmaktadır.

Transforaminal yolla uygulanan $MgSO_4$ enjeksiyonlarının, radiküler bel ağrısı olan hastalarda ağrı şiddetini anlamlı düzeyde azalttığı ve fonksiyonel kısıtlılık üzerinde iyileşme sağladığı bildirilmiştir. İmani ve ark. bu etkinin steroid enjeksiyonlarına göre daha belirgin olduğunu ve altı aylık takip süresinde ciddi yan etki gözlenmediğini raporlamıştır (10).

$MgSO_4$'ün spinal anesteziye adjuvan olarak eklenmesi, postoperatif dönemde opioid ihtiyacını önemli ölçüde azaltmaktadır. Arcioni ve arkadaşlarının ortopedik cerrahi hastalarında yaptığı çalışmada, $MgSO_4$ ilavesi ile morfin tüketiminin %69 oranında azaldığı gösterilmiştir (104).

Nöraksiyal $MgSO_4$ kullanımı, ilk analjezik talebine kadar geçen süreyi anlamlı ölçüde uzatmaktadır. Albrecht ve ark. tarafından yapılan meta-analizlerde, epidural uygulamanın bu süreyi %72,2 oranında uzattığı ve bu etkinin $MgSO_4$'ün uzun süreli analjezik etkisinin bir göstergesi olabileceği vurgulanmıştır (105).

2.4.3. Riskler ve Güvenlik

Klinik çalışmalar, $MgSO_4$ uygulaması sonrası genellikle minimal düzeyde yan etkilere rastlandığını bildirmiştir. Ancak, hayvan modellerine dayanan çalışmalar nörolojik komplikasyonlara dair olası riskleri gündeme getirmiştir. İnsan çalışmalarında şimdiye kadar kalıcı baş ağrısı gibi geçici ve hafif advers etkiler dışında ciddi bir nörotoksik bulguya rastlanmamıştır (105).Bu nedenle, $MgSO_4$'ün insanlarda uzun dönem güvenlik profilinin daha net şekilde ortaya konabilmesi için ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

$MgSO_4$'ün klinik etkinliği, uygulama yöntemi, dozu ve eşlik eden tedaviler gibi çeşitli dış faktörlerden etkilenmektedir. Literatürdeki heterojenlik, $MgSO_4$ ile tedaviye dair net bir uygulama protokolünün oluşturulamamasına neden olmaktadır. Bu sebeple, optimal kullanım koşullarının belirlenmesi amacıyla standardize edilmiş, yüksek kaliteli klinik araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır (108).

$MgSO_4$, steroid enjeksiyonları ile benzer veya üstün ağrı kontrolü ve fonksiyonel iyileşme sağlamasına rağmen, steroidlerin yol açabileceği sistemik ve lokal yan etkilerden arındırılmış bir seçenek olarak öne çıkmaktadır (10). Opioidlerin bağımlılık riski ve yaygın yan etkileri göz önünde bulundurulduğunda, $MgSO_4$'ün analjezik gereksinimi azaltması, ağrı yönetiminde önemli bir avantaj sunmaktadır (109).

Periferik sinir bloklarında adjuvan olarak kullanılan $MgSO_4$, lokal anesteziklerin etkisini artırmakta, duyusal blokaj süresini uzatmakta ve postoperatif analjezik ihtiyacını azaltmaktadır (110).

$MgSO_4$, bel ağrısının tedavisinde umut verici bir adjuvan olarak değerlendirilmektedir. Opioid kullanımını azaltma potansiyeli, minimal yan etkileri ve uzun etkili analjezik özellikleri ile multimodal ağrı tedavi stratejilerinde değerli bir bileşen olabilir. Bununla birlikte, geniş ölçekli ve uzun dönemli çalışmalar ile güvenlik profilinin ve klinik etkinliğinin daha net biçimde ortaya konması gerekmektedir. Kullanımı, her hastanın klinik durumu ve risk profili dikkate alınarak, diğer tedavi seçenekleriyle karşılaştırmalı biçimde değerlendirilmelidir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 12 Haziran 2025 tarihinde alınan 2025/130 numaralı onay ile yürütüldü. Araştırma süreci boyunca Helsinki Bildirgesi'nde belirtilen etik ilkelere uyuldu.

Çalışma, retrospektif ve kesitsel tasarımda planlandı. 1 Haziran 2024 – 30 Kasım 2024 tarihleri arasında Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Algoloji Kliniği'nde orta–ciddi LSSS tanısı ile İLESE uygulanmış hastaların dosya kayıtları incelendi.

Araştırma Evreni ve Örneklem

1 Haziran 2024 ile 30 Kasım 2024 tarihleri arasında Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Algoloji Kliniği'ne başvuran ve klinik ile radyolojik değerlendirme sonucunda orta veya ciddi derecede LSSS tanısı alan hastalar retrospektif olarak incelendi. Bu hastalar arasından, İLESE uygulanmış olanlar, kliniğin elektronik hasta veri tabanı ve dosya kayıtları kullanılarak tarandı.

Çalışmaya yalnızca 18 yaş ve üzerindeki erişkin hastalar dahil edildi. Orta–ciddi LSSS tanısı, hem klinik semptomlar hem de lomber MRG bulguları ile doğrulandıktan sonra kesinleştirildi. Böylece yalnızca objektif radyolojik kanıtlarla desteklenen ve klinik açıdan semptomatik hastaların değerlendirilmesi sağlandı.

Araştırma kapsamına, belirtilen tarih aralığında (1 Haziran 2024 – 30 Kasım 2024) kliniğimizde İLESE uygulanmış olan olgular alındı. İşlem öncesi bazal değerlendirmelerinin yanı sıra, 3. hafta ve 3. ayda yapılan takip muayenelerinin kayıtlarında NRS, MODI, DN4, yürüme mesafesi eksiksiz bulunan hastalar çalışmaya dahil edildi. Bu şekilde yalnızca takip sürekliliği sağlanmış, veri kaybı bulunmayan olguların örnekleme alınması hedeflendi.

Son altı ay içerisinde lomber bölgeye yönelik cerrahi girişim geçirmiş olan hastalar, cerrahi sonrası gelişebilecek yapısal değişiklikler ve epidural skar dokusunun enjeksiyon etkinliğini etkileme potansiyeli nedeniyle çalışmadan dışlandı. Ayrıca

spinal tümör, enfeksiyon, akut veya geçirilmiş fraktür, şiddetli skolyoz ve ileri derece spondilolistezis gibi ek patolojiler bulunan hastalar da heterojenliği artırmamak ve tedaviye yanıtı doğrudan etkileyebilecek faktörleri elimine etmek amacıyla çalışma kapsamına alınmadı.

Bunun yanı sıra, hasta dosyalarında işlem öncesi ya da takip dönemine ait verileri eksik olan, takip muayenelerine düzenli gelmeyen olgular da örneklem dışında bırakıldı. Böylece yalnızca güvenilir, tam ve karşılaştırılabilir veriye sahip olan hastaların analize dahil edilmesi sağlandı.

Dahil etme kriterleri

- 18–75 yaş arasında
- Konservatif tedavilere dirençli, Lomber MRG'de en az bir seviyede orta ve / veya ciddi LSSS'si olan ve buna bağlı kronik bel ve bacağa yayılan ağrısı olan
- LSSS'ye bağlı kronik nörojenik klaudikasyosu olan
- NRS ağrı şiddeti ≥ 4 olan
- Semptom süresi ≥ 3 ay olan

Dışlama kriterleri

- Tek taraflı ve tek bir sinir köküne dağılımına uyan radiküler ağrı
- Vasküler klaudikasyo varlığı
- Lumbosakral cerrahi öyküsü
- Polinöropati ve tuzak nöropati varlığı

Örneklem Oluşturma

Çalışmanın başlangıcında, belirlenen tarih aralığında tüm hastalar retrospektif olarak tarandı. Bu hastalardan bir kısmı, dahil edilme kriterlerini karşılamaması, eksik dosya verilerinin bulunması veya takip muayenelerinin eksikliği nedeniyle çalışma dışı bırakıldı. Ayrıca dışlanma kriterleri kapsamında değerlendirilen (örneğin son altı ayda lomber cerrahi geçirmiş, eşlik eden tümör/enfeksiyon/fraktür/ileri deformite öyküsü bulunan ya da antikoagülan tedavisini kesemeyen) olgular da analize dahil edilmedi. Eliminasyonlar sonrasında, kriterleri karşılayan ve takip kayıtları tam olan 120 hasta çalışmaya alındı.

Hastalar, işlem sırasında kullanılan ilaç karışımlarına göre iki gruba ayrıldı:

- **Grup M (Magnezyum Sülfat Grubu, n=60):** Deksametazon **8 mg/2 mL**, %0,5 bupivakain **2 mL** ve %15 magnezyum sülfat ($MgSO_4$) **2 mL (300 mg)** karışımı ile enjeksiyon uygulanmış hastalar.
- **Grup S (Kontrol/Salin Grubu, n=60):** Deksametazon **8 mg/2 mL**, %0,5 bupivakain **2 mL** ve %0,9 salin **2 mL** karışımı ile enjeksiyon uygulanmış hastalar.

Dosya kayıtlarının incelenmesi sonucunda, her iki grupta da uygulanan solüsyon hacminin 6 mL olarak düzenlendiği tespit edildi. Böylece gruplar arasında yalnızca kullanılan ilaç içeriği bakımından farklılık bulunduğu, toplam hacmin eşit olduğu görüldü.

Dosya kayıtlarının incelenmesi sonucunda, tüm işlemlerin deneyimli algoloji uzmanları tarafından aseptik koşullar altında ve floroskopi eşliğinde interlaminar epidural yaklaşım ile gerçekleştirildiği belirlendi. Hastaların prone pozisyonda yatırılarak uygun interlaminar aralıktan epidural boşluğa girildiği, kontrast madde ile epidural yerleşimin teyit edildiği ve ilgili solüsyonun yavaş şekilde enjekte edildiği kaydedildi. İşlem sonrası hastaların komplikasyon açısından gözlendiği ve poliklinik takibine alındığı görüldü.

Hasta Verilerinin Toplanması

Çalışmaya dahil edilen hastaların tüm demografik özellikleri ve klinik verileri elektronik hasta veri tabanı ve dosya kayıtları üzerinden retrospektif olarak elde edildi. Kaydedilen demografik parametreler arasında yaş, cinsiyet, vücut kitle indeksi (BMI) ve eşlik eden komorbid hastalıklar yer aldı. Ayrıca, hastaların işlem sırasında kullanılan ilaç kombinasyonları, uygulanan seviye ve işlemle ilişkili ayrıntılar da kayıt altına alındı.

Demografik ve Klinik Veriler

Hastaların yaş, cinsiyet, boy, kilo, medeni durum ve eğitim durumu gibi demografik bilgileri ile birlikte ek hastalıkları, kullandıkları ilaçlar, daha önce

uygulanan tedavi yöntemleri, semptom süresi, meslek durumu ve geçirilmiş operasyon öyküleri hasta takip sisteminden retrospektif olarak kaydedildi. Ayrıca hastalığa ait semptom süresi, mevcut sistemik hastalıklar, daha önce uygulanmış fizik tedavi ve medikal tedavi bilgileri de veri setine eklendi.

Değerlendirme Ölçekleri

Çalışmada tedavi etkinliğini değerlendirmek amacıyla, dosya kayıtlarından elde edilen ağrı şiddeti, fonksiyonel durum, nöropatik ağrı bileşeni ve yürüme mesafesi olmak üzere dört temel parametre kullanıldı. Çalışmada etkinlik değerlendirmesi için aşağıdaki ölçütler kullanıldı.

Ağrı Şiddeti: Ağrı düzeyi, hastaların kendi beyanına dayalı olarak sayısal derecelendirme skoru (NRS) ile değerlendirildi. Hastalardan, ağrılarını 0 "hiç ağrı yok" ile 10 "dayanılmaz ağrı" arasında bir sayı ile ifade etmeleri istendi. Bu yöntem, kolay uygulanabilirliği ve güvenilirliği nedeniyle literatürde yaygın olarak kullanılmaktadır. NRS, ağrı şiddetinin ölçümünde en sık kullanılan yöntemlerden biridir (111). Basit, anlaşılır ve hastalar tarafından kolay uygulanabilir olması, aynı zamanda klinisyenler için güvenilir ve hızlı bir değerlendirme aracı sunması nedeniyle tercih edilmektedir. Retrospektif çalışmalarda hasta kayıtlarında en sık bulunan ölçeklerden biri olması, bu çalışmada kullanılmasının başlıca gerekçesidir. Ayrıca, kronik bel ağrısı ve lomber spinal stenoz gibi muskuloskeletal ağrı sendromlarının değerlendirilmesinde uluslararası literatürde yaygın şekilde kullanılmaktadır (111).

Fonksiyonel Durum: Fonksiyonel kısıtlılık düzeyi, Oswestry Disability Index (ODI) 'nin geçerli Türkçe uyarlaması olan Modified Oswestry Disability Index (MODİ) ile belirlendi. ODI, bel ağrısına bağlı fonksiyonel yetersizliği ölçmek için geliştirilmiş ve bu alanda "altın standart" olarak kabul edilen bir değerlendirme aracıdır (112). Günlük yaşam aktivitelerindeki kısıtlılığı ölçen 10 bölümden oluşur ve puanlama sonucunda elde edilen skor, hastanın fonksiyonel durumunu objektif olarak yansıtır. Retrospektif çalışmalar dahil olmak üzere bel ağrısı ve lomber spinal stenoz araştırmalarında en sık kullanılan fonksiyonel değerlendirme ölçeklerinden biridir (113). Türkçe uyarlaması olan MODİ de geçerlilik ve güvenilirliği kanıtlanmış bir ölçektir (114). Bu nedenle çalışmada fonksiyonel yetersizliği değerlendirmek için

MODİ tercih edilmiştir. Anket, günlük yaşam aktivitelerindeki kısıtlılıkları değerlendiren 10 bölümden oluşmaktadır. Yüksek skorlar daha fazla fonksiyonel yetersizliği göstermektedir.

Nöropatik Ağrı Bileşeni: Nöropatik ağrı varlığı ve şiddeti, DN4 anketi ile değerlendirildi (115). DN4 anketi, nöropatik ağrı bileşenini değerlendirmek amacıyla geliştirilmiş, toplam 10 maddeden oluşan bir tarama aracıdır (116). Yedi soru semptom temelli (örn. yanma, elektrik çarpması, karıncalanma) iken üç soru klinik muayene bulgularına (hipoestezi, allodini) dayanmaktadır. Elde edilen puanlama 0–10 arasında değişmekte olup, 4 ve üzeri skor nöropatik ağrı lehine kabul edilmektedir. DN4, yüksek duyarlılık ve özgüllük değerleri sayesinde lomber spinal stenoz dahil pek çok kronik ağrı çalışmasında güvenilir şekilde kullanılmaktadır (117). Retrospektif olarak hasta kayıtlarından elde edilebilen, pratik ve geçerli bir ölçüm aracı olması nedeniyle bu çalışmada tercih edilmiştir.

Yürüme Mesafesi: LSSS'de en karakteristik semptomlarından biri nörojenik kladikasyo olup, hastaların günlük yaşam aktivitelerini sınırlayan en önemli bulgulardan biridir. Bu nedenle, maksimum ağrısız yürüme mesafesi LSSS'nin klinik şiddetini ve tedavi yanıtını değerlendirmede sık kullanılan bir ölçüttür. Prospektif çalışmalarda objektif testler (ör. treadmill yürüyüş testi) kullanılabilmekle birlikte, retrospektif tasarımlı araştırmalarda hasta dosyalarındaki beyan temelli yürüme mesafesi kayıtları pratik ve geçerli bir alternatif sunmaktadır (118). Literatürde de hasta beyanına dayalı yürüme mesafesi, klinik takiplerde ve girişimsel tedavi etkinliklerinin değerlendirilmesinde sıklıkla rapor edilmektedir (119). Bu nedenle çalışmamızda yürüme mesafesi parametresi, retrospektif kayıtlardan elde edilen hasta beyanına dayalı veriler üzerinden değerlendirilmiştir.LSSS'ye bağlı semptomların günlük yaşam üzerine etkisini değerlendirmek amacıyla hastaların beyanına dayalı olarak maksimum ağrısız yürüme mesafeleri metre olarak kaydedildi. Yürüme mesafesi retrospektif olarak hasta notlarından elde edildiği için objektif ölçüm yerine subjektif değerlendirme esas alındı.

Tüm bu parametreler işlem öncesi (bazal değerler), işlem sonrası 3. hafta ve 3. ay takip notlarından elde edilerek analiz edildi. Böylece hem erken dönem (3. hafta) hem de orta dönem (3. ay) tedavi yanıtı değerlendirilebildi.

Radyolojik Değerlendirme

Bu çalışmada, klinik semptomları radyolojik bulgularla desteklenmiş orta ve ciddi stenozu bulunan hastalar dahil edildi; hafif stenoz saptanan olgular çalışma dışında bırakıldı. Radyolojik değerlendirme klinisyen tarafından yapıldı.

Hastaların LSSS tanısı ve derecelendirilmesi, işlem öncesinde yapılmış olan lomber MRG kayıtlarının retrospektif incelenmesiyle doğrulandı. Tüm olguların MRG raporları dosya kayıtlarından elde edildi ve stenoz şiddeti literatürde yaygın olarak kullanılan kriterlere göre sınıflandırıldı.

Stenoz şiddetinin değerlendirilmesinde Schizas sınıflaması temel alındı (120). Bu sınıflamaya göre, orta stenoz, dural kesenin belirgin şekilde daraldığı ancak sinir kökleri arasında serebrospinal sıvı görünümünün kısmen korunduğu olgular için kullanılırken; ciddi stenoz, dural kesenin ileri derecede daraldığı, serebrospinal sıvı görünümünün kaybolduğu ve sinir köklerinin birbirinden ayrı seçilemediği durumlar için tanımlandı.

Ayrıca bazı olgularda raporlarda dural kesit alanı ölçümleri de yer almaktaydı. Literatüre uygun şekilde, dural kesit alanı <100 mm² olan olgular dar kanal olarak kabul edildi; bu değerler içinde 75–100 mm² arası orta stenoz, <75 mm² ise ciddi stenoz olarak sınıflandırıldı (121, 122).

Çalışmanın Sonlanım Noktası

Bu çalışmanın birincil sonlanım noktası, LSSS nedeniyle İLESE uygulanan hastalarda, ağrı şiddetinde klinik olarak anlamlı düzelmeyi temsil eden ≥%50 oranında NRS azalması olarak belirlendi. LSSS bağlı bel ve radiküler ağrısı bulunan hastalarda İLESE sonrası MgSO4 (Grup M) ile salin kontrol grubunun (Grup S) işlem sonrası 3. hafta ve 3.ayda elde edilen NRS skorlarında %50 azalma açısından karşılaştırılması ve iki grup arasında anlamlı bir fark bulunup bulunmadığının değerlendirilmesi

amaçlandı. IMMPACT (Initiative on Methods, Measurement, and Pain Assessment in Clinical Trials) önerileri de kronik ağrı çalışmalarında %50 azalmayı güçlü bir klinik yanıt göstergesi olarak önermektedir (123). Bu nedenle çalışmada ≥%50 NRS azalması, tedaviye yanıtı değerlendiren birincil kriter olarak seçilmiştir.

İkincil sonlanım noktaları ise, işlem sonrası 3. hafta ve 3. ayda MODI ve DN4 skorlarındaki değişimlerin, ayrıca ağrısız yürüme mesafesindeki farklılıkların incelenmesi ile her iki grupta işlem sırasında veya sonrasında gelişen komplikasyonların varlığının raporlanması olarak belirlenmiştir.

İnterlaminar Epidural Steroid Enjeksiyonu Tekniği

İLESE lomber spinal stenoz ve radiküler ağrı tedavisinde sık kullanılan girişimsel yöntemlerden biridir. İşlem, genellikle aseptik koşullar altında, floroskopi kılavuzluğunda ve deneyimli algoloji uzmanları tarafından uygulanır (124, 125).

Hastalar prone pozisyonda yerleştirilir. Hedeflenen lomber seviyede interlaminar aralıktan epidural boşluğa giriş yapılır. Enjeksiyon sırasında genellikle paramedian veya median yaklaşım tercih edilir. İğne ucu epidural boşluğa ilerletildikten sonra doğru yerleşim, "loss of resistance" tekniği ve kontrast madde verilerek floroskopi altında teyit edilir (126).

Yerleşim doğrulandıktan sonra, lokal anestezik ve kortikosteroid içeren tedavi solüsyonu yavaş enjeksiyonla epidural aralığa verilir. Uygulama sonrası hastalar kısa süre gözlenir ve komplikasyon açısından izlenerek taburcu edilir.

İLESE'nin amacı, epidural aralıkta inflamasyonu baskılamak, nöral yapılar üzerindeki basıncı azaltmak ve analjezik etkinlik sağlamaktır. Floroskopi eşliğinde uygulama, doğru yerleşimi doğrulaması ve komplikasyon riskini azaltması nedeniyle güvenilir yöntem olarak kabul edilmektedir (127).

Hipotezler

H0 (Null Hipotez): LSSS nedeniyle uygulanan İLESE sırasında steroide MgSO4 eklenmesinin, yalnızca steroid uygulamasına kıyasla 3. ayda NRS skorlarında ve diğer klinik ölçütlerde (MODI, DN4, yürüme mesafesi) ek bir üstünlüğü yoktur.

H1 (Alternatif Hipotez): LSSS nedeniyle uygulanan İLESE sırasında steroide MgSO4 eklenmesi, yalnızca steroid uygulamasına kıyasla 3. ayda NRS skorlarında anlamlı iyileşme sağlar ve ayrıca fonksiyonel düzelme (MODI), nöropatik ağrı bileşeninde azalma (DN4) ve ağrısız yürüme mesafesinde artış açısından da ek üstünlük gösterir.

3.1. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Verilerin analizi SPSS Statistics 22.0 yazılımı kullanılarak gerçekleştirildi. Sürekli değişkenler ortalama ± standart sapma şeklinde sunuldu. Gruplar arasındaki farklılıklar independent samples t-testi ile değerlendirildi. NRS ve MODI skorlarındaki değişiklikler two-factor repeated-measures ANOVA kullanılarak analiz edilecek, tekrarlayan ölçümler için Bonferroni düzeltmesi uygulandı. Kategorik değişkenler sayı ve yüzde (%) olarak ifade edilecek olup, gruplar arası karşılaştırmalarda Pearson ki-kare testi kullanıldı. Tüm testler çift yönlü yapılacak ve $p < 0,05$ istatistiksel anlamlılık düzeyi olarak kabul edildi.

4. BULGULAR

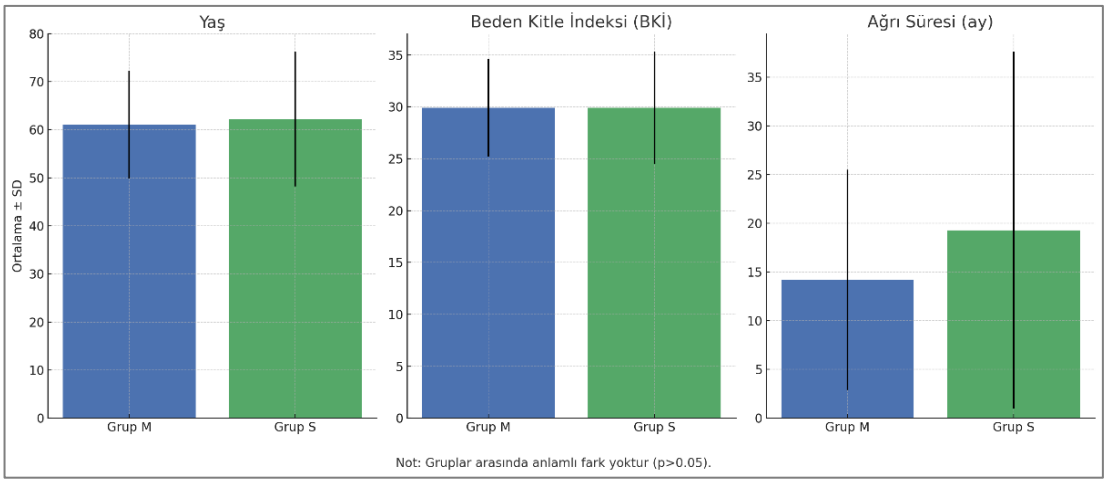
Bu çalışma kapsamında, orta-ileri düzey lomber santral spinal stenoz tanısı almış toplam 120 hasta, MgSO4 eklenmiş İLESİ uygulanan Grup M (n=60) ve salin enjeksiyon protokolü uygulanan Grup S (n=60) olmak üzere iki gruba ayrılarak retrospekitf kesitsel olarak değerlendirilmiştir. Her iki grupta da tedavi öncesi benzer klinik özellikler izlenmiş olup, elde edilen sonuçlar tedaviye yanıt ve klinik düzelmeler açısından kapsamlı şekilde analiz edilmiştir.

Gruplar arasında yaş, cinsiyet dağılımı, BKİ, ağrı süresi, başlangıç NRS skorları ve yürüyüş mesafesi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir (p>0.05) . Her iki gruptaki kadın oranı %70 olup cinsiyet dağılımı eşit düzeydeydi. Ortalama yaş Grup M için 61.0±11.2 yıl, Grup S için ise 62.2±14.0 yıl olarak kaydedildi. Bu bulgular, tedavi grupları arasında başlangıçta homojen bir dağılım sağlandığını göstermektedir ve müdahalenin etkinliğini karşılaştırmak açısından uygun bir zemin oluşturmaktadır. Demografik karakteristikler ve grupların karşılaştırılması Tablo 7'de, şekil 7 ve şekil 8'de gösterilmiştir.

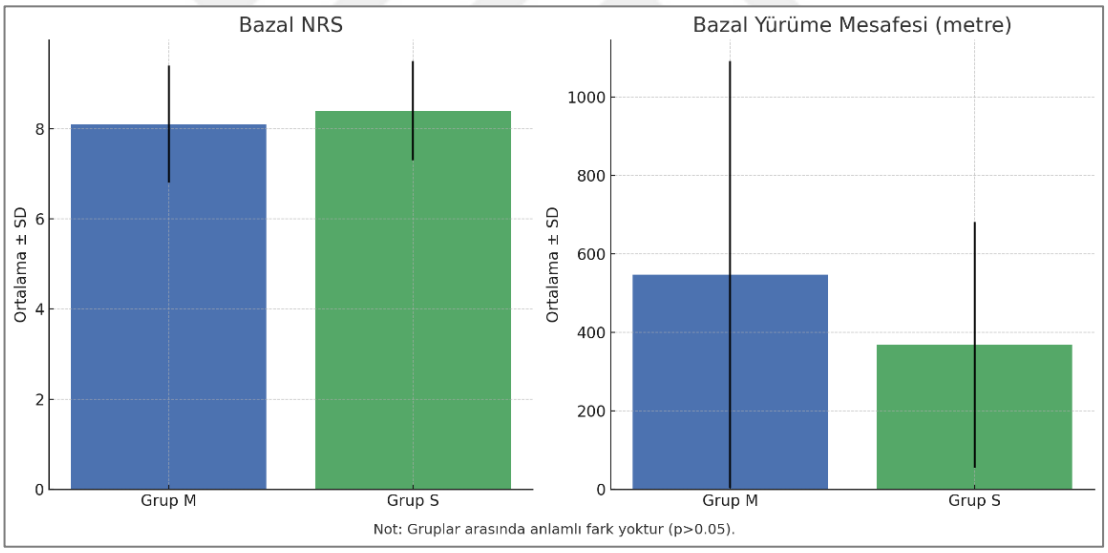
Tablo 7. Demografik karakteristikler ve grupların karşılaştırılması

Değişken	Group M (n=60)		Group S (n=60)		P-value
	Mean ±SD	Median(min-max)	Mean ±SD	Median(min-max)	
Yaş, yıl	61.0±11.2	60 (37-81)	62.2±14.0	65 (23-90)	0.382*
Ağrı süresi, ay	14.2±11.3	12 (1-60)	19.3±18.3	12 (1-180)	0.058*
BKİ	29.9±4.7	29.4 (22-40)	29.9±5.4	28.5 (22.3-50.8)	0.590*
Bazal NRS	8.1±1.3	8 (5-10)	8.4±1.1	8 (5-10)	0.141*
Bazal yürüme mesafesi metre	547.3±543.9	300 (10-5000)	368.3±312.2	300 (50-1500)	0.542*
Cinsiyet, n(%)					
Kadın	42 (70.0)		42 (70.0)		1.000**
Erkek	18 (30.0)		18 (30.0)		
NRS %50 azalma, 3.hafta, n(%)					
Evet	58 (96.6)		46 (76.7)		**0.003****
Hayır	2 (3.4)		14 (23.3)		
NRS %50 azalma, 3.ay, n(%)					
Evet	23 (38.4)		14 (23.3)		0.114**
Hayır	37 (61.6)		46 (76.7)		
Spinal Stenoz darlık derecesi, n(%)					
Orta	35 (58.3)		33 (55.0)		0.711**
Şiddetli	25 (41.7)		27 (45.0)		
Spinal Stenoz Seviyesi, n (%)					
L2-3	4 (6.7)		3 (5.0)		
L3-4	18 (30.0)		18 (30.0)		0.779**
L4-5	29 (48.3)		33 (55.0)		
L5-S1	9 (15.0)		6 (10.0)		

*: mann whitney u test, **: Pearson Chi-square test



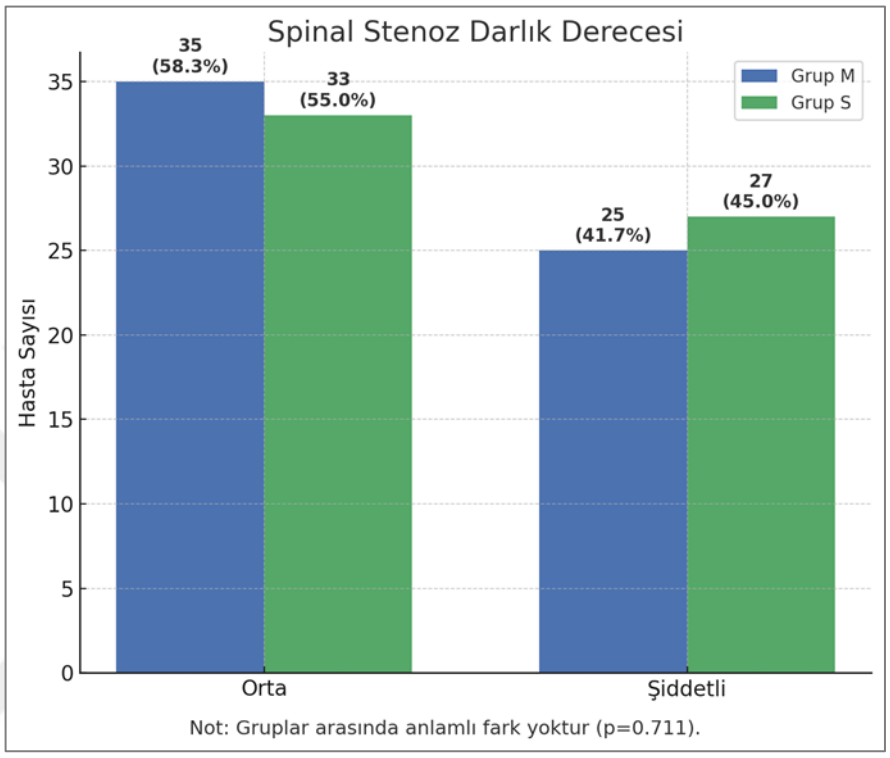
Şekil 7. Grupların temel demografik özelliklerinin karşılaştırılması. Yaş, beden kitle indeksi (BKİ) ve ağrı süresi parametreleri değerlendirildiğinde, Grup M ile Grup S arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olmadığı gösterilmiştir (p>0.05)



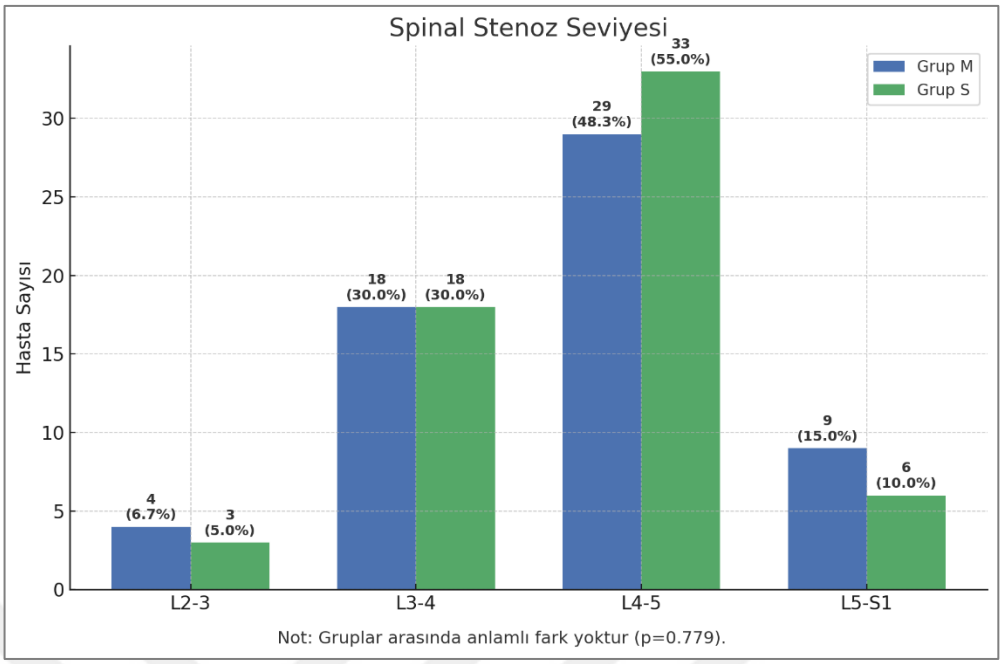
Şekil 8. Grupların bazal NRS ve yürüme mesafesi değerlerinin karşılaştırılması. Grup M ile Grup S arasında başlangıçtaki ağrı şiddeti ve fonksiyonel kapasite ölçümlerinde istatistiksel açıdan anlamlı fark saptanmamıştır (NRS: p=0.141; yürüme mesafesi: p=0.542)

Spinal stenozun derecesi (orta ya da ileri düzey) ve etkilenmiş segment seviyeleri açısından gruplar arasında anlamlı fark saptanmamıştır (Şekil 9,10). En sık

etkilenen seviye her iki grupta da L4-5 olup, bu durum lomber bölgede yük taşıma ve hareketlilikle ilgili biyomekanik baskının klinik olarak yansıması olarak değerlendirilebilir.



Şekil 9. Gruplara göre spinal stenoz darlık derecesi dağılımları. Grup M'de orta dereceli darlık 35 hasta (%58.3), şiddetli darlık 25 hasta (%41.7) olarak saptanmıştır. Grup S'de ise orta dereceli darlık 33 hasta (%55.0), şiddetli darlık 27 hasta (%45.0) olarak kaydedilmiştir. İki grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (p=0.711)



Şekil 10. Gruplara göre spinal stenoz seviyelerinin dağılımı. Grup M'de L2-3 düzeyi 4 hasta (%6.7), L3-4 düzeyi 18 hasta (%30.0), L4-5 düzeyi 29 hasta (%48.3) ve L5-S1 düzeyi 9 hasta (%15.0) olarak saptanmıştır. Grup S'de ise sırasıyla 3 (%5.0), 18 (%30.0), 33 (%55.0) ve 6 (%10.0) hasta mevcuttur. İki grup arasındaki seviye dağılımlarında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık bulunmamıştır (p=0.779)

Tedavi etkinliğini değerlendirmek amacıyla kullanılan birincil sonlanım ölçütü olan ağrıda %50 ve üzeri azalma, üçüncü hafta değerlendirmesinde Grup M lehine anlamlı fark göstermiştir. Bu dönemde Grup M'de hastaların %96.6'sı anlamlı ağrı azalması bildirirken, Grup S'de bu oran %76.7 olarak ölçülmüştür (p=0.003). Üçüncü ayda bu fark istatistiksel anlamlılığa ulaşmamakla birlikte, Grup M'de %38.4, Grup S'de %23.3 oranında hastada ağrıda %50 üzeri azalma izlenmiştir (p=0.114). Bu bulgular, özellikle erken dönem analjezik etki açısından MgSO4 katkısının potansiyel avantajlarını ortaya koymaktadır. Gruplara ait bazal, 3. hafta ve 3. Ay NRS, DN4, MODI ve yürüme mesafesi skorlarındaki değişiklikler Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8. NRS, DN4, MODI ve yürüme mesafesi skorlarındaki değişiklikler; Her iki işlem de bazal değerlere kıyasla 3.hafta ve 3.ayda NRS, MODI, DN4 skorlarında anlamlı düzelme sağlamış ve yürüyüş mesafesi her iki grupta da anlamlı derecede artmıştır

		NRS-bazal	NRS-3. hafta	NRS-3. ay	Test st.	**P-value**
Group M	Mean rank	2.98	1.02	1.99	117.506	**<0.001**
	Mean ±SD	8.4±1.1	2.9±0.9	5.3±1.2		
Group S	Mean rank	2.94	1.11	1.95	108.762	**<0.001**
	Mean ±SD	8.1±1.3	3.3±1.9	5.1±1.8		

Friedman test

		DN4-basal	DN4-3. hafta	DN4-3. ay	Test st.	**P-value**
Group M	Mean rank	2.46	1.66	1.88	43.000	**<0.001**
	Mean ±SD	3.5±2.1	2.1±2.0	2.4±2.3		
Group S	Mean rank	2.46	1.68	1.86	42.865	**<0.001**
	Mean ±SD	3.5±2.1	2.1±2.0	2.4±2.2		

Friedman test

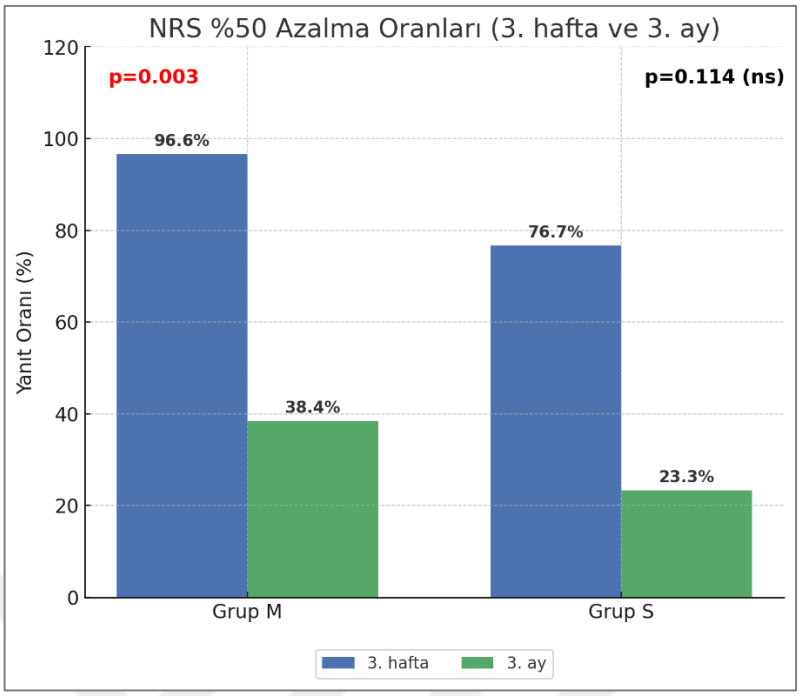
		MODI-bazal	MODI-3. hafta	MODI-3. ay	Test st.	**P-value**
Group M	Mean rank	2.98	1.11	1.91	89.416	**<0.001**
	Mean ±SD	60.1±14.4	24.1±8.7	33.1±9.5		
Group S	Mean rank	2.84	1.24	1.92	84.464	**<0.001**
	Mean ±SD	49.5±17.2	25.5±14.4	32.7±17.2		

Friedman test

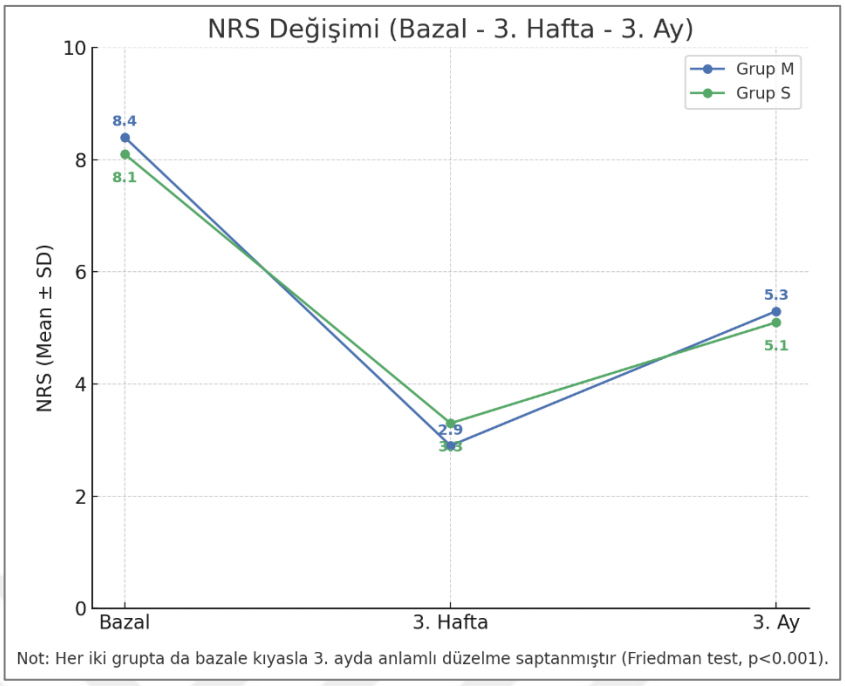
		WD-bazal	WD-3. hafta	WD-3. ay	Test st.	**P-value**
Group M	Mean rank	1.03	2.73	2.24	56.663	**<0.001**
	Mean ±SD	369.3±312.1	904.2±403.1	770.0±464.3		
Group S	Mean rank	1.50	2.29	2.21	48.661	**<0.001**
	Mean ±SD	547.3±343.9	775.0±717.3	747.5±678.8		

Friedman test, WD: Walking distance

Tedavi etkinliğini değerlendirmek amacıyla kullanılan birincil sonlanım ölçütü olan ağrıda %50 ve üzeri azalma, üçüncü hafta değerlendirmesinde Grup M'de anlamlı derecede daha yüksek yanıt oranı gözlenmiştir (%96.6 vs. %76.7; **p=0.003**). Üçüncü ayda ise Grup M (%38.4) ile Grup S (%23.3) arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık bulunmamıştır (**p=0.114**) (Şekil 11).



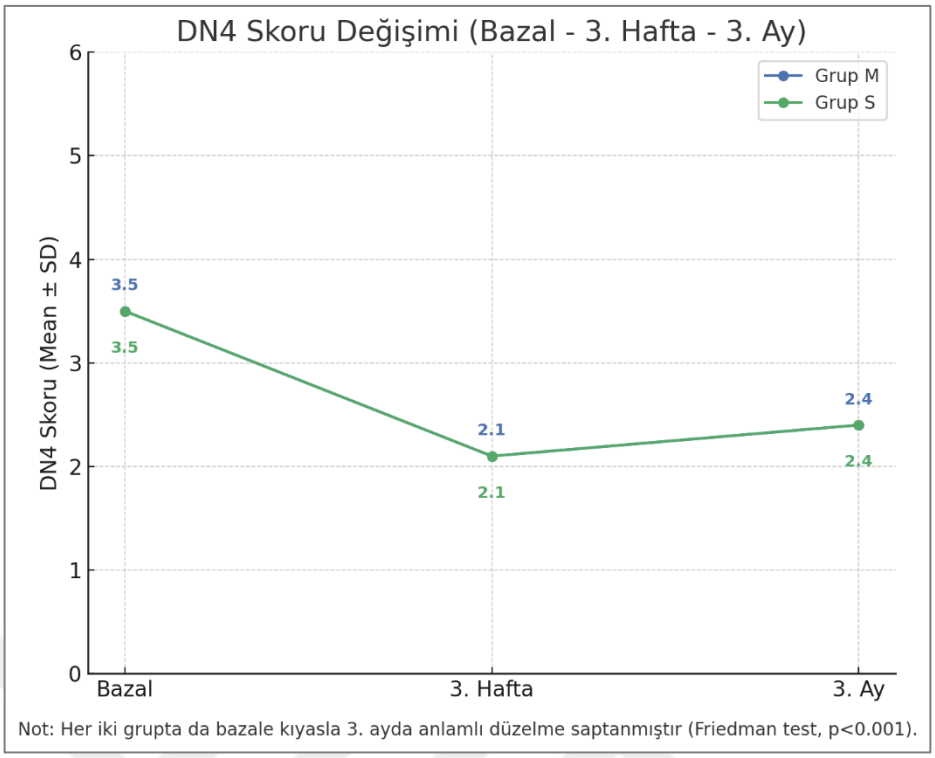
Şekil 11. NRS'de %50 ve üzeri azalma oranlarının Grup M ve Grup S'de 3. hafta ve 3. ayda karşılaştırılması. Grup M'de ortalama NRS skoru tedavi öncesi 8.4±1.1 iken, 3. haftada 2.9±0.9'a ve 3. ayda 5.3±1.2'ye düşmüştür. Grup S'de ise sırasıyla 8.1±1.3 → 3.3±1.9 (3.hafta) → 5.1±1.8 (3.ay) şeklinde bir seyir izlenmiştir. Her iki grupta da bu azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.001$, Friedman testi) (Şekil 12)



Şekil 12. NRS skorlarının zaman içindeki değişimi. Grup M'de bazal dönemde 8.4±1.1 olan NRS skoru 3. haftada anlamlı şekilde azalarak 2.9±0.9'a gerilemiş, 3. ayda ise 5.3±1.2'ye yükselmiştir. Grup S'de bazal 8.1±1.3 olan NRS skoru 3. haftada 3.3±1.9'a düşmüş, 3. ayda 5.1±1.8 olarak saptanmıştır. Friedman testi her iki grupta da zamana bağlı değişimin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir ($p<0.001$)

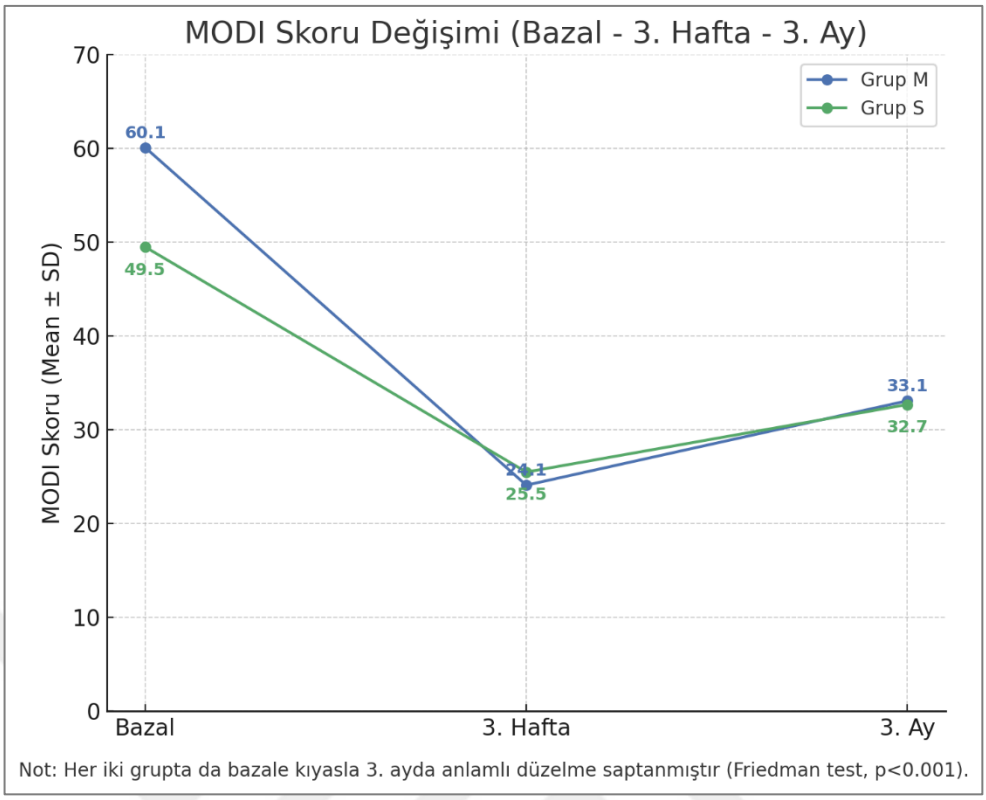
Her iki grupta da tedavi sonrası, nöropatik bileşen DN4, fonksiyonel kısıtlılık MODI ve yürüme kapasitesinde anlamlı iyileşmeler gözlenmiştir. Bu veriler, uygulanan her iki tedavi yönteminin de zaman içerisinde belirgin klinik fayda sağladığını göstermektedir.

Nöropatik ağrının göstergesi olan DN4 skorları, her iki grupta da anlamlı derecede azalmıştır. Başlangıçta her iki grupta da ortalama 3.5 olan DN4 skorları, 3. haftada 2.1'e ve 3. ayda 2.4 düzeyine gerilemiştir ($p<0.001$) (Şekil13). Bu düşüş, tedavinin sadece nosiseptif değil, aynı zamanda nöropatik bileşen üzerinde de etkili olduğunu göstermektedir.



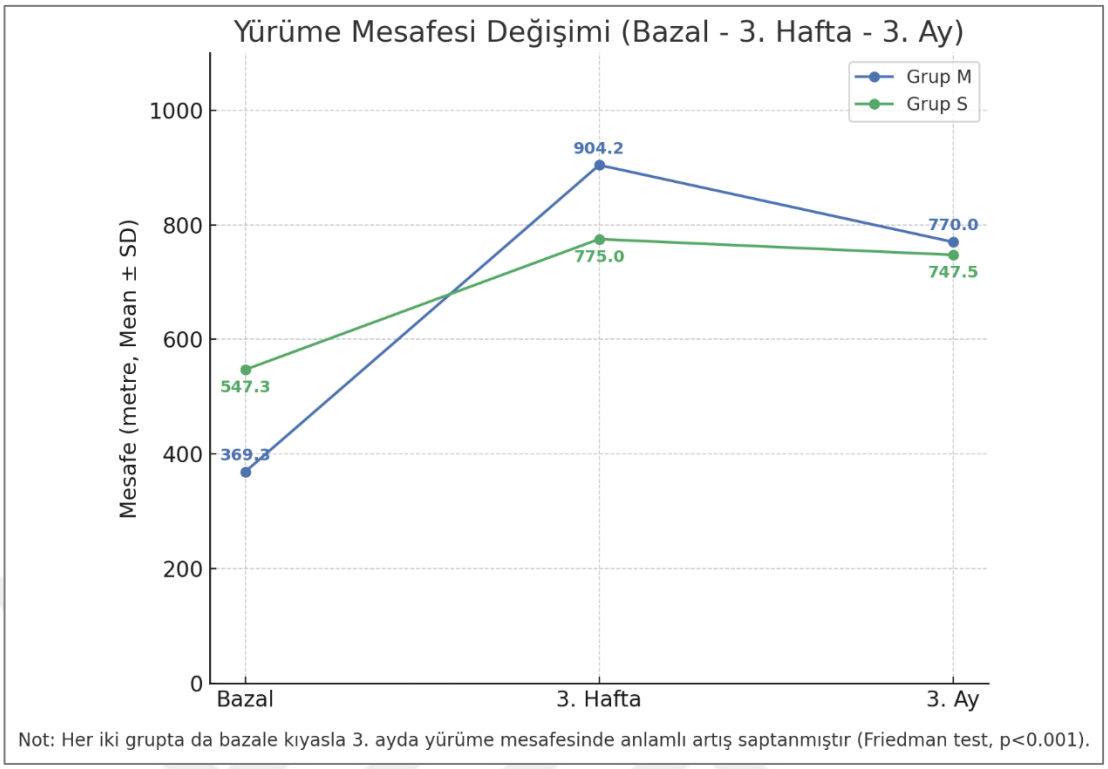
Şekil 13. DN4 skorlarının zamana bağlı değişimi. Grup M'de ve Grup S'de bazal dönemde ortalama 3.5±2.1 olan DN4 değerleri 3. haftada anlamlı şekilde azalarak 2.1±2.0 düzeyine inmiş, 3. ayda ise 2.4 civarında seyretmiştir. Friedman testi sonuçları her iki grupta da zamana bağlı anlamlı düzelmeyi göstermiştir ($p<0.001$)

Fonksiyonel yetersizliği değerlendiren MODI skorları, Grup M'de başlangıçta 60.1±14.4 iken, 3. haftada 24.1±8.7 ve 3. ayda 33.1±9.5'e düşmüştür. Grup S'de ise aynı zaman dilimlerinde sırasıyla 49.5±17.2 → 25.5±14.4 → 32.7±17.2 değerleri saptanmıştır (Şekil 14). Her iki grup açısından da bu iyileşme anlamlıdır ($p<0.001$). Ancak başlangıçta daha yüksek MODI değerlerine sahip olan Grup M'de göreceli olarak daha fazla fonksiyonel iyileşme elde edilmiştir.



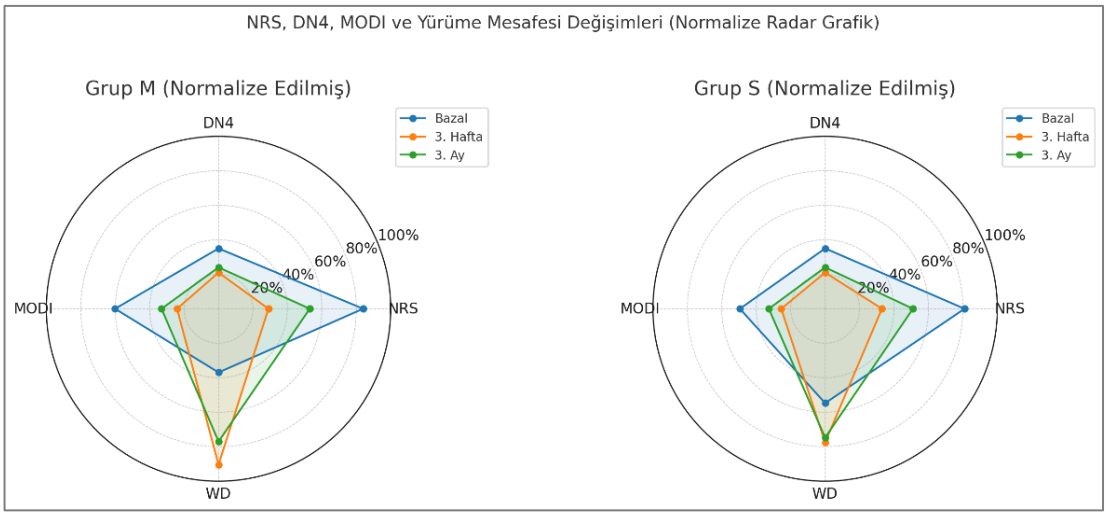
Şekil 14. MODI skorlarının zamana bağlı değişimi. Grup M'de bazal dönemde 60.1±14.4 olan ortalama MODI değeri, 3. haftada anlamlı şekilde azalarak 24.1±8.7'ye inmiş, 3. ayda ise 33.1±9.5 olarak seyretmiştir. Grup S'de bazal 49.5±17.2 olan skor 3. haftada 25.5±14.4'e gerilemiş, 3. ayda 32.7±17.2 olarak izlenmiştir. Friedman testi sonuçları, her iki grupta da zamana bağlı değişimin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ortaya koymuştur (p<0.001)

Tedavi sonrası yürüme mesafesinde anlamlı artış izlenmiştir. Grup M'de ortalama yürüyüş mesafesi başlangıçta 369.3±312.1 mt iken, 3. haftada 904.2±403.1 metreye ve 3. ayda 770.0±464.3 mt yükselmiştir. Grup S'de bu değerler sırasıyla 547.3±343.9 → 775.0±717.3(3.hafta) → 747.5±678.8 (3.ay) mt olarak kaydedilmiştir (p<0.001) (Şekil15). Bu bulgular, hastaların fonksiyonel mobilite kazanımını işaret etmektedir.

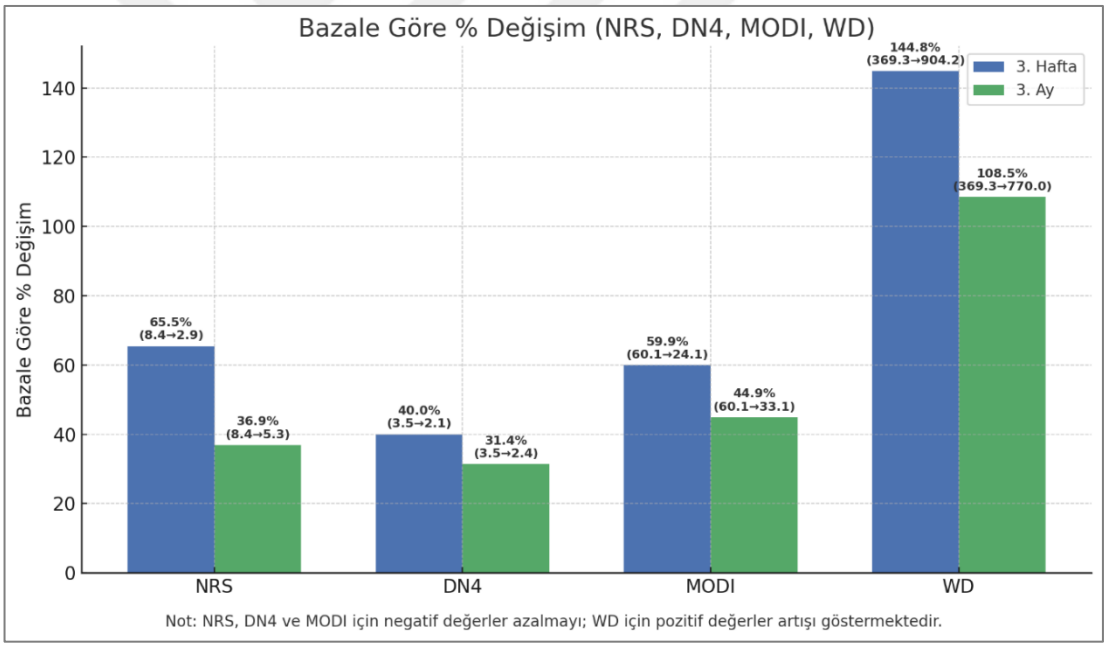


Şekil 15. Yürüme mesafesinin zamana bağlı değişimi. Grup M'de başlangıçta 369.3±312.1 m olan ortalama yürüme mesafesi, 3. haftada anlamlı derecede artarak 904.2±403.1 m'ye yükselmiş, 3. ayda ise 770.0±464.3 m olarak korunmuştur. Grup S'de başlangıç değeri 547.3±343.9 m olup, 3. haftada 775.0±717.3 m'ye ulaşmış, 3. ayda 747.5±678.8 m olarak saptanmıştır. Friedman testi her iki grupta da zamana bağlı iyileşmenin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir ($p<0.001$)

Bu bulgular, interlaminar epidural enjeksiyonlara MgSO4 eklenmesinin özellikle erken dönemde analjezik etki açısından önemli katkılar sunduğunu düşündürmektedir. Grup M ve Grup S'de bazal değerlere kıyasla 3. haftada NRS, DN4 ve MODI skorlarında dramatik azalma, yürüme mesafesinde ise anlamlı artış saptanmıştır. Üçüncü ayda tüm parametrelerde kısmi değişim gözlenmekle birlikte, başlangıca kıyasla iyileşme her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Friedman test, $p<0.001$) (Şekil 16 ve 17).



Şekil 16. NRS, DN4, MODI ve yürüme mesafesi parametrelerinin normalize edilmiş (maksimum ölçek değerlerine göre %0–100) radar grafik ile gösterimi



Şekil 17. NRS, DN4, MODI ve yürüme mesafesi parametrelerinin bazale göre yüzde değişimleri. Grup M ve Grup S'de üçüncü haftada tüm parametrelerde anlamlı düzelme izlenmiş, üçüncü ayda ise kısmi değişimlere rağmen bazal değerlere kıyasla iyileşme korunmuştur. Tüm analizler Grup M (n=60) ve Grup S (n=60) hasta verileri üzerinden gerçekleştirilmiştir

Dosya kayıtlarının incelenmesi sonucunda, her iki grupta da işlemle ilişkili majör komplikasyonun kaydedilmediği görüldü. Toplam 4 hastada hafif vazovagal reaksiyon geliştiği ve bu olguların konservatif önlemlerle düzeldiği belirlendi. Diğer hastalarda işlem sırasında veya sonrasında herhangi bir komplikasyonun raporlanmadığı saptandı.

5. TARTIŞMA

Bu retrospektif gözlemsel çalışma, bildiğimiz kadarıyla orta-ciddi LSSS hastalarında İLESE' ye MgSO4 eklenmesinin etkinliğini değerlendiren literatürdeki ilk araştırmadır. Bulgularımız, MgSO4'ün lokal anestezik ve steroid kombinasyonuna adjuvan olarak eklenmesinin, yalnızca klasik kombinasyona kıyasla erken dönemde (3. hafta) NRS skorlarında klinik açıdan anlamlı ve istatistiksel olarak daha belirgin bir iyileşme sağladığını ortaya koymuştur. Daha da önemlisi, uzun dönem takipte (3. ay) her iki grupta da ağrı düzeyleri hâlâ orta şiddette seyretmesine rağmen, ≥%50 oranında ağrı azalması elde eden hasta oranının magnezyum grubunda (%38,4) kontrol grubuna (%23,3) göre anlamlı derecede yüksek bulunması, magnezyumun adjuvan değerini desteklediğini göstermektedir. Bu sonuçlar, magnezyumun NMDA reseptör antagonizması yoluyla santral sensitizasyonu baskılayan ve analjezik etkinliği artıran farmakolojik özellikleriyle uyumlu olup, epidural uygulamalarda daha önce postoperatif ağrı ve kronik bel ağrısı modellerinde gösterilen analjezik katkılarla da benzerlik göstermektedir (104, 128). Dolayısıyla çalışmamız, LSSS gibi kronik ve tedaviye dirençli bir hasta grubunda epidural magnezyum kullanımına dair literatüre katkı sağlayabileceğini düşünmekteyiz.

Awad ve ark., TFESE 'de lokal anestezik ve steroid karışımına MgSO4 eklenmesinin, LDH nedeniyle alt ekstremite radiküler ağrısı yaşayan hastalarda ağrı ve yaşam kalitesini anlamlı şekilde iyileştirdiğini bildirmiştir (8). Bu iyileşme enjeksiyondan 1 gün sonra başlamış ve 3 aya kadar devam etmiştir. Lokal anestezik ve steroid kombinasyonu uygulanan grupta ise 3. ayda ağrı düzeyleri işlem öncesi seviyelere yaklaşmıştır (8).

Başka bir prospektif, randomize, çift kör klinik çalışmada, triasinolon ve MgSO4' ün kaudal epidural enjeksiyon yoluyla kronik bel radiküler ağrısı üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır (9). VAS skorları 3. ayda MgSO4 grubunda daha düşük bulunmuş, ancak bu fark klinik olarak anlamlı kabul edilmemiştir (9).

Benzer şekilde, bir başka çalışmada transforaminal yolla uygulanan MgSO4 ve triamsinolon enjeksiyonlarının 6 aylık takipte etkinlik ve güvenilirliği karşılaştırılmış

ve MgSO4'grubunda tüm zaman noktalarında (2. hafta, 1., 3. ve 6. aylar) VAS ve Oswestry Engellilik İndeksi (ODI) skorlarında anlamlı iyileşme gösterilmiştir (10).

Rauf ve ark.'nın çalışmasında, MRG ile LDH saptanan ve buna bağlı radiküler ağrı yaşayan hastalarda transforaminal epidural enjeksiyonlarda MgSO4 ve deksmedetomidin karşılaştırılmıştır (129). MgSO4 grubunda 6. ayda ağrı skorları, hem kontrol hem de deksmedetomidin grubuna göre anlamlı derecede daha düşük bulunmuştur (129). Ayrıca MgSO4 grubu, takip süresince daha düşük analjezik tüketimi ve engellilik skoru göstermiştir (129).

Bizim çalışmamızın bulguları da bu literatür ile büyük ölçüde uyumludur. Özellikle erken dönemde (3. hafta) NRS skorlarında magnezyum grubunda daha belirgin azalma saptamamız, Awad ve arkadaşlarının transforaminal uygulamalarda gösterdiği hızlı ve belirgin analjezik etkinin, interlaminar epidural yaklaşımda da elde edilebileceğini göstermektedir (8). Ayrıca çalışmamızda üçüncü ayda ≥%50 ağrı azalması elde eden hasta oranının magnezyum grubunda daha yüksek bulunması, önceki çalışmaların uzun dönem analjezik katkı yönündeki sonuçlarını destekleyebilir (10). Ancak önceki literatürden farklı olarak, bizim çalışmamız orta-ciddi LSSS gibi daha kompleks ve tedaviye dirençli bir hasta popülasyonunda yürütülmüş olup, bu açıdan magnezyumun interlaminar epidural uygulamalarda da potansiyel adjuvan değere sahip olduğunu ortaya koyan ilk çalışma olma özelliğini taşımaktadır.

Çalışmamızda her iki grupta da İLESE sonrası fonksiyonel düzeyde iyileşme gözlenmiştir. Yürüme mesafesi, DN4 ve MODI skorları hem 3. hafta hem de 3. ayda gruplar arasında benzer bulunmuştur. Güvenlik profili bakımından da gruplar arasında fark saptanmamış, herhangi bir advers reaksiyon veya komplikasyon gelişmemiştir. Bu sonuçlar, MgSO4 eklenmesinin erken dönemde ağrı skorlarını azaltmada etkili olduğunu, ancak bu etkinin uzun vadede sürdürülemediğini göstermektedir.

Çalışmamızda her iki grupta da İLESE sonrasında belirgin bir fonksiyonel iyileşme gözlenmiştir. Bu bulgu, literatürde LSSS hastalarında epidural steroid enjeksiyonlarının yalnızca ağrı skorlarını değil aynı zamanda fonksiyonel kapasiteyi de artırdığına dair sonuçlarla uyumludur. Manchikanti ve arkadaşları, LSSS

hastalarında yaptıkları prospektif, randomize çalışmada İLESE sonrasında hem NRS ağrı skorlarında hem de Oswestry Engellilik İndeksi (ODI) değerlerinde anlamlı azalma bildirmiştir (3). Benzer şekilde, Friedly ve arkadaşlarının multicenter randomize kontrollü çalışmasında, İLESE'nin özellikle kısa dönemde yürüme mesafesi ve fonksiyonel kapasiteyi artırdığı gösterilmiştir (130). Ayrıca Bicket ve ark.'nın sistematik derleme ve meta-analizinde, epidural steroid enjeksiyonlarının LSSS'de ağrı kontrolü ve fonksiyonel iyileşmede kısa süreli yarar sağladığı, ancak bu etkinin uzun dönemde sınırlı kaldığı vurgulanmıştır (131).

Çalışmamızda da hem MgSO4 eklenen grupta hem de kontrol grubunda DN4 skorlarında 3. hafta ve 3. ayda düzelme saptanmıştır. Nöropatik ağrının patofizyolojisinde santral sensitizasyon, NMDA reseptör aktivasyonu ve artmış kalsiyum girişine bağlı nöronal hiperaktivite kritik rol oynamaktadır. $MgSO_4$, voltaj bağımlı NMDA reseptör antagonizması ve kalsiyum kanal blokajı yoluyla bu süreçleri baskılayarak nöropatik ağrının şiddetini azaltabilir (138,).Rauf ve ark. lomber disk hernisi nedeniyle radiküler ağrısı olan hastalarda transforaminal yolla uygulanan $MgSO_4$'ün, 6 aylık takipte ağrı skorlarını ve ODI değerlerini anlamlı şekilde azalttığını, ayrıca nöropatik semptomlarda da iyileşme sağladığını göstermiştir (129). Dolayısıyla, bizim çalışmamızda DN4 skorlarında her iki grupta da gözlenen iyileşme, İLESE'nin genel etkinliğiyle ilişkili olmakla birlikte, MgSO4'ün NMDA reseptör blokajı yoluyla nöropatik ağrı mekanizmalarını hedeflemesi sayesinde, bu düzelmenin biyolojik olarak daha da desteklenebileceği düşünülmektedir. Özellikle literatürdeki kronik radikülopati ve lomber disk hernisi çalışmalarında $MgSO_4$'ün nöropatik bileşen üzerinde olumlu etkiler göstermesi, bizim bulgularımızı teorik açıdan güçlendirmektedir. Bizim çalışmamızda da hem MgSO4 eklenen grupta hem de kontrol grubunda yürüme mesafesi, DN4 ve MODI skorlarında 3. hafta ve 3. ayda saptanan düzelmeler, bu literatür verilerini destekler niteliktedir.

LSSS hastalarında yürüme mesafesinin kısıtlanmasının başlıca nedeni nörojenik kladikasyodur. Bu tablo, daralmış spinal kanalda yürüyüş sırasında artan nöral kompresyon, iskemi, inflamasyon ve santral sensitizasyona bağlıdır. Ağrı ve parestezi, hastanın yürüme kapasitesini doğrudan sınırlayan en önemli faktörlerdir. $MgSO_4$'ün NMDA reseptör antagonizması ve kalsiyum kanal blokajı ile sağladığı

analjezik etki, özellikle radiküler ağrının baskılanması yoluyla fonksiyonel kapasiteyi (yürüme mesafesini) dolaylı olarak artırabilir. Epidural steroid enjeksiyonlarının LSSS'de yürüme mesafesini artırdığı birçok çalışmada gösterilmiştir. Friedly ve arkadaşları randomize kontrollü çalışmalarında, epidural steroid enjeksiyonu sonrası hastalarda kısa dönemde yürüme kapasitesinde belirgin artış olduğunu bildirmiştir (130). Manchikanti ve arkadaşları da benzer şekilde epidural enjeksiyon sonrası hem ağrı hem de fonksiyonel ölçütlerde iyileşme rapor etmiştir (91). $MgSO_4$ adjuvan kullanıldığında, özellikle erken dönemde ağrı skorlarındaki düşüşün daha belirgin olması, fonksiyonel düzelmeye (yürüme mesafesi artışına) dolaylı katkı sağlamış olabilir. Çalışmamızda her iki grupta da yürüme mesafesinde iyileşme gözlenmiş olması, İLESE'nin LSSS hastalarında fonksiyonel kapasiteyi artırdığına dair mevcut literatürle uyumludur (91, 130). Bununla birlikte magnezyum grubunda erken dönemde daha belirgin ağrı azalması saptanması, teorik olarak yürüme mesafesinde de daha sürdürülebilir bir düzelme potansiyeline işaret edebilir. Her ne kadar gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamış olsa da, magnezyumun ağrı kaynaklı mobilite kısıtlılığını azaltma yönündeki katkısı, gelecekteki prospektif çalışmalarda daha güçlü biçimde ortaya konabilir.

Güvenlik profili açısından değerlendirildiğinde, çalışmamızda her iki grupta da herhangi bir advers reaksiyon veya komplikasyon saptanmamıştır. Bu bulgu, MgSO4'ün epidural enjeksiyonlarda güvenli bir adjuvan olarak kullanılabileceğini destekleyebilir. Literatürde de benzer şekilde, farklı hasta gruplarında epidural veya kaudal yolla uygulanan MgSO4'ün ciddi advers etkilere yol açmadığı bildirilmiştir (8, 104). Ayrıca Rauf ve arkadaşlarının lomber disk hernili hastalarda yaptığı randomize çalışmada, transforaminal magnezyum uygulamasının 6 aylık takip süresince ciddi advers reaksiyonlarla ilişkilendirilmediği bildirilmiştir (129). Bu verilerle uyumlu olarak, bizim çalışmamız da MgSO4'ün interlaminar epidural enjeksiyonlarda güvenli adjuvan kullanımına ilişkin ek kanıt sağlayabilir.

Bizim çalışmamızın önceki çalışmalardan en önemli farkı, hasta popülasyonu ve uygulama yoludur. Çalışmamıza yalnızca tek seviyede orta-ciddi derecede santral LSSS tanısı almış hastalar dahil edilmiştir. Literatürde interlaminar yolla uygulanan enjeksiyonların, özellikle kısa vadede ağrı kontrolünde etkili olduğu bildirilmektedir

(77).Ayrıca 13 randomize kontrollü çalışmanın meta-analizinde, epidural steroid enjeksiyonu yapılan hastaların %53,7'sinde ≥50% ağrı azalması gözlendiği bildirilmiştir (132).İnterlaminar ve transforaminal uygulamaların karşılaştırıldığı çalışmalarda, her iki yöntemin ağrıyı azaltmada etkili olduğu, ancak kısa vadede interlaminar yaklaşımın bir miktar üstün olduğu gösterilmiştir (133). Bununla birlikte, İLESE'nin uzun vadeli etkinliği tartışmalıdır. Manchikanti ve ark. tarafından yürütülen iki yıllık takip çalışmasında, hastaların %65,7'si ağrı kontrolünün devam ettiğini bildirmiştir (134).Başka bir çalışmada ise 12. ayda anlamlı ağrı azalması sağlanan hasta oranı %45,2 olarak bildirilmiştir (135). Bu bulgular, kısa vadede etkili olan İLESE uygulamalarının uzun süreli ağrı kontrolü için tekrarlanması gerekebileceğini göstermektedir.

LSSS'nin patogenezi, moleküler değişiklikler, nöroplastisite ve inflamatuar süreçler dahil olmak üzere çok bileşenli ve karmaşıktır. İnflamatuar sitokinler, mikroglia ve astrositlerin aktivasyonu, nöronal uyarılabilirliği artırarak ağrının devamlılığına katkıda bulunmaktadır (136). MgSO4 proinflamatuar sitokinlerin (IL-1β, TNF-α) ekspresyonunu azaltmakta, iNOS aktivitesini baskılayarak periferik inflamasyonu ve nosiseptif iletimi azaltmaktadır (137).Ayrıca MgSO4, NMDA reseptör antagonistidir. Voltaja bağımlı olarak bu reseptörleri bloke ederek kalsiyum girişini önlemekte ve hiperaljezi ile allodiniyi baskılamaktadır (109). NMDA reseptörlerinin NR1 alt biriminin fosforilasyonunu azaltarak dorsal horn nöronlarında mekanik hassasiyeti azaltmaktadır. PKA ve PKC gibi protein kinazların aktivitesini baskılayarak santral sensitizasyonun önüne geçmektedir (138). MgSO4' ün diğer analjezik mekanizmaları; voltaj kapılı kalsiyum kanallarını inhibe ederek nöronal uyarılabilirliği azaltması, ATP-duyarlı potasyum kanallarını aktive ederek membran hiperpolarizasyonu sağlaması, NO/cGMP yolaklarını aktive ederek periferik antinosiseptif etki oluşturması olarak sayılabilir (105, 108).

Tüm bu mekanizmalar, MgSO4' ün LSSS'ye bağlı nöropatik ağrıda çok yönlü bir etkisi olduğunu ve özellikle kısa vadede ek analjezik fayda sağlayabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla, $MgSO_4$ düşük maliyetli, yaygın olarak erişilebilir, güvenli ve farmakolojik olarak rasyonel bir adjuvan olup, LSSS'de epidural tedavi protokollerine entegre edilmesi potansiyel olarak klinik sonuçları iyileştirebilir. Ancak

bu etkinin uzun vadeye taşınması için tekrarlayan uygulamalar, doz titrasyonu ve protokollerin netleştirilmesi gereken ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

Bu çalışma retrospektif tasarımda yürütüldüğünden bazı metodolojik sınırlılıklar taşımaktadır. Öncelikle, yalnızca eksiksiz verisi bulunan hastaların analize dahil edilmesi nedeniyle seçim önyargısı (selection bias) söz konusu olabilir. İkinci olarak, verilerin hasta dosyalarına dayalı olarak elde edilmesi, özellikle hasta beyanına dayalı ölçütler (örneğin yürüme mesafesi) açısından bilgi önyargısı (information bias) riski yaratmaktadır. Ayrıca, randomizasyon yapılmamış olması nedeniyle yaş, cinsiyet, stenoz derecesi, eşlik eden komorbiditeler ve bazal ağrı şiddeti gibi değişkenler sonuçlar üzerinde karıştırıcı etki (confounding bias) oluşturabilir. Tek merkezli tasarım, sınırlı örneklem büyüklüğü ve 3 aya kadar olan takip süresi de sonuçların genellenebilirliğini kısıtlamaktadır. Bunun yanında, MgSO4 dozu literatüre dayalı olarak seçilmiş olup, farklı dozların etkinliği değerlendirilmemiştir. Radyolojik değerlendirmeler dosya kayıtlarına dayandığından, tüm olgularda standart bir radyolog incelemesi yapılmamıştır. Komplikasyon verileri de retrospektif kayıtlardan elde edildiği için minör yan etkilerin eksik raporlanmış olma ihtimali göz ardı edilemez. Tüm bu kısıtlılıklara rağmen, çalışmanın güçlü yönleri de bulunmaktadır. Özellikle klinik pratiğe doğrudan yansıyan hasta verilerini içermesi, etkinlik ve güvenlik değerlendirmelerinin aynı protokole göre yapılmış olması ve gerçek yaşam verilerini yansıtması, bulguların klinik uygulanabilirliğini artırmaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, prospektif, randomize kontrollü tasarımlar tercih edilmeli, daha uzun süreli takipler planlanmalı ve objektif fonksiyonel ölçütler (örneğin treadmill testi ile yürüme mesafesi) ile hasta-merkezli sonuçlar eklenmelidir. Ayrıca, biyobelirteçler ile desteklenen daha geniş örneklemli araştırmalar, MgSO4 katkısının etkinliğini ve güvenliğini daha güçlü biçimde ortaya koyabilir.

6. SONUÇ

Bu çalışma, orta–ciddi LSSS hastalarında İLESE'ye MgSO4 eklenmesinin kısa ve orta vadeli klinik etkilerini değerlendiren literatürdeki ilk retrospektif araştırmalardan biri olma özelliğini taşımaktadır. Bulgularımız, MgSO4'ün adjuvan olarak kullanıldığında özellikle erken dönemde (3. hafta) analjezik etkinliği artırdığını, ağrı şiddetinde klinik açıdan anlamlı bir azalma sağladığını ve NRS skorlarında ≥%50 düzelme gösteren hasta oranının kontrol grubuna kıyasla daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Bununla birlikte, üçüncü ayda bu etkinin istatistiksel anlamlılığını kaybetmesi, MgSO4'ün tek doz uygulamasının analjezik etkisinin sınırlı ve geçici olabileceğine işaret edebilir.

Fonksiyonel sonuçlar incelendiğinde, her iki grupta da yürüme mesafesi, DN4 ve MODI skorlarında 3. hafta ve 3. ayda anlamlı iyileşmeler saptanmış; bu bulgular, İLESE'nin LSSS'ye bağlı ağrı, nöropatik komponent ve fonksiyonel yetersizlik üzerinde etkili bir girişimsel yöntem olduğunu teyit etmiştir. MgSO4 grubunda gözlenen erken dönem analjezik üstünlüğün fonksiyonel kazanımlara anlamlı düzeyde yansımamış olması ise, bu hasta popülasyonunda fonksiyonel iyileşmenin yalnızca ağrı azalmasından değil, spinal daralma derecesi, nörojenik kladikasyo şiddeti, eşlik eden komorbiditeler ve rehabilitasyon kapasitesi gibi çok sayıda faktörün etkileşimiyle belirlenebileceğini düşündürebilir.

Çalışmamızın dikkat çekici bulgularından biri de güvenlik profili ile ilgilidir. Her iki grupta da enjeksiyon sonrası hiçbir ciddi advers olay, nörolojik komplikasyon veya sistemik yan etki gözlenmemiştir. Bu durum, MgSO4'ün epidural enjeksiyonlarda güvenle kullanılabilecek bir adjuvan olabileceğini düşündürebilir. Literatürde farklı hasta popülasyonlarında yapılan randomize kontrollü çalışmalarda da benzer şekilde, epidural veya kaudal yolla uygulanan MgSO4'ün ciddi advers reaksiyonlarla ilişkilendirilmediği ve güvenli bir ajan olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (8,9) . Bizim çalışmamız, bu verileri LSSS hasta grubunda doğrulamış ve klinik pratiğe yansıyabilecek ek kanıt sunacağını düşünmekteyiz.

Sonuç olarak, çalışmamız MgSO4'ün İLESE protokolüne eklenmesinin LSSS'ye bağlı bel ve bacak ağrısının kısa vadeli yönetiminde analjezik etkinliği artırabileceğini, güvenli bir adjuvan olarak uygulanabileceğini ve fonksiyonel iyileşmeye katkı sağlayabileceğini düşünmekteyiz. Bununla birlikte, uzun dönem etkinliğin değerlendirilmesi, ideal doz ve uygulama aralığının belirlenmesi ve yanıtı öngörebilecek klinik veya biyolojik belirteçlerin ortaya konması amacıyla daha geniş örneklemli, prospektif ve randomize kontrollü çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

1. Jensen RK, Jensen TS, Koes B, Hartvigsen J. Prevalence of lumbar spinal stenosis in general and clinical populations: a systematic review and meta-analysis. Eur Spine J. 2020;29(9):2143-63.
2. Katz JN, Zimmerman ZE, Mass H, Makhni MC. Diagnosis and Management of Lumbar Spinal Stenosis: A Review. JAMA. 2022;327(17):1688-99.
3. Manchikanti L, Cash KA, McManus CD, Damron KS, Pampati V, Falco FJ. A randomized, double-blind controlled trial of lumbar interlaminar epidural injections in central spinal stenosis: 2-year follow-up. Pain Physician. 2015;18(1):79-92.
4. Kim M, Cho S, Noh Y, Goh D, Son HJ, Huh J, et al. Changes in pain scores and walking distance after epidural steroid injection in patients with lumbar central spinal stenosis. Medicine (Baltimore). 2022;101(24):e29302.
5. Cosgrove JL, Bertolet M, Chase SL, Cosgrove GK. Epidural steroid injections in the treatment of lumbar spinal stenosis efficacy and predictability of successful response. Am J Phys Med Rehabil. 2011;90(12):1050-5.
6. Etezadi F, Aklamli M, Najafi A, Khajavi M, Shariat Moharari R, Mirrahimi B, et al. Evaluation of the anti-inflammatory effects of peri-operative infusion of magnesium sulfate on the microsurgical procedures for intracranial tumors. Anesth Pain Med. 2014;4(5):e22379.
7. Celenlioglu AE, Sir E, Ors-Yildirim N, Yildirim AK, Ince ME, Doganci S. Effect of perioperative intravenous magnesium sulfate on postoperative pain after iliac venous stenting. J Vasc Surg Venous Lymphat Disord. 2023;11(3):517-24.
8. Awad M, Raouf MM, Mikhail HK, Megalla SA, Hamawy TY, Mohamed AH. Efficacy of transforaminal epidural magnesium administration when combined with a local anaesthetic and steroid in the management of lower limb radicular pain. Eur J Pain. 2021;25(6):1274-82.
9. Dadkhah P, Hashemi M, Taheri M, Alizadeh Ojoor A, Jaffari M, Jaffari A. A Comparison of Analgesic Efficacy of Triamcinolone vs Magnesium Sulfate as Adjuvants in Caudal Block in Patients with Low Back Pain: A Double-Blind Randomized Controlled Trial. Anesth Pain Med. 2024;14(2):e145718.
10. Imani F, Sadegi K, Rahimzadeh P, Kaveh M, Narimani M, Khademi SH. Comparison of Transforaminal Magnesium Sulfate with Steroid Injection in the Management of Radicular Back Pain: A Randomized Double-Blinded Clinical Trial Study. Anesth Pain Med. 2024;14(4):e148739.
11. Çaylı SR. Omurilik ve Omurga Anatomisi. Temel Nöroşirurji. 1. Ankara: Türk Nöroşirurji Derneği Yayınları; 2010. p. 81-90.
12. Moore KL, Dalley AF, Agur AMR. Clinically Oriented Anatomy. 8 ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2018.

13. Leone A, Guglielmi G, Cassar-Pullicino VN, Bonomo L. Lumbar intervertebral instability: A review. Radiology. 2007;245:62-77.
14. Dzierżanowski J, Skotarczyk M, Baczkowska-Waliszewska Z, Krakowiak M, Radkowski M, Łuczkiewicz P. Morphometric Analysis of the Lumbar Vertebrae Concerning the Optimal Screw Selection for Transpedicular Stabilization. Advances in Experimental Medicine and Biology2019. p. 83-96.
15. Bogduk N. Functional anatomy of the spine. Handbook of Clinical Neurology. 1 ed: Elsevier B.V.; 2016. p. 675-88.
16. Bach K, Ford J, Foley R, Januszewski J, Murtagh R, Decker S. Morphometric Analysis of Lumbar Intervertebral Disc Height: An Imaging Study. World Neurosurgery. 2019;124:e106-e18.
17. Wilke H-J, Volkheimer D. Basic Biomechanics of the Lumbar Spine. Biomechanics of the Spine. Cambridge, MA: Academic Press; 2018. p. 51-67.
18. Berk H. Omurga anatomisi. Türkiye Klinikleri Journal of Surgical Medical Sciences. 2006;2(30):1-4.
19. Aydogan S, Özer AF. Omuriliğin Vasküler Anatomisi ve Kan Akımı. Omurilik ve Omurga Cerrahisi. 1. 2 ed. İzmir: Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri; 2002. p. 87-91.
20. Ebraheim NA, Hassan A, Lee M, Xu R. Functional anatomy of the lumbar spine. Seminars in Pain Medicine. 2004;2(3):131-7.
21. Şar C. Lomber omurganın anatomisi, biyomekaniği ve biyokimyası. Bel ağrısı tanı ve tedavi. 1 ed. İstanbul: Nobel Kitabevi; 2002. p. 9-14.
22. Karatosun V, Güvençer M. Omurganın kinematiği. Journal of Turkish Spinal Surgery. 2001.
23. Haher TR, Femly WT, Baruch H. The contribution of the three columns of the spine to rotational stability: A biomechanical model. Spine. 1989;14:663.
24. Haher TR, Tozzi JM, Lospinuso MF. The contribution of the three columns of the spine to spinal stability: A biomechanical model. Paraplegia. 1989;27:432.
25. Sachs B, Fraenkel J. Progressive ankylotic rigidity of the spine (spondylose rhizomelique). Journal of Nervous and Mental Disease. 1900;27(1):1-15.
26. Verbiest H. Stenosis of the lumbar vertebral canal and sciatica. Neurosurgical Review. 1980;3(1):75-89.
27. Deer T, Sayed D, Michels J, Josephson Y, Li S, Calodney AK. A Review of Lumbar Spinal Stenosis with Intermittent Neurogenic Claudication: Disease and Diagnosis. Pain Medicine. 2019;20(Suppl 2):S32-S44.
28. Deer T, Sayed D, Michels J, Josephson Y, Li S, Calodney AK. A Review of Lumbar Spinal Stenosis with Intermittent Neurogenic Claudication: Disease and Diagnosis. Pain Med. 2019;20(Suppl 2):S32-S44.
29. Schroeder GD, Kurd MF, Vaccaro AR. Lumbar Spinal Stenosis: How Is It Classified? J Am Acad Orthop Surg. 2016;24(12):843-52.

30. Wu L, Cruz R. Lumbar Spinal Stenosis. StatPearls. Treasure Island, FL: StatPearls Publishing; 2019.
31. Jensen RK, Jensen TS, Koes BW, Hartvigsen J. Prevalence of lumbar spinal stenosis in general and clinical populations: a systematic review and meta-analysis. European Spine Journal. 2020;29(9):2143-63.
32. Lee SY, Kim TH, Oh JK, Lee SJ, Park MS. Lumbar Stenosis: A Recent Update by Review of Literature. Asian Spine J. 2015;9(5):818-28.
33. Thompkins AA. Less Invasive Decompression and Posterolateral Fusion Using Interlaminar Lumbar Instrumented Fusion (ILIF) with or Without Supplemental Transforaminal Lumbar Interbody Fusion (TLIF). London: Springer; 2014. p. 143-65.
34. Rangwalla K, Filley A, El Naga A, Gendelberg D, Baldwin A, Maziad A, et al. Correction: Degenerative lumbar spondylolisthesis: review of current classifications and proposal of a novel classification system. Eur Spine J. 2024;33(1):366.
35. Postacchini F. Lumbar spinal stenosis and pseudostenosis. Definition and classification of pathology. Ital J Orthop Traumatol. 1983;9(3):339-50.
36. Miyamoto M, Genbum Y, Ito H. [Diagnosis and treatment of lumbar spinal canal stenosis]. J Nippon Med Sch. 2002;69(6):583-7.
37. Azimi P, Mohammadi HR, Benzel EC, Shahzadi S, Azhari S. Lumbar Spinal Canal Stenosis Classification Criteria: A New Tool. Asian Spine J. 2015;9(3):399-406.
38. Corazzelli G, Meglio V, Corvino S, Leonetti S, Ricciardi F, D'Elia A, et al. The Goutallier Classification System: How Does Paravertebral Adipose Degeneration Change in Patients With Symptomatic Lumbar Spinal Stenosis? Spine (Phila Pa 1976). 2024;49(12):E174-E82.
39. Stemper BD, Baisden JL, Yoganandan N, Shender BS, Maiman DJ. Mechanical yield of the lumbar annulus: a possible contributor to instability: Laboratory investigation. J Neurosurg Spine. 2014;21(4):608-13.
40. Roberts S, McCall IW, Menage J, Haddaway MJ, Eisenstein SM. Does the thickness of the vertebral subchondral bone reflect the composition of the intervertebral disc? Eur Spine J. 1997;6(6):385-9.
41. Stemper BD, Yoganandan N, Baisden JL, Umale S, Shah AS, Shender BS, Paskoff GR. Rate-dependent fracture characteristics of lumbar vertebral bodies. J Mech Behav Biomed Mater. 2015;41:271-9.
42. Curry WH, Pintar FA, Doan NB, Nguyen HS, Eckardt G, Baisden JL, et al. Lumbar spine endplate fractures: Biomechanical evaluation and clinical considerations through experimental induction of injury. J Orthop Res. 2016;34(6):1084-91.
43. Botwin KP, Gruber RD. Lumbar spinal stenosis: anatomy and pathogenesis. Phys Med Rehabil Clin N Am. 2003;14(1):1-15, v.
44. Abbas J, Peled N, Hershkovitz I, Hamoud K. Facet Tropism and Orientation: Risk Factors for Degenerative Lumbar Spinal Stenosis. Biomed Res Int. 2020;2020:2453503.

45. Minimally invasive surgery “Treatment of herniated discs”. SpineUniverse (Vertical Health, LLC). 2009.
46. Goh KJ, Khalifa W, Anslow P, Cadoux-Hudson T, Donaghy M. The clinical syndrome associated with lumbar spinal stenosis. Eur Neurol. 2004;52(4):242-9.
47. Kobayashi S, Kokubo Y, Uchida K, Yayama T, Takeno K, Negoro K, et al. Effect of lumbar nerve root compression on primary sensory neurons and their central branches: changes in the nociceptive neuropeptides substance P and somatostatin. Spine (Phila Pa 1976). 2005;30(3):276-82.
48. Garfin SR, Rydevik B, Lind B, Massie J. Spinal nerve root compression. Spine (Phila Pa 1976). 1995;20(16):1810-20.
49. Abraham P, Ouedraogo N, Leftheriotis G. Diagnosing lumbar spinal stenosis. JAMA. 2010;303(15):1479-80; author reply 80-1.
50. Zileli M, Crostelli M, Grimaldi M, Mazza O, Anania C, Fornari M, Costa F. Natural Course and Diagnosis of Lumbar Spinal Stenosis: WFNS Spine Committee Recommendations. World Neurosurg X. 2020;7:100073.
51. Katz JN, Dalgas M, Stucki G, Lipson SJ. Diagnosis of lumbar spinal stenosis. Rheum Dis Clin North Am. 1994;20(2):471-83.
52. Huang CC, Jaw FS, Young YH. Radiological and functional assessment in patients with lumbar spinal stenosis. BMC Musculoskelet Disord. 2022;23(1):137.
53. Hamanishi C, Matukura N, Fujita M, Tomihara M, Tanaka S. Cross-sectional area of the stenotic lumbar dural tube measured from the transverse views of magnetic resonance imaging. Journal of Spinal Disorders. 1994;7(5):388-93.
54. Ogikubo O, Forsberg L, Hansson T. The relationship between the cross-sectional area of the cauda equina and the preoperative symptoms in central lumbar spinal stenosis. Spine. 2007;32(13):1423-8.
55. Schizas C, Theumann N, Burn A, et al. Qualitative grading of severity of lumbar spinal stenosis based on the morphology of the dural sac on magnetic resonance images. Spine. 2010;35(21):1919-24.
56. Cook CJ, Cook CE, Reiman MP, Joshi AB, Richardson W, Garcia AN. Systematic review of diagnostic accuracy of patient history, clinical findings, and physical tests in the diagnosis of lumbar spinal stenosis. Eur Spine J. 2020;29(1):93-112.
57. Bartynski WS, Lin L. Lumbar root compression in the lateral recess: MR imaging, conventional myelography, and CT myelography comparison with surgical confirmation. AJNR American Journal of Neuroradiology. 2003;24(3):348-60.
58. Lee GY, Lee JW, Choi HS, et al. A new grading system of lumbar central canal stenosis on MRI: An easy and reliable method. Skeletal Radiology. 2011;40(8):1033-9.
59. Bartynski WS. Imaging of lumbar degenerative disease: Imaging techniques and findings. Neurosurgical Clinics of North America. 1996;7(1):1-16.

60. Ghobrial G, Roth C. Deep learning-based automated segmentation and quantification of the dural sac cross-sectional area in lumbar spine MRI. Front Radiol. 2025;5:1503625.
61. Li KY, Xie PB. [Imaging diagnosis of lumbar spinal stenosis]. Zhongguo Gu Shang. 2009;22(10):747-8.
62. Genevay S, Atlas SJ. Lumbar spinal stenosis. Best Pract Res Clin Rheumatol. 2010;24(2):253-65.
63. Kreiner DS, Shaffer WO, Baisden JL, Gilbert TJ, Summers JT, Toton JF, et al. An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of degenerative lumbar spinal stenosis (update). Spine J. 2013;13(7):734-43.
64. Young I, Dunning J, Butts R, Bliton P, Zacharko N, Garcia J, et al. Spinal manipulation and electrical dry needling as an adjunct to conventional physical therapy in patients with lumbar spinal stenosis: a multi-center randomized clinical trial. Spine J. 2024;24(4):590-600.
65. Comer C, Williamson E, McIlroy S, Srikesavan C, Dalton S, Melendez-Torres GJ, Lamb SE. Exercise treatments for lumbar spinal stenosis: A systematic review and intervention component analysis of randomised controlled trials. Clin Rehabil. 2024;38(3):361-74.
66. Sengupta DK, Herkowitz HN. Lumbar spinal stenosis. Treatment strategies and indications for surgery. Orthop Clin North Am. 2003;34(2):281-95.
67. Ammendolia C, Stuber K, de Bruin LK, Furlan AD, Kennedy CA, Rampersaud YR, et al. Nonoperative treatment of lumbar spinal stenosis with neurogenic claudication: a systematic review. Spine (Phila Pa 1976). 2012;37(10):E609-16.
68. Oka H, Matsudaira K, Takano Y, Kasuya D, Niiya M, Tonosu J, et al. A comparative study of three conservative treatments in patients with lumbar spinal stenosis: lumbar spinal stenosis with acupuncture and physical therapy study (LAP study). BMC Complement Altern Med. 2018;18(1):19.
69. Amundsen T, Weber H, Nordal HJ, Magnaes B, Abdelnoor M, Lilleas F. Lumbar spinal stenosis: conservative or surgical management?: A prospective 10-year study. Spine (Phila Pa 1976). 2000;25(11):1424-35; discussion 35-6.
70. Patel J, Osburn I, Wanaselja A, Nobles R. Optimal treatment for lumbar spinal stenosis: an update. Curr Opin Anaesthesiol. 2017;30(5):598-603.
71. Abdel Shaheed C, Maher CG, Williams KA, Day R, McLachlan AJ. Efficacy, Tolerability, and Dose-Dependent Effects of Opioid Analgesics for Low Back Pain: A Systematic Review and Meta-analysis. JAMA Intern Med. 2016;176(7):958-68.
72. Deyo RA, Von Korff M, Duhrkoop D. Opioids for low back pain. BMJ. 2015;350:g6380.
73. Martinez T, Mariscal G, de la Rubia Orti JE, Barrios C. Efficacy and safety of pregabalin and gabapentin in spinal stenosis: a systematic review and meta-analysis. Front Pharmacol. 2023;14:1249478.
74. Kwon DY, Kim KR, Kim DH, Kwak SG. Comparing the effectiveness of pregabalin and gabapentin in patients with lumbar radiculopathy: A systematic review and meta-analysis. Pain Pract. 2024;25(1).

75. Shanthanna H, Gilron I, Rajarathinam M, AlAmri R, Kamath S, Thabane L, et al. Benefits and safety of gabapentinoids in chronic low back pain: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. PLoS Med. 2017;14(8):e1002369.
76. John NB, Hodgden J. Epidural Injections for Long Term Pain Relief in Lumbar Spinal Stenosis. J Okla State Med Assoc. 2019;112(6):158-9.
77. Manchikanti L, Knezevic NN, Boswell MV, Kaye AD, Hirsch JA. Epidural Injections for Lumbar Radiculopathy and Spinal Stenosis: A Comparative Systematic Review and Meta-Analysis. Pain Physician. 2016;19(3):E365-410.
78. Weinstein JN, Tosteson TD, Lurie JD, Tosteson AN, Blood E, Hanscom B, et al. Surgical versus nonsurgical therapy for lumbar spinal stenosis. N Engl J Med. 2008;358(8):794-810.
79. Kovacs FM, Urrutia G, Alarcon JD. Surgery versus conservative treatment for symptomatic lumbar spinal stenosis: a systematic review of randomized controlled trials. Spine (Phila Pa 1976). 2011;36(20):E1335-51.
80. Kaye AD, et al. Interspinous and interlaminar stabilization devices for the treatment of lumbar spinal stenosis: A review. Pain Physician. 2021;24(5):E555-E64.
81. Machado GC, et al. Device-based therapies for lumbar spinal stenosis: A systematic review and meta-analysis. PLoS ONE. 2015;10(3):e0122800.
82. Schoenfeld AJ, Bono CM. Use of surgery for the management of lumbar spinal stenosis. Pain Manag. 2011;1(2):139-45.
83. DeSio JM. Epidural Steroid Injections. Principles & Practice of Pain. 2 ed2004.
84. Ryan MD, Taylor TK. Management of lumbar nerve-root pain by intrathecal and epidural injections of depot methylprednisolone acetate. Med J Aust. 1981;2(10):532-4.
85. Benzon HT. Epidural steroid injections for low back pain and lumbosacral radiculopathy. Pain. 1986;24(3):277-95.
86. Rosen CD, Kahanovitz N, Bernstein R, Viola K. A retrospective analysis of the efficacy of epidural steroid injections. Clin Orthop Relat Res. 1988(228):270-2.
87. Srivastava MK, Gupta AK, Mishra S, Kumar D, Ojha BK, Yadav G. Role of Epidural Steroid Injection in Lumbar Spinal Stenosis—A Randomized Controlled Trial. Journal of Spine Surgery (veya dergi adı DOI'den netleştirilebilir). 2021;10(01):054-60.
88. Foot S. Epidural injections in the treatment of radicular syndrome and chronic lower back pain in degenerative-dystrophic spine damage. [Journal Name Unknown]. 2022;331:109-15.
89. Kvasnitskyi M. Epidural Injections in the Treatment of Radicular Syndrome and Chronic Lower Back Pain in Degenerative-Dystrophic Spine Damage. Georgian Med News. 2022(331):109-15.
90. Gegel BT, Floyd JPt, Hart DW, Barnhill WK, Maye JP. A Review of the Analgesic Benefi ts and Potential Complications Related to Epidural Corticosteroid Injections. AANA J. 2019;87(1):71-9.
91. Manchikanti L, Buenaventura RM, Manchikanti KN, Ruan X, Gupta S, Smith HS, et al. Effectiveness of therapeutic lumbar transforaminal epidural steroid injections in managing lumbar spinal pain. Pain Physician. 2012;15(3):E199-245.

92. Budrovac D, Rados I, Hnatesen D, Harsanji-Drenjancevic I, Tot OK, Katic F, et al. Effectiveness of Epidural Steroid Injection Depending on Discoradicular Contact: A Prospective Randomized Trial. Int J Environ Res Public Health. 2023;20(4).
93. Chatterjee N, Roy C, Das S, Al Ajmi W, Al Sharji NS, Al Mandhari A. Comparative Efficacy of Methylprednisolone Acetate and Dexamethasone Disodium Phosphate in Lumbosacral Transforaminal Epidural Steroid Injections. Turk J Anaesthesiol Reanim. 2019;47(5):414-9.
94. Tagowski M, Lewandowski Z, Hodler J, Spiegel T, Goerres GW. Pain reduction after lumbar epidural injections using particulate versus non-particulate steroids: intensity of the baseline pain matters. Eur Radiol. 2019;29(7):3379-89.
95. Moreira AM, Diaz L, Presley J, Solorzano A, Diaz C, Yu K, et al. Comparing the Effectiveness and Safety of Dexamethasone, Methylprednisolone and Betamethasone in Lumbar Transforaminal Epidural Steroid Injections. Pain Physician. 2024;27(5):341-8.
96. El-Yahchouchi C, Geske JR, Carter RE, Diehn FE, Wald JT, Murthy NS, et al. The noninferiority of the nonparticulate steroid dexamethasone vs the particulate steroids betamethasone and triamcinolone in lumbar transforaminal epidural steroid injections. Pain Med. 2013;14(11):1650-7.
97. Lee GY, Lee JW, Lee E, Yeom JS, Kim KJ, Shin HI, Kang HS. Evaluation of the efficacy and safety of epidural steroid injection using a nonparticulate steroid, dexamethasone or betamethasone: a double-blind, randomized, crossover, clinical trial. Korean J Pain. 2022;35(3):336-44.
98. Thomas JM, Schug SA. Recent advances in the pharmacokinetics of local anaesthetics. Long-acting amide enantiomers and continuous infusions. Clin Pharmacokinet. 1999;36(1):67-83.
99. Mingote A, Zamora Moreno E, Garcia Diaz A, Chiara Graciani G, Elbal Sanchez C, Guadalix Sanchez C, et al. 'Walking epidural': comparison of the analgesic efficacy of levobupivacaine 0.0625% + fentanyl 2mcg/mL versus ropivacaine 0.075% + fentanyl 2mcg/mL. BMC Anesthesiol. 2023;23(1):259.
100. Xu HW, Zhang L, Cao W, Zhang X, Zhang WS. [Clinical efficacy and pharmacokinetics of different concentrations of ropivacaine with the same dosage on blocking lumbar plexus with sciatic nerves]. Sichuan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban. 2009;40(3):495-8.
101. Ghai B, Kumar K, Bansal D, Dhatt SS, Kanukula R, Batra YK. Effectiveness of Parasagittal Interlaminar Epidural Local Anesthetic with or without Steroid in Chronic Lumbosacral Pain: A Randomized, Double-Blind Clinical Trial. Pain Physician. 2015;18(3):237-48.
102. Cohen SP, Greuber E, Vought K, Lissin D. Safety of Epidural Steroid Injections for Lumbosacral Radicular Pain: Unmet Medical Need. Clin J Pain. 2021;37(9):707-17.
103. El-Yahchouchi CA, Plastaras CT, Maus TP, Carr CM, McCormick ZL, Geske JR, et al. Adverse Event Rates Associated with Transforaminal and Interlaminar Epidural Steroid Injections: A Multi-Institutional Study. Pain Med. 2016;17(2):239-49.
104. Arcioni R, Palmisani S, Tigano S, Santorsola C, Sauli V, Romano S, et al. Combined intrathecal and epidural magnesium sulfate supplementation of spinal anesthesia to reduce post-operative

analgesic requirements: a prospective, randomized, double-blind, controlled trial in patients undergoing major orthopedic surgery. Acta Anaesthesiol Scand. 2007;51(4):482-9.

105. Albrecht E, Kirkham KR, Liu SS, Brull R. The analgesic efficacy and safety of neuraxial magnesium sulphate: a quantitative review. Anaesthesia. 2013;68(2):190-202.
106. Srebro D, Vuckovic S, Milovanovic A, Kosutic J, Vujovic KS, Prostran M. Magnesium in Pain Research: State of the Art. Curr Med Chem. 2017;24(4):424-34.
107. Chanimov M, Cohen ML, Grinspun Y, Herbert M, Reif R, Kaufman I, Bahar M. Neurotoxicity after spinal anaesthesia induced by serial intrathecal injections of magnesium sulphate. An experimental study in a rat model. Anaesthesia. 1997;52(3):223-8.
108. Almajed A, Aleissa S, Al Harbi A, AlQahtani BE, Alshehri A, Alhandi AA, et al. The Effects of Magnesium Sulfate on Postoperative Pain in Patients Undergoing Lumbar Spinal Surgery: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. Cureus. 2025;17(1):e77352.
109. Soleimanpour H, Imani F, Dolati S, Soleimanpour M, Shahsavarinia K. Management of pain using magnesium sulphate: a narrative review. Postgrad Med. 2022;134(3):260-6.
110. Zeng J, Chen Q, Yu C, Zhou J, Yang B. The Use of Magnesium Sulfate and Peripheral Nerve Blocks: An Updated Meta-analysis and Systematic Review. Clin J Pain. 2021;37(8):629-37.
111. Childs JD, Piva SR, Fritz JM. Responsiveness of the numeric pain rating scale in patients with low back pain. Spine (Phila Pa 1976). 2005;30(11):1331-4.
112. Fairbank JC, Pynsent PB. The Oswestry Disability Index. Spine (Phila Pa 1976). 2000;25(22):2940-52; discussion 52.
113. Vigatto R, Alexandre NM, Correa Filho HR. Development of a Brazilian Portuguese version of the Oswestry Disability Index: cross-cultural adaptation, reliability, and validity. Spine (Phila Pa 1976). 2007;32(4):481-6.
114. Yakut E, Duger T, Oksuz C, Yorukan S, Ureten K, Turan D, et al. Validation of the Turkish version of the Oswestry Disability Index for patients with low back pain. Spine (Phila Pa 1976). 2004;29(5):581-5; discussion 5.
115. Unal-Cevik I, Sarioglu-Ay S, Evcik D. A comparison of the DN4 and LANSS questionnaires in the assessment of neuropathic pain: validity and reliability of the Turkish version of DN4. J Pain. 2010;11(11):1129-35.
116. Bouhassira D, Attal N, Alchaar H, Boureau F, Brochet B, Bruxelle J, et al. Comparison of pain syndromes associated with nervous or somatic lesions and development of a new neuropathic pain diagnostic questionnaire (DN4). Pain. 2005;114(1-2):29-36.
117. Mathieson S, Maher CG, Terwee CB, Folly de Campos T, Lin CW. Neuropathic pain screening questionnaires have limited measurement properties. A systematic review. J Clin Epidemiol. 2015;68(8):957-66.
118. Deen HG, Zimmerman RS, Lyons MK, McPhee MC, Verheijde JL, Lemens SM. Use of the exercise treadmill to measure baseline functional status and surgical outcome in patients with severe lumbar spinal stenosis. Spine (Phila Pa 1976). 1998;23(2):244-8.

119. Sigmundsson FG, Jonsson B, Stromqvist B. Preoperative pain pattern predicts surgical outcome more than type of surgery in patients with central spinal stenosis without concomitant spondylolisthesis: a register study of 9051 patients. Spine (Phila Pa 1976). 2014;39(3):E199-210.
120. Schizas C, Theumann N, Burn A, Tansey R, Wardlaw D, Smith FW, Kulik G. Qualitative grading of severity of lumbar spinal stenosis based on the morphology of the dural sac on magnetic resonance images. Spine (Phila Pa 1976). 2010;35(21):1919-24.
121. Hamanishi C, Matukura N, Fujita M, Tomihara M, Tanaka S. Cross-sectional area of the stenotic lumbar dural tube measured from the transverse views of magnetic resonance imaging. J Spinal Disord. 1994;7(5):388-93.
122. Steurer J, Roner S, Gnannt R, Hodler J, LumbSten Research C. Quantitative radiologic criteria for the diagnosis of lumbar spinal stenosis: a systematic literature review. BMC Musculoskelet Disord. 2011;12:175.
123. Dworkin RH, Turk DC, Farrar JT, Haythornthwaite JA, Jensen MP, Katz NP, et al. Core outcome measures for chronic pain clinical trials: IMMPACT recommendations. Pain. 2005;113(1-2):9-19.
124. Manchikanti L, Boswell MV, Datta S, Fellows B, Abdi S, Singh V, et al. Comprehensive review of therapeutic interventions in managing chronic spinal pain. Pain Physician. 2009;12(4):E123-98.
125. DePalma MJ, Slipman CW. Evidence-informed management of chronic low back pain with epidural steroid injections. Spine J. 2008;8(1):45-55.
126. Furman MB, Kothari G, Parikh T, Anderson JG, Khawaja A. Efficacy of fluoroscopically guided, contrast-enhanced lumbosacral interlaminar epidural steroid injections: a pilot study. Pain Med. 2010;11(9):1328-34.
127. Buenaventura RM, Datta S, Abdi S, Smith HS. Systematic review of therapeutic lumbar transforaminal epidural steroid injections. Pain Physician. 2009;12(1):233-51.
128. Bilir A, Gulec S, Erkan A, Ozcelik A. Epidural magnesium reduces postoperative analgesic requirement. Br J Anaesth. 2007;98(4):519-23.
129. Raouf MM, Salem GIA, Malek FAA, Hamawy TYE, Sadik SA, Elsaed MA. Transforaminal lumbar epidural injection of dexmedetomidine versus magnesium sulfate combined with dexamethasone for lower limb radicular pain management: a randomized, clinical trial. Anesth Pain Med (Seoul). 2025;20(2):151-9.
130. Friedly JL, Comstock BA, Turner JA, Heagerty PJ, Deyo RA, Bauer Z, et al. Long-Term Effects of Repeated Injections of Local Anesthetic With or Without Corticosteroid for Lumbar Spinal Stenosis: A Randomized Trial. Arch Phys Med Rehabil. 2017;98(8):1499-507 e2.
131. Bicket MC, Chakravarthy K, Chang D, Cohen SP. Epidural steroid injections: an updated review on recent trends in safety and complications. Pain Manag. 2015;5(2):129-46.

132. Meng H, Fei Q, Wang B, Yang Y, Li D, Li J, Su N. Epidural injections with or without steroids in managing chronic low back pain secondary to lumbar spinal stenosis: a meta-analysis of 13 randomized controlled trials. Drug Des Devel Ther. 2015;9:4657-67.
133. Sencan S, Edipoglu IS, Celenlioglu AE, Yolcu G, Gunduz OH. Comparison of treatment outcomes in lumbar central stenosis patients treated with epidural steroid injections: interlaminar versus bilateral transforaminal approach. Korean J Pain. 2020;33(3):226-33.
134. Manchikanti L, Cash KA, McManus CD, Pampati V, Fellows B. A randomized, double-blind, active-controlled trial of fluoroscopic caudal epidural injections in the treatment of lumbar disc herniation and radiculitis: results of a 2-year follow-up. Pain Physician. 2012;15(4):273-86.
135. Mehsen JT. Effectiveness of Epidural Steroid Injections in Management of Chronic Low Back Pain. Iraqi Academic Scientific Journal. 2011;10(4):934-40.
136. Uranbileg B. Role of inflammatory cytokines, microglia, and astrocyte activation in lumbar spinal stenosis pain persistence. [Journal name not specified]. 2021.
137. Wen ZH, Wu ZS, Huang SY, Chou TL, Cheng HJ, Lo YH, et al. Local Magnesium Sulfate Administration Ameliorates Nociception, Peripheral Inflammation, and Spinal Sensitization in a Rat Model of Incisional Pain. Neuroscience. 2024;547:98-107.
138. Kulik K, Zyzynska-Granica B, Kowalczyk A, Kurowski P, Gajewska M, Bujalska-Zadrozny M. Magnesium and Morphine in the Treatment of Chronic Neuropathic Pain-A Biomedical Mechanism of Action. Int J Mol Sci. 2021;22(24).

EKLER

EK-1: ETİK KURUL KARARI

MÜDAHALE OLMAYAN BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Lomber Santral Spinal Stenozda interlaminar Epidural Enjeksiyonda Anestezik ve Steroidle Birlikte Kombine Edilen Magnezyum Uygulamasının Etkisi
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	2025/130

	Belge Adı		Açıklama
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	SİGORTA	☐	
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	☐	
	BİYOLOJİK MATERYEL TRANSFER FORMU	☐	
	İLAN	☐	
	YILLIK BİLDİRİM	☐	
	SONUÇ RAPORU	☐	
	GÜVENLİLİK BİLDİRİMLERİ	☐	
	DİĞER:	☐	
KARAR BİLGİLERİ	**Karar No**: 2025/130	**Tarih:** 12.06.2025	
	Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili sorumlu araştırmacı Doç. Dr. Alp Eren ÇELENLİOĞLU ve yardımcı araştırmacı Uzm. Dr. Hande Ece ÖZ'e ait belgeler araştırmanın/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş **ve uygun bulunmuş olup araştırmanın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına** toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir.		

MÜDAHALE OLMAYAN BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU									
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI		SBÜ GEAH Müdahale Olmayan Bilimsel Araştırmalar Etik Kurul Yönergesi, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu							
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:		Prof. Dr. Cantürk TAŞÇI							
Unvanı/Adı/Soyadı	**Uzmanlık Alanı**	**Kurumu**	**Cinsiyet**		**Araştırma ile ilişki**		**Katılım ***		**İmza**
Prof. Dr. Cantürk TAŞÇI	Göğüs Hst.	Gülhane EAH	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☐	H ☐	
Prof. Dr. Gülden YILMAZ TEHLİ	Enfeksiyon Hst.	Gülhane EAH	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☐	H ☐	
Prof. Dr. Özhan ÖZDEMİR	Kadın Doğum	Gülhane EAH	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☐	H ☐	
Doç. Dr. Gökhan ARSLAN	Kalp Damar Cerrahisi	Gülhane EAH	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☐	H ☐	
Doç. Dr. Aydan ÖRSÇELİK	Spor Hekimliği	Gülhane EAH	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☐	H ☐	
Doç. Dr. G. Berktuğ BAHADIR	Çocuk Cerrahisi	Gülhane EAH	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☐	H ☐	
Doç. Dr. Aydın ÖZKAN	Ağız Diş ve Çene Cerrahisi	SBÜ Gülhane Diş H. F.	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☐	H ☐	
Doç. Dr. Aysun TEKELİ	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	Gülhane EAH	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☐	H ☐	
Dr. Öğr. Üyesi Saliha Ayşenur ÇAM ÖZÜNLÜ	Tıbbi Farmakoloji	Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☐	H ☐	
Uzm. Dr. İrem USLU MEDENİ	Halk Sağlığı	SB Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☐	H ☐	
Aslıhan Burcu KILIÇ	Biyomedikal	Gülhane EAH	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☐	H ☐	
Çiğdem Filiz EKER	Hukuk	Serbest Avukat	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☐	H ☐	
Ebru ÖZTÜRK	Biyoistatistik-Sivil Üye	Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☐	H ☐	

EK-2: HASTA VERİ TOPLAMA FORMU

Demografik Bilgiler				
Hasta kodu			Boy /kilo :	BMI:
Cinsiyet :	K	E	Yaş:	
TEL:				

Tıbbı Öykü ve Bulgular								
Semptom süresi(ay)				Lomber MRG spinal stenoz dercesi	Orta		Ciddi	
Bel Ağrısı (NRS)	0.vizit	3.hafta	3. ay	FTR öyküsü				
Ağrısız yürüme mesafesi (m)				Ilaç öyküsü				
DN4 skoru	0.vizit	3.hafta	3. ay	MODİ skoru	0.vizit	3.hafta	3. ay	
Özgeçmiş: □DiabetesMellitus □Hipertansiyon □Hipotiroidi □Hipertiroidi □Diğer:								
LSSS bulunan seviyeler:								

ÖZGEÇMİŞ

A. KİŞİSEL BİLGİLER

A.1. Adı soyadı: Hande Ece ÖZ

A.2. Unvanı: Uzman Dr.

A.3. Görev yeri: Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi

A.4 İletişim bilgileri *(e-posta adresi / telefon)*:

B. EĞİTİM BİLGİLERİ

B.1. Mezun olduğu üniversite / fakülte:
Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi (2011)
Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi –Tıpta Uzmanlık (2016)
Ege Üniversitesi Romatoloji Bilim Dalı – Romatoloji Yan Dal Uzmanlığı (2020)

B.2. Varsa uzmanlık Alanı: Fiziksel Tıp ve Rehabilitayson, Romatoloji Uzmanı

B.3. Varsa, akademik ünvanları: Uzman Doktor

C. İŞ TECRÜBESİNE AİT BİLGİLER

C.1. Bugüne kadar çalıştığı kurum / kuruluşlar:

2012-2016:Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi – Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Asistanı
2016: T.C. Sağlik Bakanliği Artvin İl Sağlik Müdürlüğü Artvin Devlet Hastanesi (Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Uzmanı)
2017-2020: Ege Üniversitesi Romatoloji Bilim Dalı
2020-2024 :T.C. Sağlik Bakanliği Dr. Ersin Arslan Eğitim Ve Araştırma Hastanesi (Romatoloji Uzmanı)
2023-2024 Gaziantep Şehir Hastanesi (Romatoloji Uzmanı)
2024- Halen: SBÜ Gülhane EAH – Algoloji Kliniği, Algoloji Yandal Asistanı

D. AKADEMİK ÇALIŞMALAR İLE İLGİLİ BİLGİLER

D.1. Belirtmek istediğiniz önemli makaleleriniz *(en fazla beş makale)*:

1. Oz HE, Duran G, Bayraktar D, Kara M, Solmaz D, Akar S. Effect of cervical stabilization exercises on cervical position error in patients with axial spondyloarthritis: a randomized controlled pilot study. Z Rheumatol. 2024 Feb;83(Suppl 1):48-54. doi: 10.1007/s00393-022-01295-1. Epub 2022 Dec 2. PMID: 36459172; PMCID: PMC9717571.
2. Yuksel Karsli T, Bayraktar D, Ozer Kaya D, Oz HE, Gucenmez S, Gercik O, Solmaz D, Akar S. Comparison of physical activity levels among different sub-types of axial spondyloarthritis patients and healthy controls. Mod Rheumatol. 2021 Nov;31(6):1202-1207. doi: 10.1080/14397595.2021.1891676. Epub 2021 Mar 16. PMID: 33627021.
3. Esatoglu SN, Tascilar K, Babaoğlu H, Bes C, Yurttas B, Akar S, Pehlivan O, Akleylek C, Tecer D, Seyahi E, Yuce-Inel T, Alpay-Kanitez N, Bodakci E, Tekgoz E, Colak S, Bolek EC, Koca SS, Kalyoncu U, Icacan OC, Ugurlu S, Oz HE, Hamuryudan V, Hatemi G; Turkish Society for Rheumatology COVID-19 Registry Investigators. COVID-19 Among Patients With Inflammatory Rheumatic Diseases. Front Immunol. 2021 Apr 16;12:651715. doi: 10.3389/fimmu.2021.651715. PMID: 33936073; PMCID: PMC8086428.
4. Tuna S, Özdemir T, Öz HE. Limbus Vertebra Presenting with Inflammatory Low Back Pain: A Case Report. J Clin Diagn Res. 2016 Mar;10(3):YD01-2. doi: 10.7860/JCDR/2016/17985.7429. Epub 2016 Mar 1. PMID: 27134989; PMCID: PMC4843374.