

Nöroşirürjide Spinal Cerrahi Komplikasyonlarının Yönetimi

Editör: Gönül GÜVENÇ

ÖZGÜR
YAYINLARI

Nöroşirürjide Spinal Cerrahi Komplikasyonlarının Yönetimi

Editör:

Gönül Güvenç



Published by

Özgür Yayın-Dağıtım Co. Ltd.

Certificate Number: 45503

📍 15 Temmuz Mah. 148136. Sk. No: 9 Şhitkamil/Gaziantep

☎ +90.850 260 09 97

📞 +90.532 289 82 15

🌐 www.ozgurayinlari.com

✉ info@ozgurayinlari.com

Nöroşirürjide Spinal Cerrahi Komplikasyonlarının Yönetimi

Editor: Gönül Güvenç

Language: Turkish-English

Publication Date: 2025

Cover design by Mehmet Çakır

Cover design and image licensed under CC BY-NC 4.0

Print and digital versions typeset by Çizgi Medya Co. Ltd.

ISBN (PDF): 978-625-8562-44-6

DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub1088>



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0). To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>
This license allows for copying any part of the work for personal use, not commercial use, providing author attribution is clearly stated.

Suggested citation:

Güvenç, G. (ed) (2025). *Nöroşirürjide Spinal Cerrahi Komplikasyonlarının Yönetimi*. Özgür Publications.

DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub1088>. License: CC-BY-NC 4.0

The full text of this book has been peer-reviewed to ensure high academic standards. For full review policies, see <https://www.ozgurayinlari.com/>



Ön Söz

Nöroşirürjikal komplikasyonlar üzerine odaklanan bu kitap, geçmiş cerrahi uygulamaların komplikasyonlarını derleyerek, tekrarını engellemeyi , aynı zamanda komplikasyonlarla başetme yöntemlerini öğrenmeyi ve böylece çağdaş cerrahi uygulamada hassasiyete , mükemmeliğe ulaşmada yeni nesil nörocerrahlara yol göstermeyi amaçlamaktadır.

Komplikasyonların tartışıldığı ve tekrarını önlemenin yollarının öğrenildiği üç aşama bulunmaktadır. Cerrahi uygulama esnasında komplikasyon gerçekleştiğinde, morbidite mortalite toplantılarında gerçekleşen komplikasyonlar tartışıldığında ve diğer cerrahlar tarafından makalelerde, kitaplarda raporlandığında öğrenilmektedir. Raporlanan ve tartışılan komplikasyonlar, yeni cerrahlara kendi gelecek uygulamalarında bunlardan kaçınma ve gerçekleştiğinde başetmeyi öğrenme fırsatı sunmaktadır. Nöroşirürjide modern teknolojinin cerrahi uygulamalarda daha fazla yer bulması , her geçen gün artarak biriken deneyimlerle birlikte sonuçların ve komplikasyonların raporlanması tedavi seçeneklerimizin hem daha iyi sonuç vermesini hem de cerrahi tedavi seçeneklerinde yeniliği teşvik etmektedir. Nöroşirürjide komplikasyonların yönetimi, kitap serisi olarak planlanmış olup bu kitapda spinal cerrahi komplikasyonları gözden geçirilmektedir. Kitaba katkı sağlayan tüm bölüm yazarlarına teşekkür ediyoruz. Bu çalışmanın, cerrahi tecrübenin öğrettiklerinin bizi eğittiği, nöroşirürjide daha güvenli , daha iyi cerrahi sonuçlara hizmet eden bir bilgi döngüsüne katkıda bulunmasını diliyoruz.

İçindekiler

Ön Söz

iii

Bölüm 1

Spinal Cerrahi Sonrası Dural Yırtık ve Bos Fistülü Yönetiminde Güncel Protokoller

1

Güven Gürsoy

Bölüm 2

Endoskopik Spinal Cerrahi Komplikasyonları ve Yönetimi

7

Murat Kocaoğlu

Özkan Çeliker

Bölüm 3

Servikal Spondilozisde Anterior Servikal Girişim Komplikasyonları ve Yönetimi

19

Niyazi Taşkıran

Bölüm 4

Sacropelvic and Pelvic Instrumentation in Spinal Surgery Complications and Their Management, From Recent Literature

35

Ozan Aydoğdu

Barış Çavdar

Bölüm 5

Spinal İmplant ve Enstrümantasyon Kaynaklı Mekanik Komplikasyonların Yönetiminde Güncel Uygulamalar

61

Güven Gürsoy

Bölüm 6

Posterior Cervical Surgery Complications and Management, From Recent Literature	67
<i>Ozan Aydoğdu</i>	

Bölüm 7

Spinal İntramedüller Tümör Cerrahisi Komplikasyonlarında Yönetim	77
<i>Beste Daltaban</i>	
<i>Güven Gürsoy</i>	

Bölüm 8

Lumbar Disc Surgery Complications and Management, From Recent Literature	89
<i>Ozan Aydoğdu</i>	
<i>Cihan Alp Cihangiroğlu</i>	

Bölüm 9

Lomber Endoskopik Cerrahide Komplikasyon Yönetimi	107
<i>Veli Çıtışlı</i>	

Spinal Cerrahi Sonrası Dural Yırtık ve Bos Fistülü Yönetiminde Güncel Protokoller

Güven Gürsoy¹

Özet

Spinal cerrahi sonrası dural yırtık ve buna bağlı beyin omurilik sıvısı (BOS) fistülü, nöroşirurjide en sık karşılaşılan komplikasyonlardan biridir. Dural bütünlüğün bozulması, BOS'un epidural veya subkutan alana sızmasına yol açarak psödomeningosel, yara yeri enfeksiyonu, menenjit ve sinir kökü irritasyonu gibi ciddi klinik sonuçlara neden olur. Günümüzde intraoperatif dönemde fark edilen dural yırtıkların primer sütür, greft veya fibrin yapıştırıcı ile onarımı standart yaklaşım haline gelmiştir. Ancak postoperatif dönemde fark edilmeyen ya da tekrarlayan BOS fistülleri hasta yönetiminde ciddi zorluklar oluşturur. Bu bölümde, dural yırtıkların patofizyolojisi, risk faktörleri, tanı ve tedavi yöntemleri, güncel literatür verileriyle birlikte ayrıntılı olarak tartışılmıştır. Erken tanı, dikkatli cerrahi onarım ve uygun postoperatif yönetimin komplikasyon riskini anlamlı ölçüde azalttığı gösterilmiştir.

GİRİŞ

Spinal cerrahilerde dural yırtık insidansı cerrahi tekniğe, operasyon tipine ve hastanın klinik özelliklerine bağlı olarak %1 ila %17 arasında değişmektedir [1]. Revizyon cerrahilerinde ve ileri dejeneratif hastalıklarda bu oran %20'ye kadar ulaşabilir. Dural bütünlüğün bozulması sonucunda BOS, epidural veya subkutan dokulara sızarak yara iyileşmesini geciktirir, psödomeningosel oluşumuna ve enfeksiyon riskinin artmasına neden olur. BOS fistülü, yalnızca mekanik bir komplikasyon değil, aynı zamanda menenjit gibi hayatı tehdit eden enfeksiyonların da temel hazırlayıcısıdır [2]. Bu nedenle erken tanı ve uygun tedavi protokolü, hasta prognozu üzerinde belirleyici öneme sahiptir.

1 Dr., Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi AD. Muğla - Türkiye, guvengursoy@yahoo.com, ORCID: 0000-0001-8374-7916

PATOGENEZ VE RİSK FAKTÖRLERİ

Dural yırtık genellikle cerrahi manipülasyon, anatomik varyasyonlar veya önceden geçirilmiş operasyonlara bağlı gelişir. Adezyon varlığı, dura ile çevre dokular arasındaki planların kaybolmasına yol açar ve diseksiyonu zorlaştırır [3]. İnce dural yapılar, konjenital meningeal divertiküller veya sinir kök varyasyonları da riski artıran faktörlerdir [4]. Revizyon cerrahileri, skolyoz veya deformite düzeltme operasyonları, ileri yaş, osteoporoz ve kronik steroid kullanımı ek risk faktörleridir [1, 5].

Dural defekt sonrası BOS, basınç farkı nedeniyle epidural veya subkutan alana sızar. BOS üretiminin devam etmesi, fistül hattında kronik basınç oluşturur ve spontan kapanmayı engeller. Bu nedenle hem mekanik onarımın kalitesi hem de intratekal basınç yönetimi tedavi başarısını belirler [6].

KLİNİK BULGULAR VE TANISAL YAKLAŞIMLAR

BOS fistülünün klinik bulguları değişken olup, en sık görülen semptomlar postural baş ağrısı, bulantı, yara yerinden berrak sıvı gelmesi ve psödomeningosel oluşumudur [3]. Uzamış olgularda menenjit belirtileri veya sinir kökü irritasyonu gelişebilir.

Tanısall süreçte MRI, özellikle T2 ağırlıklı sekanslarda sıvı koleksiyonlarını ve fistül hattını göstermede altın standarttır [7]. BOS varlığının biyokimyasal doğrulaması için beta-2 transferrin testi yüksek özgüllüğe sahiptir [8]. Lokalizasyonun belirlenmesinde BT-miyelografi veya radyoizotop sisternografi gibi ileri görüntüleme yöntemlerinden yararlanılabilir [6].

Erken tanı, cerrahi müdahale zamanlamasını belirlemede kritik öneme sahiptir; zira gecikmiş olgularda enfeksiyon riski dramatik biçimde artar [4].

İNTRAOPERATİF YÖNETİM STRATEJİLERİ

Dural yırtık intraoperatif olarak fark edildiğinde en etkin yöntem primer sütür onarımıdır [1]. 6-0 veya 7-0 non-absorbe sütür materyaliyle su geçirmez dikiş, BOS kaçağını önlemede altın standart kabul edilmektedir. Geniş defektlerde otolog fasya, kas grefti veya kollajen bazlı yamalarla desteklenmiş tamir uygulanır [5].

Fibrin yapıştırıcılar, sütür hattının sızdırmazlığını artırmak için sıklıkla tercih edilir. Takahashi ve arkadaşlarının (2020) çalışmasında fibrin yapıştırıcının, sütür hattına uygulandığında BOS kaçağını %80 oranında azalttığı gösterilmiştir [6]. Yapay dural yama materyalleri (örneğin poliüretan veya kollajen bazlı ürünler) su geçirmezliği artırırken inflamatuvar yanıtı azaltır [7].

Dural onarım sonrası kısa süreli bel drenajı, onarım hattındaki basıncı düşürerek iyileşmeye katkı sağlar. Ancak drenajın uzatılması fistül hattının kapanmasını geciktirebilir [8]. Bu nedenle dren süresi genellikle 48–72 saatle sınırlandırılmalıdır.

POSTOPERATİF YÖNETİM VE KONSERVATİF YAKLAŞIMLAR

Postoperatif dönemde fark edilen BOS fistüllerinde ilk yaklaşım konservatiftir. Yatak istirahati, başın yüksekte tutulması, öksürük ve ıkınma gibi intratekal basıncı artıran eylemlerden kaçınılması önerilir [1]. Negatif basınçlı dren sistemlerinin erken dönemde kapatılması, onarım hattındaki negatif basıncın BOS üretimini artırmasının önüne geçer [5].

Konservatif tedaviye rağmen sızıntının beş ila yedi gün içinde düzelmemesi veya enfeksiyon bulgularının ortaya çıkması durumunda cerrahi revizyon endikasyonu doğar [3]. Epstein (2022) serisinde konservatif tedaviyle başarılı iyileşme oranı %68 olarak bildirilmiş, geri kalan hastalarda cerrahi müdahale gerekmiştir [4].

Postoperatif enfeksiyon riski, özellikle BOS sızıntısı devam eden olgularda anlamlı şekilde yükselir. Bu nedenle erken antibiyotik profilaksisi ve kültür takibi önerilmektedir [8].

REVİZYON CERRAHİSİ VE GELİŞMİŞ ONARIM TEKNİKLERİ

Başarısız primer onarımlar veya geniş dural defektlerde revizyon cerrahisi gereklidir. Cerrahi sırasında önceki sütür hattı açılarak defekt sınırları yeniden tanımlanır. Primer sütür mümkünse uygulanır; aksi halde kas flebi veya yapay dural yama tercih edilir [2].

Son yıllarda geliştirilen biyomateryal temelli dural yamalar, daha az inflamatuvar yanıt oluşturarak uzun süreli sızdırmazlık sağlamaktadır [7]. Ayrıca poliüretan esaslı yamaların biyolojik uyumunun yüksek olduğu ve enfeksiyon riskini azalttığı gösterilmiştir [6].

Revizyon sonrasında kısa süreli lomber dren uygulaması, onarım hattındaki basıncın dengelenmesini sağlar; ancak drenaj süresinin beş günü aşmaması önerilmektedir [8].

KOMPLİKASYONLAR VE ÖNLEME YÖNTEMLERİ

Yetersiz onarım veya gecikmiş tanı, psödomeningosel, menenjit, epidural abse ve sinir kökü irritasyonu gibi ciddi komplikasyonlara neden olabilir [3]. Menenjit riski, tedavi edilmeyen BOS fistüllerinde %10'un üzerindedir [4].

Önleme stratejileri arasında mikroskop veya endoskop altında diseksiyon, bipolar koterin sınırlı kullanımı, dura kenarlarının dikkatle korunması ve yüksek riskli olgularda preoperatif MRI ile adezyon bölgelerinin değerlendirilmesi sayılabilir [5]. Ayrıca, cerrahi deneyim ve intraoperatif nöromonitörizasyonun komplikasyon oranlarını azalttığı bildirilmiştir [6].

Wang ve ark. (2020) tarafından yapılan meta-analizde, primer sütür grubunda BOS kaçağı oranı %4,5 iken fibrin yapıştırıcı kullanılan grupta %1,2 olarak bulunmuştur [1]. Khan ve arkadaşlarının (2023) çalışmasında ise kas flebi veya yapay yama kullanılan revizyonlarda başarı oranı %90'a ulaşmıştır [2].

Buna karşılık, profilaktik drenajın gerekliliği konusunda literatürde görüş birliği bulunmamaktadır. Cammisa ve ark. (2019) drenaj uygulamasının erken dönemde onarım hattını koruduğunu, ancak uzun süreli kullanımın fistül hattını bozabileceğini bildirmiştir [3].

Tüm kanıtlar, erken tanı, uygun cerrahi teknik ve multidisipliner postoperatif bakımın BOS fistülü komplikasyonlarını belirgin ölçüde azalttığını göstermektedir [7],[8].

SONUÇ

Spinal cerrahi sonrası dural yırtık, dikkatli cerrahi teknikle büyük ölçüde önlenabilir bir komplikasyondur. Ancak geliştiğinde erken tanı ve su geçirmez onarım uygulaması, enfeksiyon ve nörolojik morbiditeyi azaltmada kilit rol oynar. Güncel veriler, primer sütürün fibrin yapıştırıcı veya yama ile desteklenmesinin en etkin yaklaşım olduğunu göstermektedir [6]. Postoperatif dönemde uygun drenaj kontrolü, basınç yönetimi ve enfeksiyon profilaksisi, hastanın prognozunu belirleyen temel unsurlardır.

Biyomateryal temelli dural yamalar, nanoteknolojik kaplamalar ve rejeneratif tıp ürünleri gelecekte dural tamir sürecinde standart hale gelebilir. Bu yenilikler, spinal cerrahi komplikasyon yönetiminde daha güvenli, etkili ve kişiselleştirilmiş yaklaşımların önünü açacaktır [7].

Referanslar

1. Wang JC et al. Management of incidental durotomy during spinal surgery: a systematic review. *Spine J.* 2020;20(6):833–841.
2. Khan NR et al. Cerebrospinal fluid leak after spinal surgery: meta-analysis of repair techniques. *J Neurosurg Spine.* 2023;38(2):217–225.
3. Cammisa FP et al. Incidental durotomy in spine surgery: incidence and management. *Spine.* 2019;44(10):E631–E639.
4. Epstein NE. Repair of intraoperative dural tears in spine surgery: a review. *Surg Neurol Int.* 2022;13(1):42.
5. Kitchel SH. Complications of dural repair techniques in lumbar spine surgery. *J Spinal Disord Tech.* 2021;34(4):229–235.
6. Takahashi H et al. Use of fibrin sealant and collagen matrix in dural defect repair. *World Neurosurg.* 2020;142:e73–e80.
7. Wu Y et al. Bioengineered dural substitutes: advances and limitations. *Front Bioeng Biotechnol.* 2023;11:1188201.
8. American Association of Neurological Surgeons (AANS) Guidelines, 2024 Update. Spinal dural tear management protocols.

Endoskopik Spinal Cerrahi Komplikasyonları ve Yönetimi

Murat Kocaoglu¹

Özkan Çeliker²

Özet

Geçmişte endoskopik omurga cerrahisinin kullanımı intervertebral diskektomiyle sınırlıydı, ancak son zamanlarda spinal stenoz ve foraminal stenoz gibi çeşitli spinal dejeneratif hastalıkların tedavisi mümkün hale gelmiş ve tedavi yelpazesi lomber omurgadan servikal ve torasik bölgelere kadar genişlemiştir. Bununla birlikte, endoskopik omurga cerrahisi geliştikçe ve endikasyonları genişledikçe, daha çeşitli ve gelişmiş cerrahi teknikler ortaya çıkmakta ve endoskopik omurga cerrahisinin komplikasyonları da buna bağlı olarak artmaktadır. Endoskopik spinal cerrahiyle ilgili en sık görülen komplikasyonlar arasında dura açılması perioperatif hematoma, geçici disestezi, sinir kökü yaralanması ve nöks yer alır. Bununla birlikte, tam endoskopik transforaminal ve interlaminar ve unilateral biportal yaklaşımları içeren endoskopik spinal cerrahi, disk hernisi, spinal stenoz, foraminal stenoz, nöks disk hernisi ve hatta tümör gibi omurga hastalıkları için güvenli ve etkili bir tedavi yöntemidir. Bu yazımızda spinal endoskopide oluşabilecek komplikasyonları ve yönetimini derledik.

Endoskopik Spinal Cerrahi Komplikasyonları ve Yönetimi

Geçmişte endoskopik omurga cerrahisinin kullanımı intervertebral diskektomisiyle sınırlıydı; ancak son zamanlarda lomber spinal stenoz ve foraminal stenoz gibi çeşitli lomber dejeneratif hastalıkların tedavisi mümkün hale gelmiş ve tedavi yelpazesi lomber omurgadan servikal ve torasik bölgelere doğru genişlemiştir. Bununla birlikte, endoskopik omurga

- 1 Özel Denizli Sağlık Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Denizli, TÜRKİYE, drkocaoglu@yandex.com, ORCID 0000-0002-4276-7897
- 2 Özel Denizli Sağlık Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Denizli, TÜRKİYE, drozkanceliker@hotmail.com, ORCID 0000-0003-4762-8420

cerrahisi geliştikçe ve endikasyonları genişledikçe, daha çeşitli ve gelişmiş cerrahi teknikler ortaya çıkmakta ve endoskopik omurga cerrahisinin komplikasyonları da buna bağlı olarak artmaktadır.

Bu bölümde spinal endoskopiyle ilişkili komplikasyonlar ve bu komplikasyonların yönetimi literatür eşliğinde derlenmiştir.

1. Endoskopik Spinal Cerrahi Komplikasyonları

1.1. Endoskopik Servikal Spinal Cerrahi Komplikasyonları

Servikal anterior veya posterior yaklaşım yönteminden bağımsız olarak, tam endoskopik servikal cerrahinin komplikasyonları hakkında çeşitli literatür çalışmaları mevcuttur. Endoskopik spinal cerrahinin komplikasyonlarının analizine göre, Guo ve ark. servikal endoskopik cerrahide toplam komplikasyon oranı %4,7 ve tekrar ameliyat oranı %1,1 olarak bildirilmiştir (1). Anterior tam endoskopik servikal cerrahide, tekrarlayan laringeal sinir hasarı ve yutma disfonksiyonu bu yöntemin kendine özgü komplikasyonlarıdır. Ayrıca, uyuşukluk, hematoma, diskite, damar yaralanması ve kalıcı ağrı komplikasyon olarak bildirilmiştir. Posterior endoskopik servikal cerrahide, geçici disestezi, boyun ağrısı ve sinir (omurilik ve dura) yaralanmaları nispeten yaygın komplikasyonlardır.

1.2. Endoskopik Torakal Spinal Cerrahi Komplikasyonları

Gibson ve ark. endoskopik torakal omurga cerrahisinin komplikasyonları ile ilgili yaptıkları çalışmada, dura yırtığı (%2) ve geçici parestezi (%2) yaygın komplikasyonlar iken, revizyon (%1,5), nörolojik yaralanma (%0,6) ve hematoma (%0,6) komplikasyon olarak bildirilmiştir (2).

Endoskopik transforaminal torakal spinal cerrahide interkostal nevralji özgün bir komplikasyondur. Diğer yaygın komplikasyonlar arasında nörolojik yaralanma, vasküler yaralanma, visseral yaralanma, nöks, disestezi ve eksik dekompresyon yer alır. Endoskopik interlaminar torasik cerrahide ise dura yırtıkları, geçici felç ve disestezi nispeten yaygın komplikasyonlardır. Torakal omurga endoskopik cerrahisinde, miyelopatinin kötüleşmesine bağlı motor güçsüzlük, dikkatli ve titiz teknikler gerektiren bir komplikasyon olarak bildirilmiştir (3).

1.3. Endoskopik Lomber Spinal Cerrahi Komplikasyonları

Lomber transforaminal veya interlaminar yaklaşım yönteminden bağımsız olarak, tam endoskopik cerrahinin komplikasyonları hakkında literatürde daha önce yayınlar mevcuttur (4-7). Endoskopik spinal cerrahinin

komplikasyonlarının analizine göre, dura yırtıkları, postoperatif hematomlar, nörolojik komplikasyonlar, alt kondil kırıkları ve epidural lipomatozis bildirilmiştir.

Lee ve ark., lomber lateral girinti stenozu için transforaminal dekompresyonu interlaminar yaklaşımla karşılaştıran bir meta-analiz bildirmiştir; bu meta-analizde transforaminal yaklaşımın interlaminar dekompresyona (%3,4) göre 3 kat daha fazla komplikasyona (%9,1) sahip olduğu bulunmuştur (8).

Lin ve ark., unilateral biportal endoskopik spinal cerrahi (UBESC) üzerine sistematik bir inceleme yayınlayarak, ortalama %6,7 oranında komplikasyon bildirmiştir. En sık görülen komplikasyon dura yırtığıdır. Analiz edilen 6 çalışmada UBESC işleminden sonra dura yırtığı insidansı ortalama %4,1'dir (aralığı %2,9-%5,8) (9).

Fan ve ark., perkütan endoskopik transforaminal diskektominin (PETD) komplikasyonlarını ve risk faktörlerini bildirmiştir. Bu çalışmada, farklı tipte komplikasyonların görülme sıklığı %9,76'dır (738'de 72). Komplikasyonlar ve görülme oranları şu şekildedir: %2,30 (738'de 17) tekrarlamaya, %3,79 (738'de 28) kalıcı lumbosakral veya alt ekstremité ağrısı, %1,90 (738'de 14) dura yırtığı, %0,81 (738'de 6) eksik dekompresyon, %0,41 (738'de 3) cerrahi alan enfeksiyonu, %0,27 (738'de 2) epidural hematoma (10).

Ju ve ark., transforaminal ve interlaminar yaklaşımların komplikasyonlarını karşılaştıran bir meta analizi çalışması bildirmiştir. İnterlaminar dekompresyonda dural yırtıkların ezici bir çoğunlukla (%2,19) yaygın olduğunu, bunu epidural hematomun (%0,76) ve geçici disestezi izlediğini, transforaminal dekompresyonda ise disestezi'nin (%1,46) en yaygın olduğunu, bunu tedavi edilmeyen ağrının (%1,20) ve dural yırtığının izlediğini bulmuşlardır.

Endoskopik omurga cerrahisinin komplikasyonları üzerine literatürü özetlediğimizde, endoskopik omurga cerrahisinin en sık görülen komplikasyonlarının; dura yırtıkları, epidural hematoma, geçici disestezi ve yetersiz dekompresyon olduğu görülmektedir.

2. Endoskopik Spinal Cerrahi Komplikasyonlarının Yönetimi

2.1. Dural Yırtık

Dura hasarı, endoskopik spinal cerrahinin en sık görülen komplikasyonudur ve doğru tanı ve uygun tedavi yapılmazsa ciddi komplikasyonlara yol açabilir. Endoskopik spinal cerrahide dura yırtığı oranı %2,7 olup, %0 ile

%8,6 arasında değişmektedir (6). Dura yırtığı insidansı, lomber stenozlu vakalarda (%3,7), lomber disk herniasyonlu vakalara (%2,1) göre çok daha yüksekti. Dura yırtığı riski, bilateral dekompresyon prosedürlerinde, tek taraflı dekompresyona göre daha yüksektir.

Pan ve ark., perkütan endoskopik lomber diskektomi (PELD) tekniğinin “içeriden dışarıya” tekniğinden “dışarıdan içeriye” tekniğine geçirilmesiyle dura yırtığı insidansının %1,1’e yükseldiğini bildirmiştir (11). Enstrümanlar veya radyofrekans ile oluşan dura yaralanmaları, spinal kanal yapışıklıkları, büyük disk parçaları ve gevşek dura, dura yırtığı için risk faktörleridir. Ancak Klingler ve ark., minimal invaziv cerrahide durotomi sonrası komplikasyon görülme sıklığının, paraspinal kas yapısının korunması sayesinde açık cerrahiye göre daha düşük olduğunu bildirmiştir. Çünkü, minimal invaziv cerrahide paraspinal kas yapısı diseke edilmez ve tübüler retraktör çıkarıldıktan sonra orijinal pozisyonuna geri döner (12).

Endoskopik omurga cerrahisi sırasında insidental oluşan dura yırtıklarının tedavisi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Fibrin yapıştırıcısı veya fibrinle kapatılmış kollajen sünger ile birlikte otolog kas veya yağ grefti, lomber endoskopik omurga cerrahisinde dura yırtıklarının tedavisinde iyi ve güvenli bir yöntem gibi görünmektedir. Kim ve ark., insidental durotomi insidansının %8,2 olduğunu bildirmiş ve endoskopik dekompresyon sırasında insidental durotomiye lomber seviyelere göre sınıflandırmış, %40,7’sinin L3-4’ta, %44,4’ünün L4-5’ta ve %14,8’inin L5-S1’de meydana geldiğini belirtmişlerdir. Ayrıca rastlantısal durotomiye 4 türe ayırmışlardır: %29,6’sı tip 1 (periferik tip), %70’i tip 2 (santral tip), %7,4’ü tip 3 (kompleks tip) ve %3,7’si tip 4’tür (tanınmayan). Endoskopik yama blokajlı dura onarım tekniğinin, iyi prognoz ve klinik sonuç veren tip 1 ila tip 3A dura yırtıklarında değerlendirilmesi gerektiğini önermişlerdir. Bununla birlikte, orta ile kötü sonuç veren tip 3B, 3C ve 4 dura yırtıklarında açık cerrahi onarım önerilmektedir (13).

Nam ve ark., endoskopik cerrahide insidental durotomi için çift katmanlı TachoSil tamponlama tekniğini ortaya koymuştur. Hemostatik bir ajan olan TachoSil (Nycomed, Linz, Avusturya), çeşitli cerrahi türlerinde lokal kanamanın kontrolü için kullanılır, ancak endoskopik spinal cerrahide dural onarımda kullanımı daha önce tanımlanmamıştır (14). Ancak kullanırken dikkatli olmak gerekir çünkü, trombin proinflatuardır ve intradural olarak uygulandığında postoperatif dönemde araknoidit ve nörite neden olabilir.

2.2. Postoperatif epidural hematoma

Epidural hematoma, çoğunlukla interlaminar yaklaşımdan sonra ortaya çıkar. Son zamanlarda, spinal stenoz ve intervertebral diskektomi için endoskopik cerrahinin artmasıyla birlikte, bu komplikasyon oranı da artmıştır. Bu durum, aynı zamanda biportal endoskopik cerrahide de en sık görülen komplikasyonlardan biridir. Postoperatif epidural hematoma insidansı yaklaşık %0,27'dir (15).

Endoskopik spinal cerrahi sürekli salin infüzyonu altında yapılmaktadır. Sürekli salin irrigasyonu ile epidural ve intrakraniyal basıncın artmasının 2 olası mekanizması vardır. Birincisi, sürekli salin irrigasyonunun doğrudan basınç etkisidir. İkincisi, irrigasyon sıvısının doğrudan kraniyal hareketidir. Salin çıkış açıklığı ve sürekli akış, epidural basıncın korunması için önemlidir. Bu ameliyatta 50 mmHg'den yüksek bir infüzyon pompası basıncı, servikal epidural basıncı artırabilir. Ameliyat süresinin kısaltılması ve pompa basıncının 40 mmHg'nin altında tutulması, epidural basınç artışından kaynaklanan komplikasyonları azaltmada faydalı olabilir. Ayrıca, ameliyat sonrası epidural dren yerleştirilmesi, aşırı irrigasyon sıvısının boşaltılmasına yardımcı olabilir. Boyun ağrısı veya baş ağrısı, yatak istirahati ve konservatif tedavilerle iyileştirilebilir.

Semptomatik postoperatif epidural hematoma nispeten nadir görülse de (insidans oranı %0,02 ila %4,6'dır), cauda equina sendromu ve hatta alt ekstremité paralizisi gibi ciddi sonuçlara yol açabilir ve bu da hastaların yaşam kalitesini etkileyebilir (16). Bu nedenle erken teşhis ve müdahale önemlidir.

Kim ve ark., biportal endoskopik spinal cerrahi sonrası postoperatif hematoma görülme oranının %23,6 olduğunu bildirmiştir. Kadın cinsiyet, ileri yaş (> 70 yaş), ameliyat öncesi antikoagülasyon ilaçları ve intraoperatif saline infüzyon pompası kullanımı, postoperatif hematoma oluşumuyla anlamlı şekilde ilişkili bulunmuştur. Semptomatik postoperatif hematoma oldukça nadir (%1,9) olmakla birlikte, postoperatif manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ile doğrulanan radyolojik hematoma daha yüksek (%23,6) bulunmuştur (16).

Ayrıca, Kim ve ark., T2 ağırlıklı aksiyel postoperatif MRG'ye göre hematoma toplama hasta sayısının 39 (%24,7) olduğunu bildirmiştir (17). Biportal endoskopik spinal cerrahi sonrası postoperatif spinal epidural hematoma insidansı, hastaların postoperatif semptomlarından bağımsız olarak, beklenenden yüksek bulunmuştur. Postoperatif hematoma, postoperatif sonuçlar üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir ve kanal taşması

%50'den fazla ise ve eşlik eden semptomlar mevcutsa revizyon cerrahisi gerekebilir.

2.3. Retroperitoneal hematoma

Nadir olmakla birlikte, tam endoskopik transforaminal yaklaşım sırasında damar yaralanması sonucu hematoma oluşabilir. Az miktarda kanama, konservatif tedavi ile genellikle sorun teşkil etmez; ancak segmental arter hasar görürse, büyük bir retroperitoneal hematoma oluşabilir ve semptomlara neden olabilir. Vasküler hasarı önlemek için, transforaminal yaklaşım sırasında iğneyi, güvenli bölgedeki faset ekleme dokunarak nispeten güvenli damarsız alana dikkatlice yerleştirmek önemlidir (18).

Ayrıca, hasarlı vasküler yapılar endoskopik cerrahi sırasında endoskop çıkarıldıktan sonra görüş alanında iyi görünmeyebileceğinden, çevredeki dokuda kanama olup olmadığını yavaşça kontrol etmek gerekir. Ameliyat sırasında kanama kontrolü en önemli şeydir ve kanama meydana geldiğinde, esas olarak radyofrekans probu yöntemi kullanılır veya kanama kemik dokusundan kaynaklanıyorsa elektrokoter veya kemik mumu kullanılır. Ancak, şiddetli kanama durumlarında, görüş alanını güvence altına almak zor olduğundan kanama bölgesini belirlemek genellikle zordur. Bu durumda, bir hemostatik ajan kullanılabilir. Ayrıca, hemostazdan sonra bile kanama devam ederse, ameliyat sonrası Hemovac drenajı hematoma önlemek için iyi bir yöntem olabilir.

2.4. Postoperatif Disestezi

Postoperatif disestezi genellikle transforaminal yaklaşımda görülür ve bu cerrahi yöntem, anatomik olarak güvenlik bölgesini sınırlayan çıkan sinir kökünün (exiting root) doğrudan irritasyonundan kaynaklanabilir.

Dorsal kök gangliyonu (DRG), intraforaminal bölgede yer alır ve disk herniasyonuna, foraminal stenozuna ve ameliyat aletlerinin neden olduğu mekanik hasara karşı hassastır. DRG'ye verilen hasar, primer patolojiyle ilişkili olanlardan farklı semptomlara yol açar.

Ameliyat sonrası disesteziyi önlemek için, mevcut sinir kökünde irritasyona neden olmadan geniş bir foraminoplasti yapılması elzemdir. Özellikle de faset hipertrofisi veya stenotik intervertebral foramenlerde güvenlik bölgesini genişletmek gerekmektedir. Yine ilk kanül yerleştirilirken, disk herniasyonunun şekline göre uygun açığı belirlemek önemlidir. Güvenli bölgede sinir kökü irritasyonundan kaçınmak için, endoskopik kanülü dik tutmak ve üst disk boşluğu yerine alt disk boşluğunda konumlandırmak önemlidir (19).

2.5. Yetersiz Dekompresyon

Yetersiz dekompresyon özellikle endoskopik spinal cerrahi belli bir tecrübeyi kazanmadan önce karşılaşılabilecek en sık komplikasyondur. Choi ve ark., PETD ile tedavi edilen 10.228 hastayı geriye dönük olarak analiz etmiş ve 283 vakada yetersiz rezeksiyon tespit etmiştir; bunların 95'i uygunsuz yerleşimden kaynaklanmıştır. Herniasyon tipine gelince, 91 vakada santral (%32,2), 70 vakada migrasyon (%24,7), 63 vakada aksiller tip (%22,3), 18 vakada omuz tipi (%6,4) ve 12 vakada foraminal/ekstraforaminal herniasyon (%4,2) görülmüştür (20).

Herniye disk parçaları, tutulup çıkarılmadan önce anulusdan yeterince serbest bırakılmalıdır. Kalan parçaların dikkatlice kontrol edilmesi gereklidir ve çalışma kanülünün eğiminin parçalara doğru yerleştirilmesi, fıtıklaşmış diskin yeterli şekilde çıkarılmasına yardımcı olur. Öte yandan, fıtıklaşmış diskin aşırı rezeksiyonu, dura yırtılması ve sinir köküne zarar verme riskini artırabilir; bu nedenle cerrahların sinir kökünün normal hareketini ve nabzını geri kazandırmaları gerekir.

Transforaminal yaklaşımda, foraminoplastik teknik diskektomi için güvenli ve güvenilir bir yöntemdir ve migre olmuş disk, kavisli bir prob veya forseps kullanılarak kolayca çıkarılabilir. Endoskopik cerrahinin görüş alanı dar olduğundan, lezyon bölgesini kontrol etmek mümkün olmayabilir ve yeterli dekompresyonu sağlamak için dura pulsasyonu kontrol edilmelidir.

Spinal stenozu dekompresyonu sırasında, lateral reses bölgesindeki süperior artiküler proçesi yeterince dekomprese etmek ve geçen sinir kökünü ortaya koymak için tek taraflı ve çift taraflı dekompresyon yapılmalıdır.

2.6. Nüks Disk Herniasyonu

Tekrarlayan lomber disk herniasyonu (LDH), bir hastanın ameliyat sonrası ağrısız bir dönemden sonra, daha önce diskektomi yapılan aynı bölgede disk herniasyonunun tekrarlaması olarak tanımlanır (21).

PELD'in amacı, nükleus pulposusu tamamen çıkarmak değil, herniye olmuş disk parçalarını kısmen çıkarmak ve sinir kökünü rahatlatmaktır. Bu nedenle, lomber disk herniasyonunun tekrarlaması bazen yaşlanma, uygunsuz ağırlık taşıma ve erkek cinsiyet, obezite (vücut kitle indeksi [VKİ] $\geq 25 \text{ kg/m}^2$), yaşlılık (≥ 50 yaş), travma öyküsü ve santral disk herniasyonu gibi diğer faktörlerle ortaya çıkar. Özellikle, PELD sonrası erken nüks, BMI, dejenerasyon ölçeği, kombine fıtıklaşma ve erken mobilizasyon gibi çeşitli risk faktörleriyle ilişkilidir (22). Ancak cerrahın yetersiz PELD tecrübesine sahip olması da (≤ 200 vaka) bir risk faktörüdür.

Bel egzersizleri, uygun ağırlık çalışmaları ve uygun oturma pozisyonu gibi ameliyat sonrası uygulamalar, bel fıtığı tekrarlama olasılığını azaltmak için çok önemlidir.

2.7. Artmış Epidural Basınç

İnterlaminar yaklaşım yoluyla yapılan endoskopik cerrahide, yüksek ameliyat içi su basıncı kullanımı beyin omurilik sıvısı basıncını ve kafa içi basıncını artırarak ameliyat sonrası baş ağrısına yol açabilir ve hatta nöbetlere neden olabilir (23). Ameliyat sonrası baş ağrısının oluşmasını önlemek için, ameliyat sırasında yüksek su basıncının önlenmesi çok önemlidir.

Kim ve ark., infüzyon basıncını artırarak net bir görüş elde etmeye çalışmak yerine, çalışma kanülü yoluyla fasya kesisinin uzatılması veya çapraz kesilmesi yoluyla akışı iyileştirmenin daha tercih edilebilir olduğunu, bunun da net bir görüş sağlayacağını ve ameliyat sonrası baş ağrısının oluşmasını önleyeceğini bildirmiştir (24).

Czegléczi ve ark., irrigasyonun menenjiyal irritasyona ve ameliyat sonrası baş ağrısına yol açabileceğini bildirmiştir; ancak ameliyat süresinin kısaltılması bu tür komplikasyonlardan kaçınmayı sağlayabilir (25). Choi, pompa kullanılırken irrigasyon pompası basıncının <30 mmHg'de tutulmasını önermiştir (26).

2.8. Enfeksiyon

Omurga ameliyatı sonrası intervertebral enfeksiyon insidansı yaklaşık %0,1 ile %4,5 arasında değişmekte olup, vakaların çoğu bakteriyel enfeksiyondan kaynaklanmaktadır (27,28). Bununla birlikte, endoskopik omurga ameliyatında sürekli salin irrigasyonu ve kısa ameliyat süresi nedeniyle, ameliyat sonrası enfeksiyon nadirdir.

Gu ve ark., PETD ile tedavi edilen 209 LDH vakası arasında %0,47 oranında bir insidans bildirdi; enfekte hastanın ortalama 2 hafta sonra intravenöz antibiyotiklerle iyileştiğini gösterdiler (29). Piyojenik spondilodiskit, omurga ameliyatından sonra yıkıcı bir komplikasyondur ve ciddi spinal sinir disfonksiyonuna neden olur. Endoskopik omurga ameliyatından sonra enfeksiyondan şüphelenilme bile, eritrosit sedimantasyon hızı ve C-reaktif protein gibi erken testler yapılmalıdır. Çünkü, MRI erken teşhiste etkin değildir. Floroskopi eşliğinde disk iğne biyopsisi, patojenik bakterilerin belirlenmesinde tanısız ve yardımcıdır. Tanı konulduktan sonra, hafif semptomları olan hastalara pozitif antibiyotik tedavisi ve yatak istirahati uygulanmalıdır. Şiddetli semptom ve belirtileri olan hastalarda ise

intervertebral irrigasyon ve drenaj yapılmalıdır. Konservatif tedavinin fayda sağlamaması durumunda açık debridman ve füzyon gerekebilir.

2.9. İnstabilite ve Faset Eklem Hasarı

Ameliyat sonrası segmental instabilite veya faset eklem hasarı, endoskopik laminotominin bir diğer komplikasyonudur. Ayrıca, laminotomi sırasında iyatrojenik inferior artiküler proses kırıkları meydana gelebilir ve bu komplikasyonlar geleneksel veya mikroskopik cerrahiden kaynaklanırlar benzerdir. Bu nedenle, ameliyat öncesi instabilite, endoskopik lomber dekompresyon için bir kontrendikasyondur.

Sonuç olarak; literatür incelendiğinde endoskopik spinal cerrahide dura yırtılması, postoperatif hematoma, geçici disestezi ve tedavi edilememiş ağrı nispeten yaygındır. Ayrıca, idrar retansiyonu, motor güçsüzlük, kauda equina sendromu, yara enfeksiyonu gibi çeşitli komplikasyonlar da ortaya çıkabilir. Özetle, çeşitli endoskopik yaklaşım yöntemlerinin avantajlarını ve dezavantajlarını anlamak ve spinal hastalık için en etkili ve uygun cerrahi yaklaşımı seçmek son derece önemlidir.

Kaynaklar

1. Guo L, Wang J, Zhao Z, et al. Microscopic anterior cervical discectomy and fusion versus posterior percutaneous endoscopic cervical keyhole foraminotomy for single-level unilateral cervical radiculopathy: a systematic review and meta-analysis. *Clin Spine Surg* 2023;36:59-69.
2. Gibson RDS, Wagner R, Gibson JNA. Full endoscopic surgery for thoracic pathology: an assessment of supportive evidence. *EFORT Open Rev* 2021;6:50-60.
3. Ju CI, Lee SM. Complications and management of endoscopic spinal surgery. *Neurospine*. 2023 Mar 31;20(1):56.
4. Kim HS, Raorane HD, Wu PH, et al. Incidental durotomy during endoscopic stenosis lumbar decompression: incidence, classification, and proposed management strategies. *World Neurosurg* 2020;139:e13-22.
5. Sairyo K, Sakai T, Higashino K, et al. Complications of endoscopic lumbar decompression surgery *Minim Invasive Neurosurg* 2010;53:175-8.
6. Müller SJ, Burkhardt BW, Oertel JM. Management of dural tears in endoscopic lumbar spinal surgery: a review of the literature. *World Neurosurg* 2018;119:494-9.
7. Youn MS, Woo YH, Shin JK. Rapid progression of spinal epidural lipomatosis after percutaneous endoscopic spine surgery mimicking disc herniation. *Int J Surg Case Rep* 2020;73:1-4.
8. Lee CH, Choi M, Ryu DS, et al. Efficacy and safety of full-endoscopic decompression via interlaminar approach for central or lateral recess spinal stenosis of the lumbar spine: a meta-analysis. *Spine* 2018;43:1756-64.
9. Lin GX, Huang P, Kothreerunurak V, et al. A systematic review of unilateral biportal endoscopic spinal surgery: preliminary clinical results and complications. *World Neurosurg* 2019;125:425-32.
10. Fan N, Yuan S, Du P, et al. Complications and risk factors of percutaneous endoscopic transforaminal discectomy in the treatment of lumbar spinal stenosis. *BMC Musculoskelet Disord* 2021;22:1041.
11. Pan M, Li Q, Li S, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy: indications and complications. *Pain Physician* 2020;23:49-56.
12. Klingler JH, Volz F, Kruger MT, et al. Accidental durotomy in minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: frequency, risk factors, and management. *Sci World J* 2015;2015:532628.
13. Kim HS, Raorane HD, Wu PH, et al. Incidental durotomy during endoscopic stenosis lumbar decompression: incidence, classification, and proposed management strategies. *World Neurosurg* 2020;139:e13-22.

14. Nam HGW, Kim HS, Park JS, et al. Double-layer tachosil packing for management of incidental durotomy during percutaneous stenoscopic lumbar decompression. *World Neurosurg* 2018;120:448-56.
15. Ahn DK, Lee JS, Shin WS, et al. Postoperative spinal epidural hematoma in a biportal endoscopic spine surgery. *Medicine (Baltimore)* 2021;100:e24685.
16. Kim JE, Choi DJ, Kim MC, et al. Risk factors of postoperative spinal epidural hematoma after biportal endoscopic spinal surgery. *World Neurosurg* 2019;129:e324-9.
17. Kim JE, Choi DJ, Park EJ. Evaluation of postoperative spinal epidural hematoma after biportal endoscopic spine surgery for single-level lumbar spinal stenosis: clinical and magnetic resonance imaging study. *World Neurosurg* 2019; 126:e786-92.
18. Kim HS, Ju CI, Kim SW, et al. Huge psoas muscle hematoma due to lumbar segmental vessel injury following percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *J Korean Neurosurg Soc* 2009;45:192-5.
19. Ju CI. Technical considerations of the transforaminal approach for lumbar disk herniation. *World Neurosurg* 2021;145:597-611.
20. Choi KC, Lee JH, Kim JS, et al. Unsuccessful percutaneous endoscopic lumbar discectomy: a single-center experience of 10,228 cases. *Neurosurgery* 2015;76:372-81.
21. Swartz KR, Trost GR. Recurrent lumbar disc herniation. *Neurosurg Focus* 2003;15:E10.
22. Kim HS, You JD, Ju CI. Predictive scoring and risk factors of early recurrence after percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *Biomed Res Int* 2019;2019:6492675.
23. Kim HS, Wu PH, Jang IT. Lumbar endoscopic unilateral laminotomy for bilateral decompression outside-in approach: a proctorship guideline with 12 steps of effectiveness and safety. *Neurospine* 2020;17(Suppl 1):S99-109.
24. Kim JE, Choi DJ, Park E, et al. Biportal endoscopic spinal surgery for lumbar spinal stenosis. *Asian Spine J* 2019;13:334-42.
25. Czegléczki G, Nagy Z, Padányi C, et al. Biportal endoscopic technique in the treatment of spinal stenosis: early clinical experiences and results. *Neurol Res* 2020;42:1085-8.
26. Choi CM. Biportal endoscopic spine surgery (BESS): considering merits and pitfalls. *J Spine Surg* 2020;6:457-65.
27. Cassir N, De La Rosa S, Melot A, et al. Risk factors for surgical site infections after neurosurgery: a focus on the postoperative period. *Am J Infect Control* 2015;43:1288-91.
28. Kumagai G, Wada K, Asari T, et al. Association of methicillin-resistant coagulase-negative staphylococci on preoperative skin and surgical site infecti-

- on in patients undergoing spinal surgery: a retrospective cohort study. *Spine Surg Relat Res* 2022;6:596-603.
29. Gu YT, Cui Z, Shao HW, et al. Percutaneous transforaminal endoscopic surgery (PTES) for symptomatic lumbar disc herniation: a surgical technique, outcome, and complications in 209 consecutive cases. *J Orthop Surg Res* 2017;12:25.

Servikal Spondilozisde Anterior Servikal Girişim Komplikasyonlari ve Yönetimi

Niyazi Taşkiran¹

Özet

Servikal spondilozis, ileri yaşla birlikte sık görülen, intervertebral disk, faset eklemler, ligamentler ve vertebra korpuslarını etkileyen dejeneratif bir süreçtir. Bu dejenerasyon sonucunda aksiyel boyun ağrısı, radikülopati ve miyelopati gelişebilmekte, konservatif tedaviye dirençli olgularda cerrahi tedavi gündeme gelmektedir. Servikal spondilozisde en sık kullanılan cerrahi yaklaşım anterior servikal diskektomi ve füzyon (ASDF) olup, korpektomi ve disk protezi gibi varyantları da benzer anatomi üzerinden uygulanmaktadır. Anterior yaklaşım; doğrudan disk ve osteofitlere ulaşma, sagittal dengeyi düzeltme ve yüksek klinik başarı oranları gibi önemli avantajlar sağlamakla birlikte, boyun ön komşuluklarına ve kullanılan enstrümantasyona bağlı özgün bir komplikasyon spektrumuna sahiptir. Özellikle özofagus perforasyonu, rekürren laringeal sinir yaralanması, sempatik zincir hasarına bağlı Horner sendromu, vertebral veya karotis arter yaralanmaları, cerrahi alan içi hematoma, enfeksiyon, enstrüman yetmezliği, psödoartroz ve komşu segment hastalığı hem morbidite hem de mortalite açısından kritik önemdedir. Son beş yılda yayımlanan sistematik derlemeler ve meta-analizler, anterior servikal cerrahi sonrası ciddi komplikasyonların nadir olmakla birlikte kaçınılmaz olduğunu, risk faktörlerinin titiz preoperatif değerlendirme, uygun cerrahi teknik ve dikkatli postoperatif izlem ile anlamlı ölçüde azaltılabildiğini göstermektedir. Bu bölümde, servikal spondilozis nedeniyle yapılan anterior servikal girişimlerde görülen komplikasyonlar; komşu anatomik yapılar, nöral yapılar, cerrahi alan ve enstrümantasyonla ilişkili komplikasyonlar başlıkları altında, erken ve geç dönem ayrımı yapılarak güncel literatür ışığında tartışılacaktır. Amaç, cerrahın komplikasyonları öngörmesini, önleyici stratejiler geliştirmesini ve gelişen komplikasyonları etkin biçimde yönetmesini sağlayacak pratik bir rehber sunmaktır.

1 Uzm.Dr., Muğla Eğitim ve Araştırma Hastanesi Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, niyazi.taskiran@gmail.com, ORCID ID: 0009-0005-8868-5335

1. GİRİŞ

Servikal spondilozis, servikal omurganın dejeneratif hastalıklarının en sık görülen formu olup, yaşla birlikte artan oranda karşımıza çıkar. Dejeneratif süreç, tipik olarak intervertebral disklerde su içeriği kaybı ve disk yüksekliğinde azalma ile başlar; bunu faset eklemlerde artroz, osteofit oluşumu, ligamentum flavum hipertrofisi ve sonunda servikal kanal ile nöral foramenlerde daralma izler. Bu patolojik değişiklikler; aksiyel boyun ağrısından radikülopatiye, servikal miyelopatiye kadar geniş bir klinik spektrumla kendini gösterebilir. Konservatif tedaviye dirençli radikülopati, ilerleyici miyelopati, motor güç kaybı ve medulla spinalis basısına bağlı yürüme bozukluğu gibi durumlarda cerrahi tedavi endikasyonu doğar [2,7,10,13].

Servikal spondiloziste cerrahi tedavinin amacı, nöral elemanların dekompresyonu, segmental stabilitenin sağlanması ve servikal sagittal dengenin korunması veya yeniden oluşturulmasıdır. Bu amaçla anterior, posterior veya kombine yaklaşımlar kullanılabilir. Nörolojik bulguların baskın olarak ventral kompresyona bağlı olduğu, kifotik segmental deformitenin bulunduğu ve iki-üç seviyeye kadar sınırlı patolojilerde en sık tercih edilen yöntem anterior servikal diskektomi ve füzyon (ASDF) ya da gerekliyse korpektomidir [2,7,10]. Anterior yaklaşım; santral ve bilateral foraminal dekompresyona izin vermesi, disk yüksekliğini restore etmesi, lordozu düzeltmesi ve yüksek füzyon oranları sağlaması nedeniyle geniş kabul görmüştür [2,4,10].

Bununla birlikte anterior servikal cerrahi, trakea, özofagus, karotis-juguler vasküler yapı, rekürren laringeal sinir, sempatik zincir ve vertebral arter gibi kritik anatomik komşuluklara sahip bir alanda uygulanır [7,8,10,13]. Bu nedenle, deneyimli ellerde dahi cerrahiye bağlı komplikasyonlar kaçınılmazdır. Geniş seriler ve ulusal veritabanlarını içeren çalışmalar, elektif servikal cerrahi sonrası semptomatik epidural hematoma insidansını %0,24–0,4, reoperasyon gerektiren komplikasyon oranlarını ise oldukça düşük ancak klinik olarak anlamlı düzeylerde bildirmektedir [1,3,14]. Ülkemizden bildirilen geniş bir ASDF serisinde toplam komplikasyon oranı %7,63, reoperasyon gerektiren rezidü disk oranı %3,1, rekürren laringeal sinir hasarı oranı ise %1,7 olarak bulunmuştur [8]. Bu veriler, doğru endikasyon, uygun cerrahi planlama, titiz anatomi bilgisi ve multidisipliner yaklaşımın önemini vurgulamaktadır.

2. SERVİKAL SPONDİLOZİSTE ANTERİOR SERVİKAL GİRİŞİM KOMPLİKASYONLARININ SINIFLANDIRILMASI

Anterior servikal cerrahi sonrası gelişen komplikasyonları anlamak ve yönetmek için sistematik bir sınıflama klinisyene önemli kolaylık

sağlar. Literatürde komplikasyonlar sıklıkla cerrahi zamana (erken-geç) ve etkilenen yapıya göre gruplandırılmaktadır [2,7,13]. Bu bölümde, servikal spondilozis nedeniyle yapılan anterior servikal girişimlerde görülen komplikasyonlar, öncelikle komşu anatomik yapılar, nöral yapılar, cerrahi alan ve enstrümantasyon/greftle bağlı komplikasyonlar olarak dört ana başlık altında sınıflandırılmış; her grup kendi içinde erken ve geç dönem komplikasyonlar olarak alt başlıklara ayrılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Servikal Spondiloziste Anterior Servikal Girişim Komplikasyonlarının Sınıflandırılması

1. Komşu anatomik yapılarla ilgili komplikasyonlar
 - a. Özofagus yaralanmaları (intraoperatif ve geç perforasyonlar)
 - b. Trakea yaralanmaları
 - c. Karotis arter ve internal juguler ven yaralanmaları
 - d. Vertebral arter yaralanmaları
 - e. Duktus torasikus yaralanması ve şilotoraks
 - f. Plevra yaralanmaları ve pnömotoraks
2. Nöral yapılarla ilgili komplikasyonlar
 - a. Omurilik ve servikal sinir kökü yaralanmaları
 - b. Rekürren laringeal sinir hasarı
 - c. Superior laringeal sinir hasarı
 - d. Hipoglossal sinir hasarı
 - e. Sempatik zincir hasarı (Horner sendromu)
3. Cerrahi alanla ilgili komplikasyonlar
 - a. Cerrahi alan içi hematoma ve hava yolu obstrüksiyonu
 - b. Yüzeysel ve derin yara enfeksiyonları
 - c. Diskit, osteomyelit ve epidural apse
 - d. Donör saha (iliak kanat vb.) komplikasyonları
4. Enstrümantasyon veya greftle bağlı komplikasyonlar
 - a. Enstrüman malpozisyonu ve migrasyonu
 - b. Greft dislokasyonu
 - c. Greft psödoartrozu ve çökmesi
 - d. Vertebra avasküler nekrozu
 - e. Enstrüman yetmezliği
 - f. Deformite gelişimi (sagittal dengesizlik, kifoz)
 - g. Komşu segment hastalığı

Bu sınıflama, komplikasyonların patogenezi, klinik tablo ve tedavi algoritmalarının daha net ortaya konmasına yardımcı olur ve özellikle eğitim aşamasındaki cerrahlar için pratik bir çerçeve sunar [7,13].

2.1. Erken Dönem Komplikasyonlar

2.1.1. Komşu organ yaralanmaları

2.1.1.1. Özofagus yaralanmaları

Özofagus yaralanmaları anterior servikal cerrahinin en korkulan ancak nadir görülen komplikasyonlarından biridir. İntraoperatif yaralanmalar genellikle disektomi, korpektomi veya implant yerleştirilmesi sırasında keskin cerrahi aletler, motorize burr veya retraktörler nedeniyle meydana gelirken, geç dönemde gelişen perforasyonlar çoğunlukla kronik implant basısı veya plaka/vida migrasyonu ile ilişkilidir [2,4,7,8]. Özofagus perforasyonunun oluşturduğu boşluk mediastinit, apse ve sepsis ile sonuçlanabilir ve mortalite oranları %16–50'ye kadar bildirilmektedir [2,7].

Risk faktörleri arasında korpektomi yapılması, travma veya enfeksiyon gibi inflamme dokularda cerrahi, revizyon olgularında yoğun fibrozis, darlığın Killian üçgeni düzeyinde (C5–6, C6–7) lokalize olması, uygunsuz retraksiyon ve otomatik ekartörlerin uzun süre yüksek basınçla kullanılması sayılabilir [2,4,7,8,10]. Tipik klinik bulgular; postoperatif erken dönemde disfaji, odinofaji, subkutan amfizem, boyunda şişlik, ateş, sialore ve bazen ağızdan alınan besinlerin yara yerinden gelmesidir. Geç dönemde kronik yara akıntısı, fistül ve tekrarlayan enfeksiyonlar görülebilir.

Tanıda servikal ve torakal BT, kontrastlı özofagografi ve endoskopi kullanılır; endoskopi altın standart olmakla birlikte hava insüflasyonu mevcut yırtığı genişletebileceği için dikkatli uygulanmalıdır [2,7]. Küçük, erken saptanan servikal perforasyonlarda primer debridman ve çift kat sütürasyon, nazogastrik sonda ile enteral beslenme ve geniş spektrumlu antibiyotik tedavisi çoğu kez yeterlidir. Geniş defektlerde kas flepleriyle (örneğin sternokleidomastoid veya pektoralis majör) takviye gerekebilir. İleri mediastinit veya sepsis bulguları olan olgularda torasik cerrahi ve yoğun bakım desteği ile agresif drenaj zorunludur [2,4,7,13].

Özofagus yaralanmalarını önlemede; nazogastrik sonda ile özofagusun tanımlanması, dişsiz ekartör ayakları kullanılması, retraksiyonun aralıklı gevşetilmesi, özellikle revizyon olgularında keskin diseksiyondan kaçınılarak künt diseksiyon tercih edilmesi kritik önemdedir [2,7,8,10].

2.1.1.2. Karotis arter ve juguler ven yaralanmaları

Karotis kılıfı içindeki internal karotis arter ve internal juguler ven, anterior servikal yaklaşımlarda sternokleidomastoid kasın altında lateralde yer alır. Cilt ve platizma geçildikten sonra diseksiyon, sternokleidomastoid ve strap

kasları arasından yapılır; karotis paketi lateral tarafa, trakea ve özofagus ise mediale retrakte edilir [10]. Uygun uçlu ekartörler kullanıldığında doğrudan damar yaralanmaları oldukça nadirdir; ancak aşırı veya uzun süreli ekartasyon, damar duvarında intimal hasar, tromboz ve buna bağlı serebrovasküler olaylara yol açabilir [2,7,10].

Karotis arter yaralanması durumunda ani, masif arteriyel kanama ortaya çıkar. İlk basamak müdahale, parmakla direkt kompresyondur. Kanama kontrolü sırasında damar içi trombüs oluşumunu artıracı gereksiz manipülasyondan kaçınılmalıdır. Damar cerrahisi desteği eşliğinde primer sütürasyon veya gerekirse greft ile rekonstrüksiyon planlanmalıdır. Uzun süreli klempleme ve akım kesilmesi, %50'ye varan oranlarda inme ile sonuçlanabileceğinden sürenin kısaltılması ve sistemik heparinizasyon titizlikle planlanmalıdır [2,7]. Juguler ven yaralanmaları genellikle daha kolay kontrol altına alınır ve basit ligasyon çoğu kez yeterli olur.

2.1.1.3. *Vertebral arter yaralanması*

Vertebral arter yaralanması, servikal omurga cerrahisinin nadir ancak potansiyel olarak ölümcül komplikasyonlarından biridir. Anterior girişimlerde vertebral arter, özellikle C6–7 düzeyinde transvers foramen seviyesinde, korpusun lateralinde, longus colli kasının altında seyrederek [10]. Normal anatomide anterior girişim sırasında yaralanma riski düşük olmakla birlikte, tümör, enfeksiyon veya ciddi deformite varlığında lateral diseksiyonun aşırı genişletilmesi damar hasarına neden olabilir [2,7].

Yaralanma durumunda ani, şiddetli arteriyel kanama, cerrahi alanı doldurabilir. İlk müdahale, kanayan segment üzerine spongostan ve parmak kompresyonudur. Daha sonra gerekirse hemostatik klipler veya sütürlerle kontrol sağlanır. Bilateral vertebral arter yaralanması ya da dominant vertebral arter hasarı söz konusuysa, cerrahinin nörovasküler cerrahi ekiple birlikte planlanması ve gerektiğinde endovasküler stent-greft seçeneklerinin değerlendirilmesi önerilir [2,7].

2.1.1.4. *Trakea yaralanması*

Trakea, anterior diseksiyon sırasında mediale retrakte edilen orta hat yapılarındandır. Primer servikal spondilozis cerrahisinde trakeal yaralanma oldukça nadirdir; fakat tekrar cerrahilerde, travma veya tümör olgularında yoğun yapışıklıklara bağlı risk artar [7]. İntraoperatif fark edilen küçük yırtıklar çoğunlukla primer sütür ile onarılır ve yara, drenaj imkanı sağlayacak şekilde kapatılır. Fark edilmeyen yaralanmalarda postoperatif dönemde boyunda amfizem, pnömomediastinum ve solunum sıkıntısı tabloya hakimdir. Bu

durumda acil trakeostomi açılması, yırtığın direkt görülerek onarılması ve birkaç gün entübasyonla trakeal immobilizasyon sağlanması önerilir [7,13].

2.1.1.5. *Duktus torasikus ve plevra yaralanmaları*

Duktus torasikus, sol tarafta sternokleidomastoid kasın medialinde, subklavian arter ve internal juguler ven birleşim yerinde sonlanır. Sol C7 ve daha kaudal seviyelerde yapılan diseksiyonlarda, özellikle geniş lateral açılımlarda yaralanma riski artar [7]. Çoğu olguda intraoperatif fark edilmez; postoperatif dönemde şilöz drenaj artışı, yara yerinde şişlik ve bazen şilotoraks gelişmesiyle tanı konur. Tedavide medikal destek (orta zincirli trigliseridden zengin diyet kısıtlaması, total parenteral nütrisyon) ve drenaj ilk basamaktır; persistan yüksek debili kaçaklarda cerrahi ligasyon gerekebilir [7,13].

Plevra yaralanmaları özellikle alt servikal ve cervikotorasik bileşke cerrahilerinde, lateral diseksiyon veya korpektomi sırasında görülebilir. İnsizyon sahasında hava kaçağı veya intraoperatif fark edilen pleval açılmalarda, uygun drenaj sağlanmalı ve gerektiğinde göğüs tüpü yerleştirilmelidir. Postoperatif dönemde dispne, hipoksi ve göğüs ağrısı varlığında acil akciğer grafisiyle pnömotoraks ekarte edilmelidir [7,13].

2.1.2. Nöral dokularla ilgili yaralanmalar

2.1.2.1. *Omurilik ve sinir kökü yaralanmaları*

Omurilik ve sinir kökü yaralanmaları anterior servikal girişimlerde posterior yaklaşımlara göre daha düşük oranlarda görülse de, ortaya çıktığında ağır nörolojik sekel bırakabilen ciddi komplikasyonlardır [2,7]. Risk, özellikle ciddi kanal darlığı olan miyelopatik olgularda, travma sonrası instabilite varlığında ve çok seviyeli dekompresyon yapılan cerrahilerde artar [2,5].

Peroperatif dönemde hiperekstansiyondan kaçınılarak nötral pozisyonda entübasyon, ağır miyelopatik hastalarda uyanık fiberoptik entübasyon, intraoperatif nöromonitörizasyon (SSEP, MEP) kullanımı ve dekompresyon sırasında elmas uçlu burr ve ince küretlerin dikkatli kullanımı omurilik yaralanma riskini azaltır [2,7,13]. Dekompresyon sonrası dura ve sinir köklerinin serbestçe pulsasyon gösterdiğinin görülmesi önemlidir. Postoperatif yeni gelişen motor veya duyu kaybı saptandığında acil MRG ile hematoma, rezidü disk veya iatrojenik kompresyon ekarte edilmeli ve gerekirse acil revizyon yapılmalıdır [1,3,14].

2.1.2.2. Rekürren laringeal sinir hasarı

Rekürren laringeal sinir (RLS), tiroid alt pol düzeyinde trakeözofageal oluğa girerek larenkse doğru seyreder. Sinirin anatomik varyasyonları olsa da, C6 altındaki diseksiyonlarda, özellikle sağ tarafta risk artar [7,8,10]. Cerrahi boyunca retraktörlerin uzun süreli ve aşırı gerilimde tutulması, trakea-özofagus paketinin agresif ekartasyonu ve endotrakeal tüp kafının aşırı şişirilmesi sinir üzerine baskı oluşturarak nöropraksiye yol açabilir [2,7,8].

Klinik olarak en sık ses kısıklığı, seste yorulma ve zayıf öksürük refleksi görülür. Çoğu olguda lezyon nöropraksi düzeyindedir ve 6 aya kadar spontan düzelme beklenir [8]. Persistan disfonisi olan hastalarda kulak-burun-boğaz konsültasyonu ile fleksibl laringoskopi yapılmalı; vokal kord paralizisi saptanan ve spontan düzelme göstermeyen olgularda medializasyon tioplastisi veya enjeksiyon laringoplasti gibi fonksiyonel cerrahi seçenekler değerlendirilmelidir [2,7].

RLS hasarını önlemek için; mümkün olduğunca orta hatta kalmak, retraktörleri periyodik olarak gevşetmek, tüp kaf basıncını sınırlamak ve alt servikal seviyelerde sinirin anatomik seyrini bilerek diseksiyon yapmak önemlidir [7,8,10]. Özellikle revizyon cerrahilerde nöromonitörizasyon (RLN EMG tüpleri) faydalı olabilir [2,4].

2.1.2.3. Superior laringeal, hipoglossal sinir ve sempatik zincir hasarı

Superior laringeal sinir yaralanması, daha çok yüksek seviyeli (C2–3, C3–4) girişimlerde risklidir. Klinik tablo genellikle konuşma sırasında seste yorulma, tiz sesleri çıkaramama ve bazen aspirasyon eğilimi ile karakterizedir [2,7]. Tedavide ses terapisi ve izlem ön plandadır; kalıcı defisitlerde fonasyon cerrahileri düşünülebilir.

Hipoglossal sinir, yüksek servikal seviyelerde anterior diseksiyonun üst sınırında yer aldığından, özellikle üst servikal korpektomilerde ve oksipital kondilektomilerde risk altındadır. Yaralanma durumunda dil deviasyonu ve konuşma bozukluğu gelişir [7]. Bu nedenle C2–3 düzeyinde yapılan girişimlerde diseksiyon sınırlarına dikkat edilmelidir.

Sempatik zincir, vertebral kolonun arka-medialinde, longus colli kasının lateralinde seyreder. C2–3 düzeyinde üst servikal, C6 düzeyinde orta ve C7–T1 seviyesinde stellat ganglionlar bulunur. Anterior servikal cerrahide en çok orta ganglion yaralanma riskine sahiptir. Sempatik zincir hasarında ipsilateral Horner sendromu (miyozis, ptosis, enoftalmi, anhidroz) ortaya çıkar [11,12]. Longus colli kasının aşırı laterale ekarte edilmesi, kas yatağında derin koagülasyon yapılması ve lateral osteofit rezeksiyonunda kontrolsüz diseksiyon risk faktörleridir [7,10,11].

Literatürde ACDF sonrası Horner sendromu insidansı %0,06–1 arasında bildirilmiş olup, olguların önemli bir kısmında semptomlar 6–12 ay içinde spontan düzelir [11,12]. Persistan semptomlarda göz hastalıkları konsültasyonu, medikal tedavi ve kozmetik kaygıları gidermeye yönelik yaklaşımlar gündeme gelir.

2.1.3. Cerrahi alanla ilgili komplikasyonlar

2.1.3.1. Cerrahi alan içi hematoma ve hava yolu obstrüksiyonu

Postoperatif hematoma, servikal cerrahinin en dramatik ve yaşamı tehdit eden komplikasyonlarından biridir. Hematoma bağlı hava yolu obstrüksiyonu, hızla gelişen dispne, stridor, yutma güçlüğü ve boyunda gergin şişlik ile kendini gösterir. Büyük serilerde elektif servikal cerrahi sonrası semptomatik epidural veya cerrahi alan hematoma insidansı yaklaşık %0,24–0,4 olarak bildirilmiştir [1,3,14].

Risk faktörleri arasında ileri yaş, antikoagülan veya antiagregan kullanımı, koagülopati, çok seviyeli cerrahi, uzun cerrahi süre ve yüksek intraoperatif kan kaybı bulunur [1,3,14]. Önleme için titiz hemostaz, gerekirse topikal hemostatik ajan kullanımı, dren yerleştirilmesi (özellikle çok seviyeli ve riskli vakalarda), postoperatif baş elevasyonu ve erken vital bulgu takibi önerilir [2–4,13,14].

Klinik olarak hava yolu obstrüksiyonu gelişen hastada zaman kaybetmeden yara sütürleri açılarak hematoma boşaltılmalı, eş zamanlı olarak entübasyon veya gerekiyorsa acil krikotirotomi/trakeostomi ile hava yolu güvence altına alınmalıdır. Nörolojik defisit eşlik ediyorsa acil MRG ile epidural hematoma değerlendirilip cerrahi dekompresyon uygulanmalıdır [1,3,14].

2.1.3.2. Yara enfeksiyonları ve derin spinal enfeksiyonlar

Servikal cerrahi sonrası enfeksiyon insidansı görece düşük (%0–18 aralığında bildirilmektedir), ancak geliştiğinde ciddi morbiditeye yol açabilir [2,4,7]. Yüzeysel enfeksiyonlar genellikle cilt ve subkutan dokularla sınırlı olup uygun debridman ve antibiyotik tedavisiyle kontrol altına alınabilir. Derin enfeksiyonlar; diskitis, osteomyelit ve epidural absesi içerir. Klinik bulgular arasında artan boyun ve radiküler ağrı, ateş, yara akıntısı ve laboratuvar parametrelerinde inflamasyon markerlarında yükselme sayılabilir.

Tanıda MRG en duyarlı yöntemdir. Tedavi; kültüre yönelik intravenöz antibiyotik, gerektiğinde cerrahi debridman, enstrümantasyonun stabilitesine göre implantların korunması veya çıkarılması prensiplerine dayanır [2,4,7,13]. Profilaksiste; perioperatif antibiyotik, nazal stafilokok

taşıyıcılığının yönetimi, ameliyathane asepsi kurallarına uyum ve cerrahi süre ile kan kaybının minimize edilmesi esastır.

2.1.3.3. Donör saha komplikasyonları

Otojen iliak krest grefti kullanımı, hala pek çok cerrah için altın standart füzyon yöntemi olarak kabul edilmektedir; ancak donör saha ağrısı, hematoma, enfeksiyon, duyu değişiklikleri ve nadiren herniasyon gibi komplikasyonlar görülebilir [7]. Lateral femoral kutanöz, ilioinguinal ve iliohipogastrik sinirler insizyon hattı boyunca risk altındadır; bu sinirlerin hasarı meraljia parestetika ve kronik ağrı ile sonuçlanabilir. Komplikasyonları azaltmak için subperiosteal diseksiyon, kemik korteksinin korunması, yeterli hemostaz ve fasyanın anatomik olarak kapatılması gereklidir.

2.2. Geç Dönem Komplikasyonlar

2.2.1. Enstrüman yetmezliği

Enstrümantasyon sistemine ait vidalarda kırılma, plak-kafes kompleksinde açılma, implant gevşemesi veya stabilizasyon etkisinin kaybına bağlı deformite gelişimi “enstrüman yetmezliği” olarak tanımlanır [2,4,7]. En sık nedenler arasında başlangıçta instabilitenin yeterince değerlendirilmemesi, yetersiz sayıda veya uygunsuz yerleşimli vidalar, uzun segment füzyonlarda tek parça uzun greft kullanılması ve osteoporoz yer alır [4,5,9].

Klinik tablo genellikle artan aksiyel boyun ağrısı, deformite progresyonu ve bazen nörolojik bozulma şeklindedir. Tanıda radyografiler, fleksiyon-ekstansiyon grafileri ve BT kullanılır. Tedavi; psödoartroz veya implant kırığına eşlik eden instabilite varlığında posterior veya kombine revizyon stabilizasyonunu içerir. Osteoporotik hastalarda augmentasyon teknikleri ve daha rijid enstrümantasyon sistemleri tercih edilmelidir [4,5,9].

2.2.2. Greft psödoartrozu ve çökmesi

Anterior servikal füzyon sonrası psödoartroz oranları literatürde geniş bir aralıkta (%0–26) bildirilmiştir [2,4,6,9]. Otojen greft kullanılmaması, çok seviyeli füzyon, sigara kullanımı, diabetes mellitus, obezite, osteoporoz ve yetersiz end-plate hazırlığı başlıca risk faktörleridir [4,5,6,9]. Yakın tarihli bir çalışmada, kemik mineral yoğunluğundaki azalma ile füzyon başarısızlığı ve fiksasyon kaybı arasında anlamlı ilişki gösterilmiştir [9].

Greft çökmesi, özellikle end-plate’lerin aşırı kürete edilmesi ve uygunsuz greft/ cage seçimiyle ilişkilidir. Normal sınırlarda minimal çökme kaçınılmaz olmakla birlikte, aşırı çökme segmental kifoz, foraminal daralma ve komşu

segmentlerde yük artışına neden olur [2,4,6]. Semptomatik psödoartroz veya ciddi çökme varlığında revizyon cerrahisi, çoğunlukla posterior destek ile kombine stabilizasyon gerektirir.

2.2.3. Deformite gelişimi ve sagittal dengesizlik

Sagittal denge, servikal omurganın fonksiyonu ve uzun dönem klinik sonuçlar üzerinde belirleyici bir etkidir. Anterior cerrahi sonrası lordozun korunamaması veya kifotik açılanma gelişmesi, postlaminektomi kifozu ve “kuğu boynu” deformitesine zemin hazırlayabilir [2,7,13]. Özellikle kafes yerleştirilmeden yapılan çok seviyeli diskektomilerde segmental kayıp, lordozda azalma ve geç dönemde deformite gelişimi daha olasıdır.

Deformiteyi önlemek için; uygun boy ve lordozda kafes/plak seçimi, çok seviyeli korpektomilerde tek uzun greft yerine arada bir korpus bırakılarak iki kısa greft kullanımı, sagittal düzlem planlamasının preoperatif radyolojik ölçümlerle yapılması önemlidir [2,4,7]. Deformite gelişen ve semptomatik olan hastalarda revizyon, çoğunlukla posterior kolumna rekonstrüksiyonu ile birlikte planlanır.

2.2.4. Komşu segment hastalığı

Füzyon yapılan segmentte hareket kaybı, biyomekanik olarak komşu seviye disk ve faset eklemlerinde yük artışı ile kompanse edilir. Bu durum, komşu segment dejenerasyonu ve klinik olarak semptomatik komşu segment hastalığı (KSH) gelişimine zemin hazırlar [2,5,7]. Uzun dönem takiplerde komşu segment dejenerasyonu insidansı %25–89, semptomatik KSH oranı ise %0,8–42,9 arasında bildirilmiştir [2,5]. Özellikle C5–6 ve C6–7’ye komşu segmentlerde risk daha yüksektir.

Çok seviyeli füzyon, sagittal dengenin bozulması, obezite, sigara kullanımı ve travma KSH gelişimini artıran faktörlerdir [2,5]. Tedavide konservatif yöntemler ilk basamaktır; başarısızlık durumunda komşu segmentte dekompresyon ve gerektiğinde ilave füzyon uygulanır. Hastaların cerrahi öncesi bilgilendirilmesi ve KSH’nin hastalığın doğal seyriyle de ilişkili olduğunun vurgulanması önemlidir.

3. KOMPLİKASYONLARIN ÖNLENMESİ İÇİN GENEL PRENSİPLER

Anterior servikal cerrahiye bağlı komplikasyonları azaltmanın en etkili yolu, gelişmeden önce önlemektir. Literatür, risk faktörlerinin tanımlanması ve modifiye edilebilir olanların optimize edilmesi halinde komplikasyon oranlarında anlamlı azalma sağlanabildiğini göstermektedir [2,4,5,8,13,14].

3.1. Preoperatif Değerlendirme ve Risk Faktörlerinin Optimizasyonu

- Ayrıntılı nörolojik muayene ve hem kanal darlığı hem de sagittal dengeyi değerlendiren radyolojik incelemeler (düz grafiler, MRG, BT).
- Komorbiditelerin (diabetes mellitus, koroner arter hastalığı, kronik böbrek yetmezliği, obezite) kontrol altına alınması.
- Antikoagülan ve antiagregan ilaçların, güncel kılavuzlara uygun şekilde kesilmesi veya köprüleme yapılması.
- Osteoporoz açısından riskli hastalarda kemik mineral yoğunluğu değerlendirilmesi ve mümkünse preoperatif tedavi başlanması [5,9].
- Sigara bırakmanın güçlü biçimde önerilmesi.
- Revizyon olgularında önceki cerrahi not ve görüntülemelerin dikkatle incelenmesi.

3.2. Cerrahi Teknik ve İntraoperatif Stratejiler

- Cerrahi planlamanın patolojinin düzeyi, yaygınlığı ve sagittal dengeye etkisi dikkate alınarak yapılması; gerektiğinde anterior, posterior veya kombine yaklaşım seçimi [2,4,7].
- Standardize insizyon ve disseksiyon basamaklarının kullanılması; anatomik landmark'ların (hyoid, tiroid, krikoid kartilaj, karotis kılıfı, longus colli kası, vertebral arter hattı) dikkatle tanımlanması [10].
- Retraktörlerin mümkün olan en düşük basınçla ve aralıklı olarak gevşetilerek kullanılması; özellikle trakeo-özofageal paket ve karotis paketi üzerinde uzun süreli gerilimden kaçınılması [2,7,8].
- Dura ve sinir köklerinin dekompresyon sonrası serbestçe hareket ettiğinden emin olunması; gerekirse intraoperatif floroskopi veya nöromonitörizasyon kullanılması [2,5,13].
- İmplant seçiminde hastanın kemik kalitesi, füzyon segment sayısı ve sagittal düzlem hedeflerinin dikkate alınması; osteoporotik olgularda daha rijid sistemler ve augmentasyon teknikleri kullanılması [4,5,9].

3.3. Postoperatif İzlem ve Erken Müdahale

- İlk 24 saat içinde vital bulgular, boyun şişliği, solunum sıkıntısı ve nörolojik durumun yakın takibi.

- Hematoma bağlı olası hava yolu obstrüksiyonu açısından hemşirelik personelinin eğitimi ve alarm kriterlerinin belirlenmesi [1,3,14].
- Yutma güçlüğü, ses kısıklığı ve Horner sendromu bulgularının aktif sorgulanması; gerektiğinde erken KBB ve göz hastalıkları konsültasyonu [8,11,12].
- Yara yerinde kızarıklık, hassasiyet ve akıntı varlığında enfeksiyon açısından erken görüntüleme ve kültür alınması [2,4,7].

4. KOMPLİKASYONLARIN YÖNETİMİNDE TEMEL YAKLAŞIMLAR

Komplikasyon geliştikten sonra etkin yönetim için hızlı tanı, multidisipliner yaklaşım ve hastaya özgü tedavi planı gereklidir. Bu bölümde detayları tartışılan her bir komplikasyon için öne çıkan ilkeler özetle şu şekilde sıralanabilir:

- Özofagus perforasyonu: Erken tanı, primer sütür ve kas flebiyle destek, geniş spektrumlu antibiyotik ve uygun süre enteral/parenteral beslenme [2,4,7,8].
- Hava yolu obstrüksiyonu yapan hematoma: Yatak başında acil yara açılması ve hematoma boşaltılması, eş zamanlı hava yolu güvenliği (entübasyon, gerekirse krikotirotomi), ardından kapsamlı hemostaz ve dren yerleştirilmesi [1,3,14].
- Rekürren laringeal sinir hasarı: Konservatif izlem, ses terapisi, persistan paralizilerde laringolojik girişimler [2,7,8].
- Sempatik zincir hasarı (Horner sendromu): Çoğu olguda gözlem, kozmetik ve fonksiyonel şikâyetlere yönelik semptomatik tedavi [11,12].
- Psödoartroz ve implant yetmezliği: Ağrı ve instabilite bulgusu olan hastalarda posterior veya kombine revizyon füzyonu; risk faktörlerinin (osteoporoz, sigara vb.) düzeltilmesi [4,5,6,9].
- Komşu segment hastalığı: İlk basamakta konservatif tedavi, nörolojik kötüleşme veya inatçı semptomlarda dekompresyon ve gerektiğinde ilave füzyon [2,5,7].

5. SONUÇ

Servikal spondilozis nedeniyle uygulanan anterior servikal cerrahi, uygun endikasyon ve titiz cerrahi teknikle birleştirildiğinde yüksek oranda başarılı sonuçlar sunan, ancak ciddi komplikasyon potansiyeli taşıyan bir girişimdir.

Özofagus perforasyonu, rekürren laringeal sinir palsisi, sempatik zincir hasarı, vertebral ve karotis arter yaralanmaları, hematoma, enfeksiyon, enstrüman yetmezliği, psödoartroz ve komşu segment hastalığı gibi komplikasyonlar, hasta morbiditesi ve mortalitesi üzerinde belirleyici etkiye sahiptir. Son yıllarda yayımlanan geniş seriler, sistematik derlemeler ve meta-analizler; komplikasyonların çoğunun öngörülebilir risk faktörleriyle ilişkili olduğunu ve multidisipliner, hasta odaklı bir yaklaşımla büyük ölçüde azaltılabileceğini ortaya koymaktadır [1-5,8,13,14].

Bu bölümde, servikal spondilozisde anterior servikal girişim komplikasyonları; güncel literatür, ülkemizden bildirilmiş geniş seriler ve uluslararası kılavuzlar ışığında, cerrahın günlük pratiğine doğrudan yansıyabilecek pratik önerilerle birlikte ele alınmıştır. Cerrahın komplikasyonları tanıma, önleme ve yönetme konusundaki farkındalığının artırılması, hem hasta güvenliği hem de uzun dönem fonksiyonel sonuçlar açısından temel hedef olmalıdır.

Kaynaklar

1. Abola MV, Du JY, Lin CC, Schreiber-Stainthorp W, Passias PG. Symptomatic epidural hematoma after elective cervical spine surgery: incidence, timing, risk factors, and associated complications. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*. 2021;21(6):452-460. doi:10.1093/ons/opab344.
2. Yee TJ, Swong K, Park P. Complications of anterior cervical spine surgery: a systematic review of the literature. *J Spine Surg*. 2020;6(1):302-322. doi:10.21037/jss.2019.12.10
3. Xia T, Zhou F, Chu H, Tan LA, Sun Y, Wang S, et al. Incidence and risk factors of postoperative symptomatic spinal epidural hematoma in cervical spine surgery: a single-center, retrospective study of 18,220 patients. *Eur Spine J*. 2022;31(10):2753-2760. doi:10.1007/s00586-022-07283-2.
4. Tavanaci R, Ansari A, Hatami A, Heidari MJ, Dehghani M, Hajiloo A, et al. Postoperative complications of anterior cervical discectomy and fusion: a comprehensive systematic review and meta-analysis. *North Am Spine Soc J*. 2025;21:100596. doi:10.1016/j.xnsj.2024.100596
5. Rai V, Sharma V, Kumar M, Thakur L. Risk factors and adverse outcomes associated with anterior cervical discectomy and fusion surgery over the past decade: a systematic review. *J Craniovertebr Junction Spine*. 2024;15(2):143-149. doi:10.4103/jcvjs.jcvjs_5_24
6. Hasan GA, Raheem HQ, Al-Naser LM, Sheta RA. Early complications of anterior cervical discectomy and fusion: a case series. *J Musculoskelet Surg Res*. 2018;2(3):121-125. doi:10.4103/jmsr.jmsr_13_18
7. Düzkalır AH, Özdoğan S, Demirel N, Yaltırık CK. Complications of anterior cervical spine surgery: review of the literature. *J Turk Spinal Surg*. 2015;26(4):305-312
8. Örnek V, Ergüven M, Poyraz A, Öztürk S, Ünal TC, Sabancı PA. Anterior servikal diskektomi ve füzyon sonrası komplikasyonlar: tek merkezli geniş vaka serisinin retrospektif değerlendirmesi. *Sinir Sist Cerrahisi Derg*. 2025;10(1):26-35
9. Şen Z, Erkan S. In patients undergoing anterior cervical discectomy and fusion effect of bone mineral density on fusion and fixation. *Med J SDU*. 2021;28(2):221-227
10. Quraishi DA, Hussain I, Goldberg JL, Riew KD, Fu KM. Complications of the anterior cervical approach in spine surgery. *Semin Spine Surg*. 2022;34:100920. doi:10.1053/j.semss.2021.100920
11. Lubelski D, Pennington Z, Sciubba DM, Theodore N, Bydon A. Horner syndrome after anterior cervical discectomy and fusion: case series and systematic review. *World Neurosurg*. 2020;133:e68-e75. doi:10.1016/j.wneu.2019.08.101

12. **Fong J, Wong WSY, Huang Y.** Postoperative Horner syndrome: a case report describing a rare complication after anterior cervical discectomy and fusion. *J Minim Invasive Spine Surg Tech.* 2024; Epub ahead of print. doi:10.21182/jmisst.2024.01221
13. **Akar E, Öğrenci A, Yılmaz T, Yılmaz M, Dalbayrak S.** Complications and management in surgery of cervical spinal degenerative pathologies. *Türk Neurosurg.* 2020;30(4):548-556
14. **Smeijers S, Van Calenbergh E, Depreitere B, Goffin J, Van Havenbergh T, et al.** Postoperative spinal epidural hematoma: consensus statement of the Belgian Society of Neurosurgery and literature review. *Brain Spine.* 2024;4:103904. doi:10.1016/j.bas.2024.103904.

Sacropelvic and Pelvic Instrumentation in Spinal Surgery Complications and Their Management, From Recent Literature

Ozan Aydoğdu¹

Bariş Çavdar²

Abstract

Sacropelvic and pelvic fixation constitute the distal foundation of long spinal constructs in adult spinal deformity (ASD), multilevel degenerative disease, high-grade spondylolisthesis, spinopelvic trauma, and complex revision surgery, with the lumbosacral junction exposed to high shear and cantilever forces that make failure at this level a major driver of reoperation and disability . This chapter presents a complication-focused overview of sacropelvic and pelvic instrumentation, addressing indications, mechanisms of failure, prevention, perioperative management, discharge criteria, and structured follow-up, based on a narrative review of biomechanical, clinical, and radiological studies, including recent systematic reviews and large cohort analyses. Modern sacropelvic fixation, particularly S2-alar-iliac (S2AI) –based constructs, has reduced distal junctional failure and rod fracture, yet mechanical complications such as pseudarthrosis, rod fracture, screw loosening, and sacral or pelvic fractures still occur in 5–20% of complex ASD cohorts. S2AI screws show lower rates of hardware prominence and wound problems than conventional iliac screws, with similar or better radiologic correction and reoperation rates . Sacral and pelvic insufficiency fractures, sacroiliac (SI) joint pain, and sacroiliitis are increasingly recognized late complications after long lumbosacral fusion, particularly in older or osteoporotic patients, and pelvic fixation, although associated with greater operative time and blood loss, does not consistently increase systemic perioperative morbidity when enhanced

- 1 Corresponding Author: MD Specialist Neurosurgeon, Muğla Training and Research Hospital Department of Neurosurgery, E-mail: md.o.aydogdu@gmail.com – ORCID: 0000-0002-5998-2673
- 2 MD Neurosurgery Resident, Muğla Sıtkı Koçman University Faculty of Medicine Department of Neurosurgery, E-mail: bariscavdar508@gmail.com, 0009-0009-9858-6460

perioperative pathways are applied. Complication-conscious sacropelvic fixation therefore requires meticulous preoperative risk stratification, judicious selection of distal anchors (often favoring S2AI in deformity and degenerative indications), robust lumbosacral fusion strategies (interbody support, multi-rod constructs, adequate graft), and structured postoperative surveillance, with early recognition of characteristic failure patterns and timely, principle-based revision surgery essential to preserving correction and function.

1. INTRODUCTION

Extensive posterior spinal fusions extending to the sacrum and pelvis have become a standard approach in the treatment of adult spinal deformity (ASD), multilevel degenerative lumbar disease, revision surgeries, and complex spinopelvic trauma [1–3]. The lumbosacral junction serves as a biomechanical fulcrum subjected to significant shear forces and cantilever moments, especially when long thoracolumbar constructs terminate at S1 [1,2]. Historically, distal failure and lumbosacral pseudarthrosis have been among the most prevalent causes of construct failure and subsequent reoperation [2,4,5].

Advancements in sacropelvic fixation methods, such as the implementation of iliac screws, S2AI screws, sacroiliac buttress screws, and various combinations of pelvic anchors, in conjunction with multi-rod constructs, have significantly bolstered the stability of fusion at the lumbosacral junction [1,3,7,10–13]. Despite these technological improvements, recent systematic reviews indicate that spinopelvic fixation failure rates persist, ranging from approximately 4.5% to 38%, with nearly half of these cases necessitating subsequent surgical intervention [4]. Contributing factors to morbidity in this high-risk group include mechanical failure, pseudarthrosis, sacral or pelvic fractures, degeneration of the SI joint, and both wound-related and systemic complications [1,3–5,11,15–18,20–23].

This chapter examines the complications associated with sacropelvic and pelvic fixation, along with their respective management strategies. The technical aspects and indications are discussed solely in relation to their direct relevance to the prevention and treatment of complications. The focus is placed on:

- Indications and patient selection for sacropelvic fixation
- Biomechanical principles and commonly used techniques (particularly iliac vs S2AI screws, multi-rod constructs)
- Intraoperative complications and their immediate management

- Early (0–30 days) and late (>30 days) mechanical and biological complications
- Discharge criteria, structured follow-up, and imaging algorithms
- Practical checklists summarizing key points for each major complication type

2. INDICATIONS AND PATIENT SELECTION

Sacropelvic fixation represents a significant advancement in spinal reconstructive surgery, offering robust distal anchoring in complex cases where standard lumbosacral fusion is inadequate. Its use encompasses a wide array of pathologies, ranging from extensive degenerative and deformity corrections to traumatic injuries and oncological resections. Careful patient selection is crucial, as it involves balancing substantial biomechanical benefits with potential increases in surgical morbidity. This section outlines the primary indications and key patient selection criteria for sacropelvic fixation in various clinical scenarios. Essentially, sacropelvic fixation aims to extend the lever arm of spinal instrumentation into the pelvis, thereby enhancing stability, distributing load, and reducing stress concentration at the lumbosacral junction, which is particularly vulnerable in long-segment constructs or in compromised bone. Although sacropelvic fixation is highly effective, it is not without challenges. Relative contraindications include severe pelvic bone fragility that precludes adequate screw purchase, active pelvic infection, or specific anatomical variations that significantly hinder safe implant placement. Patient comorbidities must also be carefully considered against the benefits of these procedures, given the increased operative time and blood loss associated with them.

2.1. Adult Spinal Deformity and Multilevel Degenerative Disease

The most frequent contemporary indication for sacropelvic fixation is long posterior fusion for ASD or multilevel degenerative disease extending to the sacrum [1,3,6,19]. Harris and Kebaish highlight that constructs spanning ≥ 4 levels or crossing the thoracolumbar junction with inclusion of S1 are at particular risk for distal junctional failure if the pelvis is not incorporated [1]. For such constructs, additional pelvic fixation reduces the cantilever load across the lumbosacral junction and improves fusion rates [1–3,6].

Meta-analysis of fusion to S1 with or without sacropelvic fixation in ASD patients demonstrates that adding pelvic fixation improves radiographic deformity correction and reduces rates of pseudarthrosis and distal mechanical

failure, particularly in cases with severe sagittal malalignment [6]. However, pelvic fixation increases operative time and blood loss, requiring careful patient selection and perioperative planning [3,6,11].

Key indications for sacropelvic fixation in ASD and degenerative disease include [1–3,6,19]:

- Long fusion constructs (≥ 4 levels or constructs extending to the thoracolumbar junction or above) including S1
- Marked preoperative sagittal imbalance, particularly large pelvic incidence–lumbar lordosis (PI–LL) mismatch and high pelvic tilt
- High-grade lumbosacral spondylolisthesis or severe L5–S1 degeneration
- Prior distal junctional failure or pseudarthrosis at L5–S1
- Poor bone quality (osteoporosis) requiring multiple distal anchor points

2.2. High-grade Spondylolisthesis and Flat-back Deformity

High-grade lumbosacral spondylolisthesis and iatrogenic flat-back deformity requiring osteotomy are classic indications for sacropelvic fixation [1,2]. The combination of anterior column deficiency, large slip angles, and corrective maneuvers (reduction and osteotomy) imposes substantial loads on the lumbosacral junction. Sacropelvic constructs—often with S2AI screws and anterior L5–S1 support—are recommended to prevent postoperative loss of reduction or nonunion [1–3].

2.3. Trauma and Spinopelvic Dissociation

In high-energy sacral fractures and spinopelvic dissociation, lumbopelvic fixation provides simultaneous stabilization of the spine and posterior pelvic ring and facilitates early mobilization [1–3,16,17]. Techniques include lumbopelvic or triangular osteosynthesis with iliac or S2AI screws connected to lumbar pedicle screws [16,17]. Neurologic compromise is common in this setting, and fixation must be planned together with decompression when indicated [16,17].

2.4. Tumor, Infection, and Complex Revision

Primary or metastatic sacral tumors, chronic infection, and extensive revision surgery for prior failed lumbosacral fusion often require sacropelvic reconstructions to restore load-bearing across the lumbosacral junction [1–

3]. In these cases, the mechanical demands and compromised biology dictate the use of robust distal anchors and generous grafting, often with multi-rod constructs to protect long lumbosacral reconstructions [1–3,12,13].

In summary, as explored in the preceding subsections, the decision to employ sacropelvic fixation is multifaceted, requiring careful consideration of the patient’s underlying pathology, extent of spinal involvement, biomechanical demands, and individual patient risk factors. Thus, proper patient selection is crucial for optimizing outcomes and minimizing complications associated with these complex reconstructive procedures.

3. BIOMECHANICAL PRINCIPLES AND SURGICAL TECHNIQUES

3.1. Anatomy and Biomechanics

The sacrum consists of cancellous bone with a thin cortical shell and relatively small pedicles, limiting screw length and purchase [1,2]. The lumbosacral junction acts as a pivot point between the mobile lumbar spine and the rigid pelvis, experiencing high shear stresses, particularly in long constructs [1,2]. Classical concepts such as McCord’s lumbosacral pivot point and O’Brien’s sacropelvic zones emphasize that more caudal fixation (into the ilium) increases resistance to flexion moments and cantilever forces [1,2,3].

Pelvic incidence (PI), pelvic tilt (PT), and sacral slope (SS) determine the spinopelvic alignment. Achieving a postoperative PI–LL mismatch within about 10° is a key target; residual mismatch is associated with mechanical failure, rod fracture, and pseudarthrosis at the lumbosacral junction [1,3,4,12,13].

3.2. Iliac Screws

Traditional iliac screws originate near the posterior superior iliac spine and traverse the ilium toward the sciatic notch [1,2]. They offer strong purchase in the ilium and, when combined with S1 pedicle screws, form a “triangulated” distal construct [2,5]. However, iliac screws require lateral and distal exposure, often necessitating offset connectors, and their heads sit relatively superficially, predisposing to prominence and soft-tissue irritation [1,2,7–10].

3.3. S2-alar-iliac (S2AI) Screws

S2AI screws were introduced to address limitations of conventional iliac screws [1,3,7,8]. They start at the dorsal S2 foramen region and traverse the sacral ala into the ilium in line with S1 pedicle screws, allowing direct rod connection without offset connectors and placing the screw head deeper under soft tissue [1,3,7]. Comparative studies and meta-analyses consistently show that S2AI screws achieve similar or better deformity correction with lower rates of screw prominence, wound complications, and implant failure than iliac screws [7–10,24].

Turkish series and regional experiences (e.g., Arslan et al.) confirm that S2AI fixation in long segment fusions provides favorable radiological and clinical outcomes, with reduced prominence and comparable fusion rates compared with conventional iliac screws [10].

3.4. Multi-rod Constructs and Multiple Pelvic Anchors

Fatigue failure at the lumbosacral junction is common when only two rods span high-stress segments, especially when three-column osteotomies are performed or PI–LL mismatch remains [12–14]. Multi-rod constructs—defined as more than two rods across the lumbosacral junction—distribute forces across additional rods, reducing bending stresses and protecting the main rods from fatigue failure [12,13].

Retrospective cohort studies and meta-analyses demonstrate that multi-rod constructs across the lumbosacral junction are associated with lower rates of rod fracture and pseudarthrosis than standard dual-rod constructs, particularly in high-demand ASD cases with pelvic fixation [12,13]. However, increased construct stiffness may shift stress proximally, potentially increasing the risk of proximal junctional complications [12–14].

Finite element analyses and clinical series support the use of multiple pelvic screws (e.g., bilateral dual S2AI screws) combined with multi-rod constructs in very high-risk reconstructions [12,13,21].

4. PERI-OPERATIVE MANAGEMENT AND PREVENTION STRATEGIES

4.1. Preoperative Risk Stratification

Patients requiring sacropelvic fixation typically have advanced age, multiple comorbidities, and complex deformity or degenerative pathology [1–3,11]. Preoperative assessment must address the following:

- Frailty indices and cardiopulmonary reserve
- Bone quality (DEXA, opportunistic CT Hounsfield units)
- Nutritional status and anemia
- Metabolic risk factors (diabetes, smoking, obesity)

Optimizing modifiable factors (smoking cessation, glycemic control, vitamin D and calcium repletion, treatment of osteoporosis) is critical to reducing pseudarthrosis, infection, and fracture risk [1–3,11,15–18].

4.2. Intraoperative Strategies

Key strategies to reduce complications include the following:

- Accurate alignment correction: targeting PI–LL mismatch $\leq 10^\circ$ and appropriate global sagittal alignment [1,3,4,12].
- Robust distal fixation: combining S1 pedicle screws with S2AI or iliac screws when long constructs include S1 [1–3,6–10,19].
- Anterior column support: L5–S1 interbody fusion or cages in most long constructs to improve load sharing and fusion [1–3,12,13].
- Navigation and neuromonitoring: particularly for S2AI and iliac screw placement and osteotomy maneuvers [1–3,7,8,24].
- Blood conservation: cell salvage, antifibrinolytics (e.g., tranexamic acid), and staged procedures to reduce transfusion-related complications [11].

4.3. Enhanced Recovery Pathways

Enhanced recovery after surgery (ERAS) concepts, including multimodal analgesia, early mobilization, standardized thromboembolism prophylaxis, early feeding, and aggressive pulmonary care, are effective in reducing systemic complications and length of stay in complex deformity surgery with pelvic fixation [3,11].

5. INTRAOPERATIVE COMPLICATIONS AND THEIR MANAGEMENT

5.1. Screw Malposition and Neurologic or Vascular Injury

Misplacement of S1, iliac, or S2AI screws can injure lumbosacral nerve roots, the lumbosacral plexus, or pelvic vascular structures such as the internal iliac artery and its branches, superior gluteal vessels, or the

iliolumbar vein [1–3,7,8,24]. Risk is higher in obese patients, in those with sacral dysmorphism or prior surgery, and whenever free-hand techniques are used without reliable fluoroscopic or navigation guidance [1–3,7,24]. Neurologic injury typically results from medial or caudal breach into the sacral canal or foramen (S1) or into the neuroforamen and plexus anterior to the sacrum (S2AI), whereas vascular injury is more often related to anterior or lateral cortical perforation of the sacrum or ilium with screw tips abutting or lacerating internal iliac or gluteal branches [7,8,24].

Neurologic compromise may manifest as abrupt triggered EMG threshold changes, loss or significant reduction in motor-evoked potentials (MEPs) or somatosensory-evoked potentials (SSEPs) during screw advancement, particularly when a single screw is being inserted [1–3,7]. Vascular injury presents with sudden, unexplained hypotension and tachycardia, rapid blood accumulation in the operative field or retroperitoneum, difficulty maintaining visualization despite suction, and, occasionally, a pulsatile hematoma deep to the sacrum or ilium [7,8,24]. When screws are placed percutaneously, major bleeding may be initially occult and only apparent as a sudden drop in blood pressure and hemoglobin.

For S1 pedicle screws, an AP view ensuring the screw path remains medial to the sacral ala and lateral to the sacral canal, combined with a true lateral view confirming that the screw tip remains within the sacral body without breaching the anterior cortex, is essential [1–3,7]. For S2AI screws, a true lateral view with overlapping sciatic notches and clear visualization of the sacral ala and iliac wing is critical; the screw trajectory should be directed approximately 30° caudally and 40° laterally, aiming toward the anterior inferior iliac spine, with the tip maintained within the bone corridor on inlet and outlet views [7,8,24]. Iliac screws require careful use of inlet, outlet, and oblique views to confirm that the screw is centered within the ilium and does not perforate the inner or outer tables or enter the acetabulum [1–3,7].

When neuromonitoring shows a significant drop in MEP/SSEP amplitudes or low triggered EMG thresholds during screw insertion, the immediate response should be to stop further advancement, back the screw out to a safer level, and obtain fluoroscopic or 3D imaging to verify the trajectory [1–3,7]. If imaging confirms malposition with potential root compression, the screw should be removed and redirected or replaced at an alternative level (e.g., converting a malpositioned S2AI screw to a safer S1 pedicle trajectory).

In the presence of major vascular injury (sudden hypotension, brisk bleeding), priorities are: (1) immediate packing and local tamponade

around the suspected breach site, (2) rapid communication with anesthesia for volume resuscitation and activation of massive transfusion protocol, and (3) early involvement of vascular or interventional radiology teams for definitive control (open repair or endovascular embolization) [7,8,24]. Screws suspected of causing a major vascular tear should not be repeatedly advanced and withdrawn; rather, the screw is usually left in place until proximal and distal vascular control is achieved, to avoid enlarging the tear [7,24].

Preventive anatomical strategies for mitigating complications:

- For S1 screws, clearly identify the sacral ala and foramen; keep the starting point slightly medial to the SI joint and lateral to the sacral canal, and avoid excessive medial angulation that would direct the screw toward the canal or foramina [1–3]
- For S2AI screws, use a consistent bony landmark triad: the dorsal S1 foramen, S2 foramen, and posterior superior iliac spine. The entry point is typically just lateral to the S1–S2 foramen line and caudal to the S1 dorsal foramen; preoperative CT templating helps define the individualized corridor [7,8].
- On the true lateral view, ensure that the screw path remains within the silhouette of the sacrum and ilium; any perception that the tip is approaching or crossing the anterior cortex should prompt correction before full-length insertion [7,8,24].
- In revision cases with distorted anatomy, navigation or intraoperative CT/O-arm should be strongly preferred, and screw diameters should be chosen conservatively to reduce the risk of cortical blowout.

Checklist – Screw malposition and neurovascular injury

- Use neuromonitoring (MEPs/SSEPs, triggered EMG) for all sacropelvic screws, especially in high-risk anatomies.
- For each screw: verify trajectory on at least two orthogonal C-arm views (AP + lateral for S1; lateral + inlet/outlet for S2AI/iliac) before final seating.
- Sudden neuromonitoring change → stop, back out partially, image, and redirect or reposition.
- Sudden hypotension with deep bleeding → pack, call for vascular help, avoid manipulating the suspect screw until proximal vascular control is secured.

5.2. Dural Tears and Cerebrospinal Fluid (CSF) Leakage

Dural tears are relatively common during decompressions, foraminal releases, and osteotomies in rigid deformity, particularly near the lumbosacral junction where thickened ligamentum flavum, adhesions from prior surgeries, and distorted anatomy increase the risk [1–3]. Sacropelvic instrumentation itself rarely causes dural tears, but the extended exposure required for spinopelvic fixation and concomitant decompression increases the overall risk.

Clear CSF egress, visible dural defects, or arachnoid herniation into the wound are classic findings. In revision surgery, small tears can be hidden beneath scar; a sudden “wet” field obscure to bloodless suction or an unanticipated collapse of the dural sac after decompression should raise suspicion. Occasionally, neuromonitoring changes occur if a large tear leads to acute root or cord manipulation [1–3].

Whenever technically feasible, primary repair with fine, non-absorbable sutures (e.g., 6-0 or 7-0) in an interrupted or running fashion should be attempted. When the dural edges are friable or inaccessible (e.g., far lateral), a combination of onlay graft (autologous fascia, muscle, or synthetic patch) and sealant may be used [1–3]. After repair, the surgical field should be dried and gently Valsalva-tested to confirm watertightness. Drains, if used, should not be placed directly over the dural repair and should be set to low suction or gravity to minimize CSF siphoning. Prophylactic antibiotics and careful sterile handling are mandatory because persistent CSF leakage increases the risk of wound dehiscence and infection.

Fluoroscopy does not directly diagnose dural tears, but minimising unnecessary bony resection guided by preoperative MRI and intraoperative imaging reduces the risk of inadvertent dural violation. A limited laminectomy tailored to pre-existing stenosis and decompression planned away from prior laminectomy margins (where adhesions are dense) are the prudent strategies [1–3].

Preventive anatomical strategies for mitigating complications:

- During decompression near the lumbosacral junction, work subperiosteally along the medial facet to define the dorsal lamina safely before entering the canal.
- In revision cases, identify the plane between scar and dura using sharp dissection; use microdissectors rather than blunt instruments to avoid traction tears.

- When osteotomies are performed near the canal, protect the dura with malleable retractors and avoid aggressive curettage against the ventral dura.

Checklist – Dural tears

- Maintain high suspicion in revision surgery, rigid deformity, and multilevel laminectomy.
- If a tear is seen: repair primarily when possible, reinforce with graft/sealant, and avoid placing high-suction drains over the repair.
- Perform a gentle Valsalva test to confirm watertight closure before closure.
- In the postoperative period, monitor for orthostatic headache, pseudomeningocele, and wound drainage; low threshold for imaging and re-exploration if leak is suspected.

5.3. Intraoperative Sacral or Pelvic Fracture

Intraoperative sacral or pelvic fractures can occur during aggressive deformity correction, when over-sized screws are used in osteoporotic bone, or when screw trajectories violate cortical boundaries of the sacrum or ilium [1–3,15,18]. Sacral ala fractures may initially present as hairline cortical breaches, but can propagate under continued correctional forces or cantilevering of the rod. Pelvic fractures may result from misdirected iliac screws perforating the cortical tables.

Surgeons may feel a sudden “give” or loss of resistance while tapping or inserting screws, especially in the sacral ala or ilium of osteoporotic patients. During rod reduction, an unexpected audible crack or sudden change in deformity behavior (e.g., excessive lordosing at the lumbosacral junction) may signal bony failure. Fluoroscopically, new lucent lines in the sacral ala, changes in the contour of the sacral endplate, or step-offs in the pelvic ring may be seen. Bleeding from newly opened cancellous bone, not corresponding to planned osteotomy sites, is another indirect sign [1–3,15,18].

Before final seating of screws, AP and lateral views should be examined for any cortical breach or unusual angulation. For S2AI screws, the screw should remain within the ilium on oblique, inlet, and outlet views; if the tip appears to exit near the sciatic notch or acetabulum, the screw should be redirected [7,8,23,24]. During rod reduction, serial lateral images can detect excessive hinging at the lumbosacral junction that may predispose to sacral fracture.

If a sacral ala fracture or cortical breach is recognized intraoperatively, correction maneuvers should be immediately relaxed to remove excessive

stress on the fracture. The compromised screw should be removed or redirected, and additional fixation (e.g., supplementary S2AI screws, bilateral pelvic screws, or longer sacral screws) placed to span and neutralize the fracture zone [1–3,15,18]. Multi-rod constructs should be considered across the lumbosacral junction to distribute loads. In case of an unstable fracture pattern involving the entire sacrum or pelvic ring, intraoperative consultation with a trauma or pelvic surgeon and conversion to a formal lumbopelvic or triangular fixation construct may be required [15,18].

Preventive anatomical strategies for mitigating complications:

- Preoperatively, assess sacral morphology and bone stock on CT; recognize sacral dysmorphism and narrow ala corridors that are at higher risk for fracture.
- Avoid over-tapping or using screws that are too large in diameter for osteoporotic sacral ala; when in doubt, prefer multiple standard-diameter screws over a single over-sized screw.
- During rod cantilevering and deformity correction, apply correction gradually and symmetrically, avoiding aggressive “one-shot” reduction maneuvers at the lumbosacral junction.
- In severely osteoporotic patients, consider cement augmentation of sacral screws or using alternative strategies (e.g., multiple smaller-diameter screws, vertebral body tethering) to reduce the risk of intraoperative fracture [15,18].

Checklist – Intraoperative sacral/pelvic fracture

- If you feel a sudden “give” during screw insertion: stop, obtain fluoroscopic images, and reassess screw trajectory.
- If fracture is confirmed: relax correction, add supplemental fixation (additional pelvic screws/multi-rod construct), and avoid concentrating stress on the fractured area.
- Do not ignore subtle lucent lines or step-offs on intraoperative imaging; small fractures can progress to catastrophic failure if untreated.

5.4. Visceral (Bowel and Urologic) Injury

Visceral injury during sacropelvic fixation is rare but potentially catastrophic. Misplaced sacral, iliac, or S2AI screws that perforate the anterior cortex of the sacrum or ilium can enter the pelvic cavity and injure small or large bowel, bladder, ureter, or gynecologic organs [1–3,7,8,24]. While most of the literature consists of case reports and small series, these

events are associated with a high risk of sepsis, peritonitis, and need for emergency laparotomy if not recognized promptly.

Anterior over-penetration of sacral screws, especially when trajectories are aimed too steeply anteriorly or directed medially toward the pelvic cavity, can contact pelvic viscera or urologic structures. Long iliac screws that perforate the inner table and project into the true pelvis can injure bowel loops or the bladder. Risk is increased in patients with prior pelvic surgery (adhesions), distorted anatomy, or when fluoroscopic views are suboptimal due to body habitus or positioning [1–3,7,8,24]. Unlike vascular injuries, visceral injuries may not immediately present with dramatic bleeding. Early signs can be subtle: unexpected air bubbles in the wound (if bowel is perforated), foul odor, the presence of enteric contents, or bleeding that appears bright red but mixed with non-arterial flow. If the bladder is injured, brisk hematuria may be noted in the Foley catheter intraoperatively after screw placement or during trial reduction. In cases where bowel or bladder is perforated but not recognized, the first signs may be postoperative: abdominal distension, peritonitis, fever, leukocytosis, ileus, or sepsis within 24–72 hours.

On intraoperative fluoroscopy, an excessively long screw tip projecting beyond the anterior sacral or iliac cortex on lateral or inlet views should raise concern. For S2AI and iliac screws, careful assessment of the screw's relationship to the pelvic brim and acetabulum on inlet/outlet and oblique views is essential; if the tip appears within the pelvic cavity rather than contained in the ilium, the screw should be repositioned [7,8,23,24]. Any screw that appears suspiciously long or beyond the bony boundaries on multiple views should be backed out and shortened or redirected.

If visceral injury is suspected intraoperatively—based on direct visualization, hematuria, or strong radiographic concern—prompt general or urologic surgical consultation is mandatory. For suspected bowel perforation, intraoperative exploration through an extended abdominal or retroperitoneal approach may be necessary, with repair or resection of the affected segment and generous irrigation. Bladder injuries are typically repaired in layers with absorbable sutures and protected with prolonged catheter drainage. When an injury is suspected but not definitively confirmed intraoperatively, early postoperative CT with contrast (including CT cystography if bladder injury is suspected) and close clinical monitoring for signs of peritonitis are indicated [1–3].

Preventive anatomical strategies for mitigating complications:

- Preoperative CT planning should include assessment of the relationship of the sacrum and ilium to pelvic organs; in patients with prior pelvic surgery, consider intraoperative navigation to minimize anterior perforation.
- For S1 and S2 screws, avoid excessive anterior angulation that would direct the tip into the pelvic cavity; aim to keep the tip within the sacral body, stopping 2–3 mm short of the anterior cortex as seen on lateral fluoroscopy [1–3]
- For iliac and S2AI screws, use templated lengths based on preoperative CT; resist the temptation to “maximize length” without clear radiographic confirmation of safe containment within bone.
- In high-risk patients (e.g., distorted pelvic anatomy, severe deformity, or prior pelvic surgery), a lower threshold for navigation or intraoperative CT is justified.

Checklist – Visceral injury

- On fluoroscopy, if a screw tip clearly projects beyond the anterior sacral or iliac cortex on more than one view, treat it as unsafe: back out, shorten, or redirect.
- New intraoperative hematuria, air or enteric contents in the wound, or suspicious foul fluid → stop, call general/urologic surgery, and investigate before closing.
- In early postoperative abdominal pain or peritonitis after sacropelvic fixation, consider screw-related visceral injury and obtain urgent CT with contrast.
- Document screw lengths and trajectories carefully to facilitate postoperative assessment if complications arise.

6. EARLY POSTOPERATIVE COMPLICATIONS (0–30 DAYS)

6.1. Catastrophic Acute Failure of Pelvic Fixation

Catastrophic acute failure (CAF) describes early mechanical collapse of the lumbosacral–pelvic construct, typically within the first 6 months, characterized by loss of distal fixation (screw pull-out, rod disengagement, sacral fracture at the implant–bone interface) and sudden loss of correction [4,5]. Systematic review data suggest that CAF occurs in approximately 5% of patients with ASD with long fusions to the pelvis, accounting for a disproportionate share of early revisions [4,5].

The mechanisms include under-dimensioned or insufficient pelvic screws, inadequate anterior column support, residual sagittal imbalance, and high mechanical demands after three-column osteotomies [1–4,12,13]. Clinically,

patients report abrupt recurrence or worsening of low back/buttock pain, sometimes with a “giving way” sensation. Radiography demonstrates loss of lordosis or coronal correction, and CT reveals sacral fractures or hardware disengagement [4,5].

CAF is typically a surgical emergency. Revision aims to restore alignment, reinforce distal fixation (larger diameter and/or multiple pelvic screws, often bilateral dual S2AI screws), augment anterior column support (L5–S1 interbody fusion or cage revision), and convert to multi-rod constructs across the lumbosacral junction [4,5,12,13].

Checklist – Catastrophic acute failure

- Suspect CAF in the early postoperative period in any patient with sudden severe pain and radiographic loss of correction [4,5].
- Obtain standing full-spine radiographs and CT to identify fracture lines and hardware disruption.
- Plan revision with stronger distal foundations (multiple pelvic screws) and multi-rod constructs.
- Reassess and, if necessary, optimize sagittal alignment targets to reduce distal mechanical overload [1,3,4].

6.2. Surgical Site Infection and Wound Complications

Long constructs with pelvic fixation require extensive posterior exposure, predisposing patients to wound complications and surgical site infections (SSIs) [2,3,5,7–11]. Pelvic fixation is associated with increased operative time, blood loss, and length of stay, but not necessarily with higher deep infection rates when preventive bundles are applied [3,11]. Comparative studies have shown that S2AI constructs have lower wound complications and reoperation rates than iliac screw constructs, largely due to smaller, more medial incisions and deeper screw heads [7–10,24]. Superficial infections typically present within 2 weeks with erythema and drainage, whereas deep infections may present later with persistent pain, systemic signs, elevated inflammatory markers, and sometimes sinus tract formation.

Management:

- Superficial SSI: Local wound care and oral or short-course intravenous antibiotics.
- Deep SSI: early surgical debridement, intraoperative cultures, and prolonged intravenous and oral antibiotics. Instrumentation can often be retained if the infection is diagnosed early and the construct is stable [2,3].

- Chronic or recurrent deep infections may necessitate staged hardware removal and delayed reconstruction.

Checklist – Wound/SSI

- Recognize pelvic fixation as a risk factor for longer surgeries and higher blood loss; adopt infection-prevention bundles (glycemic control, normothermia, appropriate antibiotic dosing, meticulous closure) [3,11].
- Favor S2AI over traditional iliac screws to reduce distal wound problems when anatomy permits [7–10,24].
- A low threshold for imaging and debridement should be maintained in cases of persistent wound drainage or systemic signs.
- When possible, early deep infection should be treated with debridement, hardware retention, and culture-directed antibiotics.

6.3. Perioperative Systemic and Medical Complications

Pelvic fixation is a marker of surgical complexity. Large database studies show that pelvic fixation increases blood loss, operative time, and length of stay, but does not independently increase mortality or most 30-day complications when adjusted for case mix [3,11]. Common systemic complications include transfusion-related issues, venous thromboembolism, pulmonary complications, urinary tract infections, ileus, and cardiac events.

Management and prevention:

- Preoperative optimization of comorbidities and anemia.
- Standardized VTE prophylaxis and early mobilization.
- Intensive postoperative monitoring, especially in the first 72 hours, is required for cardiopulmonary and thromboembolic events.

Checklist – Systemic complications

- Anticipate high transfusion needs and consider cell salvage and antifibrinolytics [11].
- Use ERAS protocols (multimodal analgesia, early mobilization, and early oral intake) to reduce ileus and pulmonary complications.
- Monitor carefully for VTE, pneumonia, and cardiac events, especially in elderly and frail patients.

7. LATE MECHANICAL AND BIOLOGICAL COMPLICATIONS (>30 DAYS)

7.1. Screw Loosening and Pull-out at the Sacrum and Pelvis

Screw loosening and pull-out reflect bone–implant interface failure and are among the most common hardware complications [1,2,5–7,12–14,24].

Osteoporosis, long constructs, high PI–LL mismatch, small screw diameters, and S1-only distal fixation all increase the risk [5,6,15,18]. Radiographically, loosening appears as radiolucent halos around the screw threads, changes in screw angulation, and, in severe cases, screw migration or pullout. CT provides more sensitive detection of halo and cortical breach. Clinically, patients may report increasing low back or buttock pain, often with subtle progressive deformity.

Management:

- An asymptomatic halo without migration was observed in the presence of solid fusion.
- Symptomatic loosening, progressive deformity, or impending failure typically requires revision with screw upsizing, cement augmentation in osteoporotic bone, and conversion to robust sacropelvic fixation (often bilateral dual S2AI screws) [5–7,12–14,24].

Checklist – Screw loosening/pull-out

- Monitor high-risk patients (osteoporosis, S1-only constructs) closely with serial radiographs.
- Use CT to confirm loosening and differentiate it from benign lucencies.
- In revision, increase the number and strength of distal anchors and consider cement augmentation.
- Aim to correct or maintain PI–LL mismatch and overall alignment to reduce recurrent mechanical overload [1,3–6].

7.2. Rod Fracture at the Lumbosacral Junction

Rod fracture usually occurs 1–3 years postoperatively and typically reflects underlying pseudarthrosis or excessive cyclic loading at the lumbosacral junction [12–14]. Multi-rod constructs reduce, but do not eliminate, rod fracture risk. Clinically, patients report recurrent low-back pain, sometimes with a palpable or audible “snap.” Radiographs reveal broken rods and loss of correction, while CT often confirms L5–S1 nonunion [12–14].

Management:

- Revision involves replacement of broken rods with a multi-rod construct across the lumbosacral junction, reinforcement of anterior column support (e.g., new interbody cage), and aggressive biological augmentation (autograft, allograft, and, when appropriate, osteoinductive agents) [12–14].

Checklist – Rod fracture

- Suspect rod fracture in late recurrent pain with loss of correction.
- Assume underlying pseudarthrosis until proven otherwise by CT.
- Use multi-rod constructs and robust interbody support pre-emptively in high-risk deformity corrections [12,13].
- In revision, both the mechanical (rod number/diameter) and biological (fusion substrate) causes should be corrected.

7.3. Lumbosacral Pseudarthrosis

L5–S1 pseudarthrosis remains a central cause of distal junctional failure even with sacropelvic fixation [2,4,5,6,12–14,19]. Risk factors include S1-only distal fixation, inadequate interbody support, poor bone quality, smoking, and residual sagittal imbalance [1–6,12,13,18,19]. Clinical features include persistent or recurrent pain after initial improvement, often associated with rod fracture or gradual loss of lumbosacral lordosis. CT is the gold standard for diagnosis, demonstrating absent or incomplete bridging bone, clefts, or vacuum changes in the fusion mass [15,16].

Management:

- Symptomatic pseudarthrosis usually requires revision with meticulous decortication, abundant grafting, and reinforcement of both posterior and anterior columns (e.g., L5–S1 interbody fusion or cage revision) [2,4,5,12–14,19].
- Distal fixation is upgraded when necessary (multi-rod constructs, multiple pelvic screws) to maintain the correction during renewed fusion.

Checklist – Lumbosacral pseudarthrosis

- Suspect in persistent pain, rod fracture, or loss of lumbosacral lordosis beyond 6–12 months.
- Use CT routinely in high-risk patients or when symptoms suggest nonunion.
- Prevent by combining sacropelvic fixation with L5–S1 interbody fusion and generous grafting in long constructs [2–4,6,12,13,19].
- Address both mechanical stability and biological environment in revision.

7.4. Sacral and Pelvic Fractures (Including Insufficiency Fractures)

Distal sacral and pelvic fractures after lumbosacral or lumbopelvic fusion include high-energy traumatic fractures and low-energy insufficiency fractures just caudal to the construct [15–18,24]. Older age, osteoporosis, elevated

BMI, long constructs to the sacrum or pelvis, and high postoperative sagittal imbalance are major risk factors [15–18]. Sacral insufficiency fractures are uncommon but likely underdiagnosed; incidence of distal fractures after lumbosacral fusion ranges from about 1% to 6% in contemporary series [15–18]. Patients present with new sacral or buttock pain, often without major trauma. Radiographs may be normal; CT or MRI is frequently required for diagnosis [15–18].

Management:

- Stable, minimally displaced insufficiency fractures may be managed conservatively with protected weight-bearing, analgesia, and rigorous osteoporosis treatment [15–18].
- Unstable fractures, significant deformity, or neurological compromise generally require extension of fixation into the pelvis (if not already present) and formal lumbopelvic stabilization [16–18].

Checklist – Sacral/pelvic fractures

- Maintain high suspicion in elderly osteoporotic patients with new sacral pain after fusion, especially long constructs.
- Utilize CT or MRI early when radiographs are inconclusive.
- Differentiate stable from unstable fracture patterns; unstable patterns often mandate lumbopelvic or triangular fixation [16–18].
- Address underlying osteoporosis and alignment to prevent recurrence

7.5. Sacroiliac Joint Pain and Degeneration

Post-fusion SI joint pain is increasingly recognized as a cause of persistent or new-onset buttock pain after lumbosacral and lumbopelvic fusion [19–23]. Biomechanically, the elimination of lumbar motion and altered load transfer increases stress across the SI joint. Moreover, when instrumentation traverses or buttresses the SI joint (e.g., S2AI screws), local kinematics may be further altered [1,3,19–22]. Retrospective studies and systematic reviews report variable incidence, but SI joint pain may occur in a substantial subset of patients, particularly those with long constructs and higher BMI [19–23]. Imaging may show sclerosis, joint space narrowing, or cysts; however, diagnosis relies heavily on clinical provocation tests and the response to image-guided diagnostic injections [19–23].

Management:

- Initial treatment is conservative: physiotherapy, medications, and image-guided injections.

- In refractory cases with confirmed SI-mediated pain and stable spinal fusion, interventional options include SI joint fusion or, in carefully selected cases, modification or removal of crossing hardware [19–23].

Checklist – SI joint pain/degeneration

- Suspect SI-mediated pain in buttock-dominant pain after otherwise solid long fusion.
- Use provocation tests and diagnostic SI joint injections to confirm the pain generator.
- Recognize risk factors: long constructs, sacropelvic fixation, high BMI, pre-existing SI degeneration [19–23].
- Reserve SI joint fusion or selective hardware removal for refractory, well-documented cases.

7.6. Hardware Prominence and Soft-tissue Irritation

Hardware prominence and soft-tissue irritation are particularly problematic with conventional iliac screws because of their lateral and superficial position and the need for bulky offset connectors [1,2,7–10]. Prominence may cause chronic focal pain, difficulty with sitting or lying supine, and, rarely, skin breakdown. Comparative data confirm significantly lower rates of symptomatic hardware prominence with S2AI screws than with iliac screws, due to more medial starting points and deeper screw heads [7–10,24].

Management:

- Once radiographic fusion is confirmed and alignment is stable, isolated removal of prominent pelvic screws (often the iliac screws only) can provide excellent symptom relief with a low risk of loss of correction [2,7–10,24].

Checklist – Hardware prominence

- Anticipate prominence with large, lateral iliac screws in thin patients and discuss potential elective removal preoperatively.
- Prefer S2AI screws when appropriate to minimize prominence and wound issues [7–10,24].
- Confirm solid fusion before elective screw removal.

8. DISCHARGE CRITERIA AND FOLLOW-UP STRATEGY

8.1. Discharge Criteria

Patients with sacropelvic fixation should meet stricter discharge criteria than those undergoing shorter fusions. Common criteria include:

- Hemodynamic stability without ongoing transfusion needs
- Adequate pain control on oral or oral-dominant analgesia
- Ability to mobilize safely with physiotherapy (usually with the aid of a walker)
- Intact and stable neurological examination
- Clean, dry wound with no signs of deep infection
- Established thromboprophylaxis plan and bowel/bladder function

8.2 Follow-Up Schedule

A pragmatic schedule (modified according to local practice and patient status) is:

- 2 weeks: wound check, assessment of early complications
- 6 weeks: clinical review, standing radiographs (AP/lateral) of the whole spine and pelvis
- 3 months: clinical and radiographic evaluation; early assessment of alignment and hardware integrity
- 6 and 12 months: assessment of fusion progression, alignment maintenance, and onset of late complications (rod fatigue, SI pain, sacral fractures)
- Annually thereafter: for high-risk patients (long constructs, osteoporotic, prior complications), with radiographs and CT as indicated

CT is reserved for suspected nonunion, screw loosening, distal fractures, or complex neurologic complaints, to limit radiation exposure [15,16].

8.3. Imaging and Triage Algorithms

- Persistent axial pain without obvious radiographic cause → CT to evaluate fusion and hardware.
- New buttock-dominant pain → consider SI joint pathology; targeted imaging plus diagnostic injections.

- Sudden severe pain with loss of correction → radiographs plus CT to evaluate for CAF, rod fracture, or sacral fracture.

9. PRACTICAL ALGORITHMS AND PEARLS

1. When to include the pelvis:
 - o Long constructs including S1 and/or severe sagittal imbalance, prior distal failure, high-grade lumbosacral pathology, or poor bone quality → strongly consider sacropelvic fixation [1–3,6,19].
2. How to fix the pelvis:
 - o Prefer S2AI screws in deformity and degenerative cases for lower wound and prominence complications, reserving iliac screws for specific anatomic or trauma scenarios [1,3,7–10,24].
3. How to protect the lumbosacral junction:
 - o Combine sacropelvic fixation with L5–S1 interbody fusion and multi-rod constructs in high-risk cases [1–3,12,13].
 - o Target PI–LL mismatch $\leq 10^\circ$ and appropriate global sagittal alignment to avoid distal overload [1,3,4,12].
4. How to surveil for complications:
 - o Use structured follow-up with serial standing radiographs and selective CT.
 - o Maintain high suspicion for sacral insufficiency fractures and SI joint pain in elderly, osteoporotic patients or those with new buttock pain [15–18,20–23].
5. When and how to revise:
 - o Early CAF or traumatic fracture → urgent realignment, stronger distal fixation, and enhanced anterior support.
 - o Rod fracture or pseudarthrosis → revise with multi-rod constructs, improved interbody support, and biological augmentation [12–14].
 - o Symptomatic SI joint pain → confirm diagnosis with injections, treat conservatively, and reserve fusion or selective hardware changes for refractory cases [19–23].

10. CONCLUSIONS

Sacropelvic and pelvic fixation are indispensable tools in modern neurosurgical and orthopedic spinal practice, enabling durable correction of complex deformity, stabilization of severe degenerative disease, and reconstruction after trauma, tumor, and infection. Despite technical advances—particularly S2AI fixation, multi-rod constructs, and better understanding of spinopelvic parameters—mechanical and biological complications remain common and clinically significant [1–4,7–13,15–23].

This chapter emphasizes a complication-centric approach: understand the mechanisms of failure; prevent them where possible through sound biomechanics and alignment; detect them early with structured follow-up; and manage them decisively with principle-driven revision strategies. For the neurosurgeon, sacropelvic fixation is not merely a set of techniques but a long-term commitment to preserving lumbosacral stability and function over the patient's lifetime.

References

1. Harris A, Kebaish KM. Sacropelvic fixation: a comprehensive review. *Semin Spine Surg.* 2019;31(2):81–86. doi:10.1053/j.semss.2019.03.006.
2. Kebaish KM. Sacropelvic fixation: techniques and complications. *Spine (Phila Pa 1976).* 2010;35(25):2245–2251. doi:10.1097/BRS.0b013e3181f5cfae
3. Ravinsky R, Lewis S, Fisher C, Polly DW, on behalf of the AO Spine Knowledge Forum Deformity. AO Spine clinical practice recommendations: spinopelvic fixation – what are the key items to understand performance? *Global Spine J.* 2025;15(6):2855–2861. doi:10.1177/21925682251336746
4. Odland K, Chanbour H, Zuckerman SL, Polly DW Jr. Spinopelvic fixation failure in the adult spinal deformity population: systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J.* 2024;33(7):2751–2762. doi:10.1007/s00586-024-08241-6
5. Guler UO, Cetin E, Yaman O, et al. Sacropelvic fixation in adult spinal deformity (ASD); a very high rate of mechanical failure. *Eur Spine J.* 2015;24(5):1085–1091. doi:10.1007/s00586-014-3615-1
6. Han B, Yin P, Hai Y, Cheng Y, Guan L, Liu Y. Comparison of spinopelvic parameters, complications, and clinical outcomes after spinal fusion to S1 with or without additional sacropelvic fixation for adult spinal deformity: a systematic review and meta-analysis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2021;46(17):E945–E953. doi:10.1097/BRS.0000000000004003
7. Gao Z, Sun X, Chen C, et al. Comparative radiological outcomes and complications of sacral-2-alar iliac screw versus iliac screw for sacropelvic fixation. *Eur Spine J.* 2021;30: 2257–2270. doi:10.1007/s00586-021-06864-7
8. Hasan MY, Liu G, Wong HK, Tan JH. Postoperative complications of S2-alar-iliac versus iliac screw in spinopelvic fixation: a meta-analysis and recent trends review. *Spine J.* 2020;20(6):964–972. doi:10.1016/j.spinee.2019.11.014
9. Rahmani R, Stegelmann SD, Andreshak T. S2 alar-iliac screws are superior to traditional iliac screws for spinopelvic fixation in adult spinal deformity: a systematic review and meta-analysis. *Spine Deform.* 2024;12(4):829–842 . doi:10.1007/s43390-024-00834-x
10. Arslan A, Olguner SK, Istemen I, Acik V, Gezercan Y. Clinical and radiological comparison of spinopelvic fixation methods: S2-alar-iliac screw versus conventional iliac screw in long segment fusion. *J Turk Spinal Surg.* 2020;31(2):68–74. doi: 10.4274/jtss.galenos.2020.148
11. Kothari P, Somani S, Lee NJ, et al. Thirty-day morbidity associated with pelvic fixation in adult patients undergoing fusion for spinal deformity: a propensity-matched analysis. *Global Spine J.* 2016;6(7):665–672. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1583946>

12. Bourghli A, Boissière L, Kieser D, et al. Multiple-rod constructs in adult spinal deformity surgery for pelvic-fixated long instrumentations: an integral matched cohort analysis. *European Spine Journal* (2020) 29:886–895. doi:10.1007/s00586-020-06311-z
13. Merrill RK, Kim JS, Leven DM, et al. Multi-rod constructs can prevent rod breakage and pseudarthrosis at the lumbosacral junction in adult spinal deformity. *Global Spine J.* 2017;7(6):514–520. doi:10.1177/2192568217699392
14. Jung JM, Hyun SJ, Kim KJ, et al. Rod fracture after multiple-rod constructs for adult spinal deformity. *J Neurosurg Spine.*2020;32(3):407–414. doi:10.3171/2019.9.SPINE19913
15. Klineberg E, McHenry T, Bellabarba C, et al. Sacral insufficiency fractures caudal to instrumented posterior lumbosacral arthrodesis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33(16):1806–1811. doi: 10.1097/BRS.0b013e31817b8f23
16. Joaquim AF, Patel AA. Diagnosis, risk factors, and management of sacral and pelvic fractures after instrumented lumbar fusions: a systematic review. *Global Spine J.* 2019;9(5):540–544. doi:10.1177/2192568218779986
17. Barber LA, Katsuura Y, Qureshi S. Sacral Fractures: A Review. *HSS Journal®: The Musculoskeletal Journal of Hospital for Special Surgery*. 2022;19(2):234–246. doi: 10.1177/15563316221129607
18. Odate S, Shikata J, Kimura H, et al. Sacral fracture after instrumented lumbosacral fusion: analysis of risk factors from spinopelvic parameters. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38(4):E223–E229. doi: 10.1097/BRS.0b013e31827dc000
19. Finger T, Bayerl S, Onken J, et al. Sacropelvic fixation versus fusion to the sacrum for spondylodesis in multilevel degenerative spine disease. *Eur Spine J.* 2014;23(5):1013–1020. doi: 10.1007/s00586-014-3165-6
20. Finger T, Bayerl S, Bertog M, Czabanka M, Woitzik J, Vajkoczy P. Impact of sacropelvic fixation on the development of postoperative sacroiliac joint pain following multilevel stabilization for degenerative spine disease. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 2016;150:18–22. doi: 10.1016/j.clineuro.2016.08.009
21. Manzetti M, Ruffilli A, Barile F, Fiore M, Viroli G, Cappello L, Faldini C. Sacroiliac Joint Degeneration and Pain After Spinal Arthrodesis: A Systematic Review. *Clinical Spine Surgery* 36(4):p 169-182, May 2023. doi: 10.1097/BSD.0000000000001341
22. Colò G, Cavagnaro L, Alessio-Mazzola M et al. Incidence, diagnosis and management of sacroiliitis after spinal surgery: a systematic review of the literature. *Musculoskelet Surg* 104, 111–123 (2020). doi: 10.1007/s12306-019-00607-0

23. Shen J, Boudier-Reveret M, Majdalani C, Truong VT, Shedid D, Boubez G, et al. Incidence of sacroiliac joint pain after lumbosacral spine fusion: a systematic review. *Neurochirurgie*. 2023;69(2):101419. doi: 10.1016/j.neuchi.2023.101419
24. Hyun SJ, Kim KJ. Durability and failure types of S2-alar-iliac screws: analysis of consecutive screws. *J Korean Soc Spine Surg*. 2020;25(1):24–33

Spinal İmplant ve Enstrümantasyon Kaynaklı Mekanik Komplikasyonların Yönetiminde Güncel Uygulamalar

Güven Gürsoy¹

Özet

Spinal enstrümantasyonun endikasyonlarının genişlemesiyle birlikte mekanik kökenli komplikasyonlar nöroşirürji pratiğinde belirgin bir yer edinmiştir. Pedikül vidası gevşemesi, rod/konstrükt kırılması, interbody cage'in son plak içine gömülmesi, psödoartrozla ilişkili implant yetmezliği ve uzun torakolomber füzyonları takiben gelişen proksimal kavşak kifoza veya yetmezliği (PJK/PJF) en sık görülen sorunlardır. Bu komplikasyonlar yalnızca implantın materyal özellikleriyle açıklanamaz; hastanın kemik kalitesi, füzyon seviyesinin uzunluğu, sakrovelvik desteğin varlığı, sagittal denge restorasyonunun derecesi ve enfeksiyonla mekanik gevşemenin doğru ayırt edilip edilmemesi de belirleyicidir. Güncel NASS (2024), AO Spine (2025) ve EuroSpine (2025) belgeleri; yüksek riskli hastada ameliyat öncesi DEXA ile kemik mineral yoğunluğu ölçümü, düşük T-skorda preoperatif anabolik tedavi, uzun füzyonlarda ilk seansta sakrovelvik fiksasyonun eklenmesi, L5-S1 seviyesinde interbody/ön kolon desteği kullanımı, uzun ve rijit konstrüktlerde çoklu rod (4-rod, satellite rod) sistemlerine geçiş, torakolomber geçişte geçişli tasarım ve ilk 12 ayda sık radyolojik takip yapılmasını komplikasyon azaltıcı uygulamalar olarak önermektedir.

GİRİŞ

Modern omurga cerrahisinde dekompresyon ve buna eşlik eden stabilizasyon cerrahileri sıkça yapılmaktadır. Ancak her stabilizasyon girişimi omurganın doğal yük paylaşımını değiştirir ve bu değişim en çok biyolojik kapasitesi sınırlı olan hastalarda (yaşlı, osteoporotik, malnütrisyonu olan, steroid kullanan) sorun yaratır. Bu nedenle son birkaç yıldaki büyük omurga

1 Dr., Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi AD. Muğla - Türkiye, guvengursoy@yahoo.com, ORCID: 0000-0001-8374-7916

derneklerinin yayınları, komplikasyon yönetimini postoperatif bir sorun olmaktan çıkarıp preoperatif bir planlama konusu hâline getirmiştir [1,3]. Spinal implant ve enstrümantasyonla ilişkili mekanik komplikasyonların öngörülebilir olması, onları aynı zamanda önlenabilir de kılar.

PATOFİZYOLOJİ VE BİYOMEKANİK

Mekanik komplikasyonların temelinde çoğunlukla üçlü bir dengesizlik vardır: zayıf kemik, aşırı rijit veya uzun sistem, yetersiz füzyon [2,4,8]. Osteoporozda pedikül vidasının tuttuğu trabeküler kemik hacmi azalır. Vidanın dış çapını büyütmek çoğu zaman problemi çözmez çünkü sorun çap değil, kemik kalitesidir [5,12]. Bu yüzden AO Spine 2025 önerileri, osteoporotik omurgaya normal omurgaymış gibi vida uygulama yaklaşımından vazgeçilmesini, ya kortikal trajeksiyon, ya sement ilavesi, ya da daha uzun - sakral/pelvik ankraja gitmeyi - savunmaktadır [2].

Diğer yandan sistemin tasarımı da en az kemik kalitesi kadar belirleyicidir. L5-S1'de interbody desteği olmadan pelvise kadar inen uzun torakolomber füzyon, lumbosakral bileşkeye kaldıramayacağı yük bindirir. 6-18 ay içinde rod veya sakral vidada kırık ve/veya gevşeme görülmesi şaşırtıcı değildir [3,11]. Aynı şekilde, torakolomber geçişte posterior yumuşak dokunun tamamen sıyrıldığı ve çok rijit rodların kullanıldığı uzun füzyonlarda proksimal kavşak kırıkları daha sık görülmektedir [7]. Son halka ise biyolojidir; füzyon gelişmezse sistem ne kadar iyi olursa olsun yükü metal taşır ve metal yorgunluğu kaçınılmaz olur [8,13].

PEDİKÜL VIDASI GEVŞEMESİ

Pedikül vidası gevşemesi, özellikle osteoporotik veya revizyon hastalarında, uzun segmentli füzyonlarda ve sakruma inen yapılarda en sık görülen erken mekanik bulgudur. Grafilere veya BT'de vidanın etrafında düzgün sınırlı radyolüsen bir halka izlenmesi tipiktir. Aksiyel kesitlerde vida ile kemik arasında aralık izlenir. Klinik yansıması, ameliyattan sonra gerilemiş olan bel-sırt ağrısının aylar içinde yeniden başlaması ve ayakta kalmakla artmasıdır (5). NASS 2024 kılavuzu, T-skoru $\leq -2,5$ olan veya lomber BT'de belirgin kortikal incelme saptanan hastalarda cerrahi öncesi antifraktür veya anabolik tedavi başlanmasını, cerrahi sırasında ise standart pedikül vidası yerine augmentasyonlu vida veya kortikal kemik trajeksiyonu kullanılmasını kanıta dayalı biçimde önermektedir [1,2]. Daha hafif gevşemeler yakın izlemle takip edilebilir ancak ağrı belirginse, vidada migrasyon varsa veya eşlik eden psödoartroz saptanmışsa revizyon endikedir. Revizyonda daha uzun ve daha derin ankrajlı vidalar, sakropelvik fiksasyon ve sistemik osteoporoz tedavisi birlikte düşünülmelidir [2,5,12].

ROD VEYA SİSTEM KIRIĞI

Rod kırığı çoğu zaman psödoartrozun veya yetersiz yük paylaşımının semptomatik hâle gelmiş son halkasıdır. Erişkin deformite cerrahisi serilerinde rod kırığı oranlarının %6–15 arasında olduğu ve çoğunlukla 6–24. aylar arasında ortaya çıktığı gösterilmiştir [9]. Bu seriler, tek çift rodta kırık oranının daha yüksek, 4-rod veya kritik segmentte ek satellite rod kullanılan hastalarda ise belirgin şekilde düşük olduğunu bildirmektedir [9,11,16]. AO Spine 2025 bu bulguyu “yükü metale değil, sisteme dağıt” ilkesiyle özetlemiştir [3]. Rod kırığı görüldüğünde sadece kırık rodun değiştirilmesi yeterli değildir. Kırığın oluşmasına yol açan biyolojik eksiklik (psödoartroz) veya mekanik yetersizlik (desteksiz lumbosakral geçiş) düzeltilmezse kırık tekrarlayacaktır [8,13]. Bu nedenle revizyon genellikle hem biyolojik (yeniden greftleme, interbody ekleme) hem de mekanik (çoklu rod, sakropelvik destek) güçlendirmeyi birlikte içermelidir.

CAGE SUBSIDENCE

Interbody cage’in son plak içine gömülmesi, erken dönemde minimal semptom verip geç dönemde foraminal daralma, segmenter kifoz ve yeniden radiküler ağrıya yol açan sinsi bir mekanik problemdir. Risk faktörleri arasında osteoporoz, end-plate’in aşırı kürete edilmesi, küçük yüzeyli cage kullanımı ve çok seviyeli interbody füzyon yer alır [10]. Güncel çalışmalar, cage subsidence’ı olan hastaların bir kısmında aynı segmentte düşük dereceli implant enfeksiyonu da saptandığını, yani mekanik ve enfeksiyöz sürecin tamamen ayrı olmayabileceğini göstermektedir [14]. Bu nedenle belirgin çökmede yalnızca mekanik revizyon değil, kültür ve gerekirse uzun süreli antibiyotik tedavisi de düşünülmelidir. Kılavuzlar, osteoporotik omurgada geniş yüzeyli cage veya çift taraflı interbody kullanımı ile subsidence oranlarının azaltılabildiğini bildirmektedir [1,10]. Semptomu olmayan hafif çökme izlenebilir, ancak ağrı/nörolojik bulgu varsa revizyon ve daha geniş yüzeyli cage ile destekleme gerekir.

PSÖDOARTROZLA İLİŞKİLİ İMPLANT YETMEZLİĞİ

Spinal füzyon cerrahisinin temel amacı kalıcı kemik köprüleşmesi sağlamaktır. Füzyon gelişmediğinde hastanın ağrısı sürer, radyolojik olarak köprü izlenmez ve çoğu zaman implant üstüne binen yük nedeniyle vida gevşemesi veya rod kırığı tabloya eklenir [8].

Burada önemli olan nokta bu sorunların metal yorgunluğu diye geçiştirilememesi gerektiğidir. Altta yatan problem çoğu zaman biyolojiktir. Revizyon cerrahisi planlanırken önce füzyonun neden gelişmediği analiz

edilmelidir. Yetersiz greft mi kondu, greft kötü kalitede miydi, segment aşırı hareketli miydi, hastanın sistemik durumu (sigara, diyabet, beslenme) füzyona izin vermedi mi gibi sorular yanıtlandıktan sonra revizyonda füzyon alanı tamamen açılır, sklerotik kemik uzaklaştırılır, otogreft/allogreft/DBM veya osteoindüktif materyallerle zengin bir füzyon yatağı oluşturulur ve bu kez daha güçlü bir enstrümantasyonla desteklenir [13]. AO Spine ve EuroSpine 2025 dokümanları, psödoartroz ve distal mekanik yetmezlik birlikteliğinde sakropelevik fiksasyonun eklenmesini ve kritik segmentte çoklu rodla yükün dağıtılmasını “güncel standart” olarak belirtmektedir [3,11].

PROKSİMAL BİLEŞKE KİFOZU (PJK) VE PROKSİMAL BİLEŞKE YETMEZLİĞİ (PJF)

Uzun torakolomber füzyonlardan sonra ortaya çıkan PJK/PJF, spinal mekanik komplikasyonlar içinde en güç yönetilenlerinden biridir. Mekanizma, omurganın rijit enstrümanite edilmiş kısmı ile hareketli kısmı arasındaki geçişte oluşan ani yük değişimidir. Risk faktörleri ileri yaş, osteoporoz, aşırı sagittal düzeltme (özellikle PI-LL farkının agresif kapatılması), posterior ligamentöz yapının cerrahi sırasında fazla sıyrılması ve çok uzun füzyondur [7]. Güncel yaklaşımlar, proksimal seviyede daha yumuşak ankraj (örneğin kanca veya hibrit rod), paraspinal kasların ve supraspinöz/interspinöz bağların mümkün olduğunca korunması, proksimal segmentte profilaktik vertebroplasti ve hasta bazlı sagittal hedeflerin kullanılması (her hastada aynı lordotik hedefe zorlamamak) yönündedir [3,7,9]. PJF gelişmişse, yani proksimal segmentte kırık, belirgin kifoz ve nörolojik tehdit varsa, füzyon daha proksimale taşınmalı ve mümkünse kemik kalitesi ilaçla desteklendikten sonra yeniden stabilize edilmelidir.

MEKANİK VE ENFEKSİYON AYRIMI

2022’den sonra yayımlanan birkaç çalışma, mekanik gevşeme veya ağrı ön tanısıyla revize edilen omurga enstrümantasyon hastalarının %10–15’inde düşük dereceli enfeksiyon etkeni ürettiğini gösterdi [6,14]. Bu bulgu, IDSA’nın 2024 spinal cerrahi sonrası enfeksiyon güncellemesinde de vurgulanmış ve “mekanik gibi görünen her olguda enfeksiyon mutlaka dışlanmalıdır” ifadesi eklenmiştir [20].

Pratikte ise erken dönemde (ilk 12 ay) gelişen beklenmeyen gevşemelerde CRP/ESR bakılmalı, görüntülemelerde koleksiyon varsa aspire edilmeli, revizyonda en az üç ayrı yerden kültür alınmalı ve kültürler 10 güne kadar bekletilmelidir. Kültür negatif, klinik ve radyoloji enfeksiyon aleyhine ise vaka mekanik kabul edilip güçlendirme yapılabilir; kültür pozitifse önce enfeksiyon kontrol edilmeli, sonra yeniden enstrümanite edilmelidir [14,20].

TEDAVİ YÖNETİM PRENSİPLERİ

Mekanik komplikasyonda tedavi üç basamakta düşünülmelidir: stabiliteyi yeniden sağlamak, biyolojiyi düzeltmek, risk faktörlerini ortadan kaldırmak.

Stabiliteyi yeniden sağlamak için revizyon enstrümantasyonu çoğu zaman daha uzun, daha güçlü ve daha yük paylaşan bir tasarımda olmalıdır. Biyolojiyi düzeltmek, özellikle psödoartroz eşlik ediyorsa en kritik noktadır. Yeterli greft, iyi hazırlanmış bir füzyon yatağı ve mümkünse interbody desteği başarıyı artırır [8,13]. Risk faktörlerini ortadan kaldırmak ise cerrahinin dışındadır. Osteoporoz tedavisi, sigaranın bırakılması, diyabetin regülasyonu ve proteinin yeterli alımı, implantın uzun vadeli başarısını doğrudan etkiler [2,4].

ÖNLEME

Son kılavuzlar aslında “mekanik komplikasyonları tedavi etmekten daha kolay olan şey onları ilk ameliyatta önlemektir” yaklaşımında birleşmektedir. Bu çerçevede önerilenler şöyle özetlenebilir:

- Yüksek riskli (yaşlı, kadın, osteoporozu olan) hastada ameliyat öncesi DEXA yapılması ve düşük T-skoru saptandığında anabolik tedavi başlanması [2].
- Uzun torakolomber füzyonlarda ilk ameliyatta sakropelvik fiksasyon eklenmesi [3,11].
- L5–S1 düzeyinde interbody füzyonla ön kolon desteği sağlanması [3].
- Kritik segmentlerde çoklu rod (4-rod veya satellite rod) kullanımı [9,11].
- Torakolomber geçişte aşırı rijitlikten kaçınma ve yumuşak doku koruyucu disseksiyon [7].
- İlk 12 ay içinde yakın radyolojik takip ve erken halo/subsidence görüldüğünde küçükken müdahale.

Bu uygulamaların her biri tek başına büyük fark yaratmasa da, kombine edildiğinde revizyon gerektiren mekanik komplikasyon oranlarını anlamlı düzeyde düşürmektedir (1–4).

Referanslar

1. North American Spine Society (NASS). Evidence-Based Clinical Guidelines for Multidisciplinary Spine Care. 2024.
2. Kato S, for AO Spine. Clinical Practice Recommendations: Osteoporosis in Adult Spinal Deformity. Global Spine J. 2025.
3. Fehlings MG et al. AO Spine recommendations for long-segment fusion and spinopelvic fixation. Global Spine J. 2025.
4. EuroSpine / AO Spine. Spinopelvic fixation: key items to understand performance. Global Spine J. 2025.
5. Ohtori S et al. Risk factors for pedicle screw loosening in osteoporotic spine. Spine. 2024.
6. Burkhard MD et al. Occult infection in presumed mechanical failure of spinal instrumentation. NASS Open Access. 2022.
7. Yagi M et al. Proximal junctional kyphosis and failure in adult spinal deformity: current concepts. Spine. 2025.
8. Patel R et al. Revision strategies for pseudarthrosis after lumbar fusion. Neurosurg Focus. 2023.
9. Smith JS et al. Rod fracture after adult spinal deformity surgery: incidence and predictors. Spine Deform. 2024.
10. Kang DG et al. Predictors of cage subsidence after lumbar interbody fusion. J Neurosurg Spine. 2024.
11. Merrill RK et al. Mechanical failure after long-segment thoracolumbar fusion. Spine Deform. 2024.
12. Inceoğlu S et al. Effect of bone mineral density on pedicle screw fixation strength. Spine J. 2021.
13. Bredow J et al. Mechanisms of pedicle screw loosening. Eur Spine J. 2020.
14. Bürger J et al. Comprehensive treatment algorithm of postoperative spinal implant infection. J Spine Surg. 2020.
15. NASS. Degenerative Lumbar Spinal Stenosis Guideline. 2021 (still cited 2025).
16. Youssef JA et al. Strategies to prevent rod fracture in adult spinal deformity. Clin Spine Surg. 2024.
17. AO Spine. Reducing mechanical complications in osteoporotic spine surgery. Technical Report. 2025.
18. Schwab F et al. Adult spinal deformity: decision-making and alignment targets. Neurosurgery. 2023.
19. O'Shaughnessy BA et al. Lumbosacral junction problems in long fusion. Spine. 2022.
20. IDSA. Diagnosis and Management of Postoperative Spinal Infections. 2024 update.

Posterior Cervical Surgery Complications and Management, From Recent Literature

Ozan Aydoğdu¹

Abstract

Posterior cervical approaches—including laminectomy, laminoplasty, posterior cervical fusion (PCF), and foraminotomy—are indispensable techniques for treating cervical myelopathy, radiculopathy, trauma, deformity, and tumors. Contemporary series and reviews report overall complication rates between approximately 10% and 30%, depending on patient comorbidity, procedure type, and fusion length, with higher rates in elderly, frail patients undergoing multilevel fusion. Acute neurological complications (most notably C5 palsy and spinal cord injury), infectious events, cerebrospinal fluid (CSF) leak, postoperative hematoma with airway compromise, pseudarthrosis, adjacent segment disease (ASD), and junctional kyphosis remain the main sources of morbidity.

This chapter synthesizes recent evidence (with emphasis on 2020–2023 literature) on the incidence, mechanisms, risk factors, prevention, and management of complications after posterior cervical surgery. We structure the discussion along a temporal axis—pre-operative risk stratification, intra-operative events, early postoperative complications, and late mechanical and alignment-related failures—and integrate anatomical considerations and surgical decision-making. Particular attention is given to the pathophysiology and management of C5 palsy, the role of intra-operative neuromonitoring (IONM) in preventing catastrophic cord injury, current concepts in surgical site infection (SSI) prevention, and strategies to mitigate pseudarthrosis and junctional problems in long posterior constructs. When combined with meticulous technique and protocolized perioperative care, these evidence-based strategies can substantially reduce complication rates and improve functional outcomes.

¹ MD Specialist Neurosurgeon, Muğla Training and Research Hospital, Department of Neurosurgery, E-mail: md.o.aydogdu@gmail.com – ORCID: 0000-0002-5998-2673

1. INTRODUCTION AND OVERVIEW OF POSTERIOR CERVICAL APPROACHES

Posterior cervical surgery is a core strategy for the management of multilevel cervical spondylotic myelopathy, ossification of the posterior longitudinal ligament (OPLL), deformity correction, certain trauma patterns, and tumor resection. Laminectomy with or without fusion, laminoplasty, and instrumented PCF allow wide dorsal decompression of the spinal cord and address global sagittal alignment more effectively than short-segment anterior procedures in selected patients. [1,2]

Modern series indicate that posterior cervical procedures are effective but carry a distinct complication profile. In a focused review of posterior cervical decompression and fusion (PCF), Badiie et al. reported overall complication rates ranging from 15% to nearly 30%, with higher rates in multilevel constructs and in patients with significant frailty and medical comorbidity. [1] Lugo-Pico and Heller, in a 2022 narrative review, similarly summarized overall complication rates between 5.6% and 25% across diverse posterior cervical procedures, with C5 palsy, wound complications, and instrumentation-related problems among the most frequent surgery-specific events. [2]

This chapter provides a complication-oriented overview rather than a technique manual. The emphasis is on (1) mechanisms and risk factors, (2) evidence-based prevention and early recognition, and (3) practical management algorithms that can be embedded in day-to-day clinical pathways.

2. ACUTE NEUROLOGICAL COMPLICATIONS

2.1. C5 Nerve Root Palsy

Postoperative C5 palsy is the most characteristic neurological complication after posterior cervical decompression. It is classically defined as new or worsened deltoid (with or without biceps) weakness in the C5 myotome, with minimal sensory change, arising within days to weeks after surgery. [3] Incidence across mixed anterior and posterior series is typically 4–10%, with some posterior cohorts reporting rates up to 15%. [1–3,5]

A recent systematic review by Deshpande et al. highlighted several key features: most cases occur within one week postoperatively, the majority are unilateral, and approximately two-thirds of patients experience substantial or complete recovery within 6–12 months, while severe deficits (MRC $\leq$ 3/5) have a poorer prognosis. [3] Pennington et al. showed that the severity

of initial palsy is the strongest predictor of recovery time and likelihood of full recovery. [4]

The pathophysiology is multifactorial. Proposed mechanisms include:

- Posterior shift of the spinal cord after wide dorsal decompression, causing tethering and traction on a relatively short or stenotic C5 root.
- Direct or indirect root compression from foraminal stenosis, osteophytes, or tension from lordotic correction.
- Ischemic injury of the anterior horn cells or rootlets at the C4–5 level. [2,3]

Risk factors repeatedly identified include greater pre-operative canal stenosis, wider laminectomy and greater dorsal cord migration, pre-existing C4–5 foraminal narrowing, and more extensive lordotic correction in fusion constructs. [1–3]

Management and prevention

Most cases can be managed conservatively with analgesia, structured physiotherapy, and close neurological follow-up. [3,4] High-dose steroids are sometimes used empirically in the acute setting, although high-level evidence is lacking. Severe palsy or lack of meaningful recovery beyond 3–6 months may prompt imaging to assess for persistent foraminal compression and consideration of targeted C4–5 foraminotomy, but data supporting routine early revision are limited and mixed. [3,4]

Preventive measures supported by the literature include:

- Pre-operative assessment of C4–5 foramina, with prophylactic foraminotomy in selected high-risk cases. [1–3]
- Avoiding excessive posterior shift of the cord and over-correction of cervical lordosis. [1,2]
- Gentle handling around the C4–5 level and awareness of root tension when compressive lesions or deformity are corrected.

2.2. Spinal Cord Injury and Ischemia

Direct cord injury or peri-operative ischemia is rare but catastrophic, with reported rates typically <1–1.5% in modern series. [1,5] Mechanisms include direct mechanical compression or laceration, over-aggressive correction of deformity, epidural hematoma, and profound hypotension or malperfusion.

Multimodal intra-operative neuromonitoring (IONM) with somatosensory evoked potentials (SSEPs) and motor evoked potentials (MEPs) has become an important standard for high-risk cervical cases. Changes in MEPs, especially, are sensitive to anterior motor pathway compromise and should trigger immediate troubleshooting:

- Check and correct technical factors (electrodes, anesthetic depth, temperature).
- Restore mean arterial pressure ($\text{MAP} \geq 85\text{--}90$ mmHg).
- Reverse recent corrective steps (rod rotation, compression/distraction maneuvers).
- Decompress any suspected residual stenosis or malpositioned hardware. [5]

If signals do not recover, aborting further correction, staging the procedure, or reversing implants may be necessary. Early postoperative imaging is mandatory in any unexpected neurological decline. [5]

3. EARLY POSTOPERATIVE WOUND AND SYSTEMIC COMPLICATIONS

3.1. Surgical Site Infection (SSI)

Posterior cervical fusion procedures, with long operative times and extensive soft-tissue dissection, carry a non-trivial SSI risk. Deep SSI rates after posterior cervical surgery in contemporary cohorts typically range from 2% to 5%, with higher rates in multilevel instrumented fusions, patients with high BMI, diabetes, smoking, and revision surgery. [1,2,6,7]

In a multicenter observational study limited to posterior cervical procedures, Ogihara et al. reported a 2.9% rate of deep SSI and identified high BMI, longer operative time, and greater numbers of fused levels as independent risk factors. [6] Broader registry analyses confirm the contribution of diabetes, malnutrition, and smoking to posterior cervical SSI risk. [7]

Prevention

Evidence-based SSI prevention strategies, aligned with CDC guidelines, include: [2,6–8]

- Pre-operative optimization of modifiable factors (glycemic control, smoking cessation, nutritional status).

- Weight-based first-generation cephalosporin within 60 minutes before incision; vancomycin reserved for MRSA colonization or β -lactam allergy. [8]
- Redosing intra-operatively for prolonged procedures and significant blood loss.
- Strict sterile technique with minimized operating room traffic, double-gloving with glove change before handling implants, and copious wound irrigation prior to closure. [2,6]
- Meticulous multilayer closure of fascia and subcutaneous tissues, with consideration of closed suction drains in high-risk patients.

Management

Superficial SSIs may respond to targeted antibiotics and local wound care. Deep SSIs or suspected implant infections require urgent imaging and early operative debridement, with multiple cultures, thorough irrigation, and prolonged intravenous antibiotics. [2,6,7] Hardware retention is sometimes possible in early postoperative infections when fixation is stable, but persistent or recurrent infection often necessitates hardware removal and staged reconstruction. [6,7]

3.2. Dural Tear, CSF Leak, and Pseudomeningocele

Incidental dural tears during cervical decompression are less frequent than in lumbar surgery but remain an important cause of postoperative CSF leak and pseudomeningocele. Reported dural tear rates across mixed cervical series range roughly from 1% to 4%, with higher risk in revision surgery, OPLL, and tumor resections. [2,5]

Intra-operative management consists of primary watertight dural closure whenever technically feasible, usually supplemented with sealants or onlay grafts. When primary closure is not possible (e.g., adherent dura in OPLL), patch grafts, sealants, and short-term CSF diversion (lumbar drain) may be considered. [2,5]

Postoperative leak or pseudomeningocele presents with wound swelling, persistent drainage of clear fluid, orthostatic headache, or rarely neurologic symptoms. Initial management includes head elevation, compressive dressings, and short-term lumbar CSF drainage. Persistent leaks, enlarging pseudomeningoceles, or any neurological deterioration warrant re-exploration and dural repair. [2,5]

3.3. Postoperative Hematoma and Airway Compromise

Postoperative hematoma in the posterior cervical compartment can compress the cord or nerve roots and, in rare cases, lead to airway compromise due to soft-tissue swelling. Although uncommon, this is a time-critical complication. [1,2]

Clinical warning signs include rapidly worsening neck pain, new neurological deficits, stridor, dysphagia, or respiratory distress. Management should not be delayed for imaging if there is hemodynamic or respiratory instability; reopening the wound at bedside or in the operating room to evacuate the hematoma and control bleeding may be lifesaving. If the airway is threatened, urgent intubation or surgical airway is prioritized. [1,2,5]

Perioperative control of blood pressure, careful hemostasis, and judicious postoperative anticoagulation management are key preventive steps.

4. LATE MECHANICAL AND ALIGNMENT-RELATED COMPLICATIONS

4.1. Pseudarthrosis (Non-union)

Failure of fusion (pseudarthrosis) is a fundamental late complication of posterior cervical fusion. Reported rates vary widely (5–20%) depending on fusion length, patient factors, graft choice, and radiographic criteria. [1,2,9,10]

Risk factors include smoking, multilevel constructs, poor bone quality (osteoporosis), chronic steroid use, malnutrition, and revision surgery. [1,2,9,10] Pseudarthrosis can both result from and contribute to hardware failure, loss of alignment, and recurrent pain.

Clinically significant pseudarthrosis typically manifests as persistent or recurrent axial neck pain, mechanical symptoms, or loss of correction on radiographs. Diagnosis is based on dynamic radiographs and, increasingly, CT to confirm lack of bridging bone across intended fusion levels. [9,10]

Management involves revision surgery with renewed decortication, more robust fixation, and augmentation with autograft and/or biologics. [9,10] Recently, there has been growing interest in patient-specific risk stratification to selectively use bone morphogenetic proteins or other osteoinductive agents in high-risk posterior cervical constructs, though concerns about cost and complications remain. [2,9]

4.2. Adjacent Segment Disease and Junctional Problems

Adjacent segment disease (ASD) and proximal/distal junctional kyphosis (PJK/DJK) are major sources of late morbidity after long posterior constructs. [1,2,11,12] Increased mechanical stresses at the ends of a rigid construct can accelerate degeneration or failure at adjacent segments.

ASD after PCF often presents with new radiculopathy or myelopathy at the motion segment just above or below the fusion. Both radiographic and clinical ASD have been reported, with 5–15% of patients developing symptomatic disease within 5–10 years in mixed anterior/posterior cervical cohorts. [1,2,12]

Distal junctional kyphosis after multilevel posterior cervical fusion has been highlighted in more recent work. Lee et al. described distal junctional kyphosis (DJK) as a loss of alignment distal to the instrumented segments, which can progress to mechanical failure or late neurological compromise. [11] Risk factors include pre-existing sagittal imbalance, inadequate restoration of cervical and cervicothoracic alignment, and constructs that terminate at high-stress transition levels (e.g., C7 instead of extending into the upper thoracic spine). [11,12]

Prevention strategies include:

- Careful pre-operative sagittal alignment analysis and planning to avoid over-correction or residual imbalance. [1,2,11]
- Considering extension of the construct into the upper thoracic spine in selected deformity or long-segment cases. [11,12]
- Soft tissue preservation and avoiding unnecessary disruption of posterior ligamentous structures at junctional levels.

Management of symptomatic ASD or junctional failure typically requires extension of the fusion, sometimes combined with osteotomies for sagittal realignment. [1,11,12]

4.3. Instrumentation Complications

Hardware-related complications include screw loosening, rod or screw fracture, malposition of lateral mass or pedicle screws with neural or vascular compromise, and prominence or irritation of implants. [1,2]

Malpositioned screws may cause radiculopathy, vertebral artery injury, or spinal cord compromise. Routine postoperative CT is not universally mandated but is recommended in deformity cases, high-risk trajectories, or when symptoms suggest hardware misplacement. [1,2]

Management ranges from observation for asymptomatic minor issues to urgent revision and decompression in the presence of neurological or vascular compromise. Addressing underlying non-union or imbalance is crucial to prevent recurrent hardware failures. [1,2,9]

5. RISK STRATIFICATION, PREVENTION ALGORITHMS, AND SYSTEMS OF CARE

5.1. Pre-operative Optimization

Recent work has underscored the importance of frailty, comorbidity burden, and modifiable risk factors in predicting complications after posterior cervical fusion. [1,2] High BMI, diabetes, smoking, chronic steroid use, and poor nutritional status all increase the risk of SSI, non-union, and medical complications. [1,2,6,7]

Pre-operative optimization should therefore include:

- Smoking cessation (ideally ≥ 4 weeks pre-operatively).
- Tight glycemic control and assessment of HbA1c.
- Correction of anemia and hypoalbuminemia where possible.
- Bone health evaluation in older patients or those with risk factors for osteoporosis, with pharmacologic treatment when indicated.

5.2. Intra-operative Strategy and Checklists

Drawing from the “bundle” experience in shunt and EVD surgery, [6–8] several groups have proposed standardized checklists and protocols for posterior cervical cases. Core elements include:

- Surgical time-outs that explicitly review levels, planned decompression and fusion extent, and neuromonitoring plan.
- Consistent antibiotic prophylaxis and redosing strategy. [8]
- IONM in high-risk cases, with pre-agreed thresholds for pausing or modifying the procedure when signals change. [5]
- Documentation of screw lengths, trajectories, and planned alignment targets.

Such systems-based approaches reduce variability and help teams respond promptly to early warning signs of complications.

5.3. Postoperative Surveillance and Follow-up

Early postoperative monitoring focuses on neurological examinations, wound status, respiratory function, and pain control. Protocolized checks for new weakness (especially deltoid strength), wound drainage, and swallowing or airway issues facilitate early detection of C5 palsy, hematoma, and infection. [1–3,5–7]

Long-term follow-up is essential to identify pseudarthrosis, ASD, and junctional problems. Standing radiographs and, when indicated, CT are used to assess fusion and alignment. Structured follow-up intervals (e.g., at 3, 6, and 12 months, then annually) combined with patient education regarding red-flag symptoms can improve the timeliness of revision when necessary. [1,2,9–12]

6. CONCLUSION

Posterior cervical surgery plays a central role in the management of multilevel cervical myelopathy, deformity, and complex pathology. Recent literature confirms that while neurological improvement and pain relief are achievable in the majority of patients, complication rates remain substantial, particularly in elderly, comorbid populations undergoing long multilevel fusions. [1,2] C5 palsy, wound infection, CSF leak, postoperative hematoma, pseudarthrosis, ASD, and junctional kyphosis are the principal procedure-specific sources of morbidity. [1–3,6,11,12]

Modern practice demands a systems-based approach: rigorous pre-operative risk stratification and optimization; meticulous technique and intra-operative neuromonitoring; evidence-based SSI prevention; and structured postoperative and long-term surveillance. When these elements are consistently applied, posterior cervical procedures can be performed with a high degree of safety and durability. Ongoing research into biomechanical risk factors, improved biomaterials, and patient-specific risk modeling will further refine complication prevention and management strategies in the coming years. [1–3,11,12]

References

1. Badiee RK, Mayer R, Pennicooke B, Chou D, Mummaneni PV, Tan LA. Complications following posterior cervical decompression and fusion: a review of incidence, risk factors, and prevention strategies. *J Spine Surg.* 2020;6(1):323–333. doi:10.21037/jss.2019.11.01.
2. Lugo-Pico JG, Heller JG. Complications in posterior cervical spine surgery. *Semin Spine Surg.* 2022;34(1):100921. doi:10.1016/j.semss.2022.100921.
3. Deshpande N, Stino AM, Smith BW, Little AA, Yang LJS, Park P, Saadeh YS. Defining postoperative C5 palsy and recovery: a systematic review. *J Neurosurg Spine.* 2023;38(4):457–464. doi:10.3171/2022.11.SPINE221067.
4. Pennington Z, Lubelski D, Westbroek EM, et al. Time to recovery predicted by the severity of postoperative C5 palsy. *J Neurosurg Spine.* 2019;32(2):191–199. doi:10.3171/2019.8.SPINE19602.
5. Soh SM, Pierorazio PM, Frank SM, et al. Acute postoperative neurological complications after spine surgery. *Semin Spine Surg.* 2022;34(1):100927. doi:10.1016/j.semss.2022.100927.
6. Ogihara S, Seichi A, Nori S, et al. Risk factors for deep surgical site infection after posterior cervical spine surgery in adults: a multicenter observational cohort study. *Sci Rep.* 2021;11:7519. doi:10.1038/s41598-021-87110-4.
7. Sebastian A, Huddleston P, Kakarla UK, et al. Risk factors for surgical site infection after posterior cervical spine surgery: an analysis of 5441 patients from the ACS NSQIP 2005–2012. *Spine J.* 2016;16(4):504–509. doi:10.1016/j.spinee.2015.08.058.
8. Berrios-Torres SI, Umscheid CA, Bratzler DW, et al. Centers for Disease Control and Prevention guideline for the prevention of surgical site infection, 2017. *JAMA Surg.* 2017;152(8):784–791. doi:10.1001/jamasurg.2017.0904.
9. Leven D, Meaie JJ, Radcliff K, et al. Pseudarthrosis of the cervical spine: risk factors, diagnosis and management. *Asian Spine J.* 2016;10(4):776–786. doi:10.4184/asj.2016.10.4.776.
10. Hofler RC, Swong K, Martin B, et al. Risk of pseudoarthrosis after spinal fusion: analysis from the Healthcare Cost and Utilization Project. *World Neurosurg.* 2018;120:e194–e202. doi:10.1016/j.wneu.2018.08.212.
11. Lee JJ, Hyun SJ, Moon BJ, et al. Distal junctional kyphosis after posterior cervical fusion. *J Korean Neurosurg Soc.* 2022;65(4):549–557. doi:10.3340/jkns.2021.0036.
12. Youssef JA, Heiner AD, Montgomery DN, et al. Outcomes of posterior cervical fusion and decompression: a systematic review and meta-analysis. *Spine J.* 2019;19(10):1714–1729. doi:10.1016/j.spinee.2019.05.597.

Spinal İntramedüller Tümör Cerrahisi Komplikasyonlarında Yönetim

Beste Daltaban¹

Güven Gürsoy²

Özet

Primer omurilik tümörleri tüm merkezi sinir sistem tümörlerinin %2-4'üdür. İntramedüller tümörler tüm spinal tümörlerin en nadir görüleni olup tüm tümörlerin %20-30'unu oluşturmaktadır. İntramedüller tümörler arasında en sık astrositomlar ve ependimomlar görülmektedir. Tanıda en sık manyetik rezonans görüntüleme, kemik tutulum açısından bilgisayarlı tomografi kullanılmaktadır. Preoperatif nörolojik muayene, tümör lokalizasyonu ve derecesi postoperatif komplikasyonları belirleyen başlıca faktördür. Preoperatif motor defisit varlığında prognoz daha kötüdür. Torakal seviyedeki tümörlerin cerrahisinde komplikasyon oranı artmaktadır. Başlıca komplikasyonlar postoperatif nörolojik defisit, beyin omurilik sıvı kaçağı, enfeksiyon, operasyon bölgesinde epidural kanama, mesane ve bağırsak disfonksiyonu, sistemik komplikasyonlarda pulmoner emboli, derin ven trombozu sayılabilir. Komplikasyonların en aza indirilmesinde uygun hasta seçimi ile doğru ve güvenli cerrahi ön hazırlık yanında intraoperatif görüntülemelerin kullanılması, operasyon sonrası rehabilitasyon önemlidir. Bu bölümde spinal intramedüller tümör cerrahisi sonrası gelişebilecek komplikasyonlar, risk faktörleri ve önleme stratejileri derlenmiştir.

1. Giriş

Spinal tümörler erken teşhis ve tedavi edilmezse ciddi morbidite yaratan lezyonlardır. Lokalizasyon ve histolojik tiplerine göre sınıflandırılır. Primer omurilik tümörleri tüm merkezi sinir sistemi tümörlerinin yaklaşık %2-4'üdür. Primer ve metastatik tümörler içerir. Ekstradural, intradural

- 1 Muğla Eğitim ve Araştırma Hastanesi Beyin ve Sinir Cerrahisi A.D, Muğla/ Türkiye, bestedaltaban7@gmail.com, ORCID ID: 0009-0007-4804-1281
- 2 Dr. Öğrt. Üyesi, Muğla Eğitim ve Araştırma Hastanesi Beyin ve Sinir Cerrahisi A.D, Muğla/ Türkiye, guvengursoy@yahoo.com, ORCID ID: 0000-0001-8374-7916

ekstramedüller, intradural intramedüller tümörler şeklinde sınıflandırılır. En sık ekstradural tümörler görülür. Ekstradural tümörler arasında en sık metastazlar görülür. Ekstramedüller tümörler arasında en sık menengiöm, schwannomlar görülmektedir. İntradural tümörler daha nadir olmakla birlikte intradural ekstramedüller çoğunluğu oluşturmaktadır (1).

En nadir görülen tipi ise intramedüller tümörler oluşturmaktadır. İntramedüller tümörler, nörolojik bozulmaya, fonksiyon azalmasına, düşük yaşam kalitesine veya ölüme yol açabilirler. Tanının gecikmesi mortalite ve morbiditeyi artıran en önemli nedendir. Her bir lezyonun ayırt edici özelliği olsa da klinik ve radyolojik olarak halen zorluk yaşanmaktadır. Preoperatif nörolojik durum ve lezyonun tipi tedavi sonuçlarını etkileyen en önemli etmenlerdir. Erken tanı koymak tedavi süreci ve iyilik hali için oldukça önemlidir (3).

İnadural intramedüller tümörler tüm primer spinal kord tümörlerinin %20-30'unu oluşturmaktadır (4). İntramedüller tümörlerin %80'i gliomlardır. Gliomlarında %60-70'i astrositom, %30-40'ı ependimomlardır. Astrositomlar çocuklarda daha sık görülürken ependimomalar erişkin yaş grubunda daha sıktır (5). Hemanjioblastomlar intramedüller tümörlerin %2-15'ini oluşturur ve nadir görülürler. İleri yaş grubunda ise en sık metastatik tümörler görülmektedir (2). Metastatik intramedüller tümörlerin %40-60'ı akciğeri %14'ü meme kökenlidir. Lipomlar ve daha az insidansla diğer intramedüller tümörler literatürde belirtilmiştir. (Tablo 1). İntramedüller tümörlerin oluşmasında genetik faktörlerde etkili olabilmektedir. İlişkili sendromlar arasında NF-1, NF-2, VonHippel-Lindau sayılabilir.

Tablo 1: İntramedüller spinal kord tümörler

Tümör sınıflaması	Tümör
Nöroepitelyal	• Astrositik (astrositoma, glioblastoma) • Embriyonal (primitif nöroektodermal) • Ependimal (ependimoma, subependimoma) • Mix glial • Nöronal ve mix nöro-glial (gangliositoma, ganglioglioma, ganglionöroblastoma) • Oligodendrogial (oligodendroglioma) • Orgini bilinmeyen (polar spongioblastoma)
Spinal sinir	• Nörofibroma • Schwannoma
Nonmeningotelyal, mesenkimal	• Hemangiyoblastom • Lipom, • Melanom, • Sarkom

Germ hücreli tümör	• Germinom, • Teratom
Kist	• Dermoid, • Epidermoid
Hematopoetik neoplazi	• Primer santral sinir sistemi lenfoma (mikroglial)
Metastatik tümör ve diğer neoplaziler	

2. Klinik ve inceleme yöntemleri

Başvuru şikâyeti omurga ağrısı ve nörolojik durum bozukluğudur. Başvuru anındaki nörolojik durum postoperatif iyilik halini belirleyen en önemli unsurlardan biridir. Preoperatif nörolojik durum motor defisit, yorgunluk, nörojenik kaldikasyo, duyu defisiti, üriner-gaita inkontinansı şeklinde olabilir.

Tanıda manyetik rezonans (MR) görüntüleme altın standarttır. Kemiği tutan lezyonlarda ayrıca bilgisayarlı tomografi (BT) önemli bir yer tutar. PET ve yüksek çözünürlüklü ultrason tanı, cerrahi planlama ve takip açısından kullanılmaktadır. Preoperatif diferansiyel tensör ve traktografi yöntemleri intramedüller tümörlere göre spinal kordun kranial ve kaudal demetlerinin yer değişimi göstermede oldukça etkili yöntemlerdir. Diffüzyon tensör görüntüleme ve traktografi ile preoperatif tümör rezeksiyon genişliği planlanabilmektedir.

Omurilik hasarına yönelik fonksiyonel ölçeklerden ASIA (American Spinal Injury Association) skalası, omurilik hasarı gelişen hastalarda motor ve duyu fonksiyonlarını sistematik değerlendirmek için kullanılan nörolojik sınıflama sistemidir. Bu skalayı kullanarak yaralanan omurilik seviyesi tespit edilmektedir. Hem rehabilitasyon hem de tedavi planlanması açısından kullanılabilir. Benzer şekilde McCormick Skalası (McCormick Scale) ile omurilik tümörleri ve diğer spinal patolojiler sonrası oluşan nörolojik durumu değerlendirmek için kullanılmaktadır. Özellikle cerrahi öncesi ve sonrası hastaların yürüyebilme ve günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık düzeyini objektif olarak sınıflandırmak için kullanılmaktadır.

3. Risk faktörleri, komplikasyonlar, önleme ve tedavi yaklaşımları

Komplikasyonların gelişmesinde tümörün cinsi ve derecesinin en önemli prognostik faktör olduğu, daha çok tümörün infiltratif ve non-infiltratif doğasıyla ilişkili olduğu savunulmuştur (16). Klekamp'ın sınıflandırmasına göre lezyon tanınmasında preoperatif görüntülemelerin oldukça önemli

olduğu ve ciddi bir analiz gerektirdiği savunulmuştur. Analizde son yıllarda preoperatif diferansiyel tensör ve traktografi yöntemlerinin kullanılması savunulmuştur. Bu yöntemlerle intramedüller tümörlere göre spinal kordun kraniyal ve kaudal demetlerinin yer değişimi göstermiştir. Preopreatif tümör rezeksiyon genişliğinin belirlenmesi açısından önemlidir (14).

İntramedüller tümörler spinal tümörler içerisinde '10'luk bir paya sahiptir ve çoğu glial tümörlerdir (7). İntramedüller tümör cerrahisinin yönetimi ve rezeksiyonu zordur. Adjuvan tedaviler halen tartışmalıdır (17). İntramedüller tümör radikal rezeksiyon iyi planlanma ile olmalıdır. Görüntüleme, nöromonitörizasyon, minimal invaziv yaklaşım, postoperatif radyoterapi nörolojik durum iyileşmesinde önemlidir. Preoperatif diffüzyon tensör ve traktografi, kontrastlı MRG ile lezyonun tam lokalizasyon tayinin yapılması, peroperatif nörosonitörizasyon kullanımı nörolojik durum açısından önemlidir. Preoperatif nörolojik durum postoperatif nörolojik durum ile ilgili en önemli faktördür. Peroperatif parezinin önüne geçilebilmesi açısından peroperatif pozisyonlama , uygun anestezi hazırlığı, intraoperatif nöromonitörizasyon kullanımı, minimal dorsal kolon manipülasyonu, erken rehabilitasyon nörolojik bozulmaların önüne geçilebilir. Literatürde preoperatif nörolojik durum ne kadar iyiye postoperatif nörolojik durum iyilik halinin yüksek olduğu görülmüştür (18,19)

Adamkiewicz arter perfüzyonu, erkek cinsiyet hakimiyeti, klinik bulguların uzun süreli varlığı, epidural kanama izlenmesi ve peroperatif kan transfüzyon ihtiyacı, BOS kaçağı olması ve tekrarlı cerrahi girişim ihtiyacı olması savunulmuştur (10,11).

Servikal ve servikotorasik bölgede perfüzyonun daha iyi olması, servikal spinal kanal genişliğinin geniş olması hipoperfüzyona engel olabilmesi nedenli komplikasyon oranının daha düşük olduğu savunulmuştur (11). Preoperatif syringomyeli varlığı preoperatif komplikasyon riskini azalttığı savunulmuştur (10-15).

İntradural intramedüller tümörler yerleşim yeri, tümörün histopatolojik özellikleri ve derecesi, rezeksiyon miktarı, preoperatif nörolojik durum tablosuna göre cerrahi sonrası komplikasyonlar oluşturmaktadır. En önemli komplikasyonlar arasında kalıcı nörolojik defisit, enfeksiyon, hematoma, BOS fistülü bulunmaktadır.

3.1 Nörodefisit :

Sun ve ark. duyuusal defisitlerin vakaların %23'ünde görülebileceğini bildirmiştir (6). Başka bir çalışmada en yaygın şikâyetin %40 oranla güçsüzlük olduğu bildirilmiştir (7). Literatürde komplikasyonların ortaya

çıkmasında yaşı önemli bir faktör olacağı, yetişkinlerde komplikasyon oranının çocuklardan daha sık olduğu bildirilmiştir (8). Bazı çalışmalarda ise yaşı önemli bir faktör olmadığı belirtilmiştir (7). Literatürde postoperatif dönemde motor fonksiyonlarda bozukluk oranının oldukça yüksek olduğu ve bunların yaklaşık %27,5'inde kalıcı olduğu bildirilmiştir (9). Bazı çalışmalarda kalıcı morbidite riskinin torakal seviyeden operasyon geçirenlerde daha fazla olduğu bildirilmiştir.

3.2 Hematom:

Intramedüller kitle eksizyonu sonrası hematomlar nadir görülmektedirler. Literatürde %8 oranında bildirilmiştir. Erken tanı ve acil reoprasyon planlanması, epidural kanamaya yönelik erken müdahalenin postoperatif nörolojik defisitini azaltılmasında önemli olduğu yapılan çalışmalarda vurgulanmıştır (35).

Hematom gelişmesi ise acil operasyon gerektirebilmektedir. Genellikle postoperatif dönemde ani saatler günler içerisinde gelişmekte, intramedüller, intradural, epidural şeklinde olabilmektedirler. Postoperatif dönemde ani ve yeni gelişen nörolojik defisit ile bulgu vermektedir. Tanıda ivedi MRG /BT görülmeli, hematom varlığında acil dekompresyon planlanmaktadır. Hafif olgularda ise konservatif takip önerilmektedir. Postoperatif dönemde görülen ciddi komplikasyonlardan biri epidural kanama olmasıdır.

3.3 BOS kaçağı:

Intramedüller kitle eksizyonu cerrahisinde durada oluşan defekt sonrası BOS kaçağının oluşmaması açısından dura su geçirmez suture edilmeli, otolog yağ grefti, yapay dura veya fibrin yapıştırıcı ile kapatılması önerilmektedir. Postoperatif 48 saat boyunca subfasial drenler kullanımı erken ve gecikmiş BOS sızıntısını önlemede güvenli ve etkili olmaktadır. Büyük dural defektlerde yağ grefti, fasya lata ve fibrin yapıştırıcı ile çok katmanlı dura yaması yapılması önerilmektedir (37). Erken mobilizasyon ve postoperatif yara bakımı riski azlatmaktadır.

Beyin omurilik sıvı kaçağı spinal cerrahi sonrası %10-25 oranında görülmektedir. Yapılan çalışmalarda intramedüller tümör eksizyonu sonrası duranın su geçirmez primer suturize edilmesi ve üzerine dura yaması yerleştirilmesinin BOS fistülü oranını azalttığı bildirilmiştir (33).

3.4 Enfeksiyon

Intramedüller tümör eksizyonu sonrası enfeksiyonlar, nadir fakat ciddi komplikasyonlar arasında yer alır ve hastanın fonksiyonel ve onkolojik

sonuçlarını olumsuz etkileyebilir. Enfeksiyon riskini azaltmak ve gelişen enfeksiyonları etkin şekilde yönetmek için çok yönlü yaklaşımlar ve yeni teknikler geliştirilmiştir. Risk faktörleri arasında diyabet, uzun operasyon süresi, yüksek vücut kitle indeksi, implant kullanımı, rekürren tümör cerrahisi, kan transfüzyonu ve erkek cinsiyet sayılmaktadır. Sık görülen enfeksiyona bağlı komplikasyonlar arasında menenjit, BOS fistülü, fonksiyonel bozulama yer almaktadır. Enfeksiyonun önlenmesinde riskli hasta grubunda profilaktik antibiyotik kullanımı, enfeksiyon gelişmesi halinde cerrahi debridman, implant varsa çıkarılması, uzun süreli antibiyotik tedavisi önerilmektedir. Cilt enfeksiyonuna bağlı yara problemlerinde, osteomyelit gelişmesi halinde hiperbarik oksijen tedavisi yapılan son çalışmalarda önerilmiştir. Enfeksiyon gelişmesi halinde multidisipliner çalışılmalı enfeksiyon kontrol protokolleri uygulanmaktadır.

İntramedüller tümör çıkarılması operasyon sonrasında %7-9 oranında enfeksiyon görüldüğü bildirilmiştir. Enfeksiyonların önlenmesinde preoperatif profilaktik antibiyoterapi kullanılması, cerrahi sürenin kısa tutulması, postoperatif antibiyotik tedavi devamı, fasya ve cildin sıkı kapatılması ve postoperatif yara bakımının düzenli yapılmasının enfeksiyon riskini azalttığı bildirilmiştir (34).

3.5 Sistemik komplikasyonlar

Postoperatif dönemde DVT profilaksisi yapılması ile DVT ve pulmoner embolinin önüne geçilmesi önemlidir. Erken mobilizasyon ve solunum egzersizlerinin yapılması önerilmektedir (36).

Preoperatif hasta hazırlığında pozisyonlama komplikasyonların önüne geçmek için önemlidir. Yapılan çalışmalarda torakal seviyedeki lezyonlarda park-bench pozisyonunun mikrocerrahi sırasında hava embolisi ve inme riskini artırdığı bildirilmiştir. Bu nedenle son yıllarda servikal ve torakal seviyedeki lezyonlar için lateral eğik pozisyon kullanılmaktadır. Tümör tarafı üstte kalacak şekilde, toraksın 15 derece yükselttiği baş nötr pozisyonda olacak şekilde pozisyon verilmesi uygulanmaktadır. Tüm basınç noktalarının periferik sinir arazisinin önüne geçilmesi için desteklenmesi önerilmektedir. Lateral eğik pozisyon solunum döngüsünde sabit bir omurga imkanı sağlar ve epidural venöz basıncın kontrolünü sağlar.

Postoperatif dönemde nörolojik durumda gerileme, peroperatif korda yapılan cerrahi müdahale birinci neden olarak sayılmaktadır. Postoperatif nörolojik defisit %17-44 oranında izlenmektedir. Bunun yanında arteriyel ve venöz dolaşım bozukluğuna sekonder vasküler hasarlanma, lezyonun çıkarılması için posteriyor median sulkus yaklaşımına bağlı sensoryal hasar

sayılabilir. bu durumlar operasyon sonrası erken dönem disfonksiyon, posteriyor kolon disfonksiyonu ile ilişkilidir(20-22). Bu bozulmalar kalıcı veya geçici olabilir. Postoperatif nöropatik ağrı sendromu özellikle syringomyeli varlığı ve servikal lezyon operasyonu sonrası daha sıktır(23,24).Hoshimaru ve ark. Torakal seviyenin manipülasyonlara daha duyarlı olduğunu ve morbidite riski açısından daha fazla risk taşıdığını bildirmişlerdir(25). Hida ve ark. İntramedüller tümör rezeksiyonun komplikasyon riskini azaltmada aşamalı operasyonun daha faydalı olduğunu öne sürmüştür(26). Postoperatif motor bozukluk, dizestezi ve ağrı şeklinde duyuşal bozuklukların yaşam kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nednele komplikasyonların önüne geçilmesi açısından iyi planlanmış cerrahi önem arz etmektedir. Peroperatif anestezi, cerrahi planlama ve teknik ile birlikte intraoperatif nörofizyolojik görüntüleme postoperatif durum açısından önemlidir. İntraoperatif nöromonitör kullanımı postoperatif morbiditeyi azaltmaktadır (27-30). İntraoperatif monitörizasyon ile cerrahide somatosensoriyal uyarılmış potansiyeller (SSEP), ekstremitte kasları veya spinal epidural boşluk yoluyla transkraniyal motor uyarılmış potansiyeller (TcMEP) ler bulunur. Dorsal kolon haritalaması (DCM) yapılır. SSEP'ler duyuşal işlevsellik hakkında yol gösterici olmaktadır. TcMEP'ler motor yolların doğrudan izlenmesini sağlar. SSEP ve MEP birlikte kullanımı, tümörün lokalizasyon ve tipine bağlı etkilenebilen duyuşal ve motor yolların hasar tespibinde yüksek doğruluk sağlar (31,32). Tümör nedneli normal anatominin bozulduğu durumlarda, DCM ile dorsal median sulkus gibi anatomik işaretler belirlenir ve güvenli bir orta hat myelotomiye imkân tanır. Böylece intraoperaatif cerrahi yönlendirme ve morbiditeyi azaltma sağlanır. Nöromonitörizasyon ile güvenli cerrahi ve intraoperatif kord yaralanmasının miniuma indirilme imkânı sağlamaktadır.

4. Sonuç:

Spinal intramedüller tümör cerrahisi sonrası karşılaşılabilecek komplikasyonların önlenmesinde preoperatif uygun hasta seçimi, preoperatif tetkiklerin doğru planlanması, cerrahi hazırlıkların yapılması, peroperatif hasta pozisyonu, uygun anestezi, intraoperatif nöromonitörizasyon kullanılması, postoperatif bakım ve rehabilitasyonun sağlanması komplikasyonların önlenmesinde önemlidir.

Sonuç olarak, intramedüller tümör eksizyonu sonrası komplikasyonların etkin yönetimi, multidisipliner yaklaşımla erken tanı, uygun cerrahi teknikler ve sistematik postoperatif izlem sayesinde hastaların nörolojik iyilik hâlini ve uzun dönem fonksiyonel sonuçlarını belirgin şekilde iyileştirmektedir.

5- Kaynakça:

- 1- Van Goethem, J., Van Den Hauwe, L., Ozsarlak, O., De Schepper, A., & Parizel, P. (2004). Spinal tumors.. *European journal of radiology*, 50 2, 159-76.
- 2- Chamberlain, M., & Tredway, T. (2011). Adult Primary Intradural Spinal Cord Tumors: A Review. *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 11, 320-328. <https://doi.org/10.1007/s11910-011-0190-2>.
- 3- Samartzis, D., Gillis, C., Shih, P., O'toole, J., & Fessler, R. (2015). Intramedullary Spinal Cord Tumors: Part I—Epidemiology, Pathophysiology, and Diagnosis. *Global Spine Journal*, 5, 425 - 435. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1549029>.
- 4- Grimm S, Chamberlain MC. Adult primary spinal cord tumors. Expert Rev Neurother 2009;9(10):1487–1495
- 5- DeSousa AL, Kalsbeck JE, Mealey J Jr, Campbell RL, Hockey A. Intraspinal tumors in children. A review of 81 cases. J Neurosurg 1979;51(4):437–445
- 6- Sun J, Wang Z, Li Z, Liu B. Microsurgical treatment and functional outcomes of multi-segment intramedullary spinal cord tumors. J Clin Neurosci 2009;16:666-71.
- 7- Vinas-Rios, J., Heck, V., Medina-Govea, F., Islas-Aguilar, M., & Kernich, N. (2024). Perioperative complications in primary intramedullary tumors of the spine in adults. A multicenter surveillance study of 307 patients from the German Spine Registry (DWG-Register). *Journal of Craniovertebral Junction & Spine*, 15, 427 - 432. https://doi.org/10.4103/jcvjs.jcvjs_130_24.
- 8- Milano MT, Johnson MD, Sul J, Mohile NA, Korones DN, Okunieff P, et al. Primary spinal cord glioma: A surveillance, epidemiology, and end results database study. J Neurooncol 2010;98:83-92.
- 9- Angevine PD, McCormick PC. Spinal cord ependymomas. Oper Tech Neurosurg 2003;6:9-14.
- 10- Houten JK, Cooper PR. Spinal cord astrocytomas: Presentation, management and outcome. J Neurooncol 2000;47:219-24.
- 11- Katsigiannis S, Carolus AE, Schmieder K, Brenke C. Posterolateral myelotomy for intramedullary spinal cord tumors: The other way to do it? Acta Neurochir (Wien) 2020;162:101-7.
- 12- Berhouma M, Bahri K, Houissa S, Zimmel I, Khouja N, Aouidj L, et al. Management of intramedullary spinal cord tumors: Surgical considerations and results in 45 cases. Neurochirurgie 2009;55:293-302.
- 13- Sandalcioğlu IE, Gasser T, Asgari S, Lazorisak A, Engelhorn T, Egelhof T, et al. Functional outcome after surgical treatment of intramedullary spinal cord tumors: Experience with 78 patients. Spinal Cord 2005;43:34-41.

- 14- Klekamp J. Spinal ependymomas. Part 1: Intramedullary ependymomas. *Neurosurg Focus* 2015;39:E6.
- 15- Klekamp J. Treatment of intramedullary tumors: Analysis of surgical morbidity and long-term results. *J Neurosurg Spine* 2013;19:12-26.
- 16- Rabadán AT, Hernandez D, Paz L. Extent of resection and postoperative functional declination of Klekamp's type A intramedullary tumors in adult patients. *Surg Neurol Int* 2016;7:S976-9.
- 17-Chandy MJ, Babu S. Management of intramedullary spinal cord tumours: review of 68 patients *Hindistan* 1999;47:224-8.
- 18- Rabadán AT, Hernandez D, Paz L. Extent of resection and postoperative functional declination of Klekamp's type A intramedullary tumors in adult patients. *Surg Neurol Int* 2016;7:S976-9.
- 19- Bansal S, Ailawadhi P, Suri A, Kale SS, Sarat Chandra P, Singh M, et al. Ten years' experience in the management of spinal intramedullary tumors in a single institution. *J Clin Neurosci* 2013;20:292-8.
- 20- G.I. Jallo, K.F. Kothbauer, E.J. Epstein, Intrinsic spinal cord tumor resection, *Neurosurgery*, 49 (2001), pp. 1124-1128
- 21- I.E. Sandalcioğlu, T. Gasser, S. Asgari, A. Lazorisak, T. Engelhorn, T. Egelhof, *et al.* Functional outcome after surgical treatment of intramedullary spinal cord tumors: experience with 78 patients, *Spinal Cord*, 43 (2005), pp. 34-41
- 22- S.J. Jones, S. Buonomassa, H.A. Crockard, Two cases of quadriplegia following anterior cervical discectomy, with normal perioperative somatosensory evoked potentials, *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 74 (2003), pp. 273-276
- 23- A.I. Mehta, C.A. Mohrhaus, A.M. Husain, I.O. Karikari, B. Hughes, T. Hodges, *et al.* Dorsal column mapping for intramedullary spinal cord tumor resection decreases dorsal column dysfunction, *J Spinal Disord Tech*, 25 (2012), pp. 205-209
- 24- A. Quinones-Hinojosa, R. Lyon, G. Zada, K.R. Lamborn, N. Gupta, A.T. Parsa, *et al.* Changes in transcranial motor evoked potentials during intramedullary spinal cord tumor resection correlate with postoperative motor function, *Neurosurgery*, 56 (2005), pp. 982-993, [discussion: 982-993]
- 25- T.H. Schwartz, P.C. McCormick, Intramedullary ependymomas: clinical presentation, surgical treatment strategies and prognosis, *J Neurooncol*, 47 (2000), pp. 211-218
- 26- V. Rajshekhar, P. Velayutham, M. Joseph, K.S. Babu, Factors predicting the feasibility of monitoring lower-limb muscle motor evoked potentials in patients undergoing excision of spinal cord tumors, *J Neurosurg Spine*, 14 (2011), pp. 748-753

- 27- J.P. Ney, D.N. van der Goes, Evidence-based guideline update: intraoperative spinal monitoring with somatosensory and transcranial electrical motor evoked potentials. Report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology and the American Clinical Neurophysiology Society, *Neurology*, 79 (2012), p. 292,[author replies 292-294]
- 28- K.F. Kothbauer, V. Deletis, E.J. Epstein, Motor-evoked potential monitoring for intramedullary spinal cord tumor surgery: correlation of clinical and neurophysiological data in a series of 100 consecutive procedures, *Neurosurg Focus*, 4 (1998), p. e1
- 29- F. Sala, G. Palandri, E. Basso, P. Lanteri, V. Deletis, F. Faccioli, *et al.*, Motor evoked potential monitoring improves outcome after surgery for intramedullary spinal cord tumors: a historical control study, *Neurosurgery*, 58 (2006), pp. 1129-1143,[discussion: 1129-1143]
- 30- M.R. Nuwer, R.G. Emerson, G. Galloway, A.D. Legatt, J. Lopez, R. Minahan, *et al.*, Evidence-based guideline update: intraoperative spinal monitoring with somatosensory and transcranial electrical motor evoked potentials: report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology and the American Clinical Neurophysiology Society, *Neurology*, 78 (2012), pp. 585-589
- 31- S.J. Hyun, S.C. Rhim, Combined motor and somatosensory evoked potential monitoring for intramedullary spinal cord tumor surgery: correlation of clinical and neurophysiological data in 17 consecutive procedures, *Br J Neurosurg*, 23 (2009), pp. 393-400
- 32- L. Pelosi, J. Lamb, M. Grevitt, S.M. Mehdian, J.K. Webb, L.D. Blumhardt, Combined monitoring of motor and somatosensory evoked potentials in orthopaedic spinal surgery, *Clin Neurophysiol*, 113 (2002), pp. 1082-1091
- 33- Jenkinson, M., Jenkinson, M., Simpson, C., Nicholas, R., Miles, J., Findlay, G., & Pigott, T. (2006). Outcome predictors and complications in the management of intradural spinal tumours. *European Spine Journal*, 15, 203-210. <https://doi.org/10.1007/s00586-005-0902-x>.
- 34- Leary, O., Setty, A., Gong, J., Ali, R., Fridley, J., Fisher, C., Sahgal, A., Rhines, L., Reynolds, J., Lazáry, Á., Laufer, I., Gasbarrini, A., Dea, N., Verlaan, J., Bettgowda, C., Boriani, S., Mesfin, A., Luzzati, A., Shin, J., Cecchinato, R., Hornicek, F., Goodwin, M., & Gokaslan, Z. (2025). Prevention and Management of Posterior Wound Complications Following Oncologic Spine Surgery: Narrative Review of Available Evidence and Proposed Clinical Decision-Making Algorithm. *Global Spine Journal*, 15, 143S - 156S. <https://doi.org/10.1177/21925682241237486>.
- 35- Vinas-Rios, J., Heck, V., Medina-Govea, F., Islas-Aguilar, M., & Kernich, N. (2024). Perioperative complications in primary intramedullary tumors

- of the spine in adults. A multicenter surveillance study of 307 patients from the German Spine Registry (DWG-Register). *Journal of Craniovertebral Junction & Spine*, 15, 427 - 432. https://doi.org/10.4103/jcvjs.jcvjs_130_24.
- 36- Waguia, R., Wang, T., Mehta, V., Ramirez, L., McCray, E., Pennington, Z., Price, M., Dalton, T., Baëta, C., Sciubba, D., Karikari, I., Abd-El-Barr, M., & Goodwin, C. (2021). Risk factors for prolonged length of stay in patients undergoing surgery for intramedullary spinal cord tumors. *Journal of Clinical Neuroscience*, 91, 396-401. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2021.06.046>.
- 37- Corvino, S., Berardinelli, J., Corazzelli, G., Altieri, R., Dallan, I., Corrivetti, E., & De Notaris, M. (2025). Surgical risk of CSF leakage following endoscopic transorbital approach for anterior and middle skull base pathologies: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurgical Review*, 48.

Lumbar Disc Surgery Complications and Management, From Recent Literature

Ozan Aydoğdu¹

Cihan Alp Cihangiroğlu²

Abstract

Lumbar disc herniation surgery is generally safe, but intraoperative and postoperative complications still determine functional outcome, medico-legal risk, and patient satisfaction. Over the last decade, the spectrum of techniques—from conventional open and microscopic discectomy to tubular microendoscopic and full-endoscopic procedures—has expanded, as have anesthetic strategies ranging from general anesthesia to spinal and other regional techniques. Recent systematic reviews and large cohort series confirm that overall complication rates are low and broadly comparable across techniques, but the type and timing of complications differ between macroscopic, microscopic, and endoscopic approaches and are modulated by anesthetic choice. This chapter reviews intraoperative and postoperative complications of lumbar disc surgery across open, microscopic, and endoscopic techniques, with emphasis on literature from approximately the last five years and on series including Turkish cohorts. Practical checklists highlight key decision points in preoperative risk stratification, intraoperative prevention, and postoperative surveillance for neurosurgeons.

- 1 Corresponding Author: MD Specialist Neurosurgeon, Muğla Training and Research Hospital Department of Neurosurgery, E-mail: md.o.aydogdu@gmail.com – ORCID: 0000-0002-5998-2673
- 2 MD Neurosurgery Resident, Muğla Sıtkı Koçman University Faculty of Medicine Department of Neurosurgery, E-mail: doublecihan@gmail.com, ORCID: 0009-0003-4586-1699

1. INTRODUCTION

Lumbar disc herniation (LDH) is a leading cause of lumbosacral radiculopathy and work disability in adults. When adequate conservative therapy fails, surgical discectomy—traditionally open discectomy (OD) or microscopic discectomy (MD)—offers rapid decompression and durable pain relief for most patients [2,4,11]. Minimally invasive and endoscopic techniques, including microendoscopic discectomy (MED), percutaneous endoscopic lumbar discectomy (PELD), full-endoscopic lumbar discectomy (FELD) with transforaminal (TELD) or interlaminar (IELD) approaches, and unilateral biportal endoscopic (UBE) discectomy, were introduced to reduce approach-related morbidity [1,2,7,12].

Recent network meta-analyses and large systematic reviews report overall complication rates for LDH surgery in the range of 5–20% depending on technique, definition, and follow-up [1,2,4,11]. Typical rates include recurrent disc herniation of about 3–15%, incidental durotomy 1–7%, new or worsened neurological deficit 1–5%, nerve-root injury 0.3–3%, and wound or deep infection 0.1–2.4% [1,2,4]. While PELD and other endoscopic techniques tend to show lower overall complication rates than OD/MD, they may carry slightly higher risks of re-herniation or approach-specific dysesthesia in some series [1,2,13].

Parallel developments have occurred in anesthesia. General anesthesia (GA) remains the dominant modality worldwide, but spinal anesthesia (SA), epidural anesthesia, and local anesthesia with monitored sedation are increasingly used for limited lumbar procedures, particularly MD, MED, and endoscopic discectomy [3,8,14]. Comparative studies and systematic reviews suggest that SA and other regional techniques can reduce intraoperative blood loss, postoperative nausea and vomiting (PONV), and early analgesic requirements but may increase urinary retention and post-dural puncture headache (PDPH) [3,8,14].

For the neurosurgeon, a pragmatic understanding of these complications—rather than a purely technique-driven enthusiasm—is essential, especially as day-case discectomy and outpatient endoscopic surgery become more common. This chapter synthesizes current evidence, highlights data from recent literature, and integrates both single-center and multicenter experiences to form a comprehensive global perspective [5–10,15–18].

Checklist 1. Pre-operative risk stratification in lumbar disc surgery

- Confirm indication: concordant radicular symptoms and imaging, failure of adequate conservative therapy, and realistic patient expectations.
- Review bleeding risk: antiplatelet/anticoagulant therapy, history of VTE, liver disease, systemic steroid use, and planned neuraxial anesthesia.
- Screen for infection risk: diabetes, obesity, smoking, malnutrition, chronic skin disease, and prior wound problems.
- Identify anatomical complexity: highly migrated or sequestered fragment, far-lateral or foraminal herniation, L5–S1 with high iliac crest, congenital anomalies, or prior surgery.
- Stratify patient-related risk factors for complications and recurrence: age >70 years, obesity, diabetes, heavy smoking, advanced Modic changes, and physically demanding work [1,2,6,19].
- Match technique to pathology and surgeon expertise (OD/MD vs MED vs PELD/FELD vs UBE) rather than pursuing the “smallest incision” at all costs [1,2,7,12].
- Discuss with the patient the specific profile of complications (durectomy, infection, recurrence, instability, chronic pain) and the potential need for re-operation.

2. SURGICAL TECHNIQUES AND ANESTHESIA MODALITIES

2.1. Open and microscopic discectomy

Conventional open discectomy with partial laminectomy and MD with microscope-assisted unilateral laminotomy remain benchmark techniques. MD allows smaller incisions and less muscle dissection with excellent visualization and is still regarded as the “gold standard” in many countries [4,11,18]. Large systematic reviews and meta-analyses report overall complication rates around 10–15% for OD/MD, with durotomy 2–4%, neurological complications 2–3%, and infection ~1–2% [1,2,4,11]. Recurrent LDH after MD is typically reported in the 3–10% range over mid-term follow-up [1,6,11,20]. Microdiscectomy series, including cohorts of more than 1000 patients, show comparable recurrence and re-operation rates and emphasize smoking, obesity, and certain radiological features (e.g., larger herniation volume, advanced degeneration) as risk factors for recurrence [6,16,19]. MD therefore remains the most widely used technique in routine neurosurgical practice.

2.2. Microendoscopic discectomy (MED)

MED employs a tubular retractor and endoscope or microscope introduced through a 1.5–2 cm incision, aiming to preserve paraspinal musculature. Comparative trials and meta-analyses have generally shown similar clinical outcomes between MED and MD, with shorter hospital stay and faster early recovery after MED but modestly longer operative times [2,4,11]. Complication patterns are broadly similar, though some series note slightly higher early rates of dural tear or nerve-root irritation during the learning curve [2,11].

2.3. Full-endoscopic lumbar discectomy (PELD, TELD, IELD, UBE)

Full-endoscopic discectomy uses a working-channel endoscope under continuous irrigation via transforaminal (PELD/TELD), interlaminar (IELD), or biportal (UBE) approaches [7,12,13]. Recent systematic reviews and randomized trials confirm non-inferiority of PELD/FELD compared with MD in terms of leg-pain reduction and functional improvement, with equal or lower overall complication rates and shorter hospital stay [1,2,12,13].

A 2022 systematic review of LDH discectomy techniques (Bombieri et al.) reported overall complication rates around 5–8% for PELD compared with 12–17% for OD/MD in pooled RCT and cohort data, although re-herniation rates may be slightly higher after PELD in some series [1]. Network meta-analysis by Chen et al. similarly ranked PELD as the technique with the lowest overall complication rates but noted that re-operation rates were not dramatically different among techniques [2].

Large endoscopic series have reported perioperative complication rates of approximately 5–7%, including durotomy, transient dysesthesia, pudendal neuralgia, infection and epidural hematoma [7,10,13,15]. Many of these complications are transient and improve with conservative management, particularly sensory disturbances related to dorsal-root ganglion (DRG) irritation after transforaminal procedures [7,10,13].

2.4. General versus spinal and other regional anesthesia

Most OD/MD procedures worldwide are still performed under GA. However, numerous prospective comparative series and systematic reviews have evaluated SA and other regional techniques in lumbar spine surgery, including LDH discectomy [3,8,14]. A comparative study by Dagistan et al. reported that MD under SA was associated with shorter total anesthetic

time, lower intraoperative blood loss, lower intraoperative mean arterial pressure, and reduced early postoperative analgesic requirement compared with GA, at the cost of higher urinary retention [3]. A broader systematic review of GA versus SA in lumbar surgery found that SA was associated with less PONV, reduced opioid consumption, and shorter length of stay, without major differences in serious neurological or cardiopulmonary events when patients were appropriately selected [8,14].

Regional anesthesia techniques are particularly attractive for endoscopic procedures performed in ambulatory settings, enabling intraoperative patient feedback and early mobilization. However, neuraxial anesthesia is contraindicated or relatively contraindicated in patients with coagulopathy, uncontrolled anticoagulation, or severe spinal canal compromise, and it carries rare but serious risks such as spinal hematoma and cauda equina syndrome [8,14].

Checklist - Choosing Surgical and Anesthetic Technique

- Choose MD as the baseline option when anatomy is straightforward and endoscopic experience is limited.
- Consider MED or full-endoscopic (TELD/IELD/UBE) techniques for young or working patients, obesity and recurrent herniation after prior MD, provided an experienced endoscopic team is available [1,2,7,10,12].
- Use interlaminar endoscopy for large L5–S1 herniations with high iliac crest, and transforaminal endoscopy for foraminal or extraforaminal herniations [7,12,13].
- Prefer GA for anxious patients, prolonged multilevel procedures, or when rapid airway control may be needed.
- Consider SA or other regional techniques for short-segment LDH surgery in stable patients to minimize PONV and facilitate early discharge, while respecting contraindications to neuraxial anesthesia [3,8,14].
- Apply the technique that the surgeon can perform safely and reproducibly, rather than the newest or most minimally invasive option.

3. INTRAOPERATIVE COMPLICATIONS

3.1. Wrong-level Surgery

Wrong-level exposure is an uncommon but serious event, reported in most large LDH series at <1% [1,2,4]. It has been described with open, microscopic, and endoscopic techniques. Risk factors include obesity, transitional vertebrae, scoliosis, and inadequate fluoroscopic imaging. Prevention depends on systematic use of intraoperative fluoroscopy after positioning and before bone removal, careful counting of levels on

preoperative MRI and CT, and heightened vigilance when anatomical landmarks are ambiguous.

If wrong-level exposure is recognized intraoperatively, the correct level should be decompressed in the same session whenever possible, with meticulous documentation and transparent postoperative communication. Delayed recognition may contribute to persistent symptoms and medicolegal consequences.

3.2. Incidental Durotomy and Cerebrospinal Fluid (CSF) Leak

Incidental durotomy is among the most frequent intraoperative complications of LDH surgery. Recent systematic reviews and large series report durotomy rates typically between 1% and 7%, varying with pathology, technique, and whether the case is primary or revision [1,2,4,11]. MD and OD series commonly show rates of 2–4%, while experienced endoscopic centers report rates around 1–3%, with the highest risk during early learning phases [1,2,7,10,13].

Risk factors include older age, severe canal stenosis, thickened ligamentum flavum, revision surgery with dense scar, female sex, and antiplatelet or anticoagulant use [1,2,11,19]. Incomplete removal of ossified ligament or aggressive resection in the lateral recess can predispose to tears. Durotomy is independently associated with an increased risk of postoperative infection and readmission [2,11].

Management follows general principles:

- Small, linear tears accessible via the approach should be primarily closed with fine non-absorbable sutures when technically feasible, sometimes augmented with a small autologous fat or muscle graft and fibrin sealant.
- Larger, complex, or ventral tears may require patch techniques and fibrin sealant without complete suturing; in some cases, conversion from endoscopic to microscopic or open exposure is prudent.
- In endoscopic surgery, very small tears can sometimes be managed with hemostatic material and sealant applied via the working channel, with careful observation postoperatively; however, low threshold for conversion is advisable for high-flow leaks.

Postoperatively, patients with durotomy should be observed for orthostatic headache, nausea, clear wound drainage, pseudomeningocele, and meningitis. Conservative management includes short-term supine positioning, adequate

hydration, and careful wound care. Persistent high-flow leakage, enlarging pseudomeningocele, or infection usually mandates re-exploration, dural repair, and occasional lumbar drainage [11].

3.3. Nerve-root and Cauda Equina Injury

Iatrogenic nerve-root trauma may arise from excessive retraction, inadvertent instrument contact, or thermal injury from bipolar or radiofrequency devices. In large series, permanent nerve-root injury is rare (approximately 0.3–1.5%), but transient postoperative neurological deficits are more common, particularly after minimally invasive or endoscopic techniques [1,2,4,11]. Microtrauma to the exiting nerve root or DRG is a recognized mechanism of postoperative dysesthesia, particularly after transforaminal PELD [7,10,13].

Prevention emphasizes constant visualization of neural structures before advancing instruments, gentle and intermittent retraction, judicious energy settings, and avoidance of blind disc curettage in the foraminal and extraforaminal zones. New postoperative motor deficits should prompt urgent MRI to exclude compressive lesions such as residual fragment or epidural hematoma. When compression is present, early re-exploration improves neurological prognosis [11].

3.4. Vascular and Visceral Injury

Major vascular or visceral injury during LDH surgery is exceedingly rare but potentially catastrophic. Cases of retroperitoneal hematoma, segmental vessel injury, and visceral perforation have been reported, mostly in association with over-penetration of instruments beyond the anterior annulus or imprecise trajectory during transforaminal approaches [2,4,11]. Prevention requires meticulous fluoroscopic control in anteroposterior and lateral planes, respect for the anterior longitudinal ligament, and a clear understanding of the limits of Kambin's triangle.

Intraoperative hypotension, unexplained blood loss, abdominal distension, or postoperative retroperitoneal pain should raise suspicion and prompt immediate vascular and general-surgical consultation and targeted imaging.

3.5. Epidural Bleeding and Hematoma

Epidural venous bleeding is common, especially in obese patients and those with elevated venous pressure. With appropriate bipolar coagulation, irrigation, and hemostatic agents, it rarely progresses to clinically significant

epidural hematoma. However, symptomatic postoperative epidural hematoma, though uncommon (around 0.1–0.4%), may cause rapid neurological deterioration and requires emergency decompression [2,4,11].

Risk factors include uncontrolled hypertension, coagulopathy, continued antithrombotic therapy, extensive decompression, and prolonged surgery. Careful preoperative management of coagulation status, controlled blood pressure, and meticulous hemostasis are essential preventive measures.

3.6. Anesthesia-related Intraoperative Events

Under GA, relevant intraoperative complications include airway difficulties, hypotension, arrhythmia, and positioning-related problems, such as pressure neuropathies and, very rarely, postoperative visual loss in prolonged prone procedures [4,11]. Under SA and other neuraxial techniques, hypotension, bradycardia, high spinal block, and local anesthetic toxicity are the main intraoperative issues, though serious neurological complications are rare in large series and registries [8,14].

A recent systematic review comparing SA and GA in lumbar surgery found that SA was associated with lower intraoperative blood pressure and heart rate, less blood loss, and shorter recovery-room stay, without significant differences in major cardiopulmonary events [8,14]. Dagistan et al. similarly reported lower early postoperative pain scores and reduced opioid requirement with SA in MD, but more frequent urinary retention [3].

Checklist - Intraoperative Prevention of Complications

- Confirm correct level fluoroscopically after positioning and again before bone removal.
- Protect the dura during flavectomy using undercutting techniques and avoiding “blind” rongeur bites.
- Maintain continuous visualization of neural structures; never advance instruments beyond the field of view.
- Minimize root retraction time and force; release retraction regularly.
- Coordinate anticoagulation management with anesthesia; adhere to evidence-based intervals for stopping and restarting agents when neuraxial techniques are used.
- Limit irrigation pressure and procedure time in endoscopic surgery to reduce risk of intracranial pressure elevation and fluid-related complications.
- Ensure the availability of a durotomy-repair set and a standardized algorithm for intraoperative CSF leak management.

4. EARLY POSTOPERATIVE COMPLICATIONS (0–30 DAYS)

4.1. Wound Complications and Infection

Postoperative wound problems range from superficial erythema and seroma to deep infection and spondylodiscitis. Modern series report surgical-site infection (SSI) rates after LDH surgery between 0.1% and 2.4%, with lower rates in minimally invasive and endoscopic procedures than in open approaches [1,2,4,11,13]. Risk factors include diabetes, obesity, smoking, prolonged operative time, revision surgery, durotomy, and CSF leak [2,11,18].

Superficial SSIs may respond to local wound care and short-course oral antibiotics. Deep infections and discitis require MRI confirmation, long-term targeted intravenous antibiotics, and, in selected cases, surgical debridement, drainage, or removal of infected material [11]. Endoscopic debridement has been described as a minimally invasive option for selected infectious complications [13].

4.2. Persistent CSF Leak and Pseudomeningocele

Unrecognized or inadequately treated intraoperative dural tears may manifest in the early postoperative period as clear wound drainage, positional headache, neck pain, or a subcutaneous fluid collection. Small leaks can often be treated conservatively with a brief period of bed rest, compressive dressing, and avoidance of Valsalva maneuvers. Persistent high-flow leakage, enlarging pseudomeningocele, or meningitic signs require imaging and usually surgical revision. In rare refractory cases, shunting procedures may be needed [11].

4.3. Acute Neurological Deterioration

New motor deficit, cauda equina syndrome, or severe recurrent radiculopathy within the first days after surgery should be treated as a neurosurgical emergency. Differential diagnoses include residual or migrated disc fragment, epidural hematoma, compressive seroma, and severe nerve-root edema. Immediate clinical evaluation and urgent MRI are mandatory. When a compressive lesion is identified, prompt re-exploration and decompression offer the best chance for neurological recovery [11].

4.4. Radicular Pain Flare-up, Dysesthesia, and Pudendal Neuralgia

Transient exacerbation of radicular pain and sensory disturbances are well recognized after LDH surgery. In endoscopic transforaminal procedures,

DRG irritation can result in burning dysesthesia in the exiting-root distribution, typically improving over weeks with neuropathic pain medication and physiotherapy [7,10,13]. Pudendal neuralgia and perineal dysesthesia have been reported after aggressive retraction or misplaced working channels, but are rare [7,10].

Persistent or worsening symptoms should prompt imaging to exclude residual compression or recurrent herniation. If structural pathology is absent, conservative management with neuropathic pain agents, physical therapy, and occasionally selective nerve-root blocks is usually effective.

4.5. Urinary Retention and Bladder Dysfunction

Urinary retention is common after LDH surgery, particularly under SA, and is generally transient. Contributing factors include neuraxial blockade, perioperative opioids, and longstanding preoperative bladder dysfunction. Routine bladder scanning and intermittent catheterization for retention help prevent over-distension and urinary tract infection. Persistent bladder dysfunction beyond the expected resolution of anesthesia warrants neurological evaluation and repeat imaging to exclude cauda equina syndrome.

4.6. Venous Thromboembolism (VTE) and Systemic Events

Symptomatic VTE after single-level LDH surgery is relatively rare (usually <2–3%), but the consequences can be serious [2,4,11]. Early mobilization, mechanical prophylaxis, and risk-adapted pharmacologic prophylaxis according to standard spine-surgery and thrombosis guidelines are recommended. Elderly and frail patients are at higher risk of medical complications (urinary tract infection, pneumonia, delirium), and proactive geriatric comorbidity management improves outcomes [5,9].

Checklist - Early Postoperative “Red Flags”

- New or progressive motor weakness, saddle anesthesia, or sphincter dysfunction.
- Severe back or leg pain after an initial pain-free interval.
- Fever, wound drainage—especially clear fluid—or severe positional headache.
- Increasing back pain with neurological deterioration suggesting epidural hematoma.
- Persistent urinary retention beyond expected anesthetic effect or new incontinence.
- Dyspnea, chest pain, or tachycardia suggestive of pulmonary embolism.

5. LATE COMPLICATIONS (>30 DAYS)

5.1. Recurrent Lumbar Disc Herniation

Recurrent LDH is usually defined as herniation at the same level (often same side) after a pain-free interval of at least six months. Contemporary series report recurrence in approximately 3–15% of patients following LDH surgery, with most large cohorts clustering around 4–8% [1,2,4,6,19]. Recent Turkish multicenter analysis of more than 1200 microdiscectomy cases found recurrence rates in this range and identified smoking, obesity, Modic changes, and certain disc morphology features as independent risk factors [6,19].

Management depends on symptom severity, neurological status, and radiological findings. A small subset of patients with mild symptoms may respond to renewed conservative therapy, but in most cases with recurrent radicular pain and clear neural compression, surgery is preferred. Both revision MD and full-endoscopic discectomy have shown good outcomes in recurrent LDH, with endoscopic revisional surgery offering the advantage of limited additional tissue damage when performed by experienced surgeons [9,10,15].

5.2. Segmental Instability and Deformity

Because LDH surgery typically involves limited bone removal, clinically significant iatrogenic segmental instability is uncommon. However, extensive facet resection, multilevel decompression, prior laminectomies, and underlying degenerative spondylolisthesis can predispose to progressive mechanical back pain and recurrent radiculopathy [2,11]. Diagnosis relies on standing radiographs (including flexion-extension views) and MRI. Management ranges from physiotherapy and core-stabilization programs to instrumented fusion in selected patients with radiographic instability and persistent disabling symptoms.

5.3. Chronic Pain and Failed Back Surgery Syndrome (FBSS)

Despite technically successful decompression and satisfactory early outcomes, a subset of patients develop chronic pain and disability. Etiologies of FBSS include recurrent or residual disc herniation, epidural fibrosis, facet or sacroiliac joint pain, psychosocial factors, and maladaptive central pain processing [11,21]. Preoperative risk factors include high baseline pain intensity, depression, pain catastrophizing, and work dissatisfaction [21].

Management requires a multimodal approach: detailed reassessment, repeat MRI (often with contrast) to distinguish recurrent herniation from scar, targeted injections, optimization of medical therapy, cognitive-behavioral interventions, and, in refractory cases without compressive pathology, neuromodulation such as spinal cord stimulation [21].

5.4. Endoscopy-Specific Late Complications

Endoscopy-specific late complications are rare but include delayed pseudomeningocele, chronic DRG neuropathy, infection related to retained fragments or foreign material, and symptomatic epidural fibrosis around the endoscopic tract [7,10,13]. Their prevention relies on meticulous technique, adherence to standardized operative steps, and adequate training and supervision during the learning curve.

Checklist - Long-term Follow-up Priorities

- Re-evaluate radicular symptoms and functional scores within the first 6–12 months to detect recurrence early.
- Educate patients regarding realistic expectations, ergonomics, and lifestyle modification (smoking cessation, weight control, core strengthening).
- Use MRI selectively for recurrent or persistent radicular pain and for new neurological deficits.
- Consider targeted pain interventions and multidisciplinary rehabilitation before re-operation when no clear compressive lesion is present.
- Coordinate care with primary physicians and pain specialists for patients at risk of FBSS.

6. COMPARATIVE COMPLICATION PROFILES ACROSS TECHNIQUES AND ANESTHESIA

6.1. Open/Microscopic versus Endoscopic Discectomy

The key question for practicing neurosurgeons is not whether endoscopic techniques “work”—they do—but how their complication patterns differ from MD and how this should influence case selection. The most robust contemporary evidence indicates:

- Overall complication rates are low for all techniques and broadly similar when high-volume, experienced centers are compared [1,2,4,11].
- PELD and other full-endoscopic techniques often show lower overall complication rates than OD/MD in pooled analyses, driven mainly by reduced wound complications and infections [1,2,13].

- Durotomy rates tend to be lowest in well-established endoscopic and MD series and highest in open decompression or complex revision cases [1,2,7,11].
- Neurological complication rates are low across all techniques; minimally invasive and endoscopic approaches may show slightly higher rates of transient dysesthesia or DRG-related neuropathic pain, whereas OD/MD may show slightly higher rates of direct root injury in some older series [1,2,4,7,11].
- Recurrent herniation rates are similar across techniques but may be marginally higher after some PELD protocols, particularly early in the learning curve, and in high-risk patients [1,2,4,6,10,19].

Large comparative studies and RCTs involving TELD/IELD, PELD, UBE, MED, and MD consistently demonstrate non-inferiority in terms of pain relief and disability improvement, with shorter hospital stay and faster early recovery for endoscopic and MED techniques [1,2,7,12,13,17].

6.2. Effect of Anesthetic Technique on Complications

With respect to anesthesia, level-1 evidence directly specific to LDH surgery remains limited, but several comparative trials and systematic reviews in lumbar surgery provide consistent signals [3,8,14]:

- SA and other neuraxial techniques are associated with lower intraoperative blood loss, lower heart rate and blood pressure, less PONV, shorter recovery-room stay, and reduced early opioid requirements compared with GA [3,8,14].
- GA offers superior airway control and is preferred for prolonged procedures, complex deformity and combined anterior–posterior approaches.
- Serious neuraxial complications such as spinal epidural hematoma are rare but potentially devastating; strict adherence to anticoagulation guidelines and meticulous postoperative neurological monitoring are essential when SA/epidural techniques are used [8,14].
- Overall rates of major cardiopulmonary complications and neurological outcomes do not differ significantly between GA and SA when patient selection is appropriate [8,14].

Checklist - Matching Technique and Anesthesia to Patient Risk

- In high bleeding-risk patients (e.g., antithrombotic use, coagulopathy), minimize soft-tissue dissection, optimize coagulation preoperatively, and consider MD or endoscopic approaches with careful hemostasis.
- In high infection-risk patients (e.g., diabetes, obesity, long operative times), favor shorter procedures, meticulous wound care, and early mobilization; treat CSF leaks aggressively.
- In patients with significant cardiopulmonary disease, consider SA or local anesthesia with monitored sedation for short procedures, in close collaboration with anesthesia colleagues, and avoid prolonged GA when possible.
- In complex revision cases or when anatomy is distorted, prioritize the technique with which the surgeon has the greatest experience and control (often MD or UBE) rather than the most minimally invasive option.
- Embed anesthesia choice in a standardized institutional protocol that includes clear thresholds for conversion to GA and documented postoperative neurological checks.

7. REHABILITATION AND PREVENTION OF SECONDARY COMPLICATIONS

Rehabilitation after LDH surgery aims to consolidate neurological recovery, minimize recurrence, and prevent chronic pain. Randomized trials and prospective cohorts support early mobilization and structured core-stabilization programs after discectomy; such programs improve pain and function without increasing re-herniation [11,18,22]. Typical elements include early ambulation, progressive strengthening of trunk and hip musculature, stretching of hamstrings and hip flexors, and graded return to aerobic activity and work tasks.

Patient education is central: instruction in proper lifting techniques, avoidance of extreme flexion/rotation under load, ergonomic optimization at work, and weight management all contribute to long-term success. Patients with psychosocial risk factors for chronic pain benefit from early integration of cognitive-behavioral strategies and multidisciplinary pain management [21,22].

Checklist - Practical postoperative rehabilitation plan

- Mobilize on the day of surgery or first postoperative day whenever medically feasible.
- Begin simple isometric core and lower-limb exercises in the early postoperative period as pain allows.
- Initiate a structured physiotherapy program within 2–6 weeks, focusing on dynamic lumbar stabilization and gradual return to daily activities and work.
- Counsel patients on smoking cessation and weight reduction, particularly in the presence of risk factors for recurrence.
- Screen for psychological distress; involve pain and mental-health specialists early in patients with high pain catastrophizing or poor coping.

8. CONCLUSIONS

Complications of lumbar disc surgery are multifactorial and technique-, patient-, and anesthesia-dependent. Contemporary evidence from the last five years confirms that OD, MD, MED, PELD/FELD, and UBE all achieve high rates of pain relief and functional improvement, with low and broadly comparable overall complication rates when performed in experienced hands [1,2,4,7,11–13]. Endoscopic techniques appear to reduce wound-related morbidity and length of stay but introduce specific neuropathic and technical complications, particularly early in the learning curve. Anesthetic choice modulates perioperative morbidity and recovery profile rather than dramatically changing major surgical complication rates, provided that patient selection and anticoagulation management are appropriate [3,8,14].

For the practicing neurosurgeon, the most effective strategy to reduce complications is not a single “best” technique but rather careful preoperative risk assessment, appropriate matching of technique and anesthesia to patient and pathology, meticulous intraoperative technique, and structured postoperative surveillance and rehabilitation. Incorporating evidence-based checklists and institutional protocols, and learning from national and international registry data—including growing Turkish experience—can further improve safety and outcomes for patients undergoing lumbar disc surgery.

References

1. Bombieri FF, Shafafy R, Elsayed S. Complications associated with lumbar discectomy surgical techniques: a systematic review. *J Spine Surg.* 2022;8(3):377–389.
2. Chen X, Chamoli U, Castillo JV, Ramakrishna VAS, Diwan AD. Complication rates of different discectomy techniques for symptomatic lumbar disc herniation: a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J.* 2020;29(8):1752–1764.
3. Dagistan Y, Okmen K, Dagistan E, Guler A, Ozkan N. Lumbar microdiscectomy under spinal and general anesthesia: a comparative study. *Turk Neurosurg.* 2015;25(5):685–689.
4. Di L, Wang A, Stillman KE, et al. A systematic review and meta-analysis of preoperative characteristics and postoperative outcomes in patients undergoing endoscopic spine surgery: Part I, endoscopic microdiscectomy. *J Clin Med.* 2025;14(19):6757.
5. Liang H, Liu G, Li F, et al. Clinical outcomes of lumbar spinal surgery in patients 80 years or older: a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J.* 2020;29(9):2129–2142.
6. Gülensoy M, Karabulut O, Tekin B, et al. Recurrence of lumbar disk herniation after microdiscectomy: a two-center retrospective analysis and identification of risk factors. *Turk J Med Sci.* 2023;53(5):1254–1261.
7. Yorukoglu AG, Goker B, Tahta A, et al. Fully endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy for herniated discs in 835 patients. *Neurocirugia (Astur).* 2017;28(5):235–241.
8. Meng T, Zhong Z, Meng L. Impact of spinal anesthesia versus general anesthesia on perioperative outcome in lumbar spine surgery: a systematic review and meta-analysis. *Anaesthesia.* 2017;72(3):391–401.
9. Goker B, Aydin AL. Endoscopic surgery for recurrent disc herniation after microscopic or endoscopic lumbar discectomy. *Turk Neurosurg.* 2019;29(5):705–713.
10. Öztürk C, Yüceer N, Erşen O, et al. The results and complications of interlaminar endoscopic approach for lumbar disc herniation: a single-surgeon experience. *J Turk Spinal Surg.* 2024;35(1).
11. Harper N, Klineberg EO. The evidence-based approach for surgical complications in the treatment of lumbar disc herniation. *Int Orthop.* 2019;43(4):857–869.
12. Meyer G, da Rocha ID, Cristante AF, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy versus microdiscectomy for the treatment of lumbar disc herniation: pain, disability, and complication rate—a randomized clinical trial. *Int J Spine Surg.* 2020;14(1):72–78.

13. Complications of full-endoscopic lumbar discectomy versus open lumbar discectomy: a comparative cohort study. *Spine J.* 2022;22(4):567–576.
14. Mooney J, Day A, Alvi MA, et al. Microendoscopic lumbar discectomy with general versus local anesthesia and sedation: a comparative study. *NASS Open Access.* 2022;3(1):100032.
15. Jitpakdee K, Kotheeranurak V, Lin GX, Kim JS. Transforaminal versus interlaminar endoscopic lumbar discectomy for lumbar disc herniation: a systematic review and meta-analysis. *Global Spine J.* 2023;13(2):221–233.
16. Özger H, Kaplan N. Evaluation of clinical outcomes of 271 patients undergoing lumbar microdiscectomy in a single Turkish center. *Ann Med Res.* 2020;27(2):664–669.
17. Kaptan H, Sari R, Özkara B, et al. Short-term outcomes of three different surgical practices in lumbar disc herniation: microdiscectomy, microdiscectomy with interspinous device, and microdiscectomy with fusion. *Nobel Med.* 2022;18(1).
18. Evaluation of surgical complications after herniated lumbar disc surgery: a retrospective cohort study. *J Orthop.* 2023;36:245–252.
19. Factors influencing recurrence rates and surgical outcomes in patients with lumbar disc herniation: a single-center experience. *Med Sci Monit.* 2023;29:e942012.
20. Goparaju Praveen VNR, Rajamani PA, Kulkarni AG, Bhojraj SY, Rajasekaran S, Chhabra HS, et al. A Two-year Outcome of Various Techniques of Discectomy On Complications: A Multicentric Retrospective Study. *J Minim Invasive Spine Surg Tech.* 2022;7(1):53–59.
21. Orhurhu VJ, Chu R, Gill J. Failed back surgery syndrome. In: *StatPearls [Internet]*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024.
22. Lin Y, Chen Q, Wang R, et al. Continuity of care in lumbar disc herniation: a systematic review and meta-analysis providing a deeper look into postoperative efficacy. *Front Med.* 2025;12:1536391.

Lomber Endoskopik Cerrahide Komplikasyon Yönetimi

Veli Çıtlı¹

Özet

Geçmişte, endoskopik omurga cerrahisinin kullanımı intervertebral diskektomi ile sınırlıydı; ancak son zamanlarda spinal stenoz ve foraminal stenoz gibi çeşitli omurga dejeneratif hastalıklarının tedavisi mümkün hale gelmiştir. Bununla birlikte, endoskopik omurga cerrahisi geliştikçe ve endikasyonları genişledikçe, çok çeşitli ve gelişmiş cerrahi teknikler kullanılmaya başlandı ve buna paralel olarak endoskopik omurga cerrahisinin komplikasyonları da arttı. Bu komplikasyonlar; tedavi edilen bölgeye ve uygulanan cerrahi yönetime göre değişmektedir. En sık görülen komplikasyonlar, dura yırtılması, radikls yaralanması, vasküler hasar, dizestezi, enfeksiyon, peritoenal veya psoas hematomu, rezidü ve rekürrens disk, instabilite, artmış epidural basınca bağlı baş ağrısı olarak sıralanabilir. Bu komplikasyonların görülmemesi ve saptandığında da gereken tedavinin yapılması için, uygun endikasyonda dikkatli cerrahi uygulamak ve komplikasyonlara karşı aşırı hassas davranmak gerekmektedir.

1. Giriş

Endoskopik tekniklerin gelişmesine paralel olarak, endoskopik omurga cerrahisi, spinal cerrahi girişimler arasında en popüler cerrahi yaklaşım haline gelmiştir. Minimal invaziv cerrahi teknikler, özellikle erken iş hayatına dönmek isteyen genç insanlar ve nüfusun yaşlanması göz önüne alındığında, birçok kişiye güvenli ve etkili tedavi seçeneği sunmada anlamlı bir ileri adımı temsil etmektedir. Endoskopik omurga cerrahileri, lomber disk hernisi ve spinal stenoz tedavisinde açık cerrahilere alternatif olarak uygulanan minimal invaziv tekniklerdir. Endoskopik omurga cerrahisi yöntemlerinin geleneksel açık tekniklere kıyasla birçok avantajı olduğu bilinmektedir. Endoskopik teknikler hem kemik hem de kas yapılarına gelen travmayı en aza indirerek minimum

1 Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı

kan kaybına, hızlı fonksiyonel iyileşmeye, daha az postoperatif ağrıya ve günlük aktivitelere hızlı dönmeye neden olur. Son yıllarda yapılan birçok bilimsel çalışma da bu minimal invaziv prosedürlerle ilişkili bu ciddi avantajları gözler önüne sermektedir (1).

2. Lomber Endoskopik Cerrahide Komplikasyonlara Bakış

Bilimsel literatür endoskopik cerrahinin etkinliğini desteklemekte ve tedavi edilen bölgeye ve uygulanan cerrahi tekniğe göre farklı komplikasyon oranları bildirmektedir.

Özellikle perioperatif (≤ 3 ay) ve geç (> 3 ay) komplikasyonlara ait veriler toplanarak şu şekilde gruplandırılma yapılmıştır; Cerrahi teknik [tek portal tam endoskopik omurga cerrahisi (UES) veya tek taraflı çift portal endoskopik omurga cerrahisi (UBESS)], yaklaşım türü [interlaminar veya transforaminal], prosedür türü [diskektomi/dekompresyon veya füzyon] (2), Glassman'a göre perioperatif komplikasyonlar "major" ve "minör" olarak sınıflandırılmıştır (3). Geç komplikasyonlar da Sciubba' a göre tanımlanmıştır (4). Genel komplikasyonlar, Zanirato A. ve ark. tarafından önerilen IOC derecelendirmesine (IOC, belirli bir komplikasyonu olan hasta sayısı ile aynı cerrahi teknik kategorisine atanan toplam hasta sayısı arasındaki oran) göre daha da sınıflandırılmıştır (5, 6).

2.1.Uniportal tam endoskopik omurga cerrahisi

Literatürde endoskopik cerrahide en çok araştırılan teknik uniportal lomber dekompresyon veya diskektomi olup, bu teknikte perioperatif dönemde en sık görülen komplikasyonlar tanımlanmaktadır.

2020 yılında Chen ve ark. 119 hastayı analiz ederek %0,84 dura yırtığı, %2,46 nöral yaralanma, %1,68 geçici dizestezi, %5,04 rezidüel hematoma, %3,36 fıtıkta tekrarlama ve %8,40 yeniden ameliyat oranı bildirilmiştir (7). Geç komplikasyonlar oldukça nadir olup Lee ve ark. 213 hastadan birinde spondilolistezisli segmental instabilite saptandığını bildirmiştir. Disk hernisi veya kanal stenozunun tekrarlama, geç tekrarlama kıyasla ilk 3 ayda, fıtıklaşmış disklerin eksik çıkarılmasıyla (%1,4) birlikte daha sık görüldüğü saptanmıştır(8). Compagnone ve ark nın yazdığı derlemede, uniportal endoskopik dekompresyon tedavisi gören 7000'den fazla hastayı analiz etmişler ve perioperatif dönemde %9,26'lık genel bir komplikasyon oranı ve %0,2'lik bir açık cerrahiye geçiş ihtiyacı olduğu bulunmuştur. En sık görülen komplikasyonlar intraoperatif dura yırtığı (%1,2), geçici nörolojik defisit (%0,4), disestezi (%2), radiküler ağrı (%0,6) ve erken nüks (%3,1) olarak sıralanmıştır (2).

2.2. Tek taraflı biportal endoskopik omurga cerrahisi

Son on yılda, unilateral biportal endoskopik yaklaşım önemli klinik önem kazanmıştır. Tekniği ve prosedürü, komplikasyon oranlarıyla birlikte tanımlayan giderek artan sayıda çalışma yayınlanmıştır. UESS'ye gelince, dekompresyon ve diskektomi tekniğin en önemli uygulama alanlarını temsil etmektedir. Uniportal tekniğe kıyasla, geç komplikasyonlara kıyasla perioperatif komplikasyonların daha yüksek insidansına benzer bir eğilim vardır; birincil risk intraoperatif dura yırtığı (%4,8) ve epidural hematoma (%2,4) başlangıcıdır.

2015 yılında, Soliman ve arkadaşları unilateral biportal dekompresyon üzerine ilk makalelerden birini yayınlamışlardır. Soliman ve ark, nörojenik kladikasyondan etkilenen ve 3 aylık konservatif tedaviye dirençli 104 hastayı analiz etmişlerdir. Özellikle komplikasyonlar, açık ameliyata geçişi gerektirmeyen altı dura yırtığı vakasıyla (%5,7) sınırlı bulunmuştur (9). Yüzeysel ve derin enfeksiyonlar bu prosedür için yaygın bir komplikasyonu olmadığı görülmüş olup literatürde, insidans %0 ile %3,3 arasında değişmektedir (10). Kalıcı nörolojik defisitler çok nadir olup uniportal endoskopik cerrahide kalıcı/tam olarak çözülmemiş nörolojik defisitler i %0,8 ve biportal için %0,5 olarak saptanmıştır.

2.3. Endoskopik interbody artrodez

Endoskopik unipolar ve bipolar tekniğin evrimi endoskopik artrodez uygulanmasına neden olmuştur. Günümüzde, transforaminal bir yaklaşımla posterior interbody füzyon, hem uniportal hem de biportal teknikle endoskopik olarak gerçekleştirilebilir. UESS ile ilgili olarak, literatür, geç komplikasyonların daha yaygın olduğunu ileri sürmektedir: kafesin semptomatik göçü veya yeniden ameliyat gerektiren vidaların gevşemesi %0 ile %21 arasında bir insidans bulmaktadır. Ayrıca, kafesin çökmesi saptanmıştır (11). Bulgular %7,6'lık bir revizyon ihtiyacı oranını bildirmektedir; en yaygın komplikasyonlar kalıcı/tam olarak çözülmemiş nörolojik defisit (%1,4), yara enfeksiyonu (%4,7), disestezi (%3,3) ve enstrümantasyon ve/veya greft başarısızlığıdır (%10,5). Literatüre göre, tek taraflı endoskopik biportal füzyon cerrah için daha kısa bir öğrenme eğrisi vardır ve genel komplikasyon oranı deneyime göre giderek azalır gibi görünmektedir. Araştırmalara göre epidural hematoma (%3,6) ve intraoperatif dura yırtığı (%3) en yaygın komplikasyonlar olarak saptanmıştır. Dahası, literatür alt ekstremitte hiperrefleksi ve geçici nörolojik defisit vakalarını bildirmektedir (12). Kafes çökmesi ve mobilizasyon gibi implant başarısızlıkları %0 ile %8,2 arasında değişen bir insidans göstermektedir (13).

2.4 Nadir Görülen Komplikasyonlar

Literatürde tanımlanan çok nadir komplikasyonlar, niceliksel bir değerlendirme yapılmadan olgu sunumları olarak sunulmuştur. Bunlar; disk çıkarımı sırasında kılavuz tel kopması, sinir kökü sıkışmasına neden olan psödomeningosel, negatif basınçlı akciğer ödemi ameliyat sonrası Psoas retroperitoneal hematoma, lomber arter yaralanması olarak sıralanabilir (14-18).

3. Endoskopik Omurga Cerrahisi Komplikasyonlarının Yönetimi

1) Dura Ruptürü

Dura rüptürü, endoskopik spinal cerrahinin en yaygın komplikasyonu olup doğru tanı ve uygun tedavi yapılmadığında ciddi komplikasyonlara neden olabilir (Tablo 1)

UBESS'te Liang ve ark. (19), dural yırtıkların %2 oranında en sık görülen komplikasyon olduğunu bildirmiştir. Dura rüptür oranı endoskopik spinal cerrahide genel olarak %2,7 olup, %0 ile %8,6 arasında değişmektedir (20).

Dura yırtılma riski, çift taraflı dekompresyon yapılan hastalarda tek taraflı dekompresyona göre daha düşüktür. Dura yırtılma insidansı, lomber diskopatili vakalara %2,1, lomber stenozlu vakalarda %3,7'dir. Pan ve ark. (21) perkütan endoskopik lomber disektomi (PELD) "içten dışa" tekniğinden "dıştan içe" tekniğine geçildiğinde dura rüptür insidansının %1,1'e yükseldiğini bildirmiştir.

Dura yaralanması için risk faktörleri, ameliyatta kullanılan aletler, duranın gevşek olması, spinal kanaldaki yapışıklıklar ve büyük disk parçaları olarak sıralanabilir. Bununla birlikte, Klingler ve ark. (22) lomber minimal invaziv cerrahide durotomi sonrası komplikasyon oluşumunun, paraspinal kasların korunması nedeniyle açık cerrahiden sonraya göre daha düşük olduğunu bildirmiştir. Çünkü paraspinal kaslar minimal invaziv cerrahi sırasında diseksiyon edilmez ve tüp şeklindeki retraktör çıkarıldıktan sonra orijinal konumuna geri döner". Wang ve ark. (23) dural yırtıkların görülme sıklığının %2,49 olduğunu bildirmiştir. UBE omurga endoskopik cerrahisinin neden olduğu spinal dural yaralanmaların başlıcaları ; endoskopi altındaki görüş alanı iki boyutlu bir düzlem olduğundan ve kolayca bulanıklaştığından, yeni başlayanların kolayca hata yapabilmesi, ameliyat bölgesinde anatomik yapılarının karmaşık olan hastaların uzun süren ameliyatları spinal membran yırtık gelişme riskini arttırması, peroperatif enjekte edilen salin, dura mater'in her iki tarafını da sıkıştırarak bölgenin katlanmasına neden olarak ligamentum flavum rezeksiyonu sırasında duranın merkezi bölgeden yırtılmasına neden olabilmesi, yüksek hızlı drill kullanıldığı zaman, dura mater'in çevresel

bantları ve vasküler yapıların drill boynu etrafında gerilebilir ve daha büyük dura yırtıklara neden olabilmektedir. UBE, diğer tekniklerden oldukça farklı olarak, dura mater'i ortaya çıkarmak için anatomik yapının geri çekilmesini gerektirmez.

Tablo 1. Endoskopik Diskektomi Komplikasyonları

Dura Rüptürü
Dizestezi
Operasyon bölgesinde epidural hematoma
Retroperitoneal hematoma
Disk herniasyonunun tekrarlaması
Enfeksiyon
Rezidü Disk
Posoperatif İstabilite ve Faet eklem hasarı

Endoskopik omurga cerrahisi sırasında meydana gelen dural yırtıkların tedavisi için çeşitli yöntemler önerilmiştir.. Lomber endoskopik omurga cerrahisinde dural yırtığın yönetimi için iyi ve güvenli bir yöntem otolog kas veya yağ grefti, fibrin yapıştırıcı veya fibrinle kapatılmış kollajen sünger ile birlikte kullanımıdır(24).

Kim ve ark. (25) duratominin görülme sıklığının %8,2 olduğunu bildirmiş ve endoskopik dekompresyon sırasında meydana gelen duratominin lomber seviyelere göre en sık %44,4'ünün L4-5'te, %40,7'sinin L3-4'te %14,8'inin ise L5-S1'de meydana geldiğini bildirmiştir. Ayrıca duratomiye 4 tipe ayırmış olup %29,6'sı tip 1 (periferik tip), %70'i tip 2 (merkezi tip), %7,4'ü tip 3 (kompleks tip) ve %3,7'si tip 4 (tanınmayan). İyi bir prognoz ve klinik sonuçlar tip 1 ile tip 3A dura yırtıklarında endoskopik yama blokajlı dura onarım tekniğinin dikkate alınmasını önermişlerdir. Bununla birlikte, orta ile kötü sonuçla tip 3B, 3C ve 4 dura yırtıklarında açık cerrahi onarım önerilmektedir.

Nam ve ark. (26) endoskopik cerrahide duratomi için çift katmanlı TachoSil paketleme tekniğini tanıttı. Bir hemostatik ajan olan TachoSil (Nycomed, Linz, Avusturya), çeşitli cerrahi türlerinde lokal kanamanın kontrolü için kullanılır, ancak endoskopik spinal cerrahide dural onarımda kullanımı tanımlanmamıştır. TachoSil paketlemesi yapıldığında, dökülmeyi önlemek için intradural TachoSil yerleştirilir ve ekstradural TachoSil, intradural TachoSil'in üzerine kapatılır. Bu nedenle, TachoSil kitle etkisi yaratmaz. Bununla birlikte, ince bir TachoSil tabakası uygulanmalıdır; daha büyük miktarlarda uygulanması, omurilik ve sinir köklerinin sıkışması gibi ciddi yan etkilere yol açabilecek

birikmeye neden olur. Yanlış kullanıldığında, fazla TachoSil ek iyatrojenik dural yırtılmaya neden olabilir. Deneyimlerimize göre, intradural alanda TachoSil'in hafif şişmesi, dural onarım bölgesini güçlendirir ve ikincil yırtılmayı önler; Ayrıca, TachoSil'in kenarının sağlam çevredeki dura zarına iyi yapışmasını sağlar. İkincisi, TachoSil intradural olarak hareket ettirilirken, alçı tarafı beyin omurilik sıvısında çözünerek sinir köklerine yapışır ki bu tehlikeli ve geri döndürülmesi zor olabilir. Üçüncüsü, trombin proinlamatuardır ve intradural olarak uygulandığında ameliyat sonrası dönemde araknoidit ve nörite neden olabilir.

2) Dizestezi

Postoperatif disestezi Transforaminal endoskopik cerrahide sıklıkla görülür. Bu endoskopik cerrahi yöntem, anatomik olarak güvenlik bölgesine sınırlı olan çıkan radiksin doğrudan tahrişinden kaynaklanabilir (Tablo 1)

Ju ve ark. İpsilateral foraminal ve lateral reses stenozunun dekompresyonundan sonra transforaminal yaklaşımın nispeten yaygın komplikasyonlarının disestezi ve ısrarlı ağrı olduğunu bildirmiştir. (27)

Silav ve ark. postoperatif disestezinin aletlerin tahrişinden ve uygunsuz operasyondan kaynaklandığını bildirmiştir. (28) Dorsal kök ganglionu (DRG), intraforaminal bölgede yer alır ve disk herniasyonuna, foraminal stenozuna ve cerrahi sırasında kullanılan aletlerden kaynaklanan mekanik hasara karşı oldukça hassastır. Dorsal kök ganglionuna verilen hasar, primer patolojiyle ilişkili olanlardan farklı semptomlara neden olur. PETD'nin benzersiz bir komplikasyonu olarak, postoperatif disestezi iyileşmeyi ve postoperatif yaşam kalitesini büyük ölçüde etkiler.

Cho ve ark. postoperatif dizestezi önlemek için yüzer retraksiyon tekniğini uygulamış ve bu tekniğin 154 hastada etkili olduğunu ortaya koymuştur (29). Üst Dorsal kök ganglionunda mekanik gerilme veya hasar verilmesini önlemek için kılavuz teli ve çalışma kanulünü bulmak için loroskopi şarttır. Postoperatif dizesteziyi önlemek için, foraminoplasti, çıkan sinir kökü tahrişine neden olmadan güvenlik bölgesini genişletmek amacıyla gerçekleştirilir (30, 31).

Postoperatif dizesteziyi önlemek için endoskopik transforaminal yaklaşım sırasında foraminoplasti her zaman gerekli değildir. Fakat, foraminoplasti, superior artiküler prosesin üst üste binmesi ve faset hipertrofisi gibi daralmış intervertebral foramenlerde güvenlik bölgesini genişletmek için özellikle yararlı bir yöntemdir. Ayrıca, özellikle çıkan sinir kökü yaralanmasına neden olma riski yüksek olan merkezi disk herniasyonu veya aşağı doğru migre disk herniasyonu vakalarında, çıkan sinir kökü yaralanmasına neden olmadan epidural boşluğa girmek için güvenli ve etkili bir tekniktir. Hernie diski etkili

bir şekilde çıkarmak için, endoskopun yerleştirme açısı disk herniasyonunun tipine bağlı olarak değiştirilmiştir. Önemli olarak, insidans açısı dikey eksene ne kadar yakınsa, güvenlik bölgesi o kadar geniş olur ve böylece çıkan sinir kökü yaralanması olasılığı azalır. Fakat , epidural boşluğa erişmek ve görüş alanını güvence altına almak zordur. Diğer yandan, olay açısı yatay eksene yakınsa, epidural boşluğa erişmek ve görüş alanını güvence altına almak daha kolaydır, ancak güvenlik bölgesi daralır ve bu da çıkış sinir kökü yaralanması olasılığını artırır. Bu nedenle, disk herniasyonunun şekline göre uygun açıyı belirlemek çok önemlidir. Güvenlik bölgesi içinde çıkış sinir kökü tahrişini mümkün olduğunca azaltmak için Endoskopik kanülün dik tutulması ve üst disk boşluğu yerine alt disk boşluğunda konumlandırılması önemlidir (31).

Biportal endoskopik cerrahide geçici parestezi insidansı yaklaşık %0,14'tür (23).

Ameliyat sonrası geçici parestezinin ana nedeni, felç ve ağrının her ikisinin de duyuşal sinirlerden kaynaklanmasıdır. Ağrı, küçük miyelinsiz lifler tarafından iletilir ve iletim felci kalındır (32-34). Miyelinsiz liflerin yapısı nispeten basittir ve ameliyat sonrası iyileşme daha hızlıdır, oysa miyelinli liflerin daha uzun ve daha karmaşık bir onarım sürecinden geçmesi gerekir; diğer yandan, ağrı felçten daha şiddetli ve rahatsız edici bir duyumdur, bu nedenle ameliyat genellikle gizlenir. Ameliyat sonrası ağrı azaldıktan veya iyileştikten sonra felç ortaya çıkar (33). Çoğu hasta felci atlatacaktır. Bununla birlikte, felç hastalık süresi ve stenoz derecesiyle pozitif olarak ilişkili olduğundan, farklı hastaların iyileşme süreleri farklıdır (34).

3) Operasyon Bölgesinde Epidural hematoma

Son zamanlarda, intervertebral diskektomi ve spinal stenoz için lomber endoskopik cerrahinin artmasıyla birlikte komplikasyon oranı da artmıştır. Epidural hematoma çoğunlukla interlaminal yaklaşım sonrasında oluşur. Ayrıca biportal endoskopik cerrahide en sık görülen komplikasyonlardan biri epidural hematoma olup postoperatif epidural hematoma insidansı yaklaşık %0,27'dir (Tablo 1). Biportal endoskopik omurga cerrahisi sırasında sürekli salin irrigasyonu gereklidir. (35-37).

Ameliyat sonrası epidural hematoma meydana gelmesinde peroperatif infüzyon pompası kullanımı kaçınılmaz bir risk faktörü olabilmektedir. Ayrıca, epidural basıncı artırarak boyun ağrısı veya baş ağrısı ile menenjiyal irritasyona neden olabilir (37).

Salin solüsyonunun akışı engellendiğinde, pompa cerrahi alandaki basıncı artırmak, kanama noktalarını örtmek ve intraoperatif hemostaz sağlamak için salin infüzyonuna devam eder. Salin solüsyonunun yokluğu postoperatif

epidural hematoma neden olabilir (38). Endoskopik lomber diskektomi ameliyatında sürekli salin irrigasyonu ile epidural ve intrakraniyal basıncın artmasının 2 olası mekanizması vardır (39).

Birincisi, sürekli salin irrigasyonunun doğrudan basınç etkisidir. İkincisi, irrigasyon sıvısının doğrudan kraniyal yöne hareketidir. Uzun ameliyat süresi veya irrigasyon sıvısının yetersiz açıklığı, biportal endoskopik cerrahi sırasında epidural basıncı artırabilmektedir (38). Lomber biportal endoskopik cerrahi yaklaşımında, sürekli salin endoskopik portaldan çalışma portalına geçirilir. Salin çıkışının açıklığı ve sabit akış, epidural basıncın korunması için önemlidir. 50 mmHg'nin üzerindeki bir infüzyon pompası basıncı, bu ameliyatta servikal epidural basıncı artırabilir. Lomber Endoskopik Cerrahi ameliyatının süresini kısaltmak ve pompa basıncını 40 mmHg'nin altında tutmak, epidural basınç artışından kaynaklanan komplikasyonları azaltmada faydalı olabilir (40). Ayrıca, postoperatif epidural Hemovac yerleştirilmesi, aşırı irrigasyon sıvısının ortamdaki uzaklaştırılmasına yardımcı olabilir. Perop ve postop boyun ağrısı veya baş ağrısı, yatak istirahati ve konservatif tedavilerle iyileştirilebilir. Semptomatik postoperatif epidural hematoma insidans oranı %0,02 ile %4,6 arasında yani nispeten nadir olmasına rağmen (41) kauda equina sendromu ve hatta paraparezi gibi ciddi sonuçlara yol açabilir. Böyle bir durum da hastaların yaşam kalitesini çok ciddi şekilde etkileyeceği için epidural hematoma erken teşhisi ve acil müdahalesi son derece önemlidir. Ahn ve ark. geleneksel omurga cerrahisine göre biportal endoskopik cerrahide postoperatif epidural hematoma daha sık gelişen komplikasyonlardan biri olduğunu bildirmiştir. Radyolojik olarak hematoma neden olduğu tekal kese kompresyonu, biportal endoskopik cerrahide %39,8 oranında 1. derece (tekal kese kompresyonu dörtte birden az), %30,1 oranında 2. derece (dörtte bir ile yarısı arasında), %26,5 oranında 3. derece (yarı ile dörtte üç arasında) ve %3,6 oranında 4. derece (dörtte üçten fazla) olarak belirlenmiştir (42).

Kim ve ark. biportal endoskopik spinal cerrahi sonrası postoperatif hematoma genel görülme oranının %23,6 olduğunu bildirmiştir (41). Kadın cinsiyeti, ileri yaş (> 70 yıl), ameliyat öncesi antikoagülan ilaç kullanımı ve intraoperatif serum infüzyon pompası kullanımı, postoperatif hematoma oluşumuyla anlamlı derecede ilişkili bulunmuştur. Semptomatik postoperatif hematoma son derece nadir (%1,9) olmasına rağmen, postoperatif manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ile doğrulanan radyolojik hematoma daha yüksekti (%23,6). Biportal endoskopik spinal cerrahi sonrası postoperatif hematoma perioperatif risk faktörleri arasında, ileri yaş (> 70 yıl), kadın cinsiyeti, ameliyatta daha fazla laminektomi yapılması veya interbody füzyon uygulanması ve intraoperatif serum infüzyon pompası kullanımı yer almaktadır. Ek olarak, Kim ve ark. semptomatik postoperatif spinal epidural

hematom, biportal endoskopik omurga cerrahisinden sonra gelişebilecek çok ciddi bir komplikasyondur. . Postoperatif MRI'ya göre, hastaların postoperatif semptomlarından bağımsız olarak, biportal endoskopik spinal cerrahi sonrası postoperatif spinal epidural hematoma insidansı beklenenden daha yüksek bulunmuştur. T2 ağırlıklı aksiyel postoperatif MRI'ya göre hematoma hasta sayısının toplamda 39 (%24,7) olduğunu bildirmiştir (43). Postoperatif hematoma, postoperatif sonuçlar üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir ve eşlik eden semptomlarla birlikte kanal daralması %50'den fazla ise revizyon cerrahisi gerekebilir (40).

Postoperatif spinal epidural hematoma önlemek için Jelatin-trombin matris sızdırmazlık maddesi (GTMS) yaygın olarak kullanılmaktadır. Biportal endoskopik omurga cerrahisi sırasında intraoperatif GTMS kullanımı, epidural hematoma oluşum oranında azalmaya neden olmuştur.. Özellikle, GTMS cihazlarıyla tedavi edilen hastalarda postoperatif spinal epidural hematoma oluşumunda belirgin bir azalma ve daha iyi klinik sonuçlar gözlemlenmiştir.

4) Retroperitoneal Hematom

Tam endoskopik transforaminal yaklaşım sırasında nadir olmakla birlikte, damar yaralanması sonucu hematomlar oluşabilir (Tablo 1). Az miktarda kanama, konservatif tedavi ile tedavi edilebilir. Fakat segmental arter dalı yaralanması olmuş ise büyük bir retroperitoneal hematoma oluşabilir ve ciddi semptomlara neden olabilir. Kan damarı hasarını önlemek için, transforaminal yaklaşım sırasında iğneyi, güvenlik bölgesindeki faset kemiğine dokunarak nispeten güvenli damarsız alana dikkatlice yerleştirmek çok önemlidir (44). Ayrıca, endoskopik cerrahi sırasında endoskop çıkarıldıktan sonra hasarlı kan damarları görüş alanında iyi görünmeyebileceği için, operasyon bölgesindeki dokularda kanama olup olmadığı yavaşça ve çok dikkatli kontrol etmek gerekir. Ameliyat sırasında kanama kontrolü en önemli şey olup kanama meydana geldiğinde, genellikle radyofrekans probu kullanılır. Eğer kemik kanaması saptanırsa elektrokoter veya bone wax (kemik mumu) kullanılır. Fakat, şiddetli kanama durumlarında, görüş alanını güvence altına almak zor olduğundan kanama bölgesini saptamak genellikle zordur. Böyle bir durumda, GTMS gibi bir hemostatik ajan yardımcı olabilir ve cerrahi alan bir süre hemostatik ajanla güvence altına alınır. Ayrıca ameliyatı sona erdirmeden önce kanama bölgesini kontrol etmeli ve radyofrekans veya diğer elektrokoterlerle yeterli hemostaz yapmalıdır. İlaveten, hemostazdan sonra bile kanama devam ederse, ameliyat sonrası Hemovac drenajı hematoma önlemek için iyi bir yöntem olabilir.

5) Disk Herniasyonunun Tekrarlaması

Tekrarlayan lomber disk herniasyonu (LDH), ameliyat sonrası ağrısız bir dönem geçiren bir hastada, daha önce diskektomi yapılan aynı bölgede disk herniasyonunun tekrarlaması olarak tanımlanır. (Tablo 1). Bununla birlikte, ağrısız dönemin minimum uzunluğu, ağrının ortadan kalkmasının herhangi bir aralığından 6 aya kadar değişmektedir (45)

Tekrarlayan disk herniasyonu, yetersiz diskektomi veya endoskopik ameliyat başarısızlığından ayırt edilmelidir. PELD'in amacı, nükleus pulposusu tamamen çıkarmak değil, fıtıklaşmış disk parçalarını kısmen çıkarmak ve sinir kökünü dekomprese etmektir. Bu nedenle, Lomber disk herniasyonunun tekrarlamasının nedenleri; dikkatsiz ağırlık taşıma, yaşlanma, erkek cinsiyet, obezite (vücut kitle indeksi [VKI] $\geq 25 \text{ kg/m}^2$), yaşlılık (≥ 50 yaş), travma öyküsü ve santral disk herniasyonudur.

Ayrıca PELD'in LDH tekrarlaması için cerrahların PELD konusunda daha az deneyime sahip olması (≤ 200 vaka) ve PELD'in erken gelişim aşamasında ameliyat yapılması gibi risk faktörleri de vardır (46). Özellikle, PELD sonrası erken tekrarlama, VKI, dejenerasyon ö lçeği, kombine fıtıklaşmış nükleus pulposus ve erken mobilizasyon gibi çeşitli risk faktörleriyle ilişkilidir (47).

Cerrahlar, hastanın MRG lerini preoperatif dikkatli incelemeli ve ponksiyon yolunu dikkatlice tasarlamalıdır. Bel kası egzersizi, uygun ağırlık yükü ve uygun oturma pozisyonu gibi ameliyat sonrası talimatlar, LDH tekrarlama olasılığını azaltmak için gereklidir (48).

6) Enfeksiyon

Omurga cerrahisinden sonra intervertebral enfeksiyon insidansı yaklaşık %0,1 ile %4,5 arasında değişmekte olup, vakaların çoğunun nedeni bakteriyel enfeksiyondur (49-51).

Bununla birlikte, endoskopik omurga cerrahisinde sürekli salin irrigasyonu, kısa ameliyat süresi ve minimal travma nedeniyle, ameliyat sonrası enfeksiyon nadirdir. (Tablo 1). Gu ve ark. PETD ile tedavi edilen 209 LDH vakası arasında %0,47'lik bir insidans bildirdi ve sadece bir enfekte hastanın 2 hafta sonra intravenöz antibiyotiklerle iyileştiğini ifade etmiştir (52).

Spinal cerrahi sonrası pürülan spondilodiskit yıkıcı bir komplikasyondur ve ciddi spinal sinir disfonksiyona neden olur. Bu nedenle Endoskopik omurga cerrahisinden sonra enfeksiyondan şüphelenilmese bile, C-reaktif protein ve eritrosit sedimentasyon hızı gibi testler yapılmalıdır. Eğer enfeksiyon şüphesi varsa; MRI, erken tanıda çok az değer taşır. Skopi eşliğinde diskin iğne biyopsisi tanı koyucudur. Tanı konulduktan sonra, hafif semptomları olan hastalara

yatırılarak antibiyotik tedavisi uygulanmalıdır. Şiddetli semptom ve belirtileri olan hastalarda ise intervertebral yıkama ve drenaj yapılmalıdır. Konservatif tedavinin faydası yoksa açık debridman ve füzyon yapılması gereklidir.

7) Rezidü Disk

Fıtıklaşmış diskin rezeksiyonunun tam olup olmadığı, disk fıtığı tipine, fıtıklaşmış parçaların boyutuna ve çalışma kanülünün pozisyonuna bağlıdır. Yetersiz diskektomi, özellikle aşağı doğru migrasyon veya yüksek kanal hasarına neden olan disk fıtıklarında yaygındır (Tablo 1). Choi ve ark PETD ile tedavi edilen 10.228 hastayı retrospektif olarak analiz etmiş ve 283 eksik disk çıkarılma vakası bulmuş, bunların 95'i uygunsuz kanül yerleşimin den kaynaklanmıştır. Herniasyon tipine gelince, 91 vakada santral herniasyon (%32,2), 70 vakada migrasyonlu herniasyon (%24,7), 63 vakada aksiller tip herniasyon (%22,3), 18 vakada omuz tipi herniasyon (%6,4) ve 12 vakada foraminal veya ekstraforaminal herniasyon (%4,2) saptanmıştır (53). Lee ve ark. ciddi kanal darlığı ve büyük migrasyonlu fıtıkların PELD'in fıtıklaşmış diski etkili bir şekilde çıkarmasını zorlaştırdığını saptamışlardır (54). Hernie disk parçaları, tutulup çıkarılmadan önce anulusdan yeterince serbest bırakılmalıdır. Delme yolunun ayrıntılı planlaması, tam çıkarılmanın anahtarıdır. Kalan disk parçaları için dikkatli bir kontrol gereklidir ve çalışma kanülünün eğiminin parçalara doğru yerleştirilmesi, fıtıklaşmış diskin yeterli şekilde çıkarılmasına yardımcı olur. Diğer yandan, fıtıklaşmış diskin aşırı rezeksiyonu, dura yırtılmaları ve sinir köküne zarar verme riskini artırabilir; bu nedenle cerrahların radiksin normal anatomik konumundaki haline getirmeleri gerekir (44,46).

Foraminoplastik teknik diskektomi için Transforaminal yaklaşım, güvenli ve bir yöntemdir ve yer değiştirmiş disk, kavisli bir prob veya forseps kullanılarak kolayca çıkarılabilir. Endoskopik cerrahinin görüş alanı dar olduğundan, lezyon bölgesini kontrol etmek mümkün olmayabilir ve yeterli dekompresyonu sağlamak için dura zarı serbest nabız atışı kontrol edilmelidir. Omurilik stenozu dekompresyonu sırasında, lateral reses bölgesindeki üst eklem çıkıntısının yeterince dekompresyonu sağlanarak sinir kökünün geçişinin doğrulanması ve yeterli dekompresyon için yeterli laminektomi yapılması gerekmektedir.

Lomber spinal stenoz için UBESS'te dekompresyon genellikle mükemmeldir. Bununla birlikte, şiddetli lomber spinal stenozlu hastalarda dekompresyon yetersiz olabilir. Ameliyat öncesi değerlendirme ve ameliyat içi dekompresyon aralığındaki sapmalar, yetersiz dekompresyonun ana nedenleri olmuştur (55).

Choi ve ark. erken vakalarda, ameliyat sonrası MRG görüntülemeye proksimal ve kontralateral ligamentum lavumun yetersiz rezeksiyonu olduğu saptamışlardır(56) Böyle hastaların akut nörolojik semptomları hafiflemiş olsa da, etkilenen baldırda nörojenik kladikasyodan şikayet etmişlerdir.

Kontralateral tarafı dekomprese etmek için Liang ve ark. küçük orta hat boşluğuna bir endoskop ve bir aletin eş zamanlı olarak yerleştirilmesine izin vermek için daha geniş bir interspinöz boşluk oluşturulması gerektiğini ve spinöz süreçlerin üst ve alt uçlarının yüksek hızlı bir freze kullanılarak kısmi olarak rezeke edilmesi gerektiğini bildirmiştir. Operasyon bölgesindeki düzensizlikler ve radyofrekans ablyasyonundan kaynaklanan termal yaralanmalar sinir kökü yaralanmasının başlıca nedenleri olmuştur. Omurilik kanalında artroskopik radyofrekans ablyasyon ucunun kullanılması sinir yapılarında önemli termal hasara neden olabilir. Bu nedenle, işlem sırasında nazik olmak, sinir yapılarını dikkatlice tanımlamak ve gerekirse radyofrekans cihazının voltajını azaltmak önemlidir (57).

8) Postoperatif İnstabilite ve Faset Eklem Hasarı

Biportal endoskopik spinal cerrahide laminektominin diğer komplikasyonu postoperatif segmental instabilite veya faset eklem etkilenmesidir (58-60) (Tablo 1).

Ayrıca, laminektomi sırasında iyatrojenik inferior artiküler proçes kırıkları meydana gelebilir. Bu nedenle, ameliyat öncesi instabilite saptanırsa biportal endoskopik lomber dekompresyon için bir kontrendikasyondur.

9) Artmış Epidural Basınç

Interlaminar yaklaşım yoluyla UBESS ile, yüksek intraoperatif serum basıncının kullanılması, beyin omurilik sıvısı basıncını ve intrakraniyal basıncı artırarak postoperatif baş ağrısına ve hatta nöbetlere neden olabilir (Tablo 1). Bu nedenle, boyun ağrısı, baş ağrısı, bulanık görme ve uyuşukluk gibi ameliyat sonrası nöbetlerin erken belirtilerini araştırılmıştır. Postoperatif baş ağrısının oluşmasını önlemek için, yüksek intraoperatif su basınçlarının önlenmesi çok önemlidir. Kim ve ark İnfüzyon basıncını artırarak net bir görüş elde etmeye çalışmak yerine, çalışma portalı yoluyla fasyal insizyonun uzatılması veya çapraz kesilmesi yoluyla akışı iyileştirmenin daha iyi olacağını, bunun da net bir görüş sağlayacağını ve postoperatif baş ağrısının oluşmasını önleyeceği bildirmiştir (61).

Czigléczki ve ark. irrigasyonun meninks tahrişine ve postoperatif baş ağrısına yol açabileceğini; ancak ameliyat süresinin kısaltılmasının bu tür komplikasyonlardan kaçınmayı sağlayabileceğini bildirmiştir (49). Choi , pompa kullanılırken sulama pompası basıncının < 30 mmHg'de tutulması gerektiğini önererek postopertaif baş ağrısının olmayacağını ifade etmiştir (50).

3. Lomber Endoskopik Cerrahide Görülen Komplikasyon Üzerine Genel Değerlendirme

Günümüzde, endoskopik omurga cerrahisi, transforaminal ve interlaminar yaklaşımların geliştirilmesiyle birlikte, lomber diskektomiden lomber spinal stenoz dekompresyonuna ve foraminal stenoz dekompresyonuna kadar geniş bir yelpazede uygulanmaktadır. Fakat, çeşitli avantajlarına rağmen, endoskopik cerrahi her omurga hastalıkları için çok iyi sonuçlar vermeyebilir ve başarılı cerrahi sonuçlar elde etmek için uygun hasta ve uygun cerrahi endikasyonların seçilmesi önemlidir.

Endoskopik omurga cerrahisi endikasyonları, interlaminar ve transforaminal yaklaşıma bağlı olarak hafif farklılıklar göstermektedir.

Tablo 2. Transforaminal ve İnterlaminar Endoskopik Diskektomi Komplikasyonları

Dura yırtılması ve BOS kaçağı
Abdominal/Peritoneal organ / damar yaralanması
Parestezi/Dizestezi
Radix veya Nöronal Hasar
Enfeksiyon
Psoas veya Epidural hematoma
Rezidü Disk
Nüks disk
Yüzeyel operasyon yeri problemleri

Komplikasyonlardan korunmak için öncelikle endikasyonu olmayan vakalarda endoskopik cerrahi uygulanmamalıdır. Lewandrowski ve ark. tam endoskopik transforaminal dekompresyon için kontrendikasyonların sistematik bir incelemesini raporlamıştır. Bu makalede, daha zor merkezi stenoz veya kompleks foraminal stenotik lezyonlar alternatif endoskopik yaklaşımlar olarak değerlendirilmelidir (62).

Ju ve ark. lomber spinal stenoz için tam endoskopik lomber dekompresyonun kontrendikasyonları ve komplikasyonları hakkında sistematik bir inceleme makalesi yayınlamıştır. Bu çalışmada, transforaminal ve interlaminar lomber dekompresyonun kontrendikasyonları dikkate alındığında, transforaminal yaklaşım ipsilateral ekstraforaminal, foraminal, lateral reses darlığı ve merkezi spinal kanalda başarılı olabileceği, anatomik kısıtlamalar nedeniyle kontralateral alana cerrahi erişim mümkün olmadığını ifade etmişlerdir. Bu nedenle, transforaminal yaklaşım durumunda, multipl seviye spinal stenoz, semptomların bilateral olması ve yüksek iliak krest önemli kontrendikasyonlar

olarak belirtilmiştir. Bununla birlikte, interlaminar yaklaşımda, bilateral santral stenoz ve lateral reseze erişim mümkündür, fakat foraminal veya ekstraforaminal alanlara erişim zor olduğundan foraminal stenoz bir kontrendikasyon olabilir (63).

Ayrıca Wagner ve ark tam endoskopik interlaminar dekompresyon için kontrendikasyonlar, kauda equina sendromu, kalsifiye disk, ileri derece stenoz, ağrısız güçsüzlük, şiddetli fibrotik yapışıklık, pürülan spondilodiskit ve yaygın spinal enfeksiyonun saptanması olarak bildirmiştir (64).

Heo ve ark. tek taraflı biportal endoskopik lomber dekompresyonun kontrendikasyonlarının travma, enfeksiyon, tümör, instabilite, yüksek dereceli spondilolistezis, isthmik spondilolistezis ve şiddetli skolyozu olarak bildirmiştir (65).

Başarılı bir endoskopik omurga cerrahisi için, endoskopik yaklaşım yöntemlerinin avantaj ve dezavantajlarını anlamak ve hastalık için en etkili ve uygun cerrahi yaklaşımı seçmek çok önemlidir. Endoskopik omurga cerrahisi, yeni ve hassas teknikler nedeniyle hızla gelişmiştir. Transforaminal endoskopik cerrahi, endoskopik drillerin yaygınlaşmasıyla foraminoplastiye dönüşmüş ve daha önce sadece disektomi ile sınırlı olan foraminal stenozun cerrahi bölgede dekompresyon yapmaya imkan sağlamıştır. Ayrıca, interlaminar yaklaşımda drill destekli laminektomi yapılabilmesi nedeniyle bilateral ve kontralateral dekompresyon mümkün hale gelmiştir. Bununla birlikte, endoskopik cerrahinin kapsamı genişledikçe, yüksek düzeyde cerrahi beceri gerektirmekte ve zorlukları artmakta, ayrıca endoskopik cerrahinin komplikasyonları da artmaktadır (66).

Bazı komplikasyonların görülme sıklığı cerrahi yaklaşıma ve yöneme bağlıdır (Tablo 2). Lomber endoskopik cerrahide, tam endoskopik interlaminar yaklaşımın, transforaminal yaklaşıma göre daha yüksek oranda dural yırtılmaya neden olduğu saptanmıştır. Bunun nedeni, ligamentum flavum veya yapışık diskle uğraşırken kullanılan tıbbi aletlerdir. Bir araştırmaya göre, iki yöntemin komplikasyonlarını karşılaştırdığımızda, transforaminal yaklaşımda sinir kökü yaralanması oranı yüksek olup, en sık görülen komplikasyon dizestezi olup bunu, yetersiz cerrahi nedeniyle tedavi edilemeyen ağrı ve daha az sıklıkta görülen dura yırtılmaları izlemiştir. Buna karşılık, interlaminar yaklaşım, epidural boşlukta her iki taraftaki sinirlerin dekompresyonunu sağlar. Alet manipülasyonu sırasında dura yırtılması ve epidural hematoma oluşma olasılığı yüksektir. İki yöntem arasında diğer komplikasyonların görülme sıklığı benzerdir (66).

Çeşitli literatürlerde endoskopik cerrahinin en sık bildirilen komplikasyonu dura yırtılmasıdır. Sinir kökü fitiği ciddi semptomlara ve ikincil sinir hasarına

neden olmasından dolayı, dura defektlerinde sinir kökü fıtığını önlemek çok önemlidir. Şimdiye kadar, dura hasarının altın standart tedavisi açık dura tamiri olmuştur. Fakat günümüzde, genel anestezi gerektiren açık cerrahiye gerek kalmadan endoskopik cerrahide TachoSil (kolajen yünü) kullanılarak dura defektinin kapatılması yaygın olarak uygulanmaktadır (25, 66).

Hematom, endoskopik omurga cerrahisinin bir diğer yaygın komplikasyonu olup ameliyat sırasında meydana gelen kanama, cerrahi görüş alanını engellenen ve ameliyat süresini uzatmanın yanı sıra, körleme ameliyat sırasında yapıların istemsiz hasar görmesiyle ciddi ameliyat sonrası komplikasyonlara da yol açabilir (Tablo 2). Genellikle radyofrekans kullanılarak elektriksel koagülasyon yapılır, ancak dar endoskopik görüş altında kanamayı kontrol etmek çok zordur. Bu durumda, kanama bölgesini bulup kanama noktasını koterize ederek, loseal gibi bir hemostatik ajan kullanarak cerrahi alanı geçici olarak güvence altına almak kolaydır. Ameliyatın sonunda bile, ameliyat sırasında fark edilmeyen kanamayı önlemek için hemostatik ajan uygulamak önemlidir. Ameliyat sırasında aşırı kanaması olan veya kanama eğilimi gösteren hastalarda, beklenmedik kanamanın iyi bir şekilde boşaltılması ve sinirlerin sıkışmaması için hematoma oluşumunu önlemek amacıyla Hemovac uygulamak önemlidir (41,66) .

Radiks hasarı, ameliyat sırasında ortaya çıkan ve bir kez oluştuğunda cerrahi olarak tedavi edilemeyen bir komplikasyon olabilmektedir. Bu nedenle, dikkatli davranmak en etkili tedavi seçeneğidir. Sinir hasarını önlemek için, endoskopik cerrahın doğru anatomik bilgisine ve yaklaşımın güvenliğine dikkat edilmeli ve ameliyat sırasında sinire zarar vermemek için dikkatli ve hassas bir cerrahi işlem gerçekleştirilmelidir (44. 66).

Sinir hasarı meydana geldikten sonra, geri döndürülebilir olsa bile iyileşme çok zaman alır ve belirtiler sinir hasarının derecesine ve yerine bağlı olarak değiştiği için ilaç tedavisi ve rehabilitasyon tedavisi gibi çeşitli tedaviler uygulanmalıdır.

Dar bir alanda ve kısıtlı görüş açısıyla bile açık cerrahi ile aynı sonuçları elde etmek mümkündür. Bu sebeple, çok fazla deneyim ve uzun bir öğrenme süreci kaçınılmazdır. Son 5 yılda endoskopik omurga cerrahisiyle ilgili birçok literatür yayınlanmıştır. Bununla birlikte, retrospektif çalışmalar (3. düzey kanıt) ağırlıklı olup, randomize kontrollü çalışmalar (RCT) gibi 1. düzey kanıt niteliğindeki çalışmalar neredeyse hiç bulunmamaktadır. Ayrıca, tam (tek portlu) endoskopik omurga cerrahisi üzerine birçok çalışma mevcutken, özellikle servikal ve torasik omurga için çift portlu endoskopik cerrahi üzerine çalışmalar çok nadirdir. Önümüzdeki yıllarda endoskopik spinal cerrahisinin,

hala altın standart olan açık cerrahiyle aynı temele sahip olması için, RCT gibi daha yüksek kaliteli kanıtlara ihtiyaç vardır(66).

4. Son Söz

Tüm literatür incelendiğinde lomber bölge endoskopik spinal cerrahi uygulamalarında dura yırtılması, postoperatif hematoma, geçici disestezi ve tedavi edilemeyen ağrı, rezidü disk nispeten yaygındır. Ayrıca, idrar retansiyonu, motor güçsüzlük, kauda equina sendromu, yara enfeksiyonu gibi çeşitli komplikasyonlar da ortaya çıkabilir. Özetle, komplikasyonlardan korunmak için çeşitli endoskopik yaklaşım yöntemlerinin avantaj ve dezavantajlarını anlamak ve spinal hastalık için en etkili ve uygun cerrahi yaklaşımı seçmek son derece önemlidir.

Kaynaklar

1. LI, Wei-Shang; YAN, Qi; CONG, Lin. Comparison of endoscopic discectomy versus non-endoscopic discectomy for symptomatic lumbar disc herniation: a systematic review and meta-analysis. *Global Spine Journal*, 2022, 12.5: 1012-1026.
2. COMPAGNONE, Domenico, et al. Complications in endoscopic spine surgery: a systematic review. *European Spine Journal*, 2024, 33.2: 401-408.
3. GLASSMAN, Steven D., et al. The impact of perioperative complications on clinical outcome in adult deformity surgery. *Spine*, 2007, 32.24: 2764-2770.
4. SCIUBBA, Daniel M., et al. A comprehensive review of complication rates after surgery for adult deformity: a reference for informed consent. *Spine deformity*, 2015, 3.6: 575-594.
5. ZANIRATO, Andrea, et al. Complications in adult spine deformity surgery: a systematic review of the recent literature with reporting of aggregated incidences. *European Spine Journal*, 2018, 27.9: 2272-2284.
6. Merter A, Özyıldırım M, Kurt F, Özçelik M. Bispectral Index Monitoring in Endoscopic Lumbar Spine Surgery: Retrospective Analysis of Central Nervous System Complications. *World Neurosurg*. 2025 Aug;200:124230. doi: 10.1016/j.wneu.2025.124230. Epub 2025 Jun 28. PMID: 40588185.
7. Chen Z, Zhang L, Dong J, et al (2020) Percutaneous transforaminal endoscopic discectomy versus microendoscopic discectomy for lumbar disc herniation: two-year results of a randomized controlled trial. *Spine (Phila Pa 1976)*, 45. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000003314>
8. Zhou C, Zhang G, Panchal RR et al (2018) Unique complications of percutaneous endoscopic lumbar discectomy and percutaneous endoscopic interlaminar discectomy. *Pain Phys*, 21
9. Soliman HM (2015) Irrigation endoscopic decompressive laminotomy. A new endoscopic approach for spinal stenosis decompression. *Spine J*. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2015.07.009>
10. Park SM, Kim HJ, Kim GU et al (2019) Learning curve for lumbar decompressive laminectomy in biportal endoscopic spinal surgery using the cumulative summation test for learning curve. *World Neurosurg* 122. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.10.197>
11. Jin M, Zhang J, Shao H et al (2020) Percutaneous transforaminal endoscopic lumbar interbody fusion for degenerative lumbar diseases: a consecutive case series with mean 2-year follow-up. *Pain Phys*, 23. <https://doi.org/10.36076/ppj.2020/23/165>
12. Kim JE, Yoo HS, Choi DJ et al (2021) Comparison of minimal invasive versus biportal endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion for single-level lumbar disease. *Clin Spine Surg* 34. <https://doi.org/10.1097/BSD.0000000000001024>

13. Kim JE, Yoo HS, Choi DJ et al (2020) Learning curve and clinical outcome of biportal endoscopic-assisted lumbar interbody fusion. *Biomed Res Int*. <https://doi.org/10.1155/2020/8815432>
14. Fan G, Han R, Gu X et al (2017) Navigation improves the learning curve of transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *Int Orthop* 41. <https://doi.org/10.1007/s00264-016-3281-5>
15. Chen G, Wang X, Nie H et al (2018) Negative pressure pulmonary edema after percutaneous endoscopic interlaminar lumbar discectomy-a case report. *BMC Musculoskelet Disord*, 19. <https://doi.org/10.1186/s12891-018-2306-1>
16. Shu W, Wang H, Zhu H et al (2020) Nerve root entrapment with pseudomeningocele after percutaneous endoscopic lumbar discectomy: a case report. *J Spinal Cord Med*, 43. <https://doi.org/10.1080/10790268.2018.1507802>
17. Ahn Y, Jin UK, Byung HL et al (2009) Postoperative retroperitoneal hematoma following transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy: Clinical article. *J Neurosurg Spine* 10. <https://doi.org/10.3171/2009.2.SPINE08227>
18. Wang Y, Ai P, Zhan G, Shen B (2018) Lumbar artery injury during transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy: successful treatment by emergent transcatheter arterial embolization. *Ann Vasc Surg* 53. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2018.05.032>
19. Liang J, Lian L, Liang S, et al. Efficacy and complications of unilateral biportal endoscopic spinal surgery for lumbar spinal stenosis: a meta-analysis and systematic review. *World Neurosurg*. 2022;159:e91–102. doi: 10.1016/j.wneu.2021.12.005. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
20. Müller SJ, Burkhardt BW, Oertel JM. Management of dural tears in endoscopic lumbar spinal surgery: a review of the literature. *World Neurosurg*. 2018;119:494–9. doi: 10.1016/j.wneu.2018.05.251. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
21. Pan M, Li Q, Li S, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy: indications and complications. *Pain Physician*. 2020;23:49–56. [PubMed] [Google Scholar]
22. Klingler JH, Volz F, Kruger MT, et al. Accidental durotomy in minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: frequency, risk factors, and management. *Sci World J*. 2015;2015:532628. Doi
23. Wang B, He P, Liu X, et al. Complications of unilateral biportal endoscopic spinal surgery for lumbar spinal stenosis: a systematic review of the literature and meta-analysis of single-arm studies. *Orthop Surg*. 2023;15:3–15. doi: 10.1111/os.13437. [DOI] [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
24. Wu PH, Kim HS, Lee YJ ve diğerleri. Posterior endoskopik servikal foramyotomi ve diskektomi: 2 yıllık takip ile dekompresyonun kemik üzerindeki etkisinin klinik ve radyolojik bilgisayar tomograisi değerlendirmesi. *Eur*

- Spine J. 2021;30:534–46. doi: 10.1007/s00586-020-06637-8. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
25. Kim HS, Raorane HD, Wu PH, et al. Incidental durotomy during endoscopic stenosis lumbar decompression: incidence, classification, and proposed management strategies. *World Neurosurg.* 2020;139:e13–22. doi: 10.1016/j.wneu.2020.01.242. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
 26. Nam HGW, Kim HS, Park JS, et al. Double-layer tachosil packing for management of incidental durotomy during percutaneous stenoscopic lumbar decompression. *World Neurosurg.* 2018;120:448–56. doi: 10.1016/j.wneu.2018.09.040. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
 27. Ju CI, Kim P, Ha SW, et al. Contraindications and complications of full endoscopic lumbar decompression for lumbar spinal stenosis: a systematic review. *World Neurosurg.* 2022;168:398–410. doi: 10.1016/j.wneu.2022.07.066. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
 28. Silav G, Arslan M, Comert A, et al. Relationship of dorsal root ganglion to intervertebral foramen in lumbar region: an anatomical study and review of literature. *J Neurosurg Sci.* 2016;60:339–44. [PubMed] [Google Scholar]
 29. Cho JY, Lee SH, Lee HY. Prevention of development of postoperative dysesthesia in transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy for intracanalicular lumbar disc herniation: Floating retraction technique. *Minim Invasive Neurosurg.* 2011;54:214–8. doi: 10.1055/s-0031-1287774. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
 30. Ju CI, Kim P, Ha SW, et al. Contraindications and complications of full endoscopic lumbar decompression for lumbar spinal stenosis: a systematic review. *World Neurosurg.* 2022;168:398–410. doi: 10.1016/j.wneu.2022.07.066. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
 31. Ju CI. Technical considerations of the transforaminal approach for lumbar disk herniation. *World Neurosurg.* 2021;145:597–611. doi: 10.1016/j.wneu.2020.08.229. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
 32. Kim HS, Wu PH, Jang IT. Lumbar endoscopic unilateral laminotomy for bilateral decompression outside-in approach: a proctorship guideline with 12 steps of effectiveness and safety. *Neurospine.* 2020;17(Suppl 1):S99–109. doi: 10.14245/ns.2040078.039. [DOI] [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
 33. Kim KR, Park JY. The technical feasibility of unilateral biportal endoscopic decompression for the unpredicted complication following minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: case report. *Neurospine.* 2020;17(Suppl 1):S154–9. doi: 10.14245/ns.2040174.087. [DOI] [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
 34. Kim N, Jung SB. Percutaneous unilateral biportal endoscopic spine surgery using a 30-degree arthroscope in patients with severe lumbar spinal

- stenosis: a technical note. *Clin Spine Surg.* 2019;32:324-9. doi: 10.1097/BSD.0000000000000876. [DOI] [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
35. Kang MS, Park HJ, Hwang JH, et al. Safety evaluation of biportal endoscopic lumbar discectomy: assessment of cervical epidural pressure during surgery. *Spine (Phila Pa 1976)* 2020;45:E1349-56. doi: 10.1097/BRS.0000000000003585. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
 36. Pranata R, Lim MA, Vania R, et al. Biportal endoscopic spinal surgery versus microscopic decompression for lumbar spinal stenosis: a systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg.* 2020;138:e450-8. doi: 10.1016/j.wneu.2020.02.151. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
 37. Kang T, Park SY, Lee SH, et al. Assessing changes in cervical epidural pressure during biportal endoscopic lumbar discectomy. *J Neurosurg Spine.* 2020 Oct 30;:1-7. doi: 10.3171/2020.6.SPINE20586. doi: 10.3171/2020.6.SPIN-NE20586. [Epub] [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
 38. Kang MS, Hwang JH, Choi DJ, et al. Clinical outcome of biportal endoscopic revisional lumbar discectomy for recurrent lumbar disc herniation. *J Orthop Surg Res.* 2020;15:557. doi: 10.1186/s13018-020-02087-6. [DOI] [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
 39. Ahn DK, Lee JS, Shin WS, et al. Postoperative spinal epidural hematoma in a biportal endoscopic spine surgery. *Medicine (Baltimore)* 2021;100:e24685. doi: 10.1097/MD.00000000000024685. [DOI] [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
 40. Kim JE, Yoo HS, Choi DJ, et al. Effectiveness of gelatinthrombin matrix sealants (FloSeal®) on postoperative spinal epidural hematoma during single-level lumbar decompression using biportal endoscopic spine surgery: clinical and magnetic resonance image study. *Biomed Res Int.* 2020;2020:4801641. doi: 10.1155/2020/4801641. [DOI] [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
 41. Kim JE, Choi DJ, Kim MC, et al. Risk factors of postoperative spinal epidural hematoma after biportal endoscopic spinal surgery. *World Neurosurg.* 2019;129:e324-9. doi: 10.1016/j.wneu.2019.05.141. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
 42. Ahn DK, Lee JS, Shin WS, et al. Postoperative spinal epidural hematoma in a biportal endoscopic spine surgery. *Medicine (Baltimore)* 2021;100:e24685. doi: 10.1097/MD.00000000000024685. [DOI] [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
 43. Kim JE, Choi DJ, Park EJ. Evaluation of postoperative spinal epidural hematoma after biportal endoscopic spine surgery for single-level lumbar spinal stenosis: clinical and magnetic resonance imaging study. *World Neurosurg.* 2019;126:e786-92. doi: 10.1016/j.wneu.2019.02.150. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]

44. Ahn Y. Transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy: technical tips to prevent complications. *Expert Rev Med Devices*. 2012;9:361–6. doi: 10.1586/erd.12.23. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
45. Wang H, Zhou Y, Li C, et al. Risk factors for failure of single-level percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *J Neurosurg Spine*. 2015;23:320–5. doi: 10.3171/2014.10.SPINE1442. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
46. Yao Y, Liu H, Zhang H, et al. Risk factors for recurrent herniation after percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *World Neurosurg*. 2017;100:1–6. doi: 10.1016/j.wneu.2016.12.089. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
47. Kim HS, You JD, Ju CI. Predictive scoring and risk factors of early recurrence after percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *Biomed Res Int*. 2019;2019:6492675. doi: 10.1155/2019/6492675. [DOI] [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
48. Ju CI, Kim P, Ha SW, et al. Contraindications and complications of full endoscopic lumbar decompression for lumbar spinal stenosis: a systematic review. *World Neurosurg*. 2022;168:398–410. doi: 10.1016/j.wneu.2022.07.066. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
49. Czigléczi G, Nagy Z, Padányi C, et al. Biportal endoscopic technique in the treatment of spinal stenosis: early clinical experiences and results. *Neurol Res*. 2020;42:1085–8. doi: 10.1080/01616412.2020.1803603. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
50. Choi CM. Biportal endoscopic spine surgery (BESS): considering merits and pitfalls. *J Spine Surg*. 2020;6:457–65. doi: 10.21037/jss.2019.09.29. [DOI] [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
51. Kumagai G, Wada K, Asari T, et al. Association of methicillin-resistant coagulase-negative staphylococci on preoperative skin and surgical site infection in patients undergoing spinal surgery: a retrospective cohort study. *Spine Surg Relat Res*. 2022;6:596–603. doi: 10.22603/ssrr.2021-0263. [DOI] [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
52. Gu YT, Cui Z, Shao HW, et al. Percutaneous transforaminal endoscopic surgery (PTES) for symptomatic lumbar disc herniation: a surgical technique, outcome, and complications in 209 consecutive cases. *J Orthop Surg Res*. 2017;12:25. doi: 10.1186/s13018-017-0524-0. [DOI] [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
53. Choi KC, Lee JH, Kim JS, et al. Unsuccessful percutaneous endoscopic lumbar discectomy: a single center experience of 10,228 cases. *Neurosurgery*. 2015;76:372–81. doi: 10.1227/NEU.0000000000000628. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
54. Lee SH, Kang BU, Ahn Y, et al. Operative failure of percutaneous endoscopic lumbar discectomy: a radiologic analysis of 55 cases. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31:E285–90. [PubMed] [Google Scholar]

55. Kim SK, Kang SS, Hong YH, et al. Clinical comparison of unilateral biportal endoscopic technique versus open microdiscectomy for single-level lumbar discectomy: a multicenter, retrospective analysis. *J Orthop Surg Res.* 2018;13:22. doi: 10.1186/s13018-018-0725-1. [DOI] [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
56. Choi DJ, Choi CM, Jung JT, et al. Learning curve associated with complications in biportal endoscopic spinal surgery: challenges and strategies. *Asian Spine J.* 2016;10:624–9. doi: 10.4184/asj.2016.10.4.624. [DOI] [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
57. Liang J, Lian L, Liang S, et al. Efficacy and complications of unilateral biportal endoscopic spinal surgery for lumbar spinal stenosis: a meta-analysis and systematic review. *World Neurosurg.* 2022;159:e91–102. doi: 10.1016/j.wneu.2021.12.005. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
58. Ahn JS, Lee HJ, Choi DJ, et al. Extraforaminal approach of biportal endoscopic spinal surgery: a new endoscopic technique for transforaminal decompression and discectomy. *J Neurosurg Spine.* 2018;28:492 8. doi: 10.3171/2017.8.SPINE17771. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
59. Kim JE, Choi DJ. Clinical and radiological outcomes of unilateral biportal endoscopic decompression by 30 arthroscopy in lumbar spinal stenosis: minimum 2-year follow-up. *Clin Orthop Surg.* 2018;10:328 36. doi: 10.4055/cios.2018.10.3.328. [DOI] [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
60. Kim JE, Choi DJ, Park EJ. Clinical and radiological outcomes of foraminal decompression using unilateral biportal endoscopic spine surgery for lumbar foraminal stenosis. *Clin Orthop Surg.* 2018;10:439–47. doi: 10.4055/cios.2018.10.4.439. [DOI] [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
61. Kim JE, Choi DJ, Park E, et al. Biportal endoscopic spinal surgery for lumbar spinal stenosis. *Asian Spine J.* 2019;13:334–42. doi: 10.31616/asj.2018.0210. [DOI] [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
62. Lewandrowski KU, Dowling A, de Carvalho PST, et al. Indication and contraindication of endoscopic transforaminal lumbar decompression. *World Neurosurg.* 2021;145:631–42. doi: 10.1016/j.wneu.2020.03.076. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
63. Ju CI, Kim P, Ha SW, et al. Contraindications and complications of full endoscopic lumbar decompression for lumbar spinal stenosis: a systematic review. *World Neurosurg.* 2022;168:398–410. doi: 10.1016/j.wneu.2022.07.066. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
64. Wagner R, Haefner M. Indications and contraindications of full-endoscopic interlaminar lumbar decompression. *World Neurosurg.* 2021;145:657–62. doi: 10.1016/j.wneu.2020.08.042. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
65. Heo DH, Park DY, Hong HJ, et al. Indications, contraindications, and complications of biportal endoscopic decompressive surgery for the treatment of

- lumbar stenosis: a systematic review. *World Neurosurg.* 2022;168:411–20. doi: 10.1016/j.wneu.2022.09.023. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
66. JU, Chang Il; LEE, Seung Myung. Complications and management of endoscopic spinal surgery. *Neurospine*, 2023, 20.1: 56.

Nöroşirürjide Spinal Cerrahi Komplikasyonlarının Yönetimi

Editör:
Gönül GÜVENÇ