

Lomber Tam Endoskopik Transforaminal Diskektomi: Komplikasyonları ve Yönetimi

Lumbar Full Endoscopic Transforaminal Discectomy: Complications and Management

Öz

Lomber endoskopik diskektominin başlangıcı 1970'li yıllara dek uzansa da irrigasyon, görüntüleme ve manipülasyonun aynı anda gerçekleştirilebildiği, günümüzde kullanılan endoskobun onaylanıp uygulamaya girmesi 2000 yılında ve transforaminal lomber diskektomi yaklaşımı protokolünün belirlenmesi 2002 yılında gerçekleştirilebilmiştir (48). Diğer yandan 2006 yılından itibaren interlaminer yaklaşım yaygınlaşmaya başlamış, migrate herniasyonlar ve far lateral herniasyonlar için ilk sınıflandırma ve tanımlamalar 2006/2007 yıllarında yapılmıştır (12, 33). Bu yıllardan başlayarak lomber endoskopik diskektomi uygulamalarında endikasyon yelpazesi genişlemiş, girişimler yaygınlaşmış ve mikrodiskektomi yaklaşımının yerini almaya başlamıştır. Endikasyon yelpazesinin genişlemesi, beraberinde her yeni cerrahi yaklaşımda olduğu gibi geçmişte görülmeyen yeni komplikasyonların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu gözden geçirme yazısında lomber transforaminal endoskopik diskektomi girişimlerinde görülebilecek komplikasyonlar, komplikasyonlardan kaçınma ve tedavi yöntemleri kendi deneyimlerimiz ve literatür bilgileri ışığında ele alınmaya çalışılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Lomber disk herniasyonu, Endoskopik diskektomi, Komplikasyon yönetimi

ABSTRACT

Although the inception of lumbar endoscopic discectomy extends back to the 1970s, it was not until the year 2000 that the endoscope currently in use, capable of simultaneous irrigation, imaging, and manipulation, was approved and introduced. Furthermore, the protocol for the transforaminal lumbar discectomy approach was established in 2002. On the other hand, since 2006, the interlaminar approach has started to gain popularity, with the initial classification and definitions for migrated herniations and far lateral herniations being made in 2006/2007. From these years onwards, the spectrum of indications for lumbar endoscopic discectomy applications has expanded, interventions have become widespread, and it has begun to take the place of the microdiscectomy approach. The broadening of indication spectrum has, as is the case with every new surgical approach, led to the emergence of new complications previously unseen. This review article attempts to address the complications that can be encountered in lumbar transforaminal endoscopic discectomy interventions, and the methods of avoidance and treatment in the light of our own experiences and literature information.

Keywords: Lumbar disc herniation, Endoscopic discectomy, Complication management

GİRİŞ

Her cerrahi yaklaşımda olduğu gibi transforaminal endoskopik diskektomi yaklaşımında da komplikasyonlarda kaçınmanın en önemli yolu cerrahi tekniğin uygun biçimde gerçekleştirilmesidir. Bu amaçla transforaminal (TF) girişim sırasında uyulması gerekli kurallar kısaca ele alınmıştır.

1. CERRAHİ TEKNİK

TF yaklaşım intervertebral foramen (IVFo) yoluyla gerçekleştirilir. IVFo, girişim sırasında hem içinde çalışılan hem de spinal kanala ulaşılmasını sağlayan 3 boyutlu kompleks anatomik bir yapıdır. Öte yandan Kambin'in 1988'de başlayıp, kadavra çalışmaları ve cerrahi pratiği birleştirerek geliştirdiği Kambin Üçgeni ve IVFo anatomisini birarada kavramak TF girişimin anahtarıdır. Kambin 4 anatomik yapıyı kapsayan tanımı 2005 yılında şu şekilde yapmıştır: "Anülüs üzerinde-

ki hedef üçgen çalışma alanıdır (zone). Bu alan proksimalde eksiting sinir kökü, inferiorda alt vertebranın proksimal plate'i, posteriorda distal segmentin proksimal artiküler prosesi ve medialde traversing sinir kökü ve dura tarafından sınırlanmıştır" (26). Kambin'in makaleleri yayın sırasına göre incelenecek olursa 4 anatomik yapıyı içeren iki ayrı üçgenden söz ettiği görülecektir. İlk üçgen alt vertebranın superior artiküler prosesi, proksimal plate'i ve eksiting sinirin sınırladığı alandır. Bu alan aslında tanımlandığı gibi üçgen olmayan hayali bir alan olup, Kambin tarafından spinal iğne ve endoskobun geçiş yüzeyi olarak tanımlanmıştır (25). İkinci üçgen ise doğrudan anülüs üzerinde iğne yerleştirilmesini hedefleyen, sınırlarını medialde traversing kök ve kauda, lateralde eksiting sinir kökü ve kaudalde alt vertebranın proksimal plate'inin oluşturduğu üçgendir (27). Kambin'in tanımlandığı 4 anatomik komponenti içeren iki üçgen ve IVFo biraraya getirildiğinde karşımıza girişimin içinde gerçekleştirildiği 3 boyutlu bir çalışma alanı, Kambin Prizması çıkmaktadır (Şekil 1) (45).

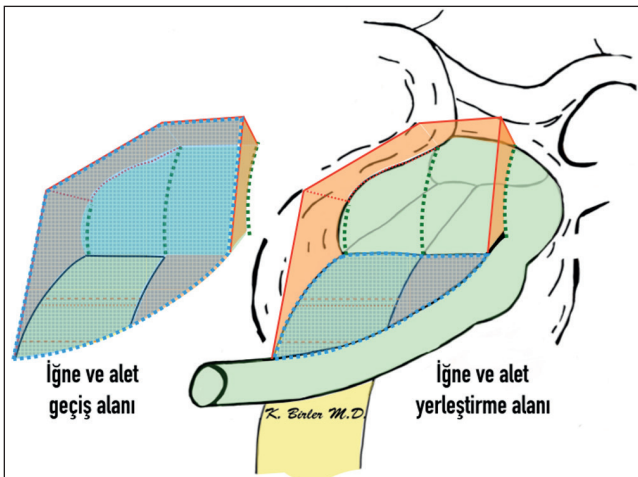
TF yaklaşımın en önemli aşaması spinal iğne yerleştirilmesidir. Çalışma kanülü ve endoskop iğne trasesi üzerinden girişim alanına ulaşmaktadır. Bu nedenle iğne ucunun lokalizasyonu, giriş açısı ve giriş noktasının preoperatif evrede planlanması gereklidir. Söz konusu planlamayı temellendiren ise herniasyon dokusunun yerleşimidir. Öncelikle herniasyon dokusunun aksiyal ve sagittal planda yerleşim zonları belirlenmelidir (Şekil 2) (16).

1.1. Preoperatif Planlama

Herniasyon dokusunun yerleşimine göre planlama 3 grupta incelenebilir.

1.1.1 Migrate olmamış kanal içi herniasyonlar

Bu durumda iğnenin mümkün olan en yatay açıyla, spinal kanala en yakın noktaya, yani medial pediküler hat (Med. PH) üstüne yerleştirilmesi gereklidir (Şekil 3). Subartiküler zon yerleşimli herniasyonlarda herniasyon dokusu dural sakı dorsale elave ederek ek bir çalışma alanı sağlayabilir. Bu durumda iğne ucu Med. PH'ın daha medialine yerleştirilebilir. Giriş açısının 0-30 derece arasında olması, çalışma kanülüne dorso-ventral kaldıraç hareketini olanaklı kılarak epidural kaviteye ulaşımı kolaylaştırır. Daha yüksek giriş açılarında yumuşak doku direnci kaldıraç hareketini kısıtlayarak epidural kaviteye ulaşmayı engeller.



Şekil 1: İğne yerleştirme ve geçiş alanlarının oluşturduğu Kambin Prizması.

1.1.2 Ekstraforaminal (EF) / Foraminal herniasyonlar

EF herniasyonlar eksiting siniri dorsal, kranial ve lateral yönlerin herhangi kombinasyonu ile itebilir. Preoperatif MRG kesitlerinde dorsale itilme yoksa girişi açısı herhangi sorun yaratmaz. Ancak dorsale itilme olduğunda giriş yüzeyi dorso-ventral planda daralacaktır. Bu durumda veya preoperatif MRG'lerde itilme yönü saptanamadığında 40 derece ve üstü dik açılarla girişim yapılarak iğne ucu midpediküler hat (Mid. PH) üstüne yerleştirilmelidir (Şekil 4). Salt foraminal yerleşimli herniasyonlarda ise eksiting sinir itilmesi söz konusu olmadığında 0-30 derece arası bir açıyla Mid. PH'ta yerleşmek yeterli olacaktır.

1.1.3 Migrate herniasyonlar

Kranial veya kaudal yönde migrate herniasyonlarda iğne ucu mümkün olan en yatay açıyla Med. PH'ta yerleştirilmelidir. Ancak girişim sırasında çalışma kanülü ve endoskobun kranial / kaudal yönde hareketlerini kolaylaştırmak amacıyla iğneye herniasyon yönüne göre sagittal planda yaklaşık 10 derecelik bir açı verilmesi yararlı olacaktır (Şekil 5).

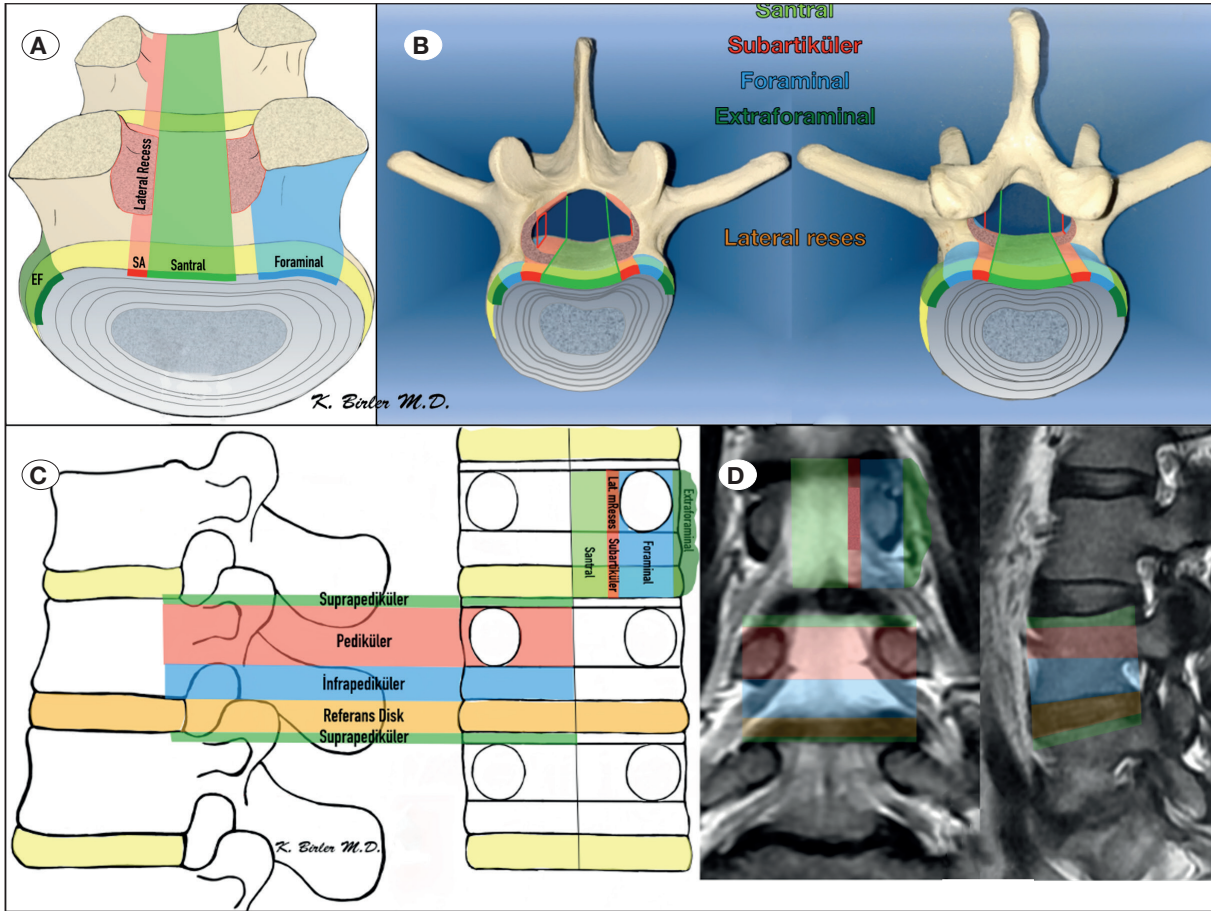
Giriş noktası, spinal iğne ucunun konumu ve giriş açısının belirlenmesini izleyerek hesaplanır. MRG aksiyal kesitlerde, iğne ucunun yerleştirileceği noktadan başlayarak çizilen kararlaştırılmış açı çizgisinin, hemen cilde paralel horizontal hatla kesiştiği noktanın orta hatta olan uzaklığı giriş noktasını belirleyecektir. İğne ucunun yerleştirileceği noktadan başlayarak kararlaştırılmış açı çizilir. Açı çizgisinin cilde paralel horizontal aks ile kesiştiği nokta bulunur. Bu noktanın orta hattan uzaklığı, iğnenin girişim sırasındaki orta hattan uzaklığını belirleyecektir. Giriş noktası MRG kesitlerinde hastanın dışında kaldığında ekstrapolasyon yöntemiyle hesaplanır (Şekil 6A). Tam yataya yakın giriş açısı arzulanan kanal içi herniasyonlarda giriş noktası hesaplanmasında inferior artiküler proses veya faset eklem dorsali kullanılabilir (Şekil 6B). Ancak bu durumda MRG kesitlerinde retroperitoneum kontrol edilmelidir. Retroperitoneumun faset eklem dorsali ni geçtiği durumlarda giriş noktası olarak bu hattı kullanmak retroperitoneum yaralanmasına yol açabilir.

1.2. Spinal İğne Yerleştirilmesi

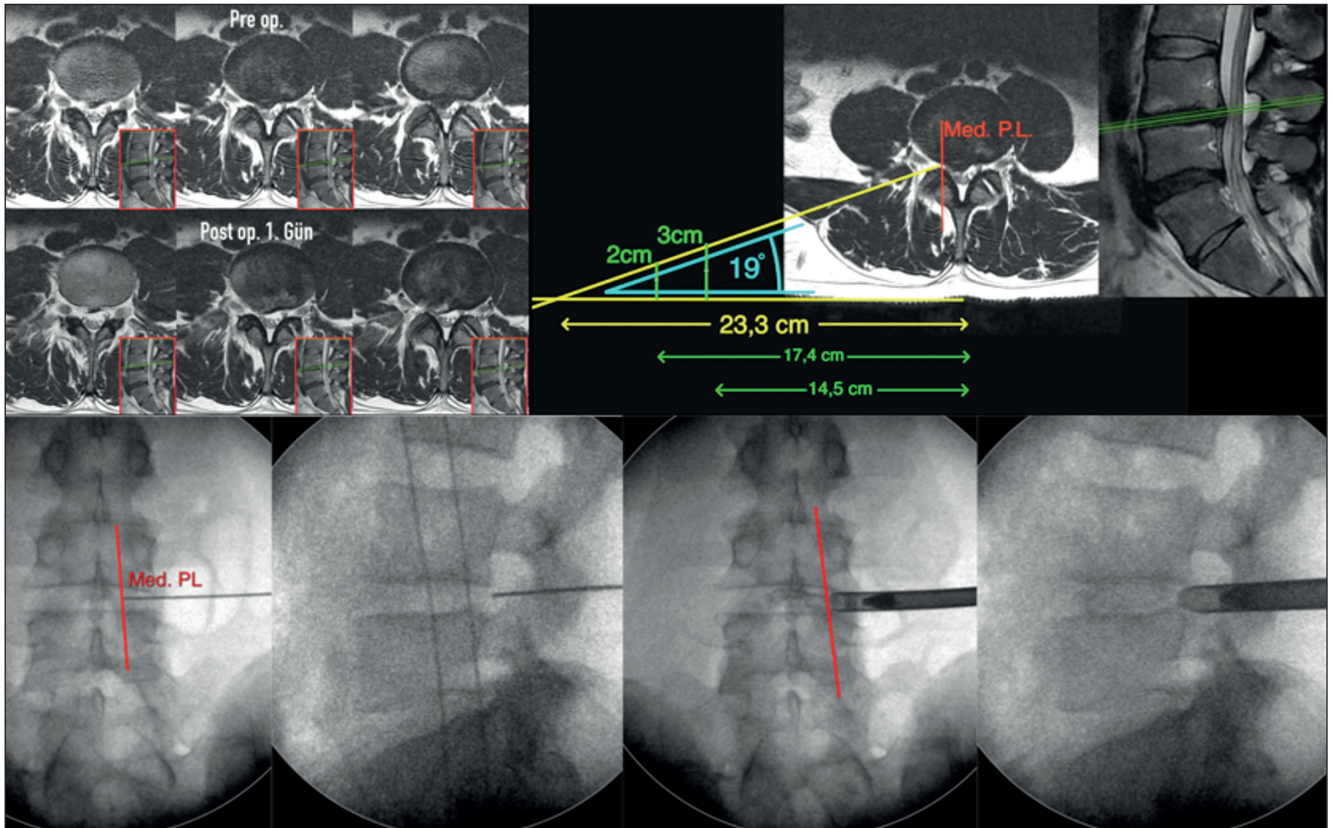
TF girişimin en önemli aşamasıdır. İğne foramende herhangi noktaya yerleştirilebilir. İğne yerleştirilirken AP grafide medial, middle ve lateral pediküler hatlar nirengi noktaları olarak kullanılır. İğne AP grafide nereye yerleştirilmiş olursa olsun lateral grafide hayali dorsal anulus çizgisine temas etmelidir (Şekil 7). İğne ilerletilirken ilk hamlede hedefe ulaşmaya çalışılmamalı, AP ve lateral grafiler çekilerek skopi eşliğinde hedefe ulaşılmalıdır. İğne yerleştirilmesine mutlaka gerekli zaman ayrılmalı, iğne tam yerleştirilmeden girişimin diğer aşamalarına geçilmemelidir.

1.3. Diskografi

İğne yerleştirildikten sonraki aşama diskografidir. Endoskopik girişimlerde diskografi geçmişte semptom provokasyonu amacıyla kullanılırken günümüzde dejenere nükleus pulposusun boyanarak ameliyatta ayırıldıması amacıyla kullanılmaktadır. Bu amaçla 1/1/1 oranında İndigokarmin, Gadolonium ve SF karışımı, iğne disk mesafesi içine ilerletildikten sonra 2-4 ml verilerek uygulanır. Diskografideki radyolojik boyanmayı kontrast madde oluşturur. Ameliyat sırasındaki boyanmış doku ise indigokarminin boyadığı dejenere nuk-



Şekil 2: A, B) Zonların 3-B görünümü, C, D) Zonların koronal ve sagittal kesitlerde görünümü.



Şekil 3: Subartiküler / Santral yerleşimli herniasyonda planlama ve spinal iğne konumu.

leus pulposus parçalarıdır. Disk herniasyonu materyali nükleus pulposusun yanı sıra kartilaj, fragmanite apofizeal kemik ve anuler dokular da içerebilir (16). Bu nedenle, özellikle ekstrude veya migrate herniasyon olgularında girişim sırasında boyanmamış herniasyon materyali ile karşılaşılabilir. Bu nedenle, özellikle ekstrude veya migrate herniasyon olgularında girişim sırasında boyanmamış herniasyon materyali ile karşılaşılabilir. Bu nedenle, özellikle ekstrude veya migrate herniasyon olgularında girişim sırasında boyanmamış herniasyon materyali ile karşılaşılabilir.

1.4. Kılavuz Çubuk ve Çalışma Kanülü Yerleştirilmesi

İğne içinden mandrel yerleştirilip, iğne geri çekildikten sonra, mandrel üzerinden kılavuz çubuk yerleştirilir. Kılavuz çubuk mandrel üzerinden, mandrel aksına dikkat edilerek ve kendi çevresinde döndürülerek içeri itilir. Lokal anestezi altındaki girişimlerde kılavuz çubuk anülusa temas ettiğinde ağrı hissedilir. Kılavuz çubuk içindeki kanaldan verilecek 1 ml lokal anestetikle ağrı giderilebilir. Kılavuz çubuk üzerinden çalışma kanülü, kesik uç açıklığı ventrale bakacak biçimde yerleştirilir. Foramene ulaşıldığında kanül dorsal yönde çevrilirken içeri itilir. Bu manevra olası eksiting sinir yaralanmasının önüne geçecektir (Şekil 8).

1.5. Endoskop Yerleştirilmesi ve Diskektomi

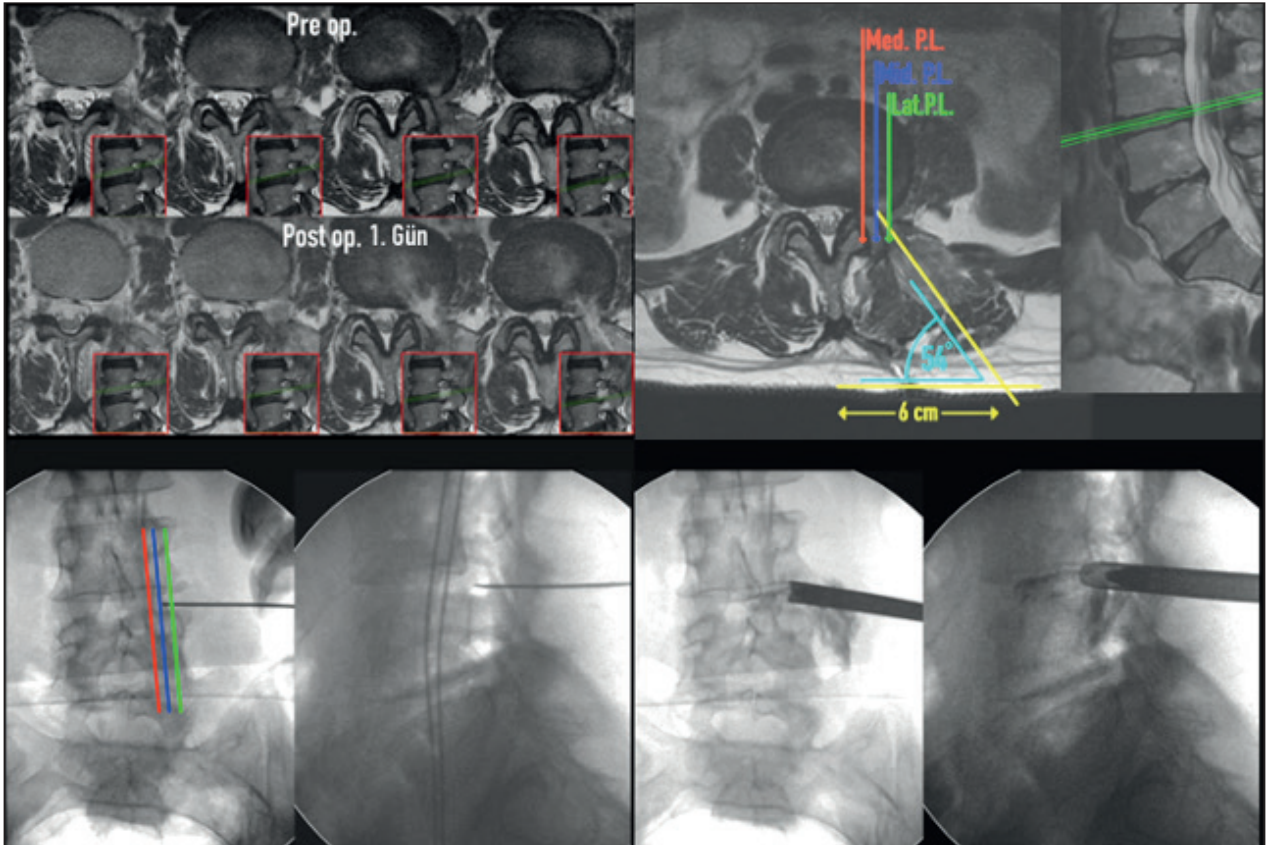
Beyaz ayarları yapıldıktan sonra endoskoba oda sıcaklığında serum fizyolojik bağlanıp, endoskop çalışma kanülüne yerleştirilir.

Endoskop yerleştirildiğinde çoğu zaman küçük hematoma parçalarının ameliyat alanını kapattığı görülür. Önemli değildir. Bunun nedeni IVFo hemen lateralindeki zengin venöz ağın iğne ve kanül girişi sırasındaki yaralanmasıdır. Hematom parçaları forseps yardımıyla temizlenerek berrak görüş alanı sağlanır.

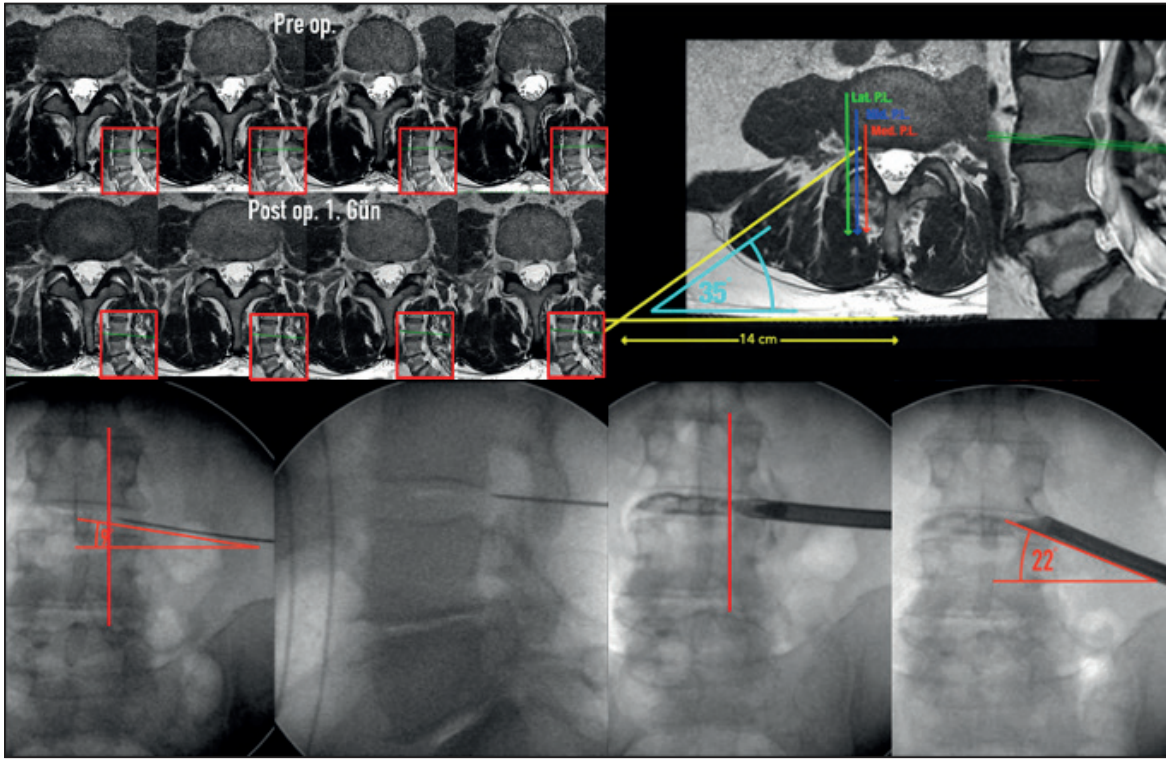
Radyofrekans probu doku koagülasyonu ve diseksiyon amacıyla kullanılabilir. Nükleus pulposus parçaları koagüle edildiğinde eriyerek yok olurken ligamentöz ve anüler dokular koagülasyonla büzülürler. Girişim sırasında özellikle epidural kaviteden gelişen bazı kanamaları bulmak ve durdurmak zor olabilir. Burada kanamanın miktarı değil görüş alanını bozması önemlidir. Bu durumda irrigasyon sıvısının basıncı yükseltilebilir. Yeterli olmazsa önce endoskoba sonra çalışma kanülüne sıvı çıkışını engelleyen kauçuk başlıklar takılabilir. Ancak uzun süreli yüksek basınçta çalışmanın epidural basıncı artıracağı unutulmamalıdır. Yukarıda anılan yöntemlerle basınç yükseltildiğinde en fazla 2-3 dakika çalışılıp, kanama durmadıysa basınç yükseltme işlemine ara verilip tekrar basınç yükseltilebilir. Kanama kontrolüne devam edilmelidir.

Ekstraforaminal bölgede yağ dokusu küçük kürecikler halinde ve forsepsle alınabilirler. Epidural kavite yağ dokusu ise forsepsle çekildiğinde bütün hâlinde gelir ve yapışık olduğu peridural membrandaki vasküler yapılar nedeniyle sert hareketlerle çekilmeye çalışıldığında kanamalara neden olur.

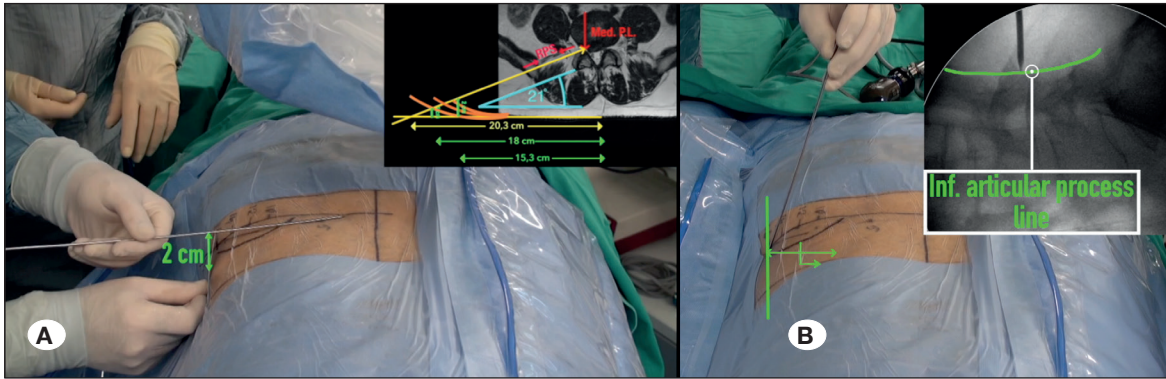
TF girişim sırasında endoskop sabit durumda değildir. Bu nedenle cerrah dominant olmayan eliyle endoskobu ve çalışma kanülünü joy stick hareketleriyle idare ederken dominant eliyle de cerrahi enstrümanları kullanmak durumundadır. Endoskopik cerrahi başlayanlar bu nedenle yeni manipülasyon becerileri geliştirmek zorundadır. Ancak iki elini kullanarak klasik mikrocerrahi eğitimi almış ve deneyimi olan bir cerrah için yeni manipülasyon becerileri geliştirmek çok kolay olacaktır.



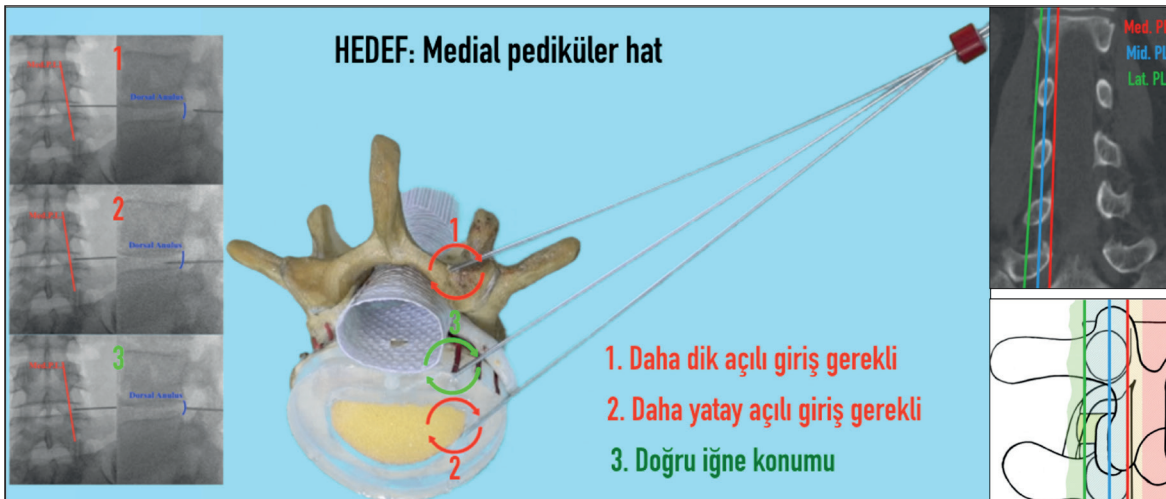
Şekil 4: Ekstraforaminal herniasyonda planlama ve spinal iğne konumu.



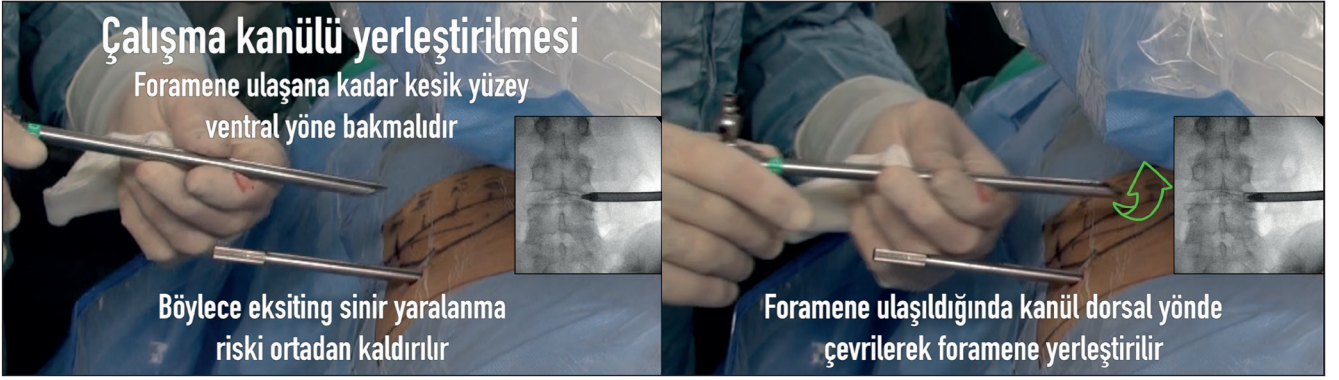
Şekil 5: Kraniale migre herniasyonda planlama ve spinal iğne konumu.



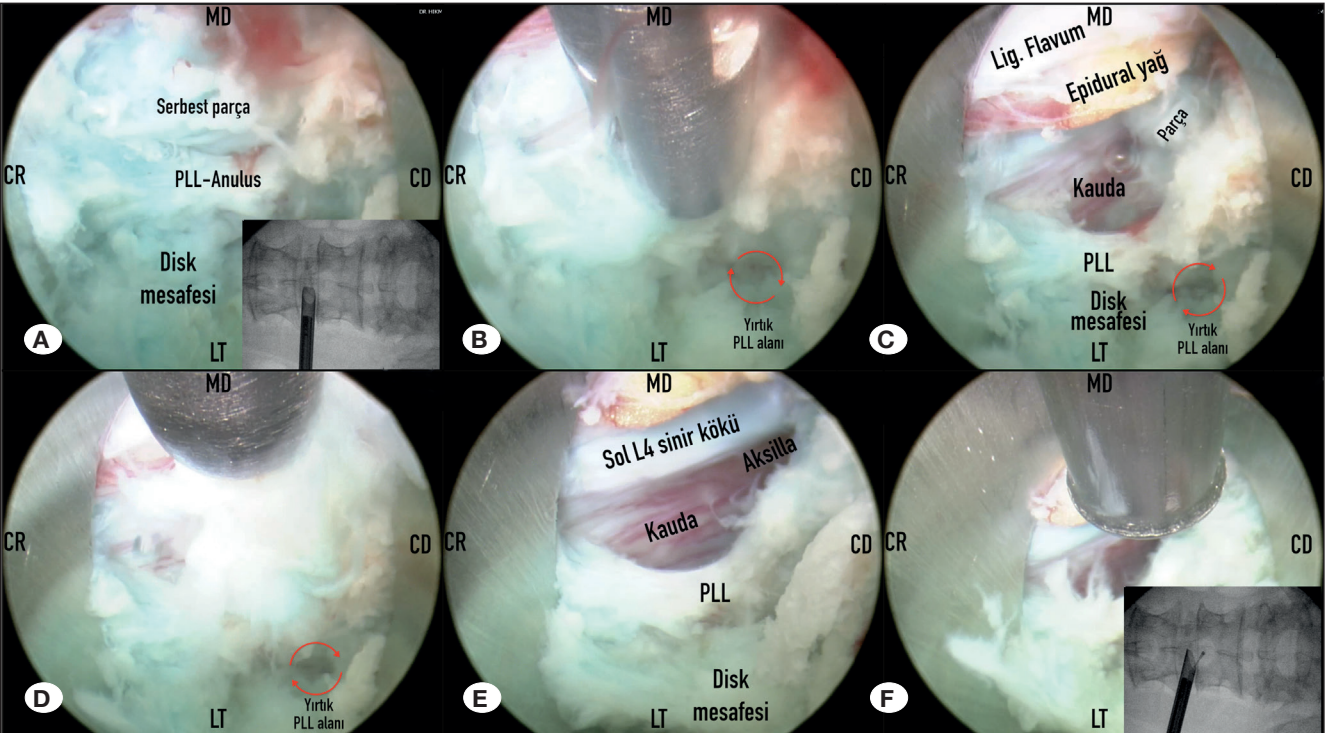
Şekil 6: Spinal iğne giriş noktasının belirlenmesi.



Şekil 7: Spinal iğne yerleştirilirken gerekli düzeltmeler.



Şekil 8: Çalışma kanülü yerleştirilmesi.



Şekil 9: TF yaklaşımıyla herniasyon alanının girişim sonunda kontrol edilmesi.

Yeni başlayanlarca sık sorulan bir soru ameliyatın ne zaman sonlandırılacağıdır. Ekspozе edilmiş nöral dokuların spontan pulsasyonu gerekli olmakla birlikte yeterli değildir. Preoperatif planlama döneminde belirlenmiş olan herniasyon dokusu yerleşim zonu ekspozе edilebilmeli ya da cerrahi aletlerle kontrol edilebilmelidir. Bu gerçekleştirildiğinde ameliyat sonlandırılabilir (Şekil 9).

2. KOMPLİKASYONLAR

Komplikasyonları tümüyle gözden geçirebilmek amacıyla Kim'in 2020 yılında önerdiği şema kullanılmıştır (31). Buna göre komplikasyonları intraoperatif dönem için lokal ve sistemik, postoperatif dönem için de erken ve geç komplikasyonlar olarak sınıflandırmak yararlı bir yaklaşımdır (Tablo I).

2.1. İntraoperatif Lokal Komplikeşyonlar

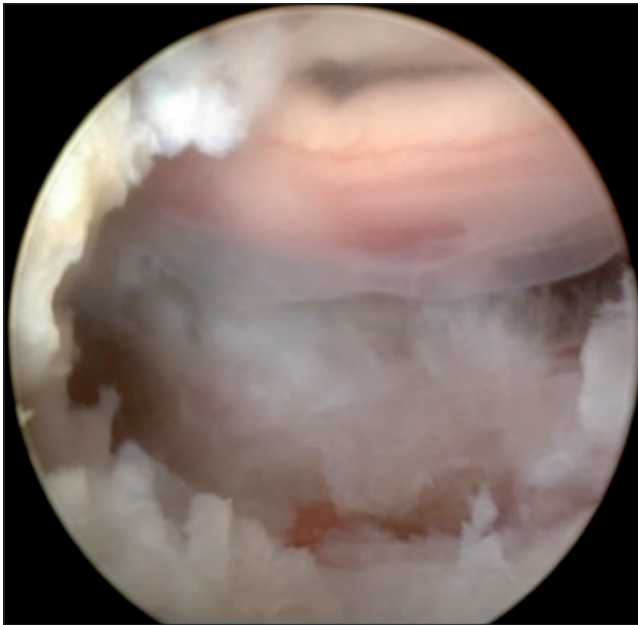
2.1.1. Dura yırtılması

TF girişim sırasında sinir kökünün çıkış seviyesine göre kök

veya kauda durasında yırtık oluşabilir. Klasik diskektomi yöntemlerinde dural yaralanma insidansı tam olarak bilinmemekle birlikte değişik serilerde %1,8-14 oranları bildirilmiştir (1,9). Lewandrowski 64470 endoskopik girişimi içeren çok merkezli çalışmada dura yaralanması insidansını %1,07 (689 olgu) olarak bildirmiştir. Dura yaralanmalarının %70'ini çalışmaya katılanların %20'sinin bildirdiğini vurgulayarak, bu grup çıkartıldığında gerçek insidansın %0.32 olacağını vurgulamıştır (35). Bu seri içinde dura yaralanması sonrasında BOS fistülü sadece 1 olguda bildirilmiştir. Endoskopik girişimlerde dura yaralanması TF girişimden çok İL girişimde görülmektedir. TF girişim sırasında kanalda çok yer kaplayıcı herniasyonlar, ileri migrate herniasyonlar ve nöks olgularda duranın yaralanma riski daha fazladır. İlgı çekici bir bulgu da duranın yaralanma insidansının yeni başlayanlar ve ileri derecede deneyimli cerrahlar içinde daha yüksek olmasıdır. Lewandrowski bu durumu yeni başlayanların deneyimsizliği ve çok deneyimli olanların kompleks olguları daha sık ameliyat etmeleriyle açıklamaktadır (35).

Tablo I: TF Yaklaşım Komplikasyonları

İntraoperatif		Postoperatif	
Lokal	Sistemik	Erken	Geç
Nöral yaralanma	Nöbet	Post op. disestezi	Spondilodiskit
Dura yırtılması	Ense ağrısı	Rezidüel ağrı	Psoas absesi
Damar yaralanması		Denovo prolaps	Pseudokist
Peritoneal yaralanma		Nörolojik defisit	Nüks
Fragman bırakılması		Epidural hematoma	İnstabilite
Pedikül yaralanması		Retroperitoneal hematoma	Epidural fibrozis
Alet komplikasyonları		Dispne / DVT	Kronik bel ağrısı
Yanlış seviye cerrahisi			İliotibial band sendromu

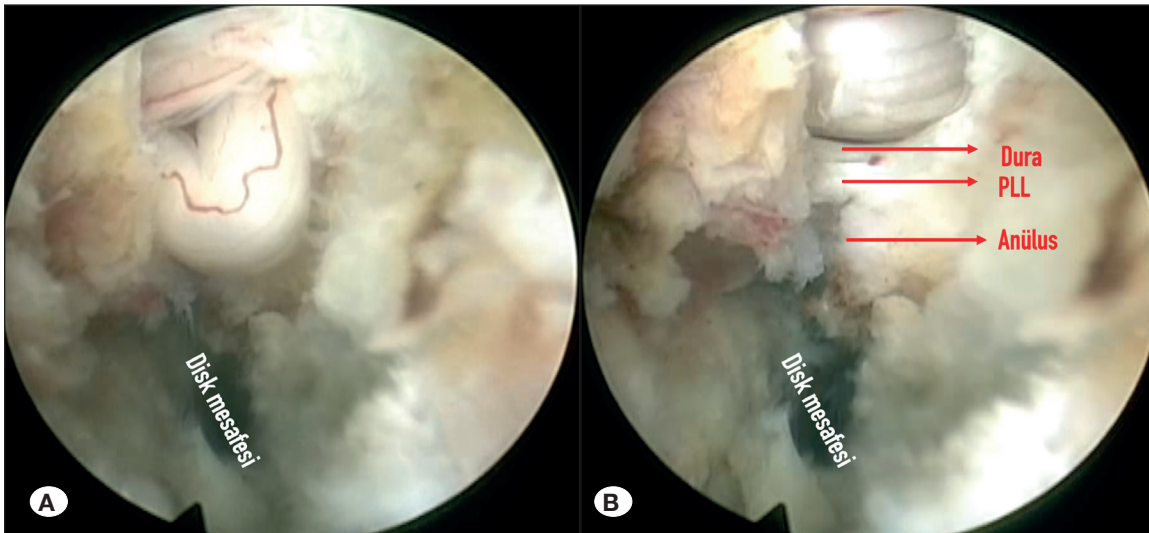


Şekil 10: İnterlaminer yaklaşımda dura yırtılması ve sağlam araknoid membran.

Dura yaralanmaları iki gruba ayrılabilir. İlk grubu girişim sırasında farkedilen dura yaralanmaları oluşturur. Kural olarak araknoid membranın sağlam olduğu durumlarda herhangi sorun çıkmaz. Kendi il serimizde araknoid membranın sağlam kaldığı iki dura yaralanmasında ameliyata devam edilmiş ve herhangi sorun yaşanmamıştır (Şekil 10).

Araknoid membranın açılıp rootlet'lerin dışarı çıktığı durum ise tartışmalıdır. İlk bilinmesi gereken TF girişim sırasında herhangi dura onarımının yapılamayacağıdır. Ameliyat lokal anestezi altında yapılıyor ve hasta katastrofik radiküler ağrı hissediyorsa önerilen, ameliyatın mikrodiskektomiye çevrilmesidir. Genel anestezi altında yapılan ameliyatlarda mikrocerrahiye dönülerek dura onarımı yapmak veya hastanın postoperatif durumuna göre karar vermek cerrahın inisiyatifinde olan tartışmalı bir konudur. Kendi serimizde erken dönemde bir nüks olguda dura yaralanması ve rootlet'lerin dışarı çıktığı durumda rootletler diskör yardımıyla dura içine itilip ameliyat sonlandırıldıktan sonra gelişen katastrofik radiküler ağrı Pregabalin ve narkotik analjeziklerle 1 hafta içinde kontrol altına alınabilmiştir (Şekil 11). Kendi deneyimize dayanarak önerimiz katastrofik ağrı geliştiğinde mikrocerrahi girişimle dura onarımı yapılmasıdır.

İkinci grubu ise girişim sırasında gözlenmemiş dura yaralanmaları oluşturmaktadır. Ameliyattan sonra semptomsuz bir evreyi izleyerek gelişen katastrofik radiküler ağrı var olduğun-



Şekil 11: TF yaklaşım sırasında dura yırtılması ve rootlet herniasyonu.

da dura yaralanması da düşünülmalıdır. Ahn ve ark. girişim sırasında gözlenmemiş dura yaralanmalarında semptomların ortaya çıkış süresini ortalama 2,5 gün (0-7 gün) olarak belirtmişlerdir (1). Ağrı dermatomal olabildiği gibi olmayabilir. Elektrik şokuna benzer tabiattadır. Ağrı pozisyon değişimi veya yürümekle tetiklenir. Rootlet'ler küçük bir yırtıktan dışarı çıkıp tuzaklandıysa ağrıya nörolojik defisit de eşlik edebilir.

Semptomsuz bir evreden sonra ortaya çıkan ağrı durumunda mutlaka kontrol MRG yapılmalı, ayırıcı tanıda gözlenmemiş dura yırtığı düşünülmalıdır. Doğru olan her endoskopik ameliyat sonrasında olabildiğince erken dönemde (ilk 24 saatte) kontrol MRG yapılmasıdır.

Endoskopik girişim sırasında tüm cerrahi girişimlerdeki ortak kurallara uyulmalıdır. Anatomik olarak ayırdedilemeyen, tanınamayan, diseke edilmemiş dokular kesilmemeli, koterize edilmemelidir. Büyük parçalar çekilirken nazik hareket edilmeli, kuşku duyulduğunda parça parça çıkartılmalıdır.

2.1.2. Damar yaralanması

Girişim sırasında arter yaralanması ender görülen bir komplikasyondur. İğne ve kanül yerleştirilmesi sırasında görülen radiküler arter yaralanması ve lomber arter yaralanması bildirilmiştir. Lomber arter yaralanması görülen olgu acil arteriel embolizasyonla tedavi edilmiştir (46). Radiküler arter yaralanması gelişen bir diğer olguda hemorajik şok nedeniyle uygulanan medikal tedavi sonrasında mikrocerrahi girişim yapıldığı bildirilmiştir (51).

İğne ve kanülün disk aralığının kaudal veya kranial yönüne ilerletilmesi, girişim sırasında veya yerleştirilirken kanülün kayması değişik arter yaralanmalarına neden olabilir. Aynı biçimde çok dik iğne yerleştirmelerinde omurga ventrali ve lateralinde yer alan arterler yaralanabilir (Şekil 12). İğne ve kanül yerleştirme aşamalarının nazik biçimde, AP ve yan

görüntüler eşleştirilerek ve skopi kontrolü altında adım adım yapılması önemlidir.

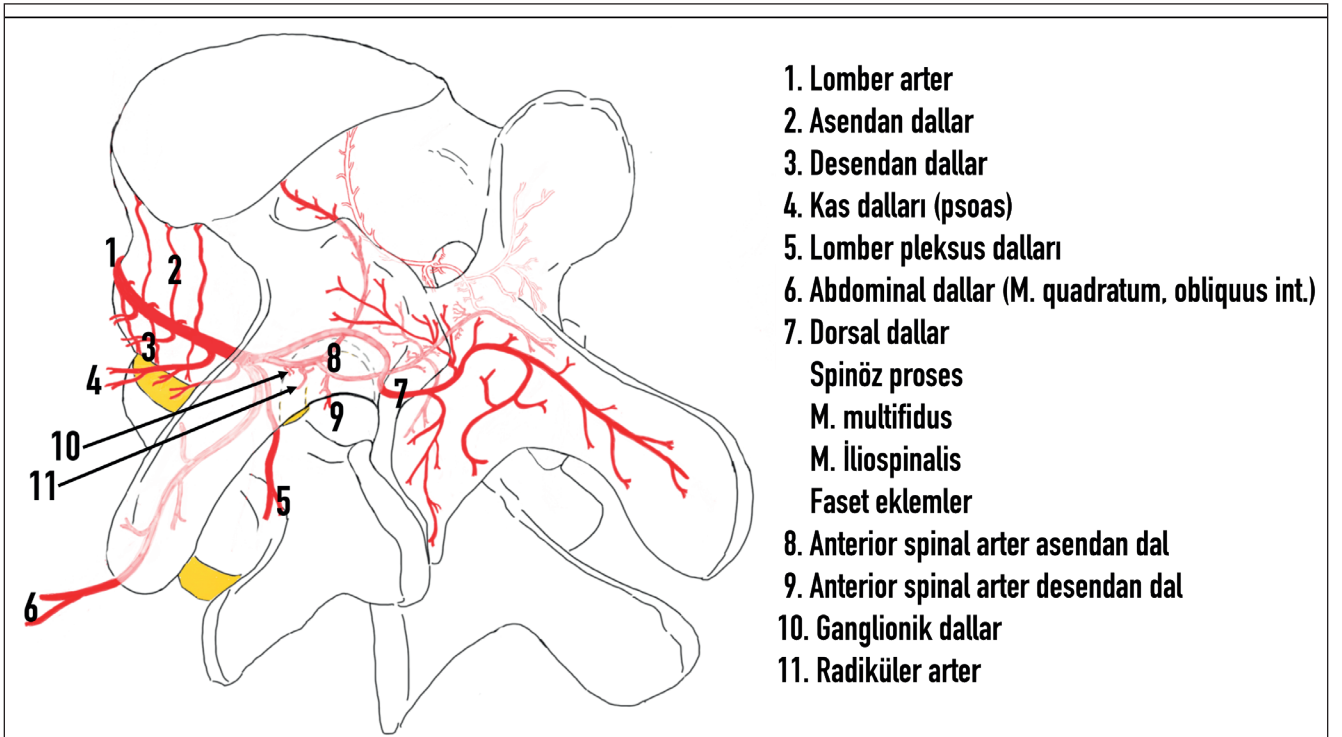
Öte yandan daha çok açık ve mikrodisektomi ameliyatlarında bildirilen omurga ventralindeki damar yaralanmalarından TF disektomi sırasında kaçınmak için cerrahi aletlerin mesafe içine 3 cm.den fazla sokulmamasına dikkat edilmelidir (Şekil 13) (5).

Girişimin herhangi aşamasında durmayan arteriyel görünümü kanamalarda ameliyat sonlandırılmalı, vasküler cerrahi konsültasyonu yapılmalı, gerekli medikal ve girişimsel tedaviler uygulanmalıdır.

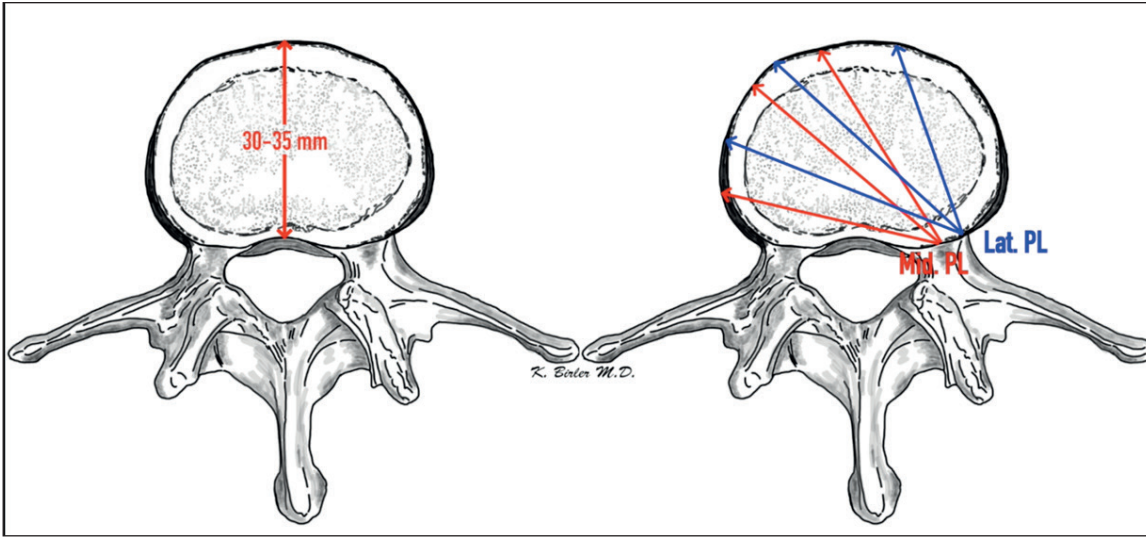
2.1.3. Peritoneal yaralanmalar

Spinal iğne yerleştirilmesinin çok yatay yapıldığı durumlarda retroperitoneum ve çok dik yapılabildiği omurga ventraline ulaşıldığında da periton yaralanmaları ortaya çıkabilir. Çok erken serilerde mesane, üreter ve kolon yaralanması gibi komplikasyonlar bildirilmiştir (17,21). İğne girişi sırasında retroperitoneum veya periton içine girilip çıkıldıktan sonra disk mesafesi içine ilerletilmesi spondilodiskite neden olabilir.

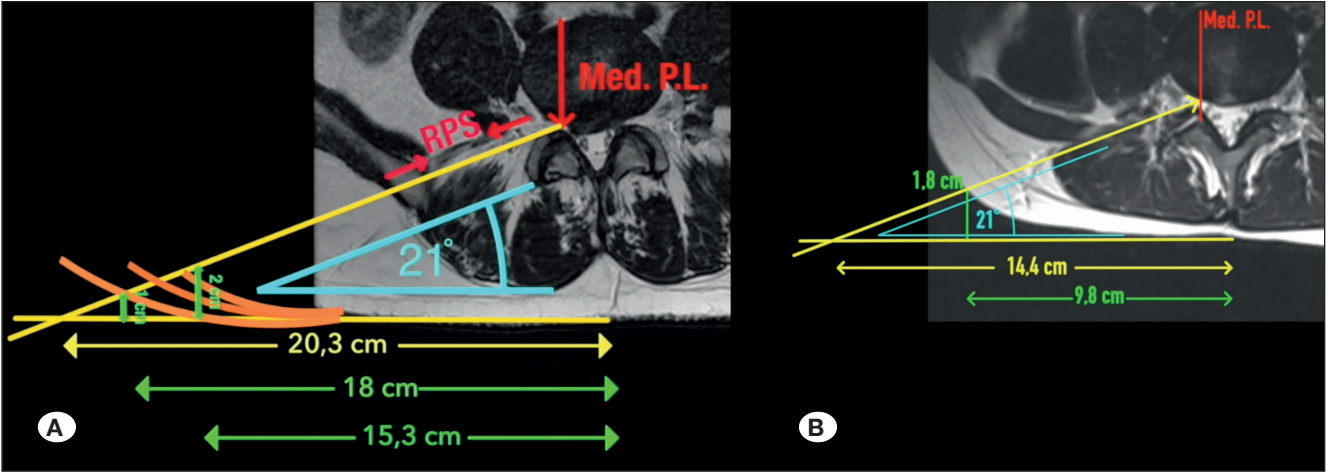
Peritoneal yaralanmalardan kaçınmak için mutlaka MRG üzerinde preoperatif planlama yapılmalıdır. Şekil 14A ve 14B'de L4-5 mesafesinde 21 derecelik en yatay giriş açısı elde edebilmek için iki ayrı hastada farklı iğne giriş noktaları gösterilmiştir. Hastanın vücut yapısı iğne giriş noktasını belirleyecektir. Şekil 15'de ise bu kez retroperitoneumun anatomik yapısı nedeniyle 5.5 cm den daha büyük uzaklıkta giriş noktası kullanıldığında retroperitoneum yaralanmasının gelişeceği ve 65 dereceden düşük açıyla bu hastaya girişim yapılamayacağı görülmektedir. İğne yerleştirilmesi daha önce anlatıldığı gibi nazik hareketlerle, AP ve yan grafiler eşleştirilerek ve adım adım gerçekleştirilmelidir.



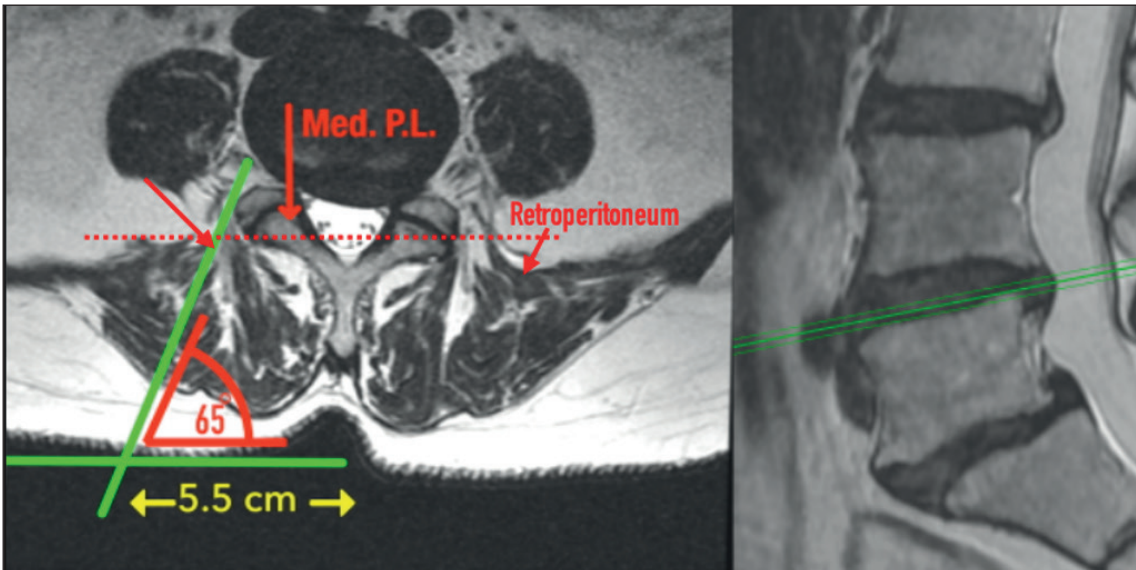
Şekil 12: Vertebra segmentinin temel arter yapısı.



Şekil 13: Disk mesafesi içinde alet sınırları.



Şekil 14: A, B) İki ayrı olguda aynı açı, farklı giriş mesafesi.



Şekil 15: Retroperitoneumun yatay girişi engellemesi.

2.1.4. Fragman bırakılması

Santral ve migrate herniasyonlarda geride çıkartıl-a-mamış herniasyon dokusu kalabilir (34). Preoperatif planlamanın iyi yapılması, girişim sırasında preoperatif planlamaya göre ekspoze edilmesi gerekli anatomik alanların kontrol edilmesi önemlidir. Şekil 16'da erken dönem bir hastamızda, santral yerleşimli herniasyonun yetersiz çıkartılması sonrasında kalan doku görülmektedir. Kalan herniasyon dokusu 1 hafta sonra ikinci endoskopik girişimle çıkartılmıştır.

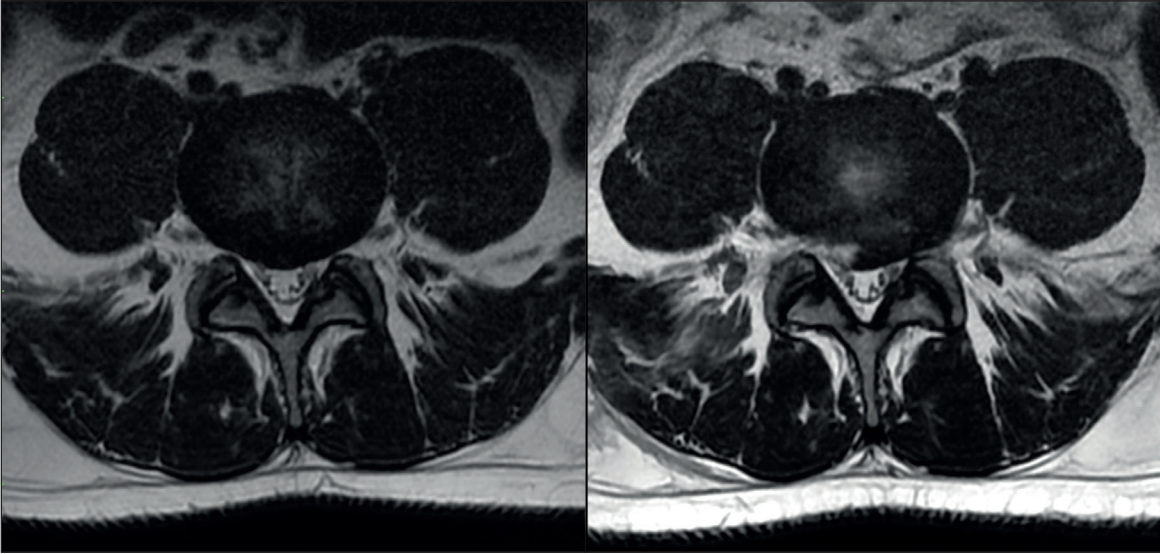
Kanal içi çok yer kaplayıcı herniasyonlarda olabildiğince horizontal girişim yapılmasına ve herniye doku çıkartıldıktan sonra nöral dokuların ekspoze edilmiş olmasına dikkat edilmelidir.

Kraniale ileri derecede migrate herniasyonlarda, özellikle kranial vertebra konkavitesi fazla olduğunda migrate herniasyon dokusu tek parça hâlinde gelmezse kalan fragmanı çıkartmak olanaksız olabilir. Kalan fragman nörolojik defisite veya ağrıya neden olmadığında çıkartılması için herhangi cerrahi girişim gereksizdir. Şekil 17'de kraniale ileri derecede migrate herniasyonu olan bir olgumuzda, kranialdeki ver-

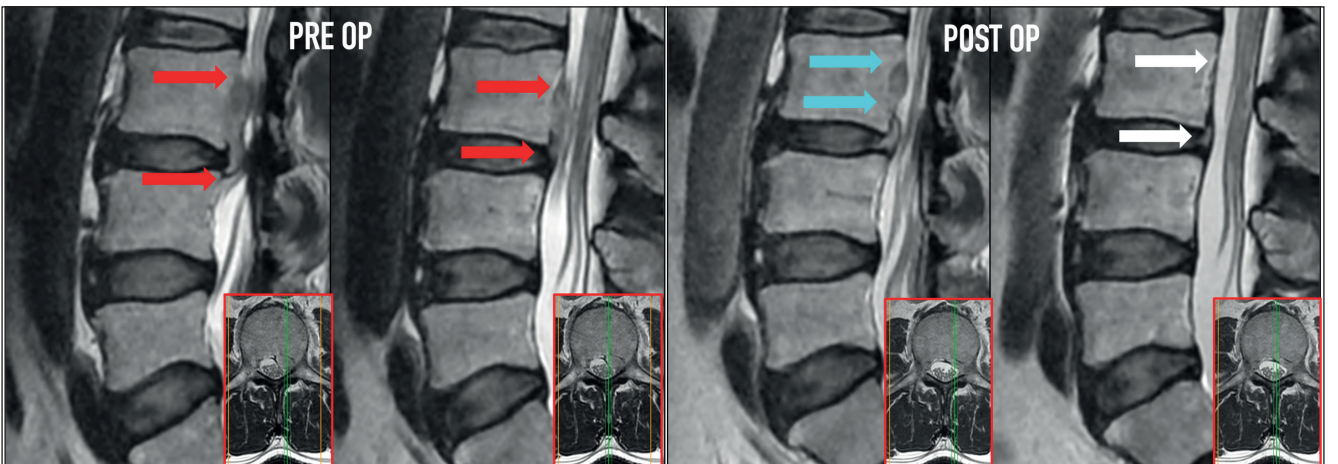
tebra konkavitesine yerleşmiş rezidüel parça görülmektedir. Hastada nörolojik defisit veya ağrı olmadığı için ilave girişim yapılmamıştır.

Migrate herniasyonlarda cerrahın herniasyon dokusunun spinal kanal içinde yerleşimini üç boyutlu olarak kavraması ve girişim sırasında bunu direkt grafilere aktarabilmesi önemlidir. Böylece ameliyatta herniye doku çıkartıldıktan sonra kontrol edilmesi gerekli alanlar önceden saptanmış olur. Endoskopik girişimlere başlangıç dönemlerinde MRG görüntülerinin 3-B şemalara aktarılması veya modeller üzerinde preoperatif çalışma yapılması yararlı olacaktır.

Şekil 18, 19 ve 20'de L2-3 seviyesinde kraniale migrate bir herniasyonda preoperatif 3-B şema çalışması, ameliyat görüntüleri ve ameliyat sırasında yeterli kontrol yapılmadığı için herniye dokunun çıkartılmamış olduğu görülmektedir. İkinci bir ameliyatla herniye doku çıkartılmıştır (Şekil 21). Postoperatif 24 saat içinde yapılacak erken MRG cerrahın eksikliklerini anlaması ve kendini geliştirmesi için şarttır. Diğer önemli bir konu başarısız girişimlerde hastanın bu konuda mutlaka bilgilendirilmesidir.



Şekil 16: Yetersiz transforaminal yaklaşım.

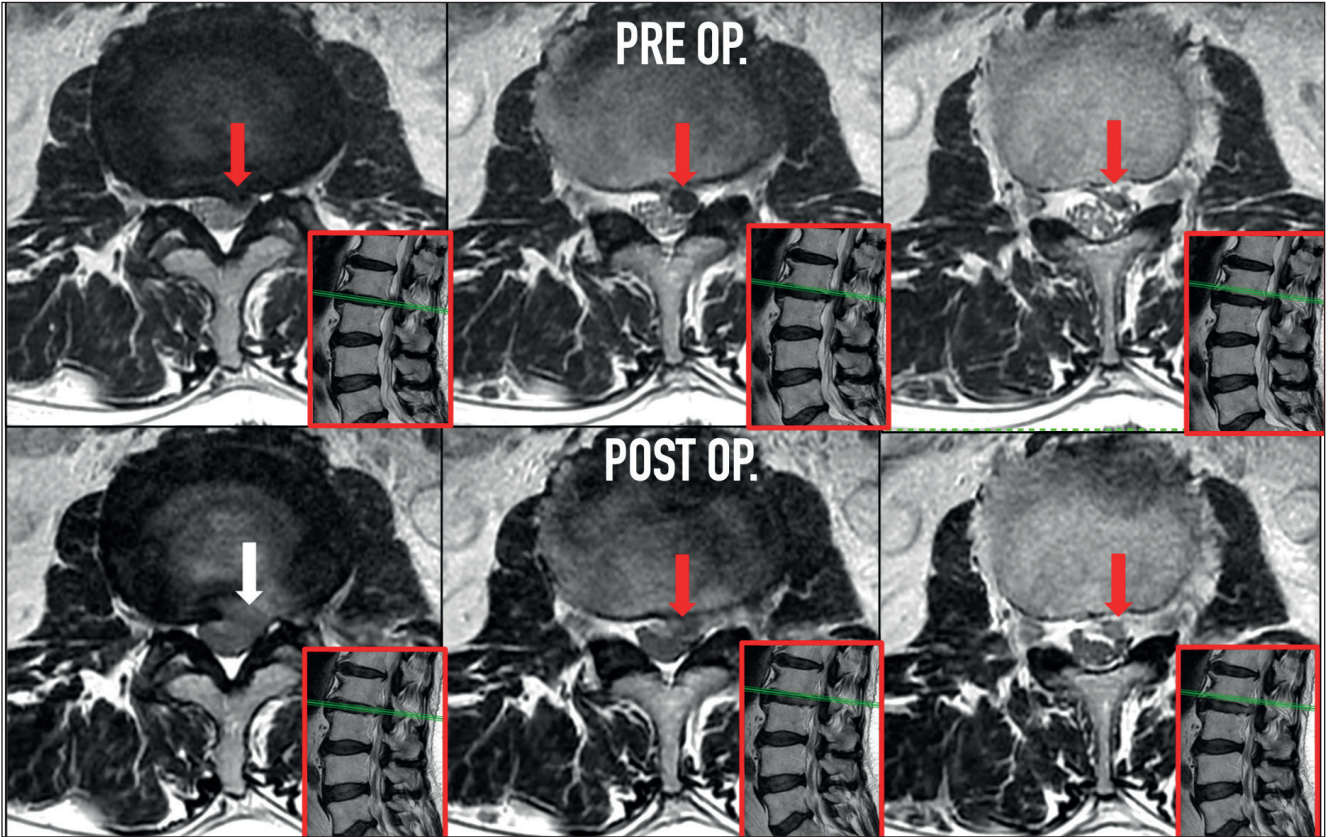


Şekil 17: Kraniale migrate herniasyon olgusunda çıkartılmamış parça.

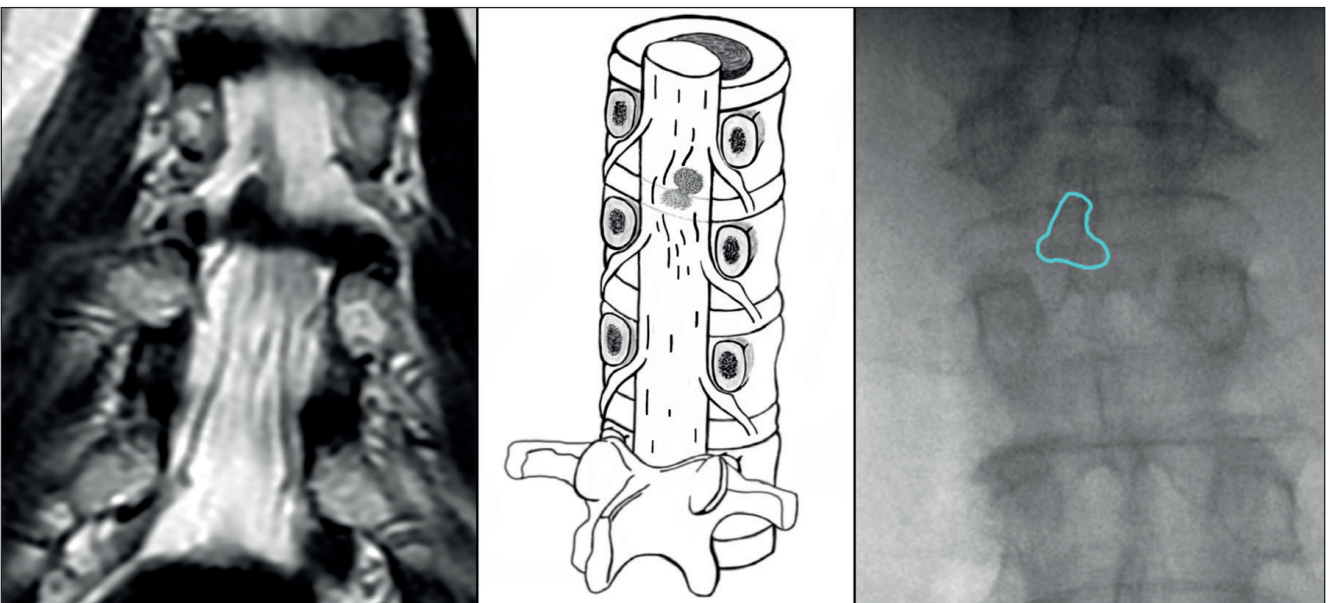
2.1.5. Pedikül yaralanması

TF girişimlerde pedikül yaralanması söz konusu değildir. Foraminotomi amaçlı yapılan superior artiküler proses (SAP) ve ender olarak yapılan inferior artiküler prosesin (İAP) drilllenmesi işlemlerinde stabilite bozukluğu yaratacak boyutta kemik doku alınmamaktadır. SAP ve İAP'in birlikte drilllendiği, foraminotomi yapılan bir olgumuzun pre ve postoperatif MRG'leri Şekil 22'de gösterilmiştir.

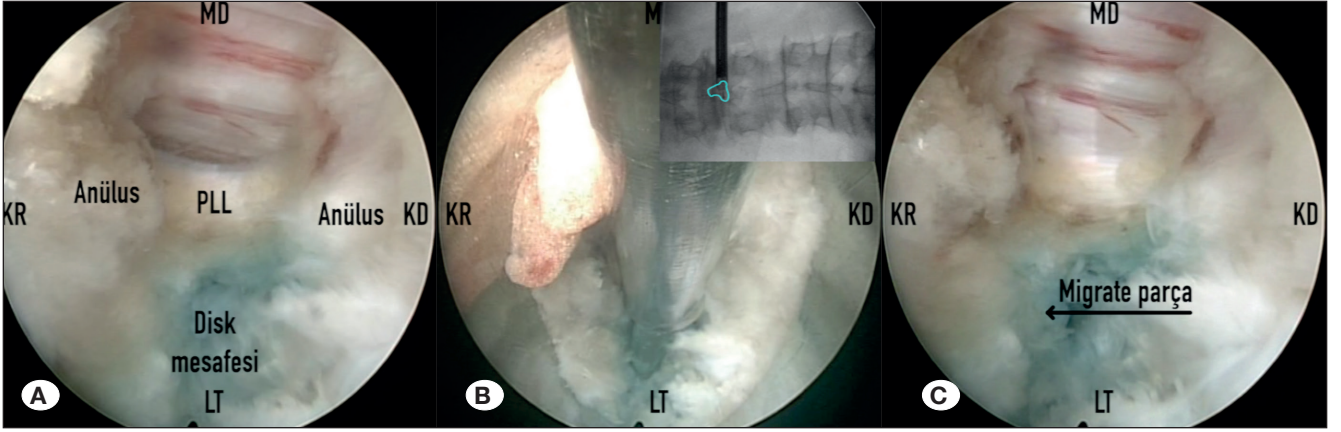
Migrate herniasyonlarda pedikülde küçük bir delik açılarak gerçekleştirilen transpediküler diskektomi ameliyatlarında şimdiye kadar stabilite bozukluğuna neden olan bir pedikül harabiyeti bildirilmemiştir. Üst seviye lomber disk herniasyonlarında önerilmemektedir. Ancak transpediküler girişimin yaygınlık kazanmadığı da göz önüne alınmalıdır (19,33,40).



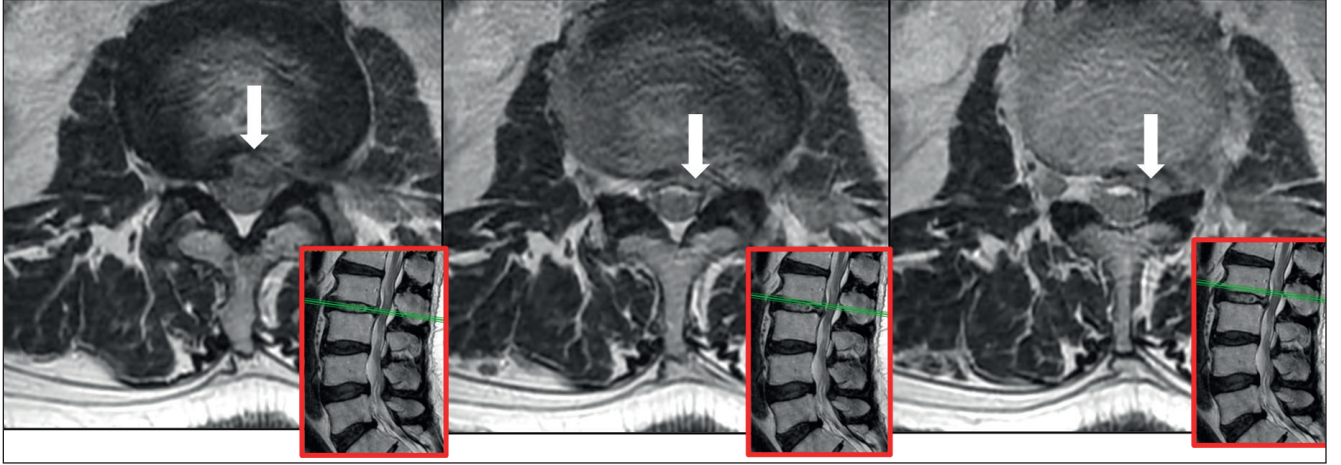
Şekil 18: Kraniale migrate herniasyonda yetersiz yaklaşım.



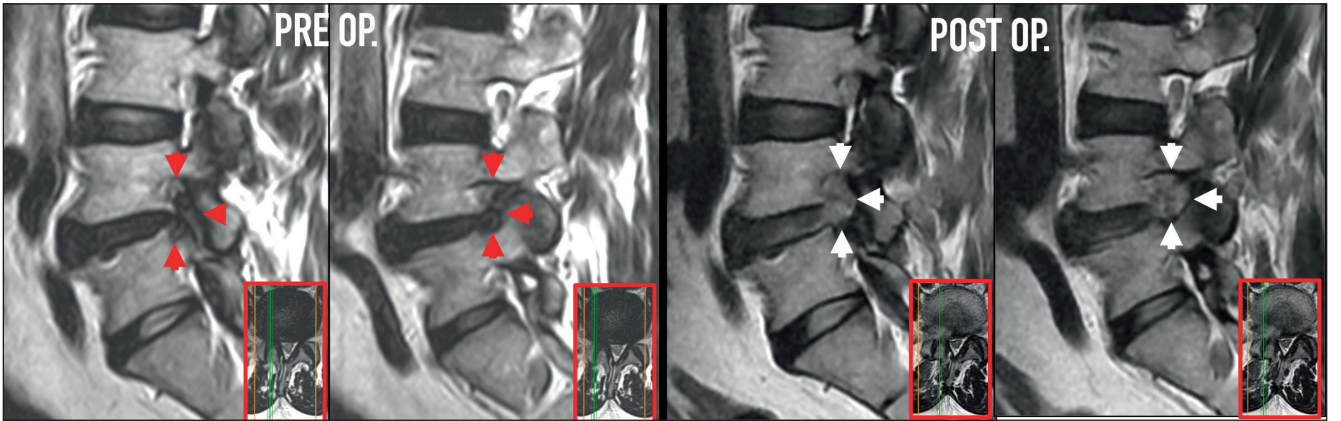
Şekil 19: Preoperatif 3-B çalışması.



Şekil 20: Ameliyatta yetersiz navigasyon ve gözden kaçan parça.



Şekil 21: İkinci TF yaklaşımın post operatif görüntüsü.



Şekil 22: Kraniale migrate herniasyonda SAP ve İAP drillenerek gerçekleştirilen foraminotomi.

2.1.6. Cerrahi alet komplikasyonları

TF girişim sırasında kullanılan aletlerin uçları kırılarak ameliyat alanında kalabilir. Özellikle endoskopik forsepslerin mikrocerrahi aletlere göre daha nazık yapıya olduğu göz önüne alınmalıdır. Kendi serimizde kırılan bir forseps ucu çıkartılmıştır. İçeride kalan parça granümatöz değişikliklere ve abseye neden olabilir. Alet kırılma durumunda kalan parça mutlaka çıkarılmalı, endoskopik yolla başarısız olunuyor-

sa mikrocerrahi dönülmelidir. Girişim sırasında kırıldıktan sonra migrate olan kılavuz tel olgusu bildirilmiştir (18).

2.1.7. Yanlış seviye cerrahisi

Tüm omurga ameliyatlarında yapılabilir. Özellikle sakralizasyon veya lumbalizasyon olan olgularda dikkatli olunmalıdır. Önlem olarak iğne yerleştirmeye başlamadan önce seviye ve ameliyat tarafı için çift kontrol yapılması kural hâline getirilmelidir.

2.2. İntraoperatif Sistemik Komplikasyonlar

2.2.1. Ense ağrısı

Lokal anestezi altında yapılan ameliyatlarda görülen bir komplikasyondur. Joh ve ark. 28 hastada TF girişim sırasında servikal epidural basıncı ölçmüşlerdir (24). Ense ağrısı gelişen 8 hastada maksimum epidural basınç seviyelerinin ense ağrısı olmayan hastalardaki maksimum epidural basınç seviyelerinden anlamlı derecede daha yüksek olduğunu saptamışlar, ense ağrısı başladığında cerrahi girişimin sonlandırılmasını önermişlerdir.

Genel anestezi altında yapılan ameliyatlarda kuşkusuz bu semptomu görmek olanaksızdır. Biz kendi uygulamamızda irrigasyon pompası yerine, irrigasyon sıvısını yükseğe asarak kullanmayı tercih ediyoruz.

2.2.2. Nöbet

Choi ve ark. 16725 hastayı kapsayan geniş serilerinde 3 hastada jeneralize 1 hastada kompleks parsiyel intraoperatif nöbet geliştiğini bildirmişlerdir (11). Ayrıca yaptıkları epidural basınç ölçümü çalışmasında 33 hastayı monitörize etmişler, epidural basınç yükselmesi ve ense ağrısı gözledikleri hastalarında nöbet ortaya çıkmamıştır.

Kertmen ve ark. girişim sırasında istenmeden intratekal mesafeye verilen non-iyonik kontrast maddeye bağlı post operatif nöbet bildirmişlerdir (30).

2.3. Post Operatif Erken Komplikasyonlar

2.3.1. Post operatif disestezi (POD)

Post operatif disestezi (POD) transforaminal yaklaşıma özgü bir komplikasyondur. Değişik serilerde %1-8.9 arasında değişen oranlarda bildirilmiştir (3,4,13,41,49). İlgili sinir kökünü TF yaklaşımla dekompresyon edildikten sonra hastanın preoperatif yakınmalarının düzelmesini izleyerek post operatif dönemde ortaya çıkan parestetik ağrıdır. Genellikle bir üst mesafe sinir kökünün dermatomundadır. Bazen yanıcı disestezi biçiminde olabilir. Nedeni tam ayırdedilememiş olmakla birlikte çalışma kanülünün eksiting sinire basısıyla olduğu düşünülmektedir (10,13). Sinir kökünün duyu liflerinin motor liflere oranla basıya daha duyarlı oluşu bir açıklama olabilir (39,42). Kanülün eksiting sinire basısı sonrası motor defisitlerle birlikte olan disestezi biçiminde ortaya çıkabildiği gibi kanülün ganglionu basısıyla sadece disestezi biçiminde

de ortaya çıkabilir (43). Bir diğer neden olarak furkal sinir yaralanması da öne sürülmüştür (49).

POD çoğu olguda çok horizontal girişimi zorunlu kılan kanal içi herniasyonlara girişimlerde ortaya çıkar. Foraminal/ekstraforaminal herniasyonlarda preoperatif dönemdeki duyu hipoestezinin yanıcı disesteziye dönmesi klasik POD tanımına uymaz. POD genellikle geçicidir ve 4-8 hafta içinde Pregabalin'e yanıt verir. Dirençli olgularda sinir bloku gerekebilir.

Preoperatif planlamanın MRG üzerinde özenli yapılması, iğne yerleştirilmesinde dikkatli olunması, çok horizontal girişim yapılan olgularda dorso-ventral kaldıraç hareketlerinin uzun süreli yapılmaması bu komplikasyondan kaçınmakta yararlıdır.

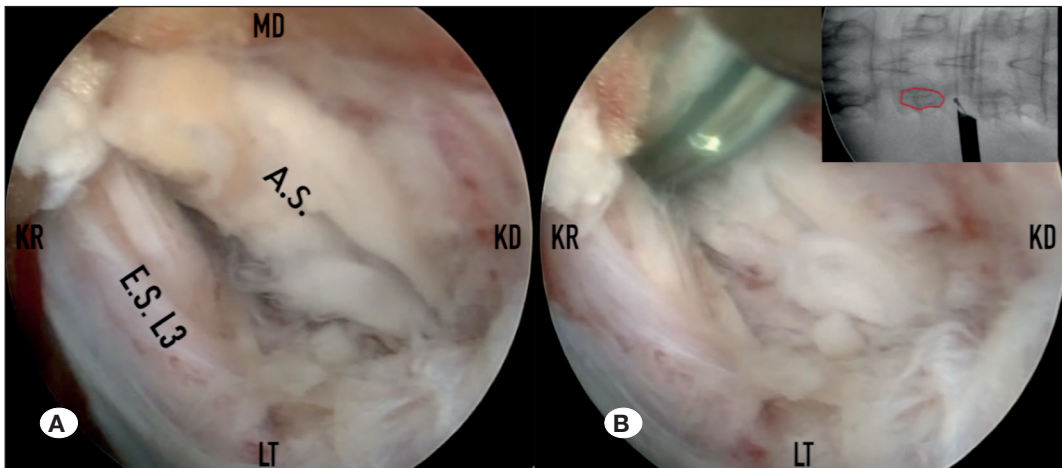
Kendi serimizde spinal enstrümantasyon sonrasında L4-5 seviyesinde ekstraforaminal herniasyonu olan bir olgumuzda L4 sinir dermatomunda hipoestezi ve motor defisit gelişti. Motor defisit zaman içinde düzeldi. İleri horizontal bir girişim yapılmamasına karşın gelişen bu komplikasyonu ameliyat videosunu da izlememize karşın açıklayamadık.

L3-4 mesafesinde ekstraforaminal herniasyonu olan bir diğer hastamıza lokal anestezi altında TF girişim uygulandı. İlk iğne yerleşimi radyolojik olarak başarılı olmasına karşın hasta şiddetli ağrıdan yakındı. Tekrarlayan iğne yerleşiminde yine şiddetli ağrı duyması sonrasında, sedasyon artırılıp iğne ve kanül yerleştirildi. Herniasyon çıkartıldığında eksiting sinir yanında ikinci bir sinirin var olduğu ve iğne yerleştirilmesi sırasında yaralanmış olduğu görüldü (Şekil 23). Post operatif dönemde hastanın duyu ve motor defisiti hemen düzeldi. Diz üstünde non dermatomal, çok şiddetli olmayan yanıcı disestetik alan vardı. Pregabalin'le yanma duygusu hızla düzeldi ancak postoperatif 8. yılda non-dermatomal hipoestetik alanın hâlâ devam ettiği saptandı. Hastanın preoperatif MRG'leri tekrar incelendiğinde koronal kesitlerde EF herniasyonun iki sinir arasında yerleşmiş olduğu belirlendi (Şekil 24). Söz konusu sinir anomalisi Neidre Tip II olabileceği gibi furkal sinir olarak da değerlendirilebilir (20,37).

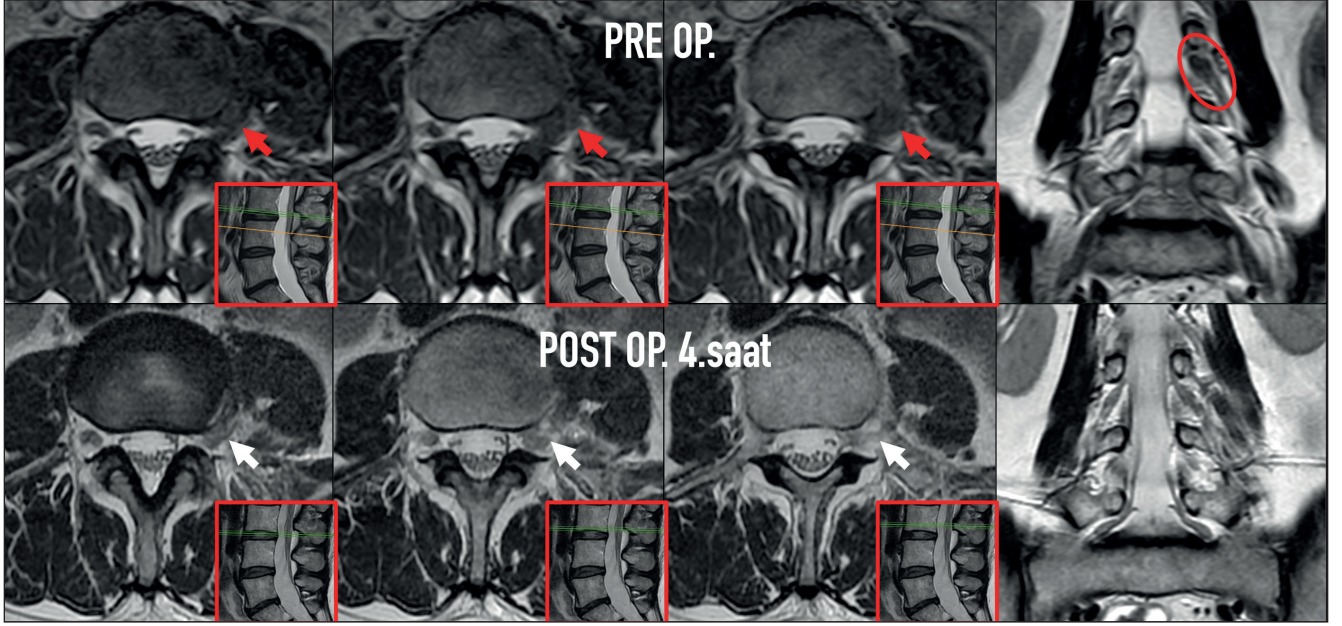
POD komplikasyonundan kaçınmanın en önemli yolu herniye doku yerleşimine göre yapılacak MRG temelli preoperatif planlama ve daha önce anlatılan iğne ve kanül yerleştirilmesindeki özenli davranıştır.

2.3.2. Rezidüel ağrı

Preoperatif dönemde var olan ağrının postoperatif dönemde



Şekil 23:
Ekstraforaminal herniasyon çıkartıldıktan sonra foramende anomali sinir.



Şekil 24: Anomalik sinir görülen hastanın pre ve post operatif MRG görüntüsü.

de devam etmesi yetersiz herniasyon çıkartılmasının bir sonucudur. Hemen MRG ile kontrol edilmelidir. Kaçınma yolları daha önce anlatılmıştır.

2.3.3. De Novo prolaps

K.C. Choi ve ark. tarafından bildirilmiş yeni bir komplikasyondur (15). Girişim sonrası erken MRG'lerde 3 olguda herniye dokunun çıkartılmasına karşın kraniale migrate yeni herniye doku görülmüş, L1-2 seviyesinde konüse bası yapan migrate herniasyon ikinci endoskopik girişimle çıkartılmış, diğer iki olguda sessiz herniasyon olduğu için müdahale edilmemiştir. Kaçınmak için diskografi sıvısının yüksek basınçla verilmemesi ve kılavuz çubuğun disk mesafesi içine nazik biçimde yerleştirilmesi önerilmiştir (15).

2.3.4. Nörolojik defisit

Girişim sırasında traversing veya eksiting sinir yaralanması sonrasında ortaya çıkar. Postoperatif yeni gelişen nörolojik defisit hemen MRG ile kontrol edilmelidir. Epidural hematoma, gözden kaçırılmış dural yırtıktan rootlet herniasyonu tanıda göz önüne alınmalıdır. Başarılı TF girişimi sonrasında gelişen masif nöks sonucunda ortaya çıkan kauda equina sendromu bildirilmiştir (6).

2.3.5. Epidural hematoma

Sen ve ark. kraniale migrate herniasyon nedeniyle yapılan TF girişim sonrası iki olguda gelişen epidural hematoma bildirmişler ve birinde tekrarlayan TF girişim ile epidural hematoma boşaltmışlardır (44). Sairyo foraminotomi sonrası epidural hematoma gelişen olguda mikroendoskopik girişimle hematoma boşalttığını bildirmiştir (43).

Foramen girişi zengin venöz pleksusla kaplanmıştır. Girişim sırasında venöz ağdan gelişen kanamalar kontrol edilmeli, özellikle foraminotomi gereken olgularda hemostaza çok dikkat edilmelidir. Tüm olgularda yapılacak erken MRG, semptomatik olsun ya da olmasın epidural hematoma ayırtacaktır.

2.3.6. Retroperitoneal hematoma

Arter yaralanmasına bağlı, yaşamı tehdit edici, erken tanı gerektiren ciddi bir komplikasyondur. Görülme sıklığı %0,97 (4/412) ve %0,1 (1/835) olarak bildirilmiştir (3,50). Literatürde bildirilmiş olgularda kanül çekildikten sonra devam eden arteriyel nitelikli kanama veya arteriyel sızıntı olması dikkat çekicidir (3,7). Başarılı bir TF girişim sonrasında gelişen abdominal gerginlik ve şişlik, karın yan ağrısı ve özellikle inguinal ağrının varlığı cerrahi retroperitoneal hematoma açısından uyarmalıdır. Girişim sonrası herhangi hemodinamik instabilite belirtisi doğrudan retroperitoneal hematoma düşündürmelidir. Zhou tarafından bildirilen olguda intraoperatif 40 dakika süreyle durdurulamamış arteriyel kanama söz konusudur (51). Panagiotopoulos postoperatif 3. saatte gelişen karın yan ağrısı sonrasında önce kontrastlı BT yapılan hastasında, selektif spinal anjiyografide segmental spinal arterde pseudo anevrizma saptadıklarını ve koil embolizasyon uyguladıklarını bildirmiştir (38). Wang TF girişim sonunda çalışma kanülünü çektiğinde pulsatil arteriyel kanama olduğunu ve selektif spinal anjiyografide ekstrasvazyon saptanan üçüncü lomber arterin mikrokoil ile embolize edildiğini bildirmiştir (46).

Retroperitoneal hematoma için kesin bir tedavi algoritması yoktur. Ahn 500 ml'yi geçen hematomların boşaltılmasını ve diğerlerine medikal tedavi uygulanmasını önerirken, Bae hastanın hemodinamik durumuna göre boşaltmaya karar verilmesini önermektedir (3,7).

Retroperitoneal hematoma ana nedeninin sagittal planda birbirleriyle anastomoz yapan segmental spinal arter yaralanması olduğu konusunda fikir birliği vardır (3,7).

İğne yerleştirilmesi sırasında işlemin adım adım yapılarak iğne ucunun disk mesafesi kaudal veya kranialine yerleştirilmemesi, kılavuz çubuk ve çalışma kanülü yerleştirilirken nazik ve dikkatli davranarak kaymamasının sağlanması, çalışma kanülü foramene ulaşıncaya dek kesik uç tarafının ventrale bakması ve foramene yerleştirilirken dorsale çevrilerek foramen içine itilmesi hayat tehdit edici bu komplikasyondan kaçınmanın en önemli yollarıdır.

2.3.7. Dispne / Derin ven trombozu

Literatürde bildirilmiş olmakla birlikte her cerrahi girişim sonrasında görülebilecek, hastanın genel medikal durumuyla ilgili komplikasyonlardır (44).

2.4. Post Operatif Geç Komplikasyonlar

2.4.1. Spondilodiskit

TF diskektomi sonrası bildirilen spondilodiskit oranları %0.12-4 arasında değişmektedir (2,23,29,52).

Enfeksiyonun patogenezi tam bilinmemekle birlikte bazı nedenler şöyle sıralanabilir:

Intraoperatif nedenler:

- Spinal iğnenin disk mesafesine girmeden önce periton / retroperitondan geçmiş olması
- Kılavuz çubuğun disk mesafesinin ventraline girmesi
- Uzamış ameliyat süresiyle birlikte kanül ve aletlerin sık değiştirilmesi
- Ameliyat alanının tam temizlenmeden, geride nekrotik doku, koagüle edilmiş debris ve pıhtı bırakılarak ameliyatın sonlandırılması
- Diskografi materyalinin yetersiz sterilizasyonu
- Ameliyat odası ve cerrahi aletlerin yetersiz sterilizasyonu
- Deneyimsiz hemşire ve teknisyen ekibi

Hastayla ilişkili nedenler:

- Kontrol edilemeyen diabetes mellitus, hipertansiyon, kanser
- HIV veya kemoterapiye bağlı immünsupresyon

TF diskektomi sonrası gelişen spondilodiskitler mikro veya açık diskektomi sonrasında gelişenlerden farklıdır. Epidural kavite ve dorsal anatomik yapılar açık cerrahideki kadar ekspozite edilmediği için epidural abse nadir görülür, enfeksiyon disk mesafesiyle sınırlıdır (2). Diğer bir farklılık enfeksiyonun açık cerrahiye oranla daha erken ve hızlı gelişmesi, bu nedenle erken tanının çok önemli olmasıdır. Bacak ağrısı olmaksızın görülen ve küçük hareketlerle tetiklenen bel ağrısı ve kas spazmı tipik belirtilerdir. Sedimentasyon yüksekliliği ve C reaktif protein artışı önemli bulgulardır. Hasta derhal yatırılarak antibiyotik tedavisine alınmalıdır. MRG'nin duyarlılığı %97, spesifikliği %93 ve uygunluğu %94 oranındadır, mutlaka yapılmalıdır.

Enfeksiyonla birlikte görülen bazı durumlar cerrahi girişim gerektirir (14):

- Konservatif tedaviye yetersiz yanıt
- Nörolojik defisit ortaya çıkması
- Paravertebral veya epidural abse gelişmesi
- Komşu omurda harabiyetle birlikte disk mesafesinin ileri derecede daralması
- Kifozla birlikte gelişen spinal instabilite

Ayrıca konservatif tedavi yetersiz olduğunda endoskopik debridman ve enfeksiyon alanının yıkanması yararlı olabilir (19,22,36,47,48).

Kendi serimizde HIV enfeksiyonu olan bir hastamızda tedavi başka merkezde yapılmıştır. Bir diğer hastamız 83 yaşında diabeti olan bir hastamızdı. Post operatif gelişen enfeksiyonun tedavisi yurtdışında yaşayan hastanın kendi ülkesinde gerçekleştirildi.

2.4.2. Psoas absesi

Daha çok açık cerrahi girişimler sonrasında görülen bir komplikasyondur. Psoas absesinin spondilodiskitle birlikte görüldüğü bir olguda medikal tedaviden 4 ay sonra lomber interbody füzyonla tedavi edildiği bir olgu ve retroperitoneal girişimle interbody füzyon ve fiksasyonla tedavi edildiği bir diğer olgu literatürde bildirilmiştir (2,32).

2.4.3. Pseudo kist

Kang ve Park tarafından 298 interlaminer yaklaşımda 9 ve 1205 TF yaklaşımda 6 semptomatik pseudokist bildirilmiştir (28). TF girişim sonrası görülen olguların sadece 1 tanesinde TF reoperasyon yapılmıştır. Post operatif semptom tekrarı olan hastalarda yapılacak MRG incelemesi, varsa pseudo kisti ortaya çıkartacaktır. Kang pseudo kist patogenezi ameliyat alanındaki konnektif dokunun enflamasyonuna bağlanmış ve interlaminer girişimde daha sık görülmesinin TF yaklaşımına göre daha geniş PLL ve anülüs kompleksinin ekspozite edilmesi olduğunu belirtmiştir.

2.4.4. Nüks / İnstabilite / Epidural fibrozis / Kronik bel ağrısı

Diskektomi sonrası nüksün bir komplikasyon olarak kabul edilmesi tartışmalıdır. Literatürde halen agresif diskektomiye karşı sadece herniye dokunun çıkartılması tartışması devam etmektedir. Disk herniasyonu ameliyatlarında erken veya geç nüks gibi bir zaman ayırımı yapılmamıştır. Endoskopik girişimler sonrasında maksimum 24 saat içinde kontrol MRG yapılması diagnostik ve legal açılarından yararlıdır, şarttır.

TF girişim sonrası bildirilmiş instabilite olgusu yoktur.

Her cerrahi girişim sonrasında ameliyat alanında bazı anatomik değişiklikler gelişecektir. Ancak yineleyen TF yaklaşımlarda cerrahi girişimi zorlaştıracak bir epidural skar/fibrozis dokusuyla karşılaşılmasıdır.

Kronik bel ağrısı TF yaklaşım sonrası yeni bir bulgu olarak ortaya çıkmaz. Spondilolistezis, lomber dar kanal gibi bir patoloji varsa preoperatif dönemde var olan ağrının devamıdır. Yandaş parolojilerin olduğu durumlarda hasta bu konuda bilgilendirilmelidir.

2.4.5. İliotibial band sendromu

Literatürde bildirilmemiş, kendi olgularımızda saptadığımız bir semptomdur. Özellikle preoperatif dönemde semptom başlangıcından itibaren 1 ay veya daha uzun süre beklemiş şiddetli ağrısı olan ekstraforaminal herniasyonlu olgularda, postoperatif ağrısız dönem sonrasında ortaya çıkan, diz yan tarafında femoral epikondil üzerinde ve/veya trokanter üstünde seyreden ağrıyla karakterizedir (8). Radiküler ağrıyı taklit edebilir. Hastanın uyluk yan tarafına, diz yan tarafına ve trokanter üzerine basmakla şiddetli ağrı oluşur. Preoperatif dönemde hastanın uzun süre bozuk spinal dengeyle yürümesi sonucunda kullanamadığı kaslarının, postoperatif dönemde ağrının geçmesiyle birlikte kullanılmaya başlaması sonucu ortaya çıkar. Vaskülarizasyonu az olan iliotibial band üzerine yapılacak masaj ve fizyoterapi uygulanacak tedavi

yöntemidir. Postoperatif MRG yapılması nüks veya yetersiz cerrahi girişimi dışlamak için gereklidir.

KAYNAKLAR

1. Ahn Y, Lee HY, Lee SH, Lee JH: Dural tears in percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *Eur Spine J* 20(1):58-64, 2011
2. Ahn Y, Lee SH: Postoperative spondylodiscitis following transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy: Clinical characteristics and preventive strategies. *Br J Neurosurg* 26(4):482-486, 2012
3. Ahn Y, Lee SH, Lee JH, Kim JU, Liu WC: Transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy for upper lumbar disc herniation: Clinical outcome, prognostic factors, and technical consideration. *Acta Neurochirurgica* 151(3):19-206, 2009
4. Ahn Y, Lee SH, Park WM, Lee HY, Shin SW, Kang HY: Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for recurrent disc herniation: Surgical technique, outcome, and prognostic factors of 43 consecutive cases. *Spine* 29(16):E326-E332, 2004
5. Arslan M, Cömert A, Açar Hİ, Özdemir M, Elhan A, Tekdemir İ, Uğur HÇ: Nerve root to lumbar disc relationships at the intervertebral foramen from a surgical viewpoint: An anatomical study. *Clin Anatomy* 25(2):218-223, 2011
6. Badra MI, Rahal MHJ, Najjar R, Natout NY: Acute cauda equina syndrome after percutaneous transforaminal endoscopic discectomy. *J Minim Invasive Spine Surg Tech* 3(2):66-69, 2018
7. Bae DH, Eun SS, Lee SH, Lee SM: Two cases of retroperitoneal hematoma after transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *Interdisciplinary Neurosurgery* 20: 100649, 2020
8. Baker RL, Souza RB, Fredericson M: Iliotibial band syndrome: Soft tissue and biomechanical factors in evaluation and treatment. *PM R* 3(6):550-561, 2011
9. Bosacco SJ, Gardner MJ, Guille JT: Evaluation and treatment of dural tears in lumbar spine surgery: A review. *Clin Orthop Relat Res* 389:238-247, 2001
10. 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* 54(5-6):214-218, 2011
11. Choi G, Kang HY, Modi HN, Prada N, Nicolau RJ, Joh JY, Pan WJ, Lee SH: Risk of developing seizure after percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *J Spinal Disord Tech* 24(2):83-92, 2011
12. Choi G, Lee SH, Bhanot A, Raiturker PP, Chae YS: Percutaneous endoscopic discectomy for extraforaminal lumbar disc herniations: Extraforaminal targeted fragmentectomy technique using working channel endoscope. *Spine* 32(2):E93-E99, 2007
13. Choi I, Ahn JO, So WS, Lee SJ, Choi IJ, Kim H: Exiting root injury in transforaminal endoscopic discectomy: Preoperative image considerations for safety. *Eur Spine J* 22(11):2481-2487, 2013
14. Choi KB, Lee CD, Lee SH: Pyogenic spondylodiscitis after percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *J Korean Neurosurg Soc* 48(5):455-460, 2010
15. Choi KC, Shim HK, Lee DC, Park CK: Intraoperative disc prolapse during percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *World Neurosurgery* 123:81-85, 2019
16. Fardon DF, Williams AL, Dohring EJ, Murtagh FR, Gabriel Rothman SL, Sze GK: Lumbar disc nomenclature: Version 2.0: Recommendations of the combined task forces of the North American Spine Society, the American Society of Spine Radiology and the American Society of Neuroradiology. *Spine J* 14:2525-2545, 2014
17. Flam TA, Spitzenpfeil E, Zerbib M, Steg A, Debre B: Complete ureteral transection associated with percutaneous lumbar disk nucleotomy. *J Urol* 148(4):1249-1250, 1992
18. Guan X, Wu X, Fan G, Zhao S, Gu G, Zhang H, Gu X, He S: Endoscopic retrieval of a broken guidewire during spinal surgery. *Pain Physician* 19(2):E339-E342, 2016
19. Hadjipavlou AG, Katonis PK, Gaitanis IN, Muffoletto AJ, Tzermiadianos MN, Crow W: Percutaneous transpedicular discectomy and drainage in pyogenic spondylodiscitis. *Eur Spine J* 13(8):707-713, 2004
20. Haijiao W, Koti M, Smith FW, Wardlaw D: Diagnosis of lumbosacral nerve root anomalies by magnetic resonance imaging. *J Spinal Disord* 14(2):143-149, 2001
21. Hellinger J: Technical aspects of the percutaneous cervical and lumbar laser-disc-decompression and -nucleotomy. *Neurol Res* 21(1):99-102, 1999
22. Ito M, Abumi K, Kotani Y, Kadoya K, Minami A: Clinical outcome of posterolateral endoscopic surgery for pyogenic spondylodiscitis: Results of 15 patients with serious comorbid conditions. *Spine* 32(2):200-206, 2007
23. Jhala A, Mistry M: Endoscopic lumbar discectomy: Experience of first 100 cases. *Indian J Orthop* 44(2):184-190, 2010
24. Joh JY, Choi G, Kong BJ, Park HS, Lee SH, Chang SH: Comparative study of neck pain in relation to increase of cervical epidural pressure during percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *Spine* 34(19):2033-2038, 2009
25. Kambin P: Arthroscopic microdiscectomy. *Mt Sinai J Med* 58(2):159-164, 1991
26. Kambin P: *Arthroscopic and Endoscopic Spinal Surgery*, 2nd ed. Totowa-New Jersey:Human Press, 2005:16-17
27. Kambin P, O'Brien E, Zhou L, Schaffer JL: Arthroscopic microdiscectomy and selective fragmentectomy. *Clin Orthop Relat Res* 347:150-167, 1998
28. Kang SH, Park SW: Symptomatic post-discectomy pseudocyst after endoscopic lumbar discectomy. *J Korean Neurosurg Soc* 49(1):31-36, 2011
29. Kaushal M, Sen R: Posterior endoscopic discectomy: Results in 300 patients. *Indian J Orthop* 46(1):81-85, 2012
30. Kertmen H, Güner B, Yılmaz ER, Sekerci Z: Postoperative seizure following transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *Asian J Neurosurg* 11(4):450, 2016
31. Kim HS, Sharma SB, Wu PH, Raorane HD, Adsul NM, Singh R, Jang IT: Complications and limitations of endoscopic spine surgery and percutaneous instrumentation. *Indian Spine J* 3:78-85, 2020
32. Kim WJ, Lim ST, Lee SH: Pyogenic psoas abscess and secondary spondylodiscitis as a rare complication of percutaneous endoscopic lumbar discectomy: A case report. *Joint Dis Rel Surg* 16(2):163-166, 2005

33. Krzok G, Telfeian AE, Wagner R, Ipreburg M: Transpedicular lumbar endoscopic surgery for highly migrated disk extrusions: Preliminary series and surgical technique. *World Neurosurgery* 95:299–303, 2016
34. Lee SH, Kang BU, Ahn Y, Choi G, Choi YG, Ahn KU, Shin SW, Kang HY: Operative failure of percutaneous endoscopic lumbar discectomy: A radiologic analysis of 55 cases. *Spine* 31(10):E285–E290, 2006
35. Lewandrowski KU, Hellinger S, De Carvalho PST, Freitas Ramos MR, Soriano-Sánchez JA, Xifeng Z, Calderaro AL, Dos Santos TS, Ramírez León JF, de Lima E Silva MS, Dowling Á, Data RG, Kim JS, Yeung A: Dural tears during lumbar spinal endoscopy: Surgeon skill, training, incidence, risk factors, and management. *Int J Spine Surg* 15(2):280–294, 2021
36. Lin GX, Kim JS, Sharma S, Sun LW, Wu HH, Chang KS, Chen YC, Chen CM: Full endoscopic discectomy, debridement, and drainage for high-risk patients with spondylodiscitis. *World Neurosurgery* 127:e202–e211, 2019
37. Neidre A, Macnab I: Anomalies of the lumbosacral nerve roots. Review of 16 cases and classification. *Spine* 8(3):294–299, 1983
38. Panagiotopoulos K, Gazzeri R, Bruni A, Agrillo U: Pseudoaneurysm of a segmental lumbar artery following a full-endoscopic transforaminal lumbar discectomy: A rare approach-related complication. *Acta Neurochirurgica* 161(5):907–910, 2019
39. Pedowitz RA, Garfin SR, Massie JB, Hargens AR, Swenson MR, Myers RR, Rydevik BL: Effects of magnitude and duration of compression on spinal nerve root conduction. *Spine* 17(2):194–199, 1992
40. Quillo-Olvera J, Akbary K, Kim J: Percutaneous endoscopic transpedicular approach for high-grade down-migrated lumbar disc herniations. *Acta Neurochir* 160:1603–1607, 2018
41. Ruetten S, Komp M, Merk H, Godolias G: Full-endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy versus conventional microsurgical technique: A prospective, randomized, controlled study. *Spine* 33(9):931–939, 2008
42. Rydevik BL, Pedowitz RA, Hargens AR, Swenson MR, Myers RR, Garfin SR: Effects of acute, graded compression on spinal nerve root function and structure. An experimental study of the pig cauda equina. *Spine* 16(5):487–493, 1991
43. Sairyo K, Matsuura T, Higashino K, Sakai T, Takata Y, Goda Y, Suzue N, Hamada D, Goto T, Nishisho T, Sato R, Tsutsui T, Tonogai I, Mineta K: Surgery related complications in percutaneous endoscopic lumbar discectomy under local anesthesia. *J Med Invest* 61(3-4):264–269, 2014
44. Sen RD, White-Dzuro G, Ruzevick J, Kim CW, Witt JP, Telfeian AE, Wang MY, Hofstetter CP: Intra- and perioperative complications associated with endoscopic spine surgery: A multi-institutional study. *World Neurosurgery* 120:e1054–e1060, 2018
45. Uluğ MH, Birler AK: Full Endoscopic Lumbar Discectomy: Interactive Video Atlas, 2021. Available from https://play.google.com/store/books/details/M_Hikmet_Uluğ_Full_Endoscopic_Lumbar_Discectomy?id=NJktEAAAQBAJ
46. Wang Y, Ai P, Zhan G, Shen B: Lumbar artery injury during transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy: successful treatment by emergent transcatheter arterial embolization. *Ann Vascular Surg* 53:267.e11–267.e14, 2018
47. Yang SC, Chen WJ, Chen HS, Kao YH, Yu SW, Tu YK: Extended indications of percutaneous endoscopic lavage and drainage for the treatment of lumbar infectious spondylitis. *Eur Spine J* 23(4):846–853, 2014
48. Yang SC, Fu TS, Chen HS, Kao YH, Yu SW, Tu YK: Minimally invasive endoscopic treatment for lumbar infectious spondylitis: A retrospective study in a tertiary referral center. *BMC Musculoskelet Disord* 15:105, 2014
49. Yeung AT, Tsou PM: Posterolateral endoscopic excision for lumbar disc herniation: Surgical technique, outcome, and complications in 307 consecutive cases. *Spine* 27(7):722–731, 2002
50. Yorukoglu AG, Goker B, Tahta A, Akcakaya MO, Aydoseli A, Sabanci PA: Fully endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy: Analysis of 47 complications encountered in a series of 835 patients. *Neurocirurgia* 28:235–241, 2017
51. Zhou C, Zhang G, Panchal RR, Ren X, Xiang H, Xuexiao M, Chen X, Tongtong G, Hong W, Dixon AD: Unique complications of percutaneous endoscopic lumbar discectomy and percutaneous endoscopic interlaminar discectomy. *Pain Physician* 21(2):E105–E112, 2018
52. Zhu B, Jiang Y, Shang L, Yan M, Ma HJ, Ren DJ, Liu XG: Complications of percutaneous endoscopic lumbar discectomy: Experiences and literature review. *J Spine* 6: 402, 2017