

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 yaklaşımda, 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 İstabilite 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 cerrahin 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.

