

Transforaminal Endoskopik Yaklaşımlar İçin Lomber İntervertebral Foramen Anatomisi

Lumbar İntervertebral Foraminal Anatomy in Regard to Transforaminal Endoscopic Approaches

ÖZ

Endoskopik lomber diskektomi, son yıllarda artan bir ivme ile lomber disk hernilerinin tedavisinde kullanılan bir tekniktir. Endoskopik transforaminal lomber diskektominin yüksek başarı ve düşük komplikasyon oranları ile uygulanabilmesi için lomber intervertebral foramenin cerrahi anatomisinin tanınması büyük önem taşımaktadır. Kambin tarafından tanımlanan ve Kambin üçgeni olarak adlandırılan güvenli anatomik bölgenin sınırları, endoskopik transforaminal cerrahideki çalışma alanını tanımlar. Bu derlemede lomber intervertebral foramenin anatomik özellikleri, kadavra çalışmalarından elde edilen veriler eşliğinde cerrahi perspektiften incelenmektedir.

Anahtar Sözcükler: Lomber intervertebral foramen, Endoskopik diskektomi, Mikroanatomi

ABSTRACT

Endoscopic lumbar discectomy is an increasingly used technique in the treatment of lumbar disc herniation in recent years. In order to perform endoscopic transforaminal lumbar discectomy with high success and low complication rates, it is of great importance to recognize the surgical anatomy of the lumbar intervertebral foramen. The boundaries of the safe anatomical region defined by Kambin, called Kambin's triangle, define the working area in endoscopic transforaminal surgery. In this review, the anatomical features of the lumbar intervertebral foramen are analyzed from a surgical perspective with data obtained from cadaveric studies.

Keywords: Lumbar intervertebral foramen, Endoscopic discectomy, Microanatomy

GİRİŞ

Lomber disk hernileri günümüzde bel ve bacak ağrılarının önemli bir nedenini oluşturmaktadır. Konservatif tedavi yöntemlerinden yeterince yarar görmeyen hastalar, cerrahi tedavi adaylarını oluştururlar. Günümüzde cerrahi girişimler, açık diskektomiler ile perkütan yöntemler olarak kabaca ikiye ayrılabilir. Açık diskektomiler içinde mikrodiskektomiler altın standartı oluştururken, perkütan yöntemler; kemonükleoliz, nükleoplasti, intradiskal elektrotermal terapi, lazer diskektomi ve interlaminar ya da transforaminal endoskopik diskektomi gibi çeşitli teknikleri içerir. Bu tekniklerin uygulanmasında lomber intervertebral foramen anatomisinin ve Kambin tarafından tanımlanan güvenli anatomik bölgenin bilinmesi büyük önem taşır (9).

ANATOMİK ÖZELLİKLER

Endoskopik interlaminar diskektomide nöroşirürjiyenlerin

klasik mikrodiskektomi pratiğinden aşına oldukları paravertebral kaslar, vertebra arka elemanları (spinöz çıkıntı, lamina), ligamentum flavum gibi anatomik yapılar rehber alınırken, transforaminal girişimler intervertebral foramenin yapısına özgü bir anatomi bilgisi gerektirir.

İntervertebral foramen, omurgada ardışık iki omurun pedikülü arasındaki açıklıktır. Servikal, torakal ve lomber vertebra- ların tümünde bulunur. Her intervertebral foramen bir omurilik sinirine ve omurilik kan damarlarına geçiş sağlar ve bir dorsal kök ganglionunu barındırır. Lomber intervertebral foramenin genişliği disk mesafesine göre değişkenlik gösterir.

Endoskopik transforaminal girişimde enstrümanlar sırasıyla cildi, subkutan dokuyu, torakolomber fasyayı, erektrör spina, kuadratus lumborum ve psoas majör kaslarının liflerini deler. Daha sonra enstrümanlar anulusun dorsolateral köşesindeki, Kambin tarafından güvenli anatomik bölge olarak tanımlanan üçgen çalışma sahasına girer. Bu üçgenin medial

sınırını çaprazlayan ('traversing') kök, dural kese ve süperior artiküler faset oluştururken, ventral yüzünü intervertebral disk ve bitişik vertebra gövdesinin posterioru, anterolateral sınırını çıkan ('exiting') kök, inferiorunu ise transvers çıkıntı oluşturur (Şekil 1-4) (2,4,6,8,10).

Üçgen çalışma alanının geniş anteroposterior boyutu, sinir köklerinin mutlak hareket sınırlarıyla belirlenir, böylece geniş bir taban ve kısıtlı yükseklikle intervertebral disklere enstrümanların güvenli bir şekilde girmesini sağlar. Fakat bazı nadir durumlarda küçük bir komunikan kök (fural sinir) bu bölgede görülebilir (Şekil 5). Fural sinir hasarı sonrası gelişen nöropatik ağrı geçicidir. Öndeki yapılar sinovertebral sinirle kuvvetli bir şekilde inerve edilir, bu yüzden lokal anestezi ile çalışıldığı takdirde, minimal invaziv cerrahi boyunca bu sinir uyuşturulmalıdır (10,12,13,14).

Çaprazlayan ('traversing') kök, foramenden çıktıktan sonra anterolateral olarak aşağı iner ve alt seviyedeki transvers çıkıntının anterioru boyunca uzanır. Çaprazlayan ('traversing') kök ve dural kese, ilgili kökün foramenden 20 veya 25° endoskop ile görülebilir. Ancak epidural yağ ve venöz kanama çalışma kanülü içindeki yapıların iyi görünmesini engelleyebilir. Kökler kırmızı-beyaz renktedir ve üzerlerindeki küçük damarlardan rahatça ayırtedilebilir. Çıkan ('exiting') kök, en iyi lomber vertebra'nın transvers çıkıntısının anterior yüzündeki inişinin yakınında, 25° endoskop ile görülebilir. Spinal

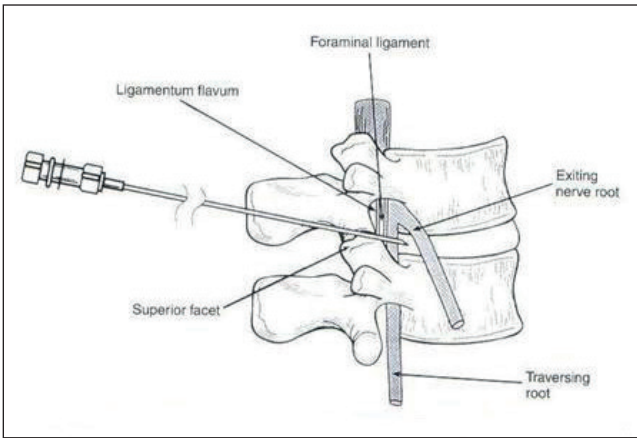
kanala foraminal yaklaşım yapılırken ligamentum flavum veya kapsüler ligamentöz kompleks görülebilir (4,7,10).

Akdemir ve ark., kadavra çalışmalarında, intervertebral foramenin besleyici arter, venöz yapılar, ligamentum flavum ve intraforaminal ligamanın yanısıra superior ve inferior korpopediküler ligaman; superior, middle ve inferior transforaminal ligaman yapılarını şematize etmişlerdir (Şekil 6) (1,11).

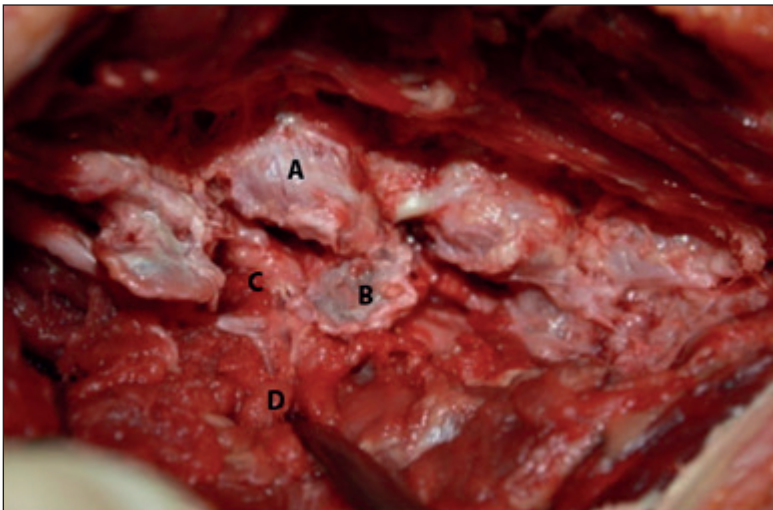
Mirkoviç ve ark. L2'den S1'e kadar olan intervertebral foramen anatomisini çalışmış ve kullanılabilecek en geniş çalışma kanülünün boyunu belirlemişlerdir. Buna göre, üçgen çalışma bölgesinin ortalama ölçüleri; genişlik 18,9 mm, yükseklik 12,3 mm ve hipotenüs 23 mm'dir. Bunun sonucunda, 6,3 mm genişliğinde midpediküler ve disk aralığının hafifçe kranial tarafına yerleştirilen bir kanülün güvenli olduğunu ve kanülün biraz daha medyal (pedikülün medyal 1/3'üne) ile yukarı doğru kaydırılması durumunda 7,5 mm çapında bir çalışma kanülü kullanılabileceğini de belirtmişlerdir (5).

Son yıllarda, lateral transforaminal girişimlerde varış hedefinin, disk aralığının ortasından, herniye parçanın altındaki disk bölümüne kaymış olması, girişim için seçilen cilt giriş noktasının giderek daha lateralde yer almasına neden olmakta ve varış yolundaki anatomik yapıların korunmasını daha zor ve önemli hâle getirmektedir. Özellikle üst lomber mesafelere uygulanan lateral girişimlerde batın ve toraks içi organların zarar görme riski teorik olarak mevcuttur. İşlem öncesi batın veya toraks BT çekerek girişim yerini ve açısını hesaplayarak bu riskten kaçınmak mümkün olduğu gibi son yıllarda bu hesabın daha doğru yapılabilmesi için bazı cihazlar da üretilmiştir (2).

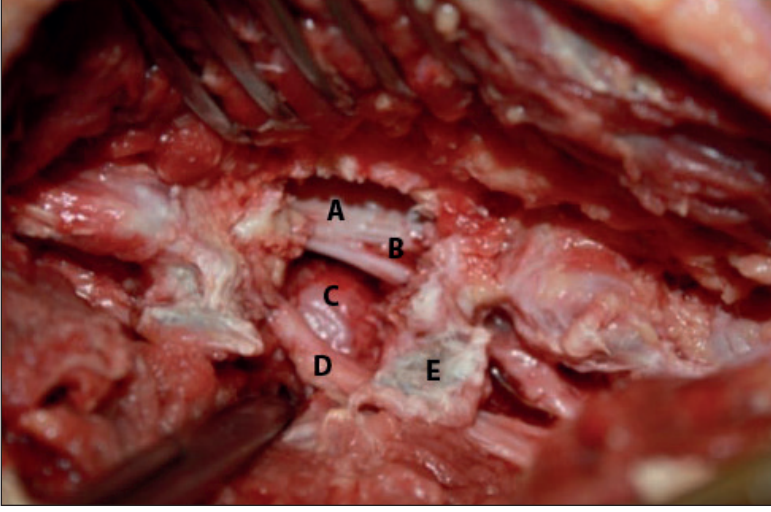
Göker ve ark., taze kadavra çalışmalarında özel tasarım yönlendirme cihazının yardımıyla hesaplanan giriş noktası ve açıları kullanarak transforaminal endoskopik disektomiler gerçekleştirmişlerdir. Taze kadvraların işlem öncesinde elde edilmiş batın BT'lerinde, her bir disk aralığında midpediküler hat hedef olarak alınmış; orta hattın 8-16 cm lateralinde kalan çeşitli giriş noktalarından bu hedeflere retroperitoneal yapılara zarar vermeden ulaşılacak en uygun açılar hesaplanmıştır (Şekil 7A, B). Bu hesap L1-L2, L2-L3, L3-L4, L4-L5 disk mesafelerinde gerçekleştirilmiştir. Disk mesafelerinde foramene giriş açısı ve orta hattan uzaklıkları karşılaştırıldığında L1-L2, L2-L3 gibi üst seviyelerde L3-L4, L4-L5 sevi-



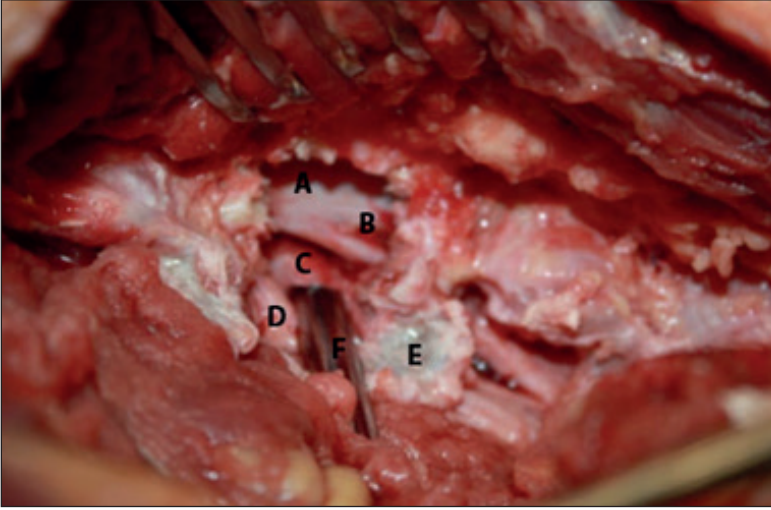
Şekil 1: Üçgen çalışma alanı (Yeung T.A., 2004).



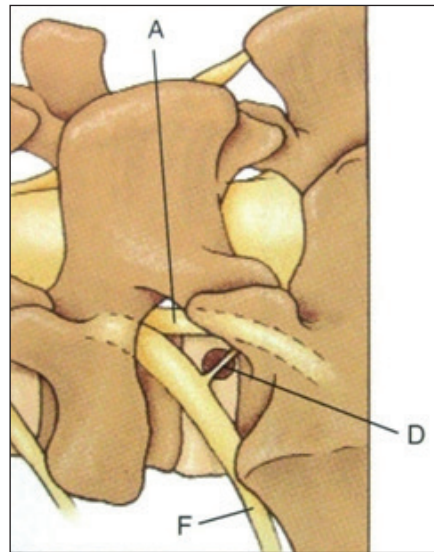
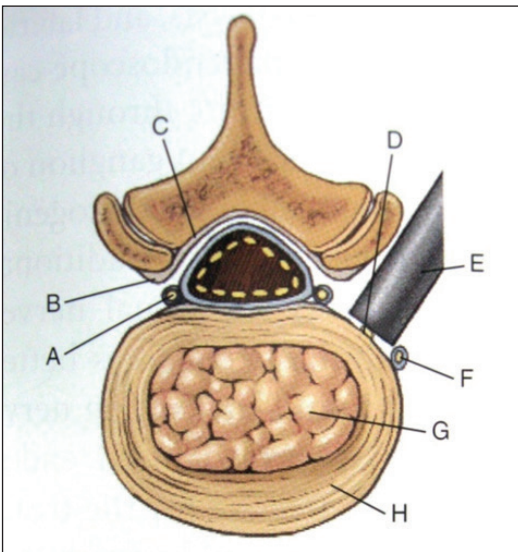
Şekil 2: Paravertebral adale diseksiyonu ve ligamentum intertransversariumun açılması. A: Süperior artiküler faset, B: Transvers çıkıntı, C: Çıkan kök, D: Psoas kası.



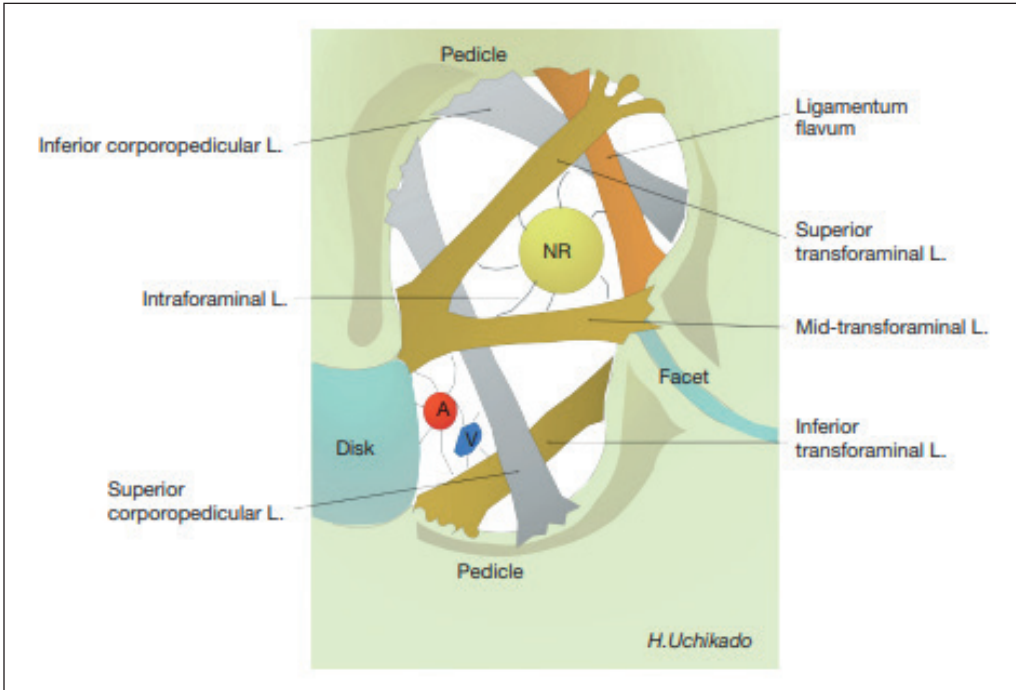
Şekil 3: Lamina ve faset eklemlerin rezeksiyonu sonrası üçgen çalışma alanı.
A: Dura, **B:** Çaprazlayan kök, **C:** Disk, **D:** Çıkan kök, **E:** Transvers çıkıntı.



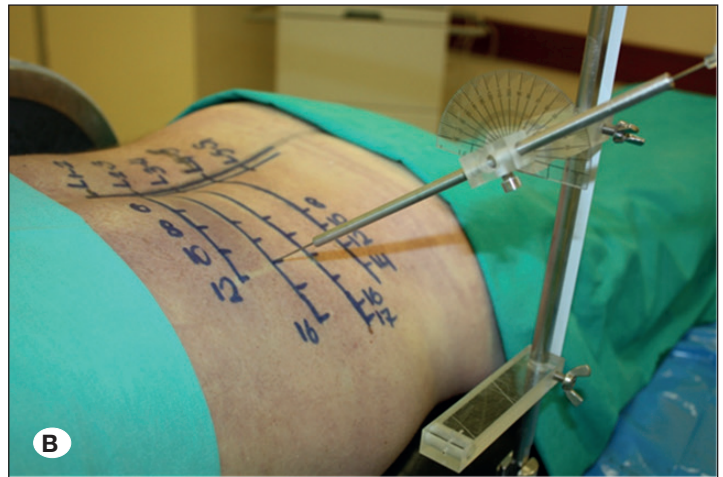
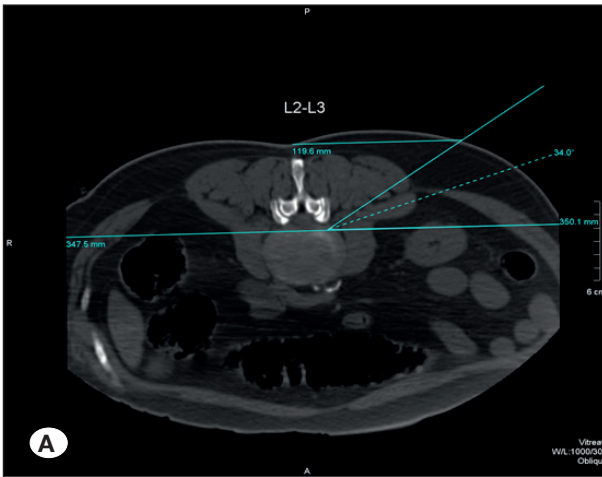
Şekil 4: Üçgen çalışma alanında oval uçlu çalışma kanülü.
A: Dura, **B:** Çaprazlayan kök, **C:** Disk, **D:** Çıkan kök, **E:** Transvers çıkıntı, **F:** Oval çalışma kanülü.



Şekil 5: Anatomik yapılar: A. Çaprazlayan (traversing) kök, B. Foraminal ligaman (Lig. flavumun uzantısı), C. Lig. flavum, D. Furkal sinir, E. Çalışma kanülü, F. Çıkan (exiting) kök, G. Nucleus pulposus, H. Anulus fibrosus (Yeung T.A., 2004).



Şekil 6: İntervertebral foramenin nöral, vasküler ve ligamentöz yapılarla ilişkisi (Akdemir 2010, Uchikado ve ark., 2019).



Şekil 7: Bir kadavra çalışmasında batın BT'de sol L2 foramenine güvenli giriş açısının ve cilt giriş uzaklığının hesaplanması ($\alpha = 34^\circ$, $X' = 11.96 \sim 12 \text{ cm}$) (A) ve özel üretim cihaz yardımıyla uygulanması (B).

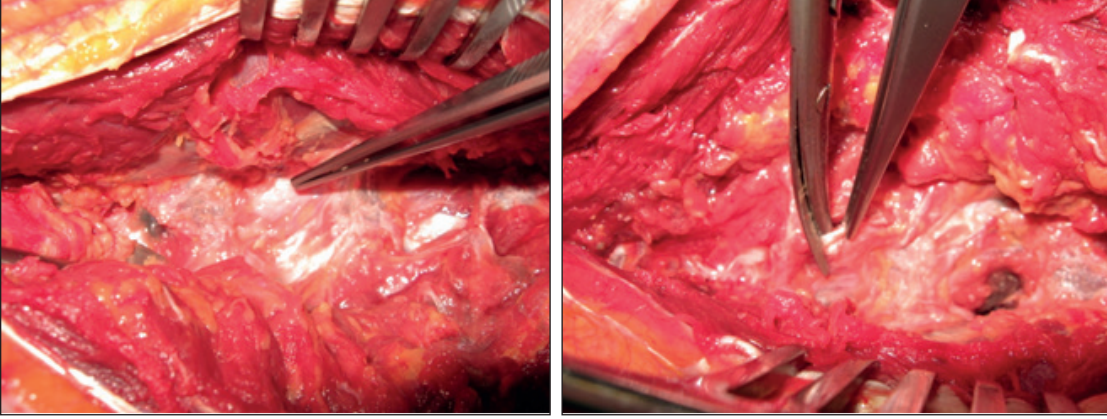
yelerine oranla orta hattan giriş mesafesinin kısaldığı ve giriş açısının arttığı görülmüştür. Giriş açıları hesaplanırken retroperitoneal organlardan özellikle böbreklerin sağ ve solda farklı seviyelerde sonlandığı, L1-L2, L2-L3 ve L3-L4 disk hernilerinde özellikle uzak lateral girişimlerde organ hasarını önlemek açısından ameliyat öncesi mutlaka batın BT çekilmesi gerektiği kanaatine varılmıştır. Taze kadavraların retrospektif olarak incelenen batın BT'lerinden, C kollu skopide fark edilemeyen ve yanlış mesafe tayinine sebep olan anatomik varyasyonların (lumbalizasyon, sakralizasyon) da saptandığı görülmüştür (3).

Endoskopik transforaminal lomber diskektomide oval kanülün yerleştirilmesi sırasında yaralanma riski fazla olan anatomik yapının çıkan ('exiting') kök olduğu bilinmektedir. Göker ve ark. taze kadavra çalışmalarında lomber bölgesi açılan 4 kadavranın L1, L2, L3, L4 ve L5 foramenindeki çıkan kökleri, endoskop kanülü içerideyken makroskopik olarak incelemiştir.

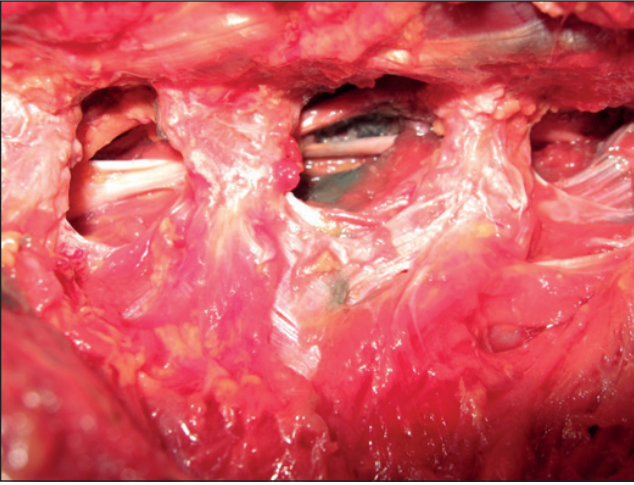
Orta hattan 6 cm uzaklıkta ve yaklaşık 30 cm uzunluğundaki insizyonla cilt, cilt altı, paravertebral adale fasyası geçilip erekör spina kasları ekarte edildikten sonra transvers çıkıntılar arasındaki ligamentum intertransversarium kesilerek kuadratus lumborum ve psoas kası ekarte edildiğinde çıkan kökler ortaya konulmuş ve her bir seviyede çıkan köklerin kalınlıkları ve dura ile yaptığı açı görüntülenmiştir (Şekil 8-11). Üst lomber seviyede foramenin daha geniş olmasına rağmen, çıkan kök çaplarının daha küçük olduğu ve dura ile yaptıkları açının dar olduğu görülmüştür. Bu nedenle çalışma kanülünün yerleştirilmesi esnasında çıkan kökün aralanma riskinin ve yeterli dekompresyonun sağlanması amacıyla ligaman kompleksinin alındığı durumlarda oluşabilecek çaprazlayan kök hasarının yine üst seviyelerdeki disk aralıklarında meydana gelebileceği görülmüştür (3).

Vasküler Anatomi

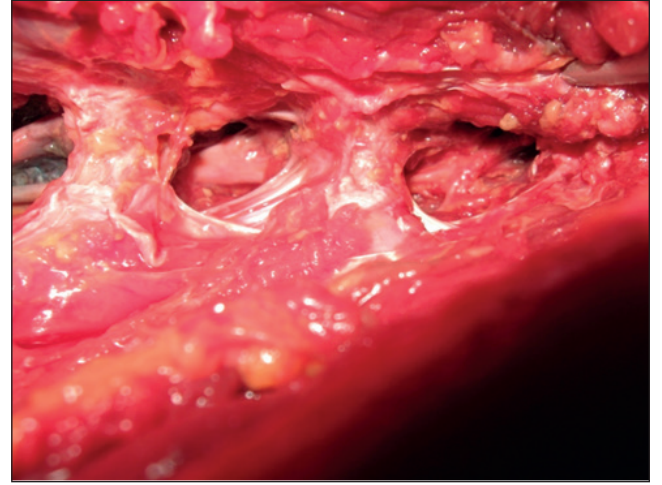
L1-L4 arasında segmental arterler aortadan çıkarak iki yana



Şekil 8: Transversus çıkıntı ve ligamentum intertrans versariumun kesilmesi.



Şekil 9: Sağ L5, L4 foramenleri ve çıkan kökler.



Şekil 10: Sağ L3, L2 foramenleri ve çıkan kökler.

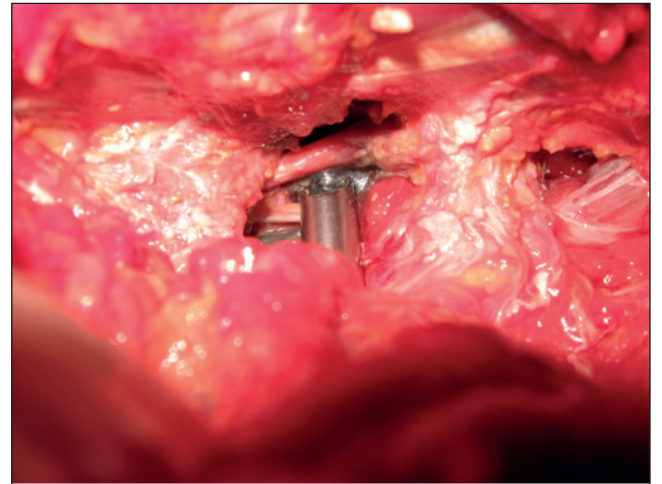
doğru ilerler ve omur cisminin ortasından foramene girerler. Her segmental arter, omur cismini geçerken cisim yüzeyine vertikal olarak çıkan ve inen dallarını verir. L5'in arteri genellikle iliolumbar arterin ya da sakral arterin bir dalıdır.

L5 beslenmesinin medial sakral arterden olması durumunda, L5-S1 intervertebral foramenlere dallanma olmadığı için komünikan dal görülmez. L4 ve L5 arasında komünikan dallar izlenirse, bu komünikan dal Kambin üçgeninden L4-5 forameninin ventraline doğru ilerler. Özellikle bu yapıların hasar görmesi retroperitoneal hematoma neden olabilir.

İntervertebral foramende yer alan vasküler yapılar arasında lomber arterlerin spinal ve gangliyonik dalları önem taşır. Spinal sinir kılıfını pentere eden spinal dallar ve dorsal kök gangliyonunun besleyen gangliyonik dallar, Kambin üçgeni içinde yer alabilir. Bu nedenle 3 boyutlu bilgisayarlı tomografi (BT) anjiyografinin operasyon öncesi değerlendirmede kullanılması gerektiğini savunan yayınlar mevcuttur (Şekil 12) (11).

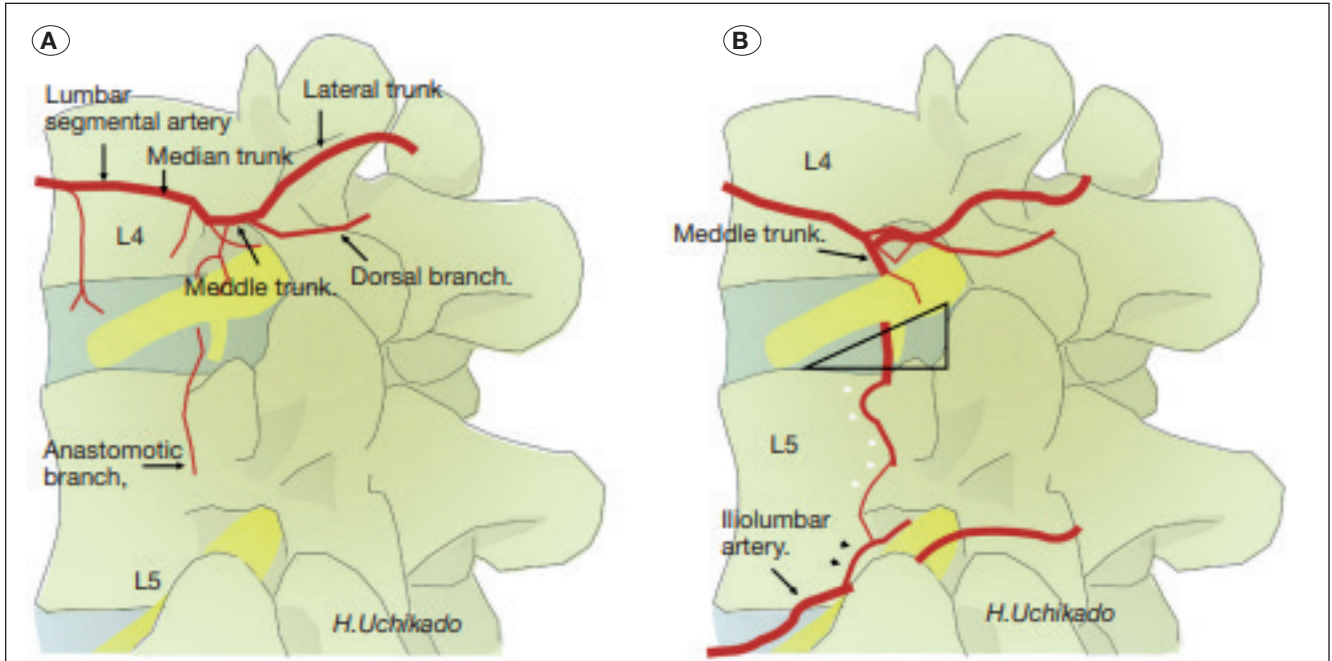
SONUÇ

Lomber disk hernisi cerrahisinde endoskopik girişimlerle açık mikrocerrahi yöntemlerin benzer başarıya sahip olduğu konusunda yaygın bir ortak kanı bulunmaktadır. Buna karşılık endoskopik yöntemlerin sağladığı doku travmasındaki azalmanın avantajları yadsınamaz. Endoskopik girişimlerden



Şekil 11: Sağ L4 foramenine girişte oval kanülün ve çıkan kökün (L4) görünümü.

transforaminal yaklaşım, lomber intervertebral foramenin cerrahi anatomisine hâkim olduğunda ve doğru anatomik belirteçler göz önüne alındığında, yüksek güvenliliğe sahip bir teknik olarak uygulanabilir.



Şekil 12: L4 lomber arterin dallanması (A) ve orta L4 gövdesinden L5-S1 foramenine anastomoz varyasyonu (B). Şekil 12B'deki beyaz oklar L4-5 arasındaki anastomoz dallarını, siyah oklar L5 spinal dalını göstermektedir. Kambin üçgeni, siyah üçgen ile gösterilmiştir. (Uchikado ve ark., 2020).

KAYNAKLAR

- Akdemir G: Thoracic and lumbar intraforaminal ligaments. Laboratory investigation. *J Neurosurg Spine* 13:351-355, 2010
- Göker B: Endoskopik Transforaminal Lomber Disk Cerrahisinde Anatmik Özelliklerin Belirlenmesi ve Klinik Uygulamaya Yönelik Özel Tasarım Cihaz Kullanımı: Taze Cesetlerde Çalışma (Uzmanlık Tezi). İstanbul: İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, 2010:1-84
- Göker B, Tahta A, Yörükoğlu AG, Akçakaya MO, Şencan F, Aydoseli A, Sencer A, Kırış T, Canbolat AT: Special designed routing device to ease endoscopic transforaminal lumbar disc surgery: A cadaveric study. *J Turkish Spinal Surg* 30(3): 211-221, 2019
- Kambin P: Arthroscopic and endoscopic microdiscectomy via posterolateral access. In: Fessler GR, Sekhar (eds), *Atlas of Neurosurgical Techniques, Spine and Peripheral Nerves*. New York: Thieme, 2006:816-825
- Mirkovic SR, Schwartz DG, Glazier KD: Anatomic considerations in lumbar posterolateral percutaneous procedures. *Spine* 20:1:965-971, 1995
- O'Toole JE, Eichholz KM, Fessler RG: Minimally invasive far lateral microendoscopic discectomy for extraforaminal disc herniation at the lumbosacral junction: Cadaveric dissection and technical case report. *Spine J* 7(4):414-421, 2007
- Ruetten S, Komp M, Merk H, Godolias G: Use of newly developed instruments and endoscopes: Full endoscopic resection of lumbar disc herniations via the interlaminar and lateral transforaminal approach. *J Neurosurg Spine* 6(6):521-530, 2007
- Sasani M, Ozer AF, Oktenoglu T, Canbulat N, Sarioglu AC: Percutaneous endoscopic discectomy for far lateral lumbar disc herniations: Prospective study and outcome of 66 patients. *Minim Invasive Neurosurg* 50(2):91-97, 2007
- Sherk HH: Results of percutaneous laser discectomy with Lasers. *Spine State Art Rev* 7:141, 1993
- Tsou PM, Yeung CA, Yeung TA: Posterolateral transforaminal selective endoscopic discectomy and thermal annuloplasty for chronic lumbar discogenic pain: A minimal access visualized intradiscal surgical procedure. *Spine J* 4:564-573, 2004
- Uchikado H, Nishimura Y, Hattori G, Ohara Y: Micro-anatomical structures of the lumbar intervertebral foramen for full-endoscopic spine surgery: Review of the literatures. *J Spine Surg* 6(2):405-414, 2020
- Yeung TA: Percutaneous discectomy. In: Regan JJ, Lieberman Isador H, (eds). *Atlas of Minimal Access Spine Surgery*. St. Louis, Quality Med Publ, 2004:487-515
- Yeung TA, Savitz MH, Khoo LT, Virella A, Pahi M: Complications of minimally invasive spinal procedures and surgery-Part IV: Percutaneous and intradiscal techniques. In: Vaccaro AR, Regan JJ, (eds). *Complications of Pediatric and Adult Spine Surger*. New York:y. Marcel Dekker, 2004: 547-571
- Yeung TA, Yeung CA: Advances in endoscopic disc and spine surgery: Foraminal approach. *Surg Technol Int* XI:253-261, 2003