



# Lumbosakral Sinir Kökü Anomalilerinin Herniye Disk Fragmanı ile İlişkisi

## *The Relationship of Lumbosacral Root Anomalies with a Herniated Disc Fragment*

Selim KAYACI<sup>1</sup>, Vaner KÖKSAL<sup>1</sup>, Şükrü ÇAĞLAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Anabilim Dalı, Rize, Türkiye

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

Yazışma Adresi: Selim KAYACI / E-posta: selim\_kayaci@hotmail.com

### ÖZ

**AMAÇ:** Lumbosakral kök anomalilerini tanımlamak, klinik ve cerrahi önemini vurgulamaya çalışmaktır.

**YÖNTEM ve GEREÇ:** Bu çalışmada, lomber disk hastalığı nedeni ile ameliyat edilen 826 hasta retrospektif olarak değerlendirildi. Hastaların dosyaları incelenerek sinir kök anomalisi olan 22 hasta not edildi.

**BULGULAR:** Hastaların 12'si kadın, 10'u erkek olup; % 63.6'sında L5-S1, %36.4'ünde L4-L5 seviyesinde disk hernisi vardı. Herniye diskin aberrant sinir kökü ile olan ilişkisine göre olgular üç ana gruba ayrıldı. Grup A (%45.5): herniye disk medialdeki sinir kökü ile dura arasında; Grup B (%36.4): herniye disk iki spinal kök arasında; Grup C (% 18.1): herniye disk lateraldeki spinal kök ile faset veya lateral reses arasında lokalize idi.

**SONUÇ:** İyatrojenik sinir kökü hasarından korunmak için, durayı ve ilk çıkan sinir kökünü belirleyip intervertebral foramene kadar izlemenin yanında, herniye diski boşaltmadan önce kök anomalisi ile olan ilişkisini ve kanalın diğer içeriklerini künt diseksiyonla dikkatli biçimde tanımlamak gereklidir.

**ANAHTAR SÖZCÜKLER:** Anomali, Sinir kökü, Lumbosakral spinal bölge

### ABSTRACT

**AIM:** To describe lumbosacral root abnormalities and to emphasize their clinical and surgical importance.

**MATERIAL and METHODS:** The study was carried out retrospectively on 826 patients who had undergone lumbar disc surgery. Patient files were examined and 22 patients with nerve root anomalies were noted.

**RESULTS:** There were 12 female and 10 male patients in the study. Disc hernia was at the L5-S1 level in 63.6% of cases and at the L4-L5 level in 36.4% of cases. Three main categories were identified in the relationship between the aberrant roots and the disc hernia. In Group A (45.5%), the disc hernia was between dura and the medial root, In Group B (36.4%), the disc hernia was between a double root, and in Group C (18%) the disc hernia was between the lateral root and facet or lateral recess.

**CONCLUSION:** It is necessary to carefully identify any abnormalities in the root position and other aspects of the spinal canal by blunt dissection after identifying the dura and the first exiting nerve root and observing the root as far as the intervertebral foramen before excision of the herniated disc in order to protect the nerve root from damage.

**KEYWORDS:** Anomaly, Nerve root, Lumbosacral spinal area

### GİRİŞ

Lumbosakral sinir kökü anomalileri tıp literatüründe iyi dökümanite edilmiştir. Bu konu ile ilgili çalışmaların bazıları anatomik incelemeler temelinde, bazıları ise cerrahi sırasındaki bulgular zemininde oluşturulmuştur. Lumbosakral bölgedeki spinal kök anomalilerinin insidansı genel popülasyonda %0.34-%14 arasında değişir (tanı konulan ve lomber disk hernisi nedeniyle ameliyat edilen hastalar) (5). Literatürde Ethelberg ve Rishede (7), ve Deyler ve May (6) tarafından spinal kök anomalisi ile ilgili olgular rapor edilmiştir. 1962 de Cannon ve ark. (4) sinir kök anomalilerini ilk kez sınıflandırmışlardır. Daha sonra Postacchini ve ark. (15), Kadish ve Simmons (11), Kikuchi ve ark. (12) ve son olarak da

1992 de Chotigavanich ve Sawangnatra (5) tarafından diğer sınıflandırmalar ileri sürülmüştür. Lumbosakral bölgedeki kök anomalilerinin yaklaşık %50'si L5 ve S1 köklerinden kaynaklanır (3). S2 kök anomalileri ise yaklaşık olarak tüm olguların 1/3'ünü oluşturmaktadır.

Bu anomalilerin erken tanısı, cerrahi sırasında oluşabilecek iyatrojenik yaralanmaların önlenmesi için önemlidir. Ancak bu genellikle mümkün olmamakta ve ameliyat sırasında tesadüfen saptanmaktadır. Konu güncelliğini koruduğu için, bu çalışmada, lomber disk hastalığı tanısı ile ameliyat edilen hastalarda tesadüfen karşılaşılan kök anomalileri ve bu anomalilerin herniye disk ile olan ilişkileri incelendi.

## YÖNTEM ve GEREÇLER

Bu çalışmada lomber disk hastalığı nedeni ile ameliyat edilen 826 hasta retrospektif olarak incelendi. Hastaların tümüne klinik belirti ve bulgularla birlikte sagittal ve aksiyel planda MRG ile tanı konuldu. Tüm olgular intratrakeal genel anestezi altında prone pozisyonda mikrocerrahi yöntemle ameliyat edildi. Ameliyatlar sırasında sinir kökü anomalisi ve birlikte disk hernisi saptanan 22 olgu fotoğraflandı ve ameliyat defterinde ayrıntılı olarak tanımlandı (Şekil 1A,B). Çalışma yapılırken bu olgular dökümanite edilerek aşağıdaki parametreler incelendi. 1) olguların yaş ve cinsleri; 2) semptomların süresi; 3) nörolojik muayene bulguları; 4) MRG bulguları; 5) spinal kök anomalisi ile herniye diskin ilişkisi; 6) ameliyat tekniği. Sonuçlar ortalama ve standart sapma olarak gösterildi.

## BULGULAR

Spinal kök anomalisi olan 22 hastanın özellikleri Tablo 1'de özetlenmiştir. Tüm olgular radiküler tarzda bacağı yayılan ağrı ve uyuşma yakınması ile başvurdu. Semptomların süresi ortalama  $35 \pm 4.6$  gün (aralık: 15-180 gün) idi. Hastaların 12'si (%54.5) bayan 10'u (%45.5) erkek olup ortalama yaş  $42 \pm 3.2$  (aralık: 26-72) idi. Spinal kök anomalisi oranı % 2.66 olarak

bulundu. Lomber disk hernisi, olguların 14'ünde (% 63.6) L5-S1 seviyesinde, 8'inde (% 36.4) L4-L5 seviyesinde, 12'sinde sağda (% 54.5), 10'unda solda (%45.5) idi. Olguların 15'inde (% 68) duradan tek bir kök halinde çıkıp iki dala ayrılan kök (yapışık kök:conjoined root) varken 7'sinde (% 32) birbirine yakın iki kök duradan ayrı ayrı köken almıştı (Şekil 2A,B) Olguların 10'unda (%45.5) herniye disk subligamenter protrüzyon, 8'inde (%36.4) ekstrüde, 4'ünde (%18.2) ise sekestre fragman şeklinde idi. Olguların 12'sinde her iki kök yaklaşık aynı kalınlıkta iken 8 olguda lateraldeki, iki olguda da medialdeki kök daha kalındı. Herniye diskin aberrant kök ile olan ilişkisine göre olgular üç ana gruba ayrıldı (Şekil 3A-C) Grup A 10 olgu (%45.5): herniye disk medialdeki sinir kökü ile dura arasında, Grup B 8 olgu (%36.4): herniye disk iki spinal kökü arasında Grup C 4 olgu (%18.1): herniye disk lateraldeki spinal kök ile faset veya lateral reses arasında lokalize idi.

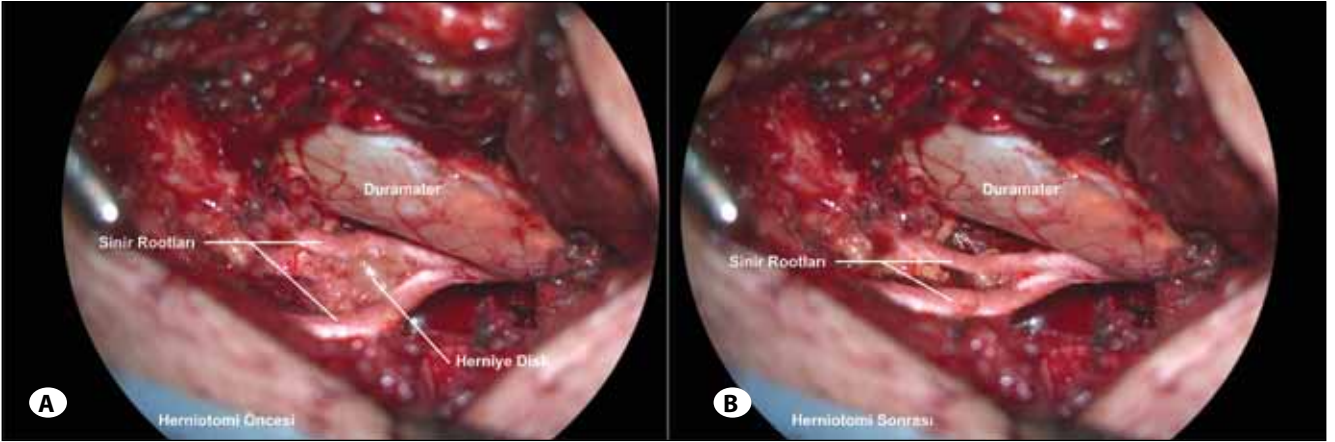
## TARTIŞMA

Literatürde lumbosakral sinir kökü anomalileri ile ilgili birçok rapor vardır. Bu anomaliler ya ameliyat sırasındaki bulgular temelinde, ya da nöroradyolojik inceleme ve otopsi çalışmaları sırasında elde edilir (10,11,17). Çoğunlukla L5-S1 seviyesinde

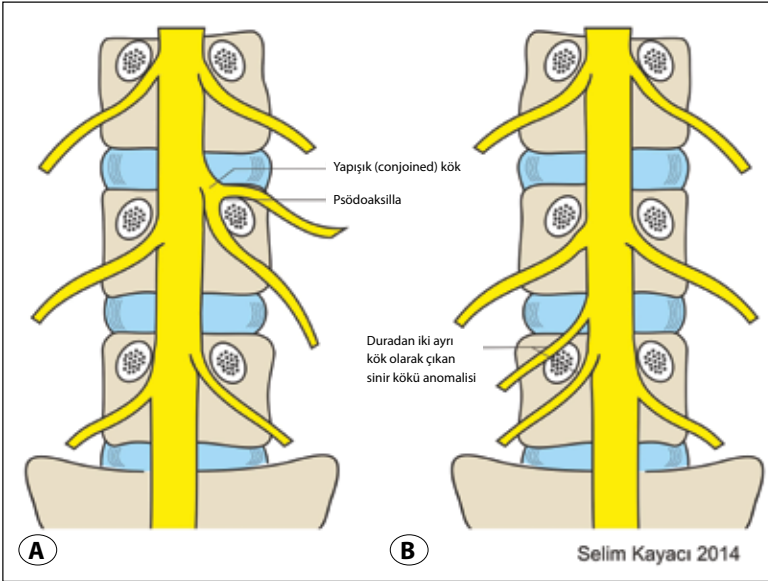
**Tablo 1:** Olguların Özellikleri

Olgu	Yaş-cins	Semp süresi (gün)	Muayene Bulguları	MRG bulguları	KA- DH ilişkisi	Ameliyat tekniği
1	42 K	60	L4-S1 hs, aşıl (-) PF 4/5	Sağ L5-S1 DH	Grup A	HPL+1/2 Fas+ GF
2	38 K	45	L4-S1 hs, aşıl hipo	Sağ L5-S1 DH	Grup A	HPL+1/2 Fas+ GF
3	22 K	35	L3-S1 hs, ADF 3/5 BDF 4/5	Sol L4-5 DH	Grup B	HL+ Fas+ GF
4	46 E	50	L4-S1 hs, aşıl (-) PF 3/5	Sağ L5-S1 DH	Grup B	HL+ Fas+ GF
5	54 K	65	L3-S1 hs, aşıl hip, PF 4/5	Sağ L5-S1 DH	Grup A	HL+1/2 Fas+ GF
6	40 E	45	L3-S1 hs, ADF 4/5, BDF 3/5	Sol L4-5 DH	Grup A	HPL +1/2 Fas+ GF
7	52 K	60	L3-S1 hs, ADF 4/5, BDF 3/5	Sağ L4-5 DH	Grup A	HPL+1/2 Fas+ GF
8	36 E	60	L3-S1 hs, ADF 3/5, BDF 3/5	Sağ L4-5 DH	Grup B	HPL+ 1/2 Fas+ GF
9	44 E	35	L4-S1 hs, PF 3/5, Aşıl (-)	Sol L5-S1 DH	Grup A	HPL+1/2 Fas+GF
10	28 K	80	L4-S1 hs, Aşıl hip	Sol L5-S1 DH	Grup B	HL+1/2 Fas+GF
11	26 K	35	L3-S1 hs, ADF 4/5	Sağ L4-5 DH	Grup C	HL+1/2 Fas+GF
12	47 E	45	L3-S1 hs, BDF 3/5	Sol L4-5 DH	Grup A	HPL+1/2 Fas+GF
13	42 E	70	L5-S1 hs, Aşıl (-), PF 4/5	Sağ L5-S1 DH	Grup A	HPL+1/2 Fas+GF
14	37 K	120	L4-S1 hs	Sol L5-S1 DH	Grup B	HPL+1/2 Fas+ GF
15	33 K	45	L3-S1 hs, BDF 3/5	Sağ L4-5 DH	Grup A	HPL+1/2 Fas+GF
16	72 E	180	L4-S1 hs, Aşıl hip	Sağ L5-S1 DH	Grup C	HL+ Fas+GF
17	37 E	90	L3-S1 hs, Aşıl hip	Sağ L5-S1 DH	Grup B	HL+1/2 Fas+ GF
18	62 K	45	L4-S1 hs, Aşıl (-)	Sol L5-S1 DH	Grup C	HPL+1/2 Fas+ GF
19	57 K	30	L5-S1 hs, Aşıl (-)	Sol L5-S1 DH	Grup B	HPL+1/2 Fas+ GF
20	54 E	30	L3-S1 hs, ADF 3/5 BDF 2/5	Sağ L4-5 DH	Grup C	HPL+1/2 Fas+GF
21	32 E	60	S1 hs, Aşıl hip	Sol L5-S1 DH	Grup A	HPL+1/2 Fas+GF
22	39 K	35	L4-S1 hs, ADF 4/5	Sol L5-S1 DH	Grup B	HPL+1/2 Fas+GF

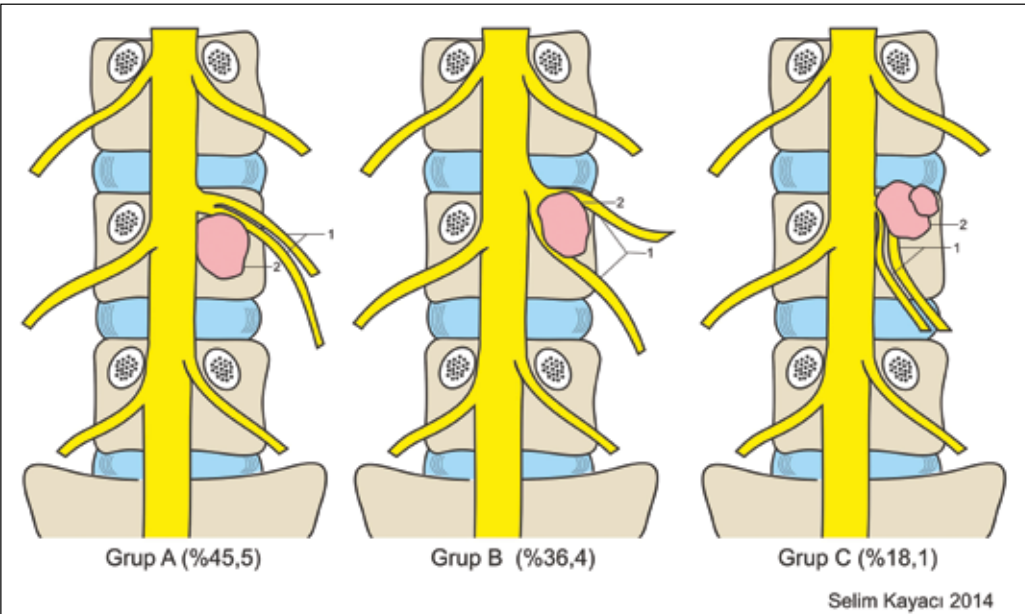
**E:** erkek, **K:** kadın, **Semp:** semptom, **hs:** hipoestezi, **ADF:** ayak dorsal fleksiyonu, **BDF:** başparmak dorsal fleksiyonu, **PF:** plantar fleksiyon, **hip:** hipoaktif, **DH:** disk hernisi, **KA:** kök anomalisi, **HPL:** hemiparsiyel laminektomi, **HL:** hemilaminektomi, **Fas:** fasetektomi, **GF:** geniş foraminotomi.



**Şekil 1:** Peroperatif kök anomalisi **A)** Yapışık (conjoined) kök. Herniotomi öncesi psödoaksillada ekstrüde disk hernisi. **B)** Herniotomi sonrası.



**Şekil 2:** Bu çalışmada saptanan kök anomalileri **A)** yapışık (conjoined) kök, **B)** duradan iki ayrı kök olarak çıkan sinir kökü anomalisi.



**Şekil 3:** Şematik çizim. Herniye diskin kök anomalisi ile olan ilişkisi **Grup A:** herniye disk medialindeki sinir kökü ile dura arasında, **Grup B:** herniye disk iki spinal kök arasında, **Grup C:** herniye disk lateraldeki spinal kök ile faset veya lateral resses arasında. **1)** yapışık kök anomalisi, **2)** herniye disk.

görülürler. Disk hernisi nedeniyle cerrahi girişim en çok lumbosakral bölgede uygulandığı için bu bölgede spinal kök anomalilerine daha sık rastlanmaktadır. Bu anomaliler MRG ile uygun şekilde demonstre edilebilir. Bilgisayarlı tomografi (BT) spinal patolojilerin saptanmasında kemik dokuya olan duyarlılığı nedeniyle kullanışlı bir yöntem olmakla birlikte yumuşak doku patolojilerinin ayırt edilmesinde yetersiz kalmaktadır. BT görüntülerinde birleşik sinir kökleri ve lateral ressesteki bir genişleme bir dumbbel tümör veya ekstrüde bir disk fragmanı olarak sıklıkla karışıklığa neden olabilir. MRG ise sinir kök anomalilerinin ayırt edilebilmesi için BT ile karşılaştırıldığında daha üstün bir tanı yöntemidir. Özellikle koronal planda çekilen MRG'de birleşik veya genişlemiş kökler detaylı olarak saptanabilir (17). Bu tip lumbosakral kök anomalilerinin preoperatif dönemde MRG ile saptanabilmesi peroperatif olası iatrojenik komplikasyonların önlenmesi için önemlidir.

Bu çalışma, MRG'nin nöroşirürji pratiğinde rutin kullanımda olduğu dönemde yapılmıştır. Ancak preoperatif dönemde hiçbir hastaya koronal planda MRG çekilip spinal kök anomalisi tespiti yapılmamıştır. Spinal kök anomalilerin hepsi ameliyat sırasındaki tespitlere dayanmaktadır.

Lomber disk hastalığı nedeniyle muayene edilen hastalarda spinal kök anomalileri varsa klinik bulgular yanıltıcı olabilir. Radyolojik olarak L4-5 disk hernisi saptanan bir hastanın nörolojik muayenesinde L5-S1 disk hernisinin klinik bulguları, ya da radyolojik olarak L5-S1 disk hernisi saptanan bir hastada L4-5 disk hernisine ait nörodefisitler saptanabilir. Ayrıca herniye disk için yapılan bir ameliyat sırasında hastanın şikayetini açıklayan bir patoloji bulunamazsa spinal kök anomalisinden şüphelenmek gerekir.

Birçok raporlarda önceden var olan spinal kök anomalilerinin saptanmadığı olgularda cerrahi sırasında potansiyel kök yaralanması tehlikesi olduğu vurgulanmıştır (19). Bu anomaliler klinik olarak genellikle sessizdirler. Ancak dejenere bir disk ve/veya birleşik vertebra (spinal kanal stenozu ve buna sekonder kök'ün foramen girişinde komprese olması) bağlı olarak spinal kök'ün sıkışması ve bununla ilgili klinik belirti ve bulgular ortaya çıkar (2). Spinal kök anomalileri ile birlikte olan ağrının oluşumunda çeşitli faktörler öne sürülmüştür (5). Birincisi anomalinin kendisi ağrının nedeni olabilir; ikincisi, kök anomalileri çoğunlukla intervertebral foramende olduğundan intervertebral diskteki hafif bir bulging veya şişme sinir kökünü komprese edip ağrıya neden olabilir. Üçüncü olarak, kök anomalilerinde normal omurga hareketleri sırasında gerilme oluşabilir.

Lumbosakral kök anomalilerinin embriyolojik temelleri kesin olarak aydınlatılamamıştır. Kaudal seviyeden, dural açıklıklara çok yakın komşulukla çıkan, sinir turunkuslarındaki kök anomalilerinin embriyolojik gelişim sırasında köklerin hatalı migrasyonuna bağlı olabileceği düşünülmekte ve bu anomaliler sıklıkla tek taraflı görülmektedir (2). Kranial seviyeden çıkan, bir veya daha fazla kök içeren bilateral anomalilerin ise etkilenen köklerin spinal korddan anormal çıkışına bağlı olabileceği düşünülmektedir (15). Sinir kökleri

arasındaki anormal anastomozlar sinir liflerinden bantlar şeklinde olabileceği gibi kılıfın tam distal birleşmesi nedeni ile de olabilmektedir.

Spinal kök anomalileri için çeşitli yazarlar tarafından değişik sınıflandırmalar öne sürülmüştür (4,5,11,15). Biz 1962 de Canon ve ark (4) tarafından ileri sürülen sınıflandırmanın daha kolay ve cerrahi anatomi açısından daha pratik olduğunu düşündük. Onlara göre üç tip sinir kök anomalisi vardır. Tip I: birleşik (veya yapışık: conjoined) tip, bu tipte iki kök duramaterden ortak bir kılıf içinde köken alır. Tip II (anastomotik tip) de duramaterden ve sonraki kaudal sinirden ayrıldıktan sonra kök'ün iki ayrı dala ayrılması (bifürkasyonu). Tip III (transvers tip) de sinir kök'ü dural sak'ı çoğunlukla tam bir açı ile terk eder. Houra ve ark. na (10) göre daha önce yapılan sınıflandırmalar ışığında bütün bu lumbosakral kök anomalileri kabaca intradural ve ekstradural olanlar şeklinde ayrılabilir. Görüldüğü gibi bütün bu sınıflandırmalar birbirine benzerdir ve otopsi üzerinde anatomik esaslara göre yapılmışlardır. Oysa cerrahi anatomi açısından önemli olan herniye disk ile spinal kök anomalisinin ilişkisidir. Zaten asemptomatik olup tesadüfen sinir kök anomalisi saptanan hastalarda cerrahi endikasyon yoktur. Bizim ameliyat sırasında elde ettiğimiz bulgular Canon ve ark (4) sınıflandırması göz önüne alındığında olguların % 68'i Tip I, %32'si Tip II ile kısmen uyumlu idi.

Yapışık (conjoined) sinir kökü en sık rastlanan kök anomalisidir. Scuderi ve ark. (18) ve Lotan ve ark.'nın (16) lomber disk hernisi nedeniyle ameliyat ettikleri hastalarda yapışık sinir kökü oranını %5, Böttcher ve ark. (8) ise kadaverik bir çalışmada bu oranı %15 olarak bulmuşlardır. Bizim serimizde bu oran %1.7 dir. Yapışık kök anomalileri Neideri ve ark. (13) tarafından üç gruba ayrılmıştır. Bizim serimizde rastladığımız yapışık sinir kökleri Neider ve ark. nın sınıflandırmasına göre Tip 1B ile uyumlu idi.

Sinir kökü anomalisi olan olgularda lomber diskektomi sırasında duranın anatomik olarak hazırlanması ve spinal kanalın lateral duvarında anormal pozisyonda bulunan aberrant kök'ün yaralanmaması için çok dikkatli olunmalıdır. Bizim serimizdeki olguların 12'sinde herniye disk subligamenter protrüzyon, 10'unda ekstrüde, 4'ünde ise sekestre fragman şeklinde idi. Biz cerrahi anatomi açısından herniye disk ile aberrant kök'ün ilişkisinin önemli olduğunu düşünüyoruz. Buna göre olgular üç ana gruba ayrıldı. Grup A'da (% 45.5) herniye disk medialdeki sinir kökü ile dura arasında, Grup B'de (% 36.4) herniye disk iki kök arasında, Grup C'de (%18.1) ise herniye disk lateraldeki kök ile faset veya lateral resses arasında lokalize idi. Grup A'daki olgularda her iki kök laterale doğru itilmiş olup birbirine yapışık görüldüklerinden diseksiyon sırasında medialdeki kök'ün fark edilmesi zordur. Foraminotomi geniş yapılmadan herniye disk alınırsa medialdeki kök travmatize olabilir. Grup B'de herniye disk iki kök arasındadır (psödo aksillada). Cerrahi sırasında iatrojenik kök hasarı en çok bu grupta olur. Açılış sırasında sadece lateraldeki kök ile herniye disk görülür ve medialdeki kök fark edilmeyebilir. Bu nedenle diskektomi yapılırken medialdeki kök disk kapsülü veya disk materyali sanılarak travmatize edilebilir veya alınabilir. Grup C olgu sayısının en az olduğu grup idi. Bu grupta disk hernisi lateralde



olup dıştaki kökü mediale doğru iter ve her iki kök birbirine yapışık gibi görünür. Bu olgularda pedikülü iyice tanımlayana kadar medial fasetektomi yapılmalıdır. Aksi takdirde pedikül ve faset arasında fragman kalabilir.

Spinal kök anomalisi olan olgularda uygulanan cerrahi teknik konusunda farklı fikirler vardır. Pamir ve ark. (14) kök anomalili olgularda standart cerrahi prosedürün yeterli dekompresyonu sağlamaya yetmeyeceğini ve laminektomi, fasetektomi, pedikülektominin gerekli olduğunu ifade etmişlerdir. White ve ark. (20) ek olarak fasetektomi yapılmazsa nöral elemanların aşırı traksiyonuna bağlı olarak morbiditenin artacağını belirtmişlerdir. Houra ve ark. (10) interlaminektomi (hemiparsiyel laminektomi) ile intervertebral foramenin ve lateral resses ekspozurunun yeterince sağlanabileceğini ve var olan sinir kökü anomalilerinin fazla ekarte etmeden diskektominin yapılabileceğini belirtmişlerdir. Altaş ve ark. (1) L5-S1 mesafesinde duradan iki ayrı kök halinde çıkan sinir kökü anomalisini ameliyat sırasında fark etmişler, hemiparsiyel laminektomi ve geniş foraminotomi ile iki kök arasında lokalize ekstrüde disk hernisini çıkartmışlardır. Onlar lateraldeki kök daha kalın olduğunu belirtmişlerdir. Biz mikrocerrahideki gelişmelere paralel olarak, 1/2 fasetektomi ile disk eksizyonunun yapılabileceğini düşünüyoruz. Bu çalışmada hemiparsiyel laminektomi (Aberant sinir kökünün kranialden çıktığı olgularda laminektomi büyütüldü). 1/2 fasetektomi ve ligamentum flavumu kaldırdıktan sonra mikroşirürjikal teknikler kullanılarak dikkatli biçimde spinal kanaldaki anatomik yapılar tanımlandığı için iyatrojenik kök hasarı oluşmadı. Bize göre; aberrant kökün normale göre daha kranialden çıktığı olgularda laminektomi genişletmek gerekebilir ancak total fasetektomi nadiren gerekebilir. Nitekim bu çalışmada 7 olguda kranialden çıkan kökü görebilmek için laminektomi genişletildi. Bunlardan lateralde sekestre fragman veya ekstrüde protrüzyon olan üç olguda faset tamamıyla alındı. Diğer 15 olguda ise hemiparsiyel laminektomi ve 1/2 fasetektomi ile yeterince görüş alanı sağlanıp aşırı kök ekartasyonuna gerek olmadan herniye disk boşaltıldı. Tüm olgularda foraminotomi normale göre daha geniş yapıldı. Böylelikle kökü fazla germeden manipüle etmek mümkün oldu.

## SONUÇ

Nadir fakat anatomik olarak iyi tanımlanan spinal sinir kökü anomalileri çoğunlukla ameliyat sırasında tesadüfen saptanır. İyatrojenik kök hasarından korunmak için, durayı ve ilk çıkan kökü belirleyip intervertebral foramene kadar izlemek, bunun yanında herniye diski boşaltmadan önce kök anomalileri ile olan ilişkisini ve kanalın diğer içeriklerini künt diseksiyonla dikkatli biçimde tanımlamak gereklidir.

## KAYNAKLAR

- Altaş M, Aras M, Urfalı B, Yılmaz A: Birleşik lumbosacral sinir kökleri. Dicle Tıp Derg 39(1): 125-128, 2012
- Artico M, Carloia S, Piacentini M, Ferretti G, Dazzi M, Franchitto S, Bronzetti E: Conjoined lumbosacral nerve roots: Observations on three cases and review of the literature. Neurocirugia (Astur) 17: 54-59, 2006
- Beattie PF, Meyers SP, Stratford P, Millard RW, Hollenberg GM: Associations between patient report of symptoms and anatomic impairment visible on lumbar magnetic resonance imaging. Spine (Phila Pa 1976) 25: 819-828, 2000
- Cannon BW, Hunter SE, Picaza JA: Nerve-root anomalies in lumbar-disc surgery. J Neurosurg 19:208-214, 1962
- Chotigavanich C, Sawangnatra S: Anomalies of the lumbosacral nerve roots. An anatomic investigation. Clin Orthop Relat Res 278: 46-50, 1992
- Deyerle WM, May VR Jr: Sciatica; etiology and treatment. Clin Orthop 4:166-179, 1954
- Ethelberg S, Rishede J: Malformation of lumbar spinal roots and sheaths in the causation of low backache and sciatica. J Bone Joint Surg Br 34: 442-446, 1952
- Böttcher J, Petrovitch A, Sörös P, Malich A, Hussein S, Kaiser WA: Conjoined lumbosacral nerve roots: Current aspects of diagnosis. Eur Spine J 13(2): 147-151, 2004
- Haijiao W, Koti M, Smith FW, Wardlaw D: Diagnosis of lumbosacral nerve root anomalies by magnetic resonance imaging. Spinal Disorders 14: 143-149, 2001
- Houra K, Beros V, Kovac D, Sajko T, Gnjidić Z, Rotim K: Accidental finding of an anomalous spinal nerve root during lumbar-disc surgery: A case report and a review of literature. Coll Antropol 34(3):1105-1108, 2010
- Kadish J, Simmons EH: Anomalies of the lumbosacral nerve roots. An anatomical investigation and myelographic study. J Bone Joint Surg Br 66: 411-416, 1984
- Kikuchi S, Hause M, Nishiyama K, Ito T: Anatomic and clinical studies of radicular symptoms. Spine 9:23-30, 1984
- Neidre A, MacNab I: Anomalies of the lumbosacral nerve roots. Review of 16 cases and classification. Spine (Phila Pa 1976) 8:294-299, 1983
- Pamir MN, Ozek MM, Ozer AF, Keles GE, Erzen C: Surgical considerations in patients with lumbar spinal root anomalies. Paraplegia 30(5): 370-375, 1992
- Postacchini F, Urso S, Ferro L: Lumbosacral nerve-root anomalies. J Bone Joint Surg Br 64: 721-729, 1982
- Lotan R, Al-Rashdi A, Yee A, Finkelstein J: Clinical features of conjoined lumbosacral nerve roots versus lumbar intervertebral disc herniations Eur Spine J 19(7): 1094-1098, 2010
- Sato K, Kikuchi S: An anatomic study of foraminal nerve root lesions in the lumbar spine. Spine 18: 2246-2251, 1993
- Scuderi GJ, Vaccaro AR, Brusovanik GV, Kwon BK, Berta SC: Conjoined lumbar nerve roots: A frequently underappreciated congenital abnormality. J Spinal Disord Tech 17(2):86-93, 2004
- Stambough JL, Balderston RA, Booth RE, Rothman RH: Surgical management of sciatica involving anomalous lumbar nerve roots. J Spinal Disord 1(2):111-114, 1988; discussion 114-5.
- White JG III, Strait TA, Binkley JR, et al: Surgical treatment of 63 cases of conjoined nerve roots. J Neurosurg 56(1):114-117, 1982