



Lomber Posterior Transpediküler Fiksasyon ile Füzyon Operasyonu Yapılan Hastalarda Postoperatif Dönemde Gelişen Komşu Segment Dejenerasyonu ve Klinik Sonuçları

Adjacent Segment Disease Developing After Lumbar Fusion Surgery with the Transpedicular Fixation Technique and the Clinical Results

Rasim BABAYEV¹, Serdar ÖZGEN², Murat Şakir EKŞİ³, Deniz KONYA⁴

¹Milli Onkoloji Merkezi, Nöroşirürji Anabilim Dalı, Bakü, Azerbaycan

²Acıbadem Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

³Kaliforniya Üniversitesi, San Francisco, Ortopedi Anabilim Dalı-Omurga Cerrahisi Merkezi, Kaliforniya, A.B.D.

⁴Bahçeşehir Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Yazışma Adresi: Rasim BABAYEV / E-posta: drrasimbabayev@yahoo.com

ÖZ

AMAÇ: Transpediküler fiksasyon ile füzyon operasyonu yapılan lomber olguların uzun dönem takiplerinde komşu segment dejenerasyon insidansını ve risk faktörlerini belirlemek.

YÖNTEM ve GEREÇ: Dejeneratif zeminde gelişen instabilite ve lomber dar kanalı olan toplam 106 olgu (84 Kadın, 22 Erkek) araştırmaya dahil edildi. Olgular füzyon seviye sayısına göre 4 gruba ayrıldı. Vizüel-Analog Skala (VAS) değerlendirilmesinde; hastaların bel ağrıları, bacak ağrıları, hareketle olan ağrıları, istirahat halindeki ağrıları, diz ve kalça ağrıları sorgulandı. Komşu segment dejenerasyonunun/hastalığının gelişiminde olası risk faktörleri incelendi. Ameliyat sonrası hasta izlemlerinde görülen komşu segment dejenerasyon açısından instabilite, disk hernisi, disk bombeleşmesi, kanal darlığı, disk dejenerasyonu değerlendirildi.

BULGULAR: Komşu segment dejenerasyonu bulguları arasında sadece diskin bombeleşmesi anlamlı olarak saptandı. Posterior transpediküler enstrümantasyonlu füzyonun VAS üzerinde etkili olduğu görüldü. Risk faktörleri açısından yaşın, beden kitle indeksinin, füzyon seviye sayısının komşu segment hastalığının gelişiminde etkili olduğu izlendi. Komşu segment dejenerasyonunun gelişmesinde bir ile iki seviye füzyon grupları arasında anlamlı bir fark saptandı ($p<0,05$).

SONUÇ: Lordoz açısının bir ve iki seviye füzyon olgularında değişmediği, üç veya daha fazla seviyeli füzyon olgularında ise az değiştiği görüldü. Komşu segmentte 2,8 yıllık izlem sonrası disk bombeleşmesinin görülme sıklığı diğer faktörlere göre daha fazla saptanmıştır.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Lomber füzyon, Transpediküler fiksasyon, Başarısız bel cerrahisi sendromu, Komşu segment dejenerasyonu, Komşu segment hastalığı

ABSTRACT

AIM: We aimed to evaluate incidence of and related risk factors for adjacent segment degeneration occurring during the long-term follow-up of patients operated via posterior spinal fusion with the transpedicular fixation technique.

MATERIAL and METHODS: Patients with lumbar spinal stenosis due to a degenerative process were included in the study. There were 22 males and 84 females for a total of 106 patients. The patients were subdivided into 4 groups according to the fusion level. Back pain, leg pain, pain with movement, pain at rest, knee pain and hip pain were evaluated with VAS. Age, sex, BMI, fusion level, degree of lordosis after the operation, follow-up duration and smoking were predefined risk factors. Instability, disc herniation, disc bulging, spinal stenosis and disc degeneration were evaluated.

RESULTS: Disc bulging was the only significant mechanism for adjacent segment degeneration. Fusion surgery was a significant determinant for VAS scores. Age, BMI and fusion level were effective on the development of adjacent segment disease. There was a significant difference between one-level fusion and two-level fusion groups for adjacent segment degeneration development.

CONCLUSION: The lordosis angle showed no difference for one or two level fusions and a minimal difference with three or more level fusions. At the end of 2.8 years' follow-up, the incidence of intervertebral disc bulging was higher than for the other factors.

KEYWORDS: Lumbar fusion, Transpedicle fixation, Failed-back surgery syndrome, Adjacent segment degeneration, Adjacent segment disease

GİRİŞ

Spinal füzyon başta instabilite olmak üzere, travma, enfeksiyon, tümör, çökme fraktürü, omurga kanal darlığı, dejeneratif spondilolistezis, skolyoz, dejeneratif disk hastalığı, faset sendromları, psödoartroz gibi birçok farklı patolojilerde uygulanmaktadır (1,5). Füzyon sonrası üst komşu segment; fazla strese, aşırı harekete, disk içi basıncın artışına ve hareket aksının arkaya yer değiştirmesine maruz kalmaktadır. Sonuç olarak bu süreç, komşu segment dejenerasyonu (KSD) gelişimine sebep olmaktadır (7,11,12). Komşu segment dejenerasyonunda otürü ortaya çıkan klinik semptom ve bulgular (kanal darlığı, instabilite, radikulopati gibi...) komşu segment hastalığına (KSH) yol açmaktadır (9). Komşu segment dejenerasyonu veya hastalığı başarısız bel cerrahisi sendromuna neden olduğundan; KSD'nin biyomekaniği, insidansı ve risk faktörlerini incelemek önem arz etmektedir.

Çalışmamızın amacı; dejeneratif zeminde gelişen instabilite ve lomber dar kanal nedeniyle opere edilen hastalarda KSD gelişme insidansını ve KSH'nin gelişimine etki eden risk faktörleri belirlemektir. Komşu segment dejenerasyonu ve hastalığı üzerinde etkili olabilecek risk faktörleri olarak; yaş, cinsiyet, vücut kitle indeksi (BKİ), füzyon seviye sayısı, ameliyat sonrası lordoz açısı (LA), izlem süresi ve sigara tüketimini inceledik. Ayrıca, ameliyat esnasında uygun LA verilmesinin KSD gelişimindeki rolünün olup olmadığını görmek ve KSH bulgularının görülme sıklığını olgularının klinik sonuçlarıyla birlikte sunmayı amaçladık.

GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışmaya; Marmara Üniversitesi Hastanesi Nöroşirürji kliniğinde, Ocak 2002-Aralık 2007 tarihleri arasında, dejeneratif zeminde gelişen instabilite ve lomber dar kanal nedeniyle posterior transpedikuler fiksasyon ve füzyon ile ameliyat edilen hastalar alındı. Bu retrospektif bir klinik çalışmaydı. Çalışmanın yapıldığı Marmara Üniversitesi Hastanesi'nden çalışmayla ilgili gerekli olan etik kurul onayı alındı. Kriterlere uyan hasta sayısı yaklaşık 106'ydı (22 erkek [%20,8], 84 kadın [%79,2]) Yaş ortalaması 57,5 yılı. İzlem süresi ortalama 2,8 yıldır. Ortalama BKİ 30'du. Olgular füzyon seviye sayısına göre dört gruba ayrıldı: 1-seviye füzyon (grup A-8 olgu), 2-seviye füzyon (grup B, 64 olgu), 3-seviye füzyon (grup C, 22 olgu), 4-seviye füzyon (grup D, 12 olgu).

Hastaların ameliyat öncesi ve sonrası ağrı değerlendirilmesinde VAS kullanıldı. VAS değerlendirilmesinde; hastaların bel ağrısı, bacak ağrısı, hareketle olan ağrı, istirahat ağrısı, diz ağrısı, kalça ağrısı gibi yakınmaları sorgulandı.

Bütün hastaların ameliyat öncesi ve sonrası dönemlerde; lomber lateral nötr, lomber lateral hiperfleksiyon ve hiperekstansiyon pozisyonlarında direkt grafileri, lumbosakral manyetik rezonans görüntülemeleri (MRG) çekildi. Ameliyat öncesi ve sonrası lomber LA ve üst KSD varlığına bakılarak sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirildi. Üst komşu segment disk dejenerasyon derecesi lomber MRG'ne dayalı radyolojik bir skorlama olan Pfirrmann klasifikasyon yöntemini kullanılarak tespit edildi (16).

Yaş, cinsiyet, BKİ, füzyon seviye sayısı, ameliyat sonrası LA, izlem süresi ve sigara KSD'nin gelişiminde risk faktörü olup olmadığı incelendi. Ameliyat sonrası hasta takiplerinde görülen instabilite, disk hernisi, diskin bombeleşmesi, kanal darlığı ve disk dejenerasyon artışı KSD bulguları olarak değerlendirildi.

İstatistiksel analizler için SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*) for Windows 11,0 programı (SPSS Inc., Chicago) kullanıldı. Veriler değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metodların (ortalama, standart sapma) yanısıra sayısal değişkenler *tek yön ANOVA*, *Tukey* ve *Paired t-test* ile, kategorik değişkenler ise *ki-kare* (X^2 -testi) ile karşılaştırıldı. Tek yönlü *Anova-F* testi ile sürekli değişkenler: yaş, BKİ, izlem süresi (yıl) gibi ortalama değerleri karşılaştırıldı. Alfa değerinin 0,05'ten küçük olması ($p<0,05$) halinde veriler istatistiksel olarak anlamlı olarak değerlendirildi.

BULGULAR

Beden kitle indeksi ($p=0,036$) ve yaş ($p=0,029$) için gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark görüldü. İzlem süresinin alfa değeri $p=0,1$ olarak değerlendirildiğinde anlamlı fark saptanmadı. *Tukey* çoklu karşılaştırma testine göre her iki değişken için de (BKİ, yaş) farklılık A Grubu ile B Grubu arasında görüldü. A grubun yaş ($46,75\pm 9,64$ yıl) ve BKİ ($26,64\pm 6,29$) ortalamaları, grup B'nin yaş ($58,56\pm 10,61$ yıl) ve BKİ ($30,79\pm 4,20$) ortalamalarından anlamlı olarak düşük bulundu [sırasıyla yaş ($p=0,021$), BKİ ($p=0,05$).

Gruplar arasında cinsiyet ve sigara kullanımı bakımından anlamlı farklılık görülmedi (sırasıyla pearson $X^2=1,283$, $p=0,73$; pearson $X^2=2,558$, $p=0,465$). Lordoz açısı için ameliyat öncesi ve sonrası değerlerin karşılaştırması, eşleştirilmiş *t-testi* (*paired t-test*) ile yapıldı. Alfa değerleri sırasıyla grup A için 0,997; grup B için 0,52; grup C için 0,066 ve grup D için 0,315 idi. Sonuç olarak, grup C'de anlamlı farklılığa yakın bir alfa değeri olmasına rağmen; hiç bir grupta lordoz açısı açısından anlamlı bir fark yoktu (Şekil 1). *Paired t-test'i* VAS değerleri için de yapıldı. Grup A'da kalça ağrısı ($p=0,573$) ve diz ağrısı ($p=0,18$) hariç; bel ağrısı, bacak ağrısı, hareketle ve/veya istirahatle ağrı şikayetlerinde anlamlı fark bulundu ($p=0,0001$). Grup B'de VAS'ın tüm parametrelerinde anlamlı fark bulundu ($p=0,001$). Grup C'de diz ($p=0,049$), kalça ağrısı ($p=0,018$) açısından anlamlı; bel, bacak ağrısı, hareketle ve/veya istirahatle olan ağrı yakınmalarında ise ($p=0,0001$) ileri derecede anlamlı farklar bulundu. Grup D'de diz ($p=0,084$) ve kalça ağrılarında ($p=0,156$) anlamlı olarak fark bulunmadı; ancak bel ve bacak ağrısı, hareketle ve/veya istirahatle olan ağrı için ameliyat öncesi ve sonrası dönemlerde anlamlı olarak fark vardı ($p=0,0001$) (Şekil 2).

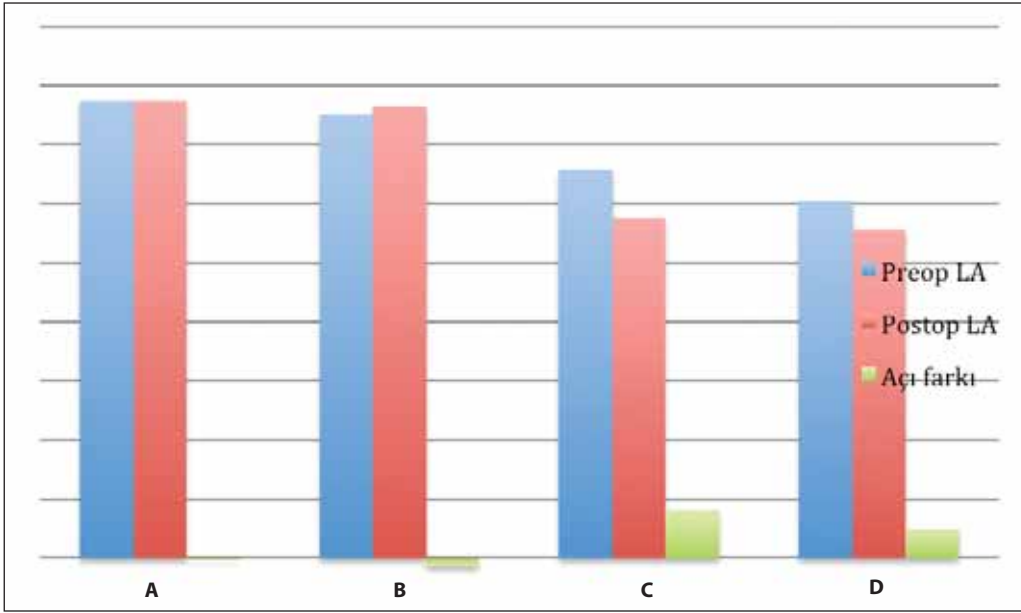
Gruplar arasında X^2 -testi ile KSD bulguları (instabilite, disk hernisi, kanal darlığı, disk bombeleşmesi ve disk dejenerasyon artışı) istatistiksel olarak değerlendirildi (sırasıyla $p=0,0862$; 0,328; 0,616; 0,028; 0,223). Bulgulardan sadece diskin bombeleşmesinde anlamlı bir fark olduğu saptandı (Şekil 3).

TARTIŞMA

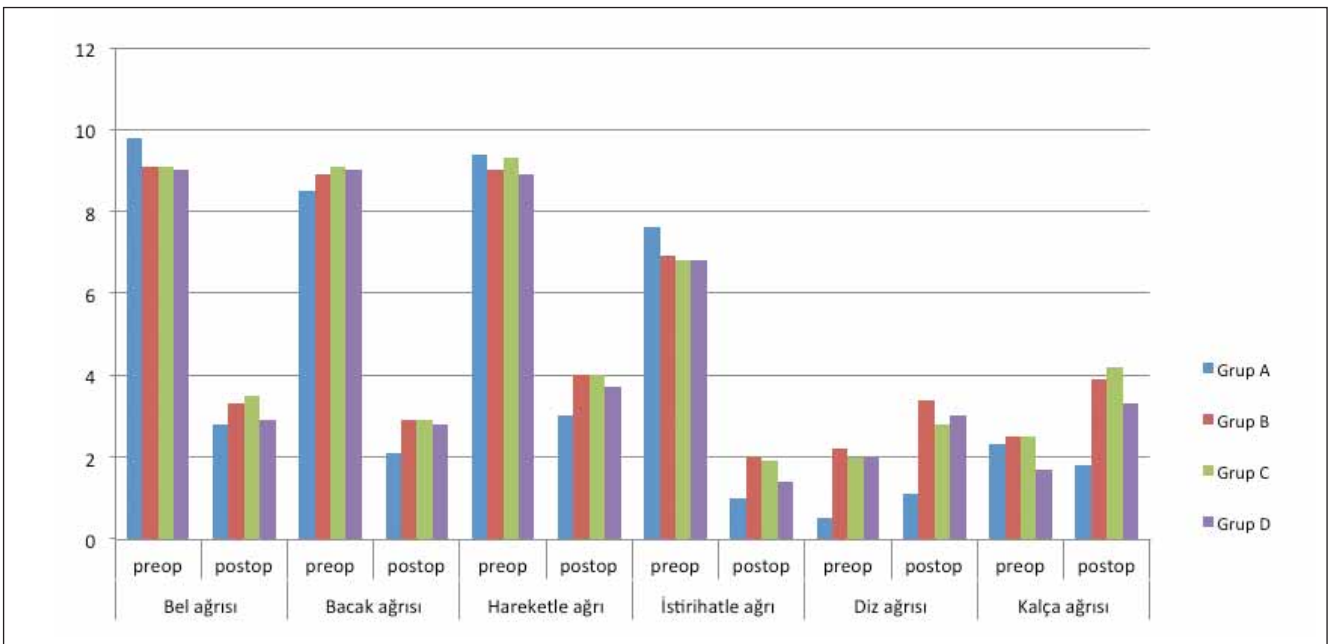
Lomber füzyon cerrahisi günümüzde birçok omurga patolojisinin tedavisinde önemli rol oynamaktadır. Lomber bölge beş mobil segment içermektedir, o yüzden herhangi bir segmentin füzyona katılması sonucunda komşu segment alanlarında yüklenme artmaktadır. Dolayısıyla, füzyon cerrahisi komşu segmentlerde dejeneratif değişikliklerin gelişimini hızlandırmaktadır (17). Anterior ve posterior füzyon cerrahisinin KSD üzerindeki etkileri karşılaştırılığında posterior füzyon cerrahisi sonrasında anteriora göre daha fazla oranda KSD bulunmuştur (sırasıyla %44 ve %82,6) (15). Buna sebep

olarak da posterior ligaman sisteminin komşu segment seviyesinde bozulması ve mevcut dejeneratif sürecin daha da hızlanmasıdır (10).

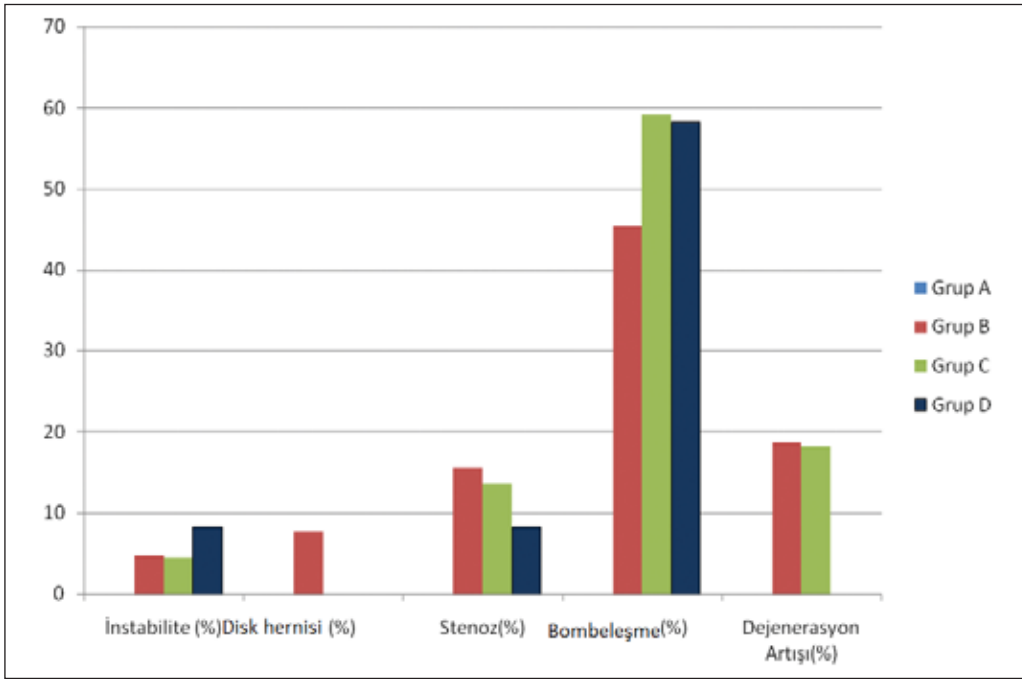
Jun Young Yang ve ark. KSD bulgularını, radyolojik olarak *end-plate* sklerozisi, disk yüksekliğinde azalma, faset ekleminin kalınlaşması olarak kabul etmiş ve füzyon seviye sayısına göre KSD insidansı araştırmışlardır (19). Komşu segment dejenerasyon insidansını bir seviye füzyonda %11,6, iki seviye füzyonda %14,5, üç ve üzeri seviye füzyonda ise %16,3 olarak saptamışlardır. Komşu segment dejenerasyonunun görülme sıklığının füzyon seviye sayısının artması ile yükseldiğini ve



Şekil 1: Tüm gruplar için lordoz açısının (LA) ameliyat öncesi ve sonrası değerleri.



Şekil 2: Tüm gruplar için VAS değerlerinin grafiği.



Şekil 3: Komşu segment dejenerasyonu ile ilgili bulguların grafiği.

hastaların klinik sonuçları ile füzyon seviye sayısı arasında önemli bir korelasyon olduğunu göstermişlerdir (19). Çeşitli çalışmalarda, KSD oranı %11,9-%45 olarak saptanmıştır (3, 6, 14).

Lomber bölgede yapılan çalışmalarda, daha önce bu bölgede füzyon operasyonu geçiren asemptomatik bireylerde, radyolojik incelemelerde komşu segment dejenerasyonu saptanmıştır. Dolayısı ile KSH insidansı KSD'den daha azdır (%14 ile %34) (9). Komşu segment hastalığının klinik belirtileri ile radyolojik bulguları arasında korelasyon çalışmaları bir tartışma konusudur. Bu yönde birçok çalışma da vardır. Boden ve ark.'nın yaptıkları çalışmada, lomber MRG'de KSD bulguları görülmesine rağmen 60 yaş ve üzeri hastalarda yaklaşık %57'sinin klinik belirtilerinin olmadığı tespit edilmiştir. Yirmi ile 39 yaş arasında, sağlıklı genç erişkinlerin radyolojik incelemelerinde disk dejenerasyonu veya diskin bombeleşmesi %35 oranında görülmüştür (2). Lehmann ve ark.'nın yaptığı 62 olgunun 3,3 yıllık takibinin yapıldığı çalışmada, medikal tedaviye cevap veren bel ağrısı şikayeti olan olguların oranı %57'diydi ve bu çalışmada da radyolojik bulgularla klinik yakınmalar arasında korelasyon saptanmamıştı (14). Guigui ve ark.'nın tek seviye füzyonlu 102 olgulu çalışmasında; olguların 8,9 yıllık takibi sonrası radyolojik incelemede dejeneratif değişiklikleri %49 oranında görülmüştür (8). Dolayısı ile KSH ortaya çıkmasında KSD ile beraber başka faktörlerin de eşlik ettiği akla gelmektedir.

Lee ve ark.'nın yaptığı çalışmada, 8,5 yıllık takip sonrası klinik şikayeti olan 18 olgunun incelemesinde komşu segmentte önemli patolojik değişiklik olarak arka faset dejeneratif artritini göstermişlerdir (13). Schlegel ve ark.'nın yaptığı benzer çalışmada, 58 olgunun 13.1 yıllık takip sonrası komşu segmentte

%58 oranında dar kanal, herni ve instabilite geliştiğini bildirmişlerdir (18). Bizim çalışmamızda, 106 olgunun ortalama 2,8 yıllık izlem sonrası KSD bulguları olarak instabilite, disk hernisi, kanal daralması, diskin bombeleşmesi ve diskteki dejenerasyon artışının insidanslarına ve bu faktörlerin hastaların klinik sonuçları üzerine olan etkilerine bakıldı. Ayrıca, risk faktörlerinin KSH gelişimindeki etkinliği değerlendirildi. Risk faktörleri olarak yaş, cinsiyet, BKİ, füzyon seviye sayısı, ameliyat sonrası lordoz açısı, izlem süresi ve sigara tüketimi kontrol edildi. Çalışmada, instabilite görülme insidansı; B, C, ve D gruplarında %4,7, %4,5 ve %8,3 (ortalama %4,7) iken A grubunda instabilite saptanmamıştır. Disk hernisi A, C ve D gruplarında görülmezken, B grubunda %7,8 (ortalama %4,7); dar kanal A grubunda görülmezken, B,C ve D gruplarında %15,6, %13,6 ve %8,3 (ortalama %13,2); diskin bombeleşmesi A grubun'da görülmezken, B,C ve D gruplarında %45,3, %59,1 ve %58,3 (ortalama %46,2); dejenerasyon artışı ise A ve D gruplarında görülmezken, B ve C gruplarında %18,7 ve %18,2 (ortalama %9,2) olarak gözlemlendi. Bir seviye füzyonlu A grubundaki hastalarda diğer gruplara oranla, KSH bulgularının az görüldüğü bizim çalışmamızda da gösterildi. Sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı olsa da olgu sayısı az olduğu için bu konuda daha ileri çalışmalar yapılması gerekmektedir. Füzyon cerrahisinin klinik sonuçlar üzerine etkisine bakıldığında cerrahinin bel ve bacak ağrısı, hareketle ve/veya istirahatle artan ağrılar üzerine etkili olduğu görüldü, diz ve kalça ağrısı üzerine etkinliğinin anlamlı derecede olmadığı saptandı. Risk faktörleri açısından yaşın, BKİ'nin, füzyon seviye sayısının KSD'nin gelişiminde etkili olduğu görüldü. Sigara kullanımı, cinsiyetin ve izlem süresinin KSD üzerine etkisi çalışmamızda görülmüdü. Yapılan diğer araştırmaların sonuçlarına göre izlem süresinin KSD üzerine etkisi uzun dönemde görülmekte, dolayısıyla

bizim araştırmamızda izlem süresi 2,8 yıl olduğundan, daha fazla takip süresi olduğunda mevcut KSD oranlarının doğal sürece bağlı olarak daha da artacağını düşünmekteyiz (18). Cinsiyet açısından değerlendirildiğinde kadınlarda özellikle menopoz sonrası dönemde instabilite bulgularında artış gözlemlendiği literatürde bildirilmiştir; fakat bizim çalışmamızda istatistiki olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır (6). Çalışma grubumuzda sigara tüketiminin etkinliği açısından anlamlı bir fark saptanmadı; çalışmamızdaki 106 olgudan sadece 16'sı sigara kullanmaktaydı. Füzyonu etkileyen faktörlerin başında bölgenin vaskülarizasyonu bulunmakta olup, nikotin kullanımını doğrudan bu revaskülarizasyonu bozduğu ve greft kollapseğine neden olduğu bildirilmiştir (4).

Ameliyat sonrası LA farkı sadece C grubunda anlamlılığa çok yakın bir değere sahipti. Dolayısıyla, özellikle bir ve iki seviye füzyon yapılan ameliyatlarda lomber LA değişmemektedir. İstatistiki olarak KSD/KSH bulgularının görülmesinde bir seviye füzyon ile iki ve üzeri seviye füzyon arasında büyük fark saptandı; iki ve üzeri seviye füzyonlar arasında ise önemli fark görülmedi.

SONUÇ

Transpedikuler fiksasyon ameliyatı esnasında, hastaya normal değerlere yakın LA sağlamayı hedeflememize rağmen çalışmamızda, LA'nın bir ve iki seviye füzyonlu hastalarda değişmediği, üç ve dört seviyeli füzyon hastalarda ise çok az değiştiği görüldü. Komşu segmentte, 2,8 yıllık izlem sonrası, disk bombeleşmesinin görülme sıklığının; kanal daralması, disk hernisi, disk dejenerasyon artışı ve instabiliteye göre daha fazla olduğu görülmüştür. Bir seviye füzyonlu hasta grubunda, iki ve üzeri seviye füzyonlu hasta grubuna göre hem KSD bulguları, hem klinik sonuçlar açısından (KSH) anlamlı farkın olduğu saptandı. Çalışma sonuçlarının daha genelleştirilebilmesi için daha fazla sayıda olgu içeren prospektif çalışmaların yapılması ve spinopelvik parametrelerle beraber değerlendirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Aksoy K, Palaoğlu S, Pamir N, Tuncer R: Temel Nöroşirürji. Adana, 2005: 951
2. Boden SD, Davis DO, Dina TS, et al: Abnormal magnetic-resonance scans of the lumbar spine in asymptomatic subjects. A prospective investigation. J Bone Joint Surg Am 72:403-408, 1990
3. Chen WJ: Adjacent instability after lumbar fusion and transpedicle screw instrumentation for spondylolisthesis. Annual Meeting of Orthopedic Association Taiwan, 1995

4. Daftari TK, Whitesides TE Jr, Heller JG, et al: Nicotine on the revascularization of bone graft. An experimental study in rabbits. Spine (Phila Pa 1976) 19:904-911, 1994
5. Epstein NE, Silvergleide RS, Black K: Computed tomography validating bony ingrowth into fibula strut allograft: A criterion for fusion. Spine J 2:129-133, 2002
6. Etebar S, Cahill DW: Risk factors for adjacent-segment failure following lumbar fixation with rigid instrumentation for degenerative instability. J Neurosurg 90:163-169, 1999
7. Fessler RG, Sekhar L: Atlas of neurosurgical Techniques: Spine and Peripheral Nerves, New York: Thieme Medical Publisher, 2006
8. Guigui P, Lambert P, Lassale B, et al: Long-term outcome at adjacent levels of lumbar arthrodesis. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot 83:685-696, 1997
9. Harrop JS, Youssef JA, Maltenfort M, et al: Lumbar adjacent segment degeneration and disease after arthrodesis and total disc arthroplasty. Spine (Phila Pa 1976) 33:1701-1707, 2008
10. Helgeson MD, Bevevino AJ, Hilibrand AS: Update on the evidence for adjacent segment degeneration and disease. Spine J 13:342-351, 2013
11. Herowitz HN, Garfin SR, Eismont FJ, et al: Rothman-Simeone The Spine, cilt:1, 5. basım, Philadelphia: Saunders Elsevier, 2006, Vol 1
12. Kowalski RJ, Ferrara LA, Benzel EC: Biomechanics of spine. Neurosurgery Quarterly 15:42-59, 2005
13. Lee CK: Accelerated degeneration of the segment adjacent to a lumbar fusion. Spine (Phila Pa 1976) 13:375-377, 1988
14. Lehmann TR, Spratt KF, Tozzi JE, et al: Long-term follow-up of lower lumbar fusion patients. Spine (Phila Pa 1976) 12:97-104, 1987
15. Min JH, Jang JS, Lee SH: Comparison of anterior- and posterior-approach instrumented lumbar interbody fusion for spondylolisthesis. J Neurosurg Spine 7:21-26, 2007
16. Pfirmann CW, Metzendorf A, Zanetti M, et al: Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. Spine (Phila Pa 1976) 26:1873-1878, 2001
17. Rahm MD, Hall BB: Adjacent-segment degeneration after lumbar fusion with instrumentation: A retrospective study. J Spinal Disord 9:392-400, 1996
18. Schlegel JD, Smith JA, Schlessener RL: Lumbar motion segment pathology adjacent to thoracolumbar, lumbar, and lumbosacral fusions. Spine (Phila Pa 1976) 21:970-981, 1996
19. Yang JY, Lee JK, Song HS: The impact of adjacent segment degeneration on the clinical outcome after lumbar spinal fusion. Spine (Phila Pa 1976) 33:503-507, 2008