

Lomber Diskektomi ve Laminektomi için Tüp Eşliğinde Mikrocerrahi

Microsurgery with Tubular Retractor for Lumbar Discectomy and Laminectomy

ÖZ

Lomber disk hernisinin cerrahi tedavisi için Yaşargil ve Caspar tarafından tariflenen mikrodiskektomi altın standart olarak kabul edilmektedir. Son yıllarda cerrahinin tüm alanlarında olduğu gibi diskektomi için de minimal invazif yöntemler ön plana çıkmaya başlamıştır. Lomber diskektomi ve laminektomi için tüp eşliğinde mikrocerrahiye klasik mikrodiskektomiden ayıran en önemli fark paraspinal adele ekartasyonudur. Klasik mikrodiskektomide adele subperiostal olarak sıyrılırken tubuler diskektomide tüp şeklindeki ekartör adele içine yerleştirilmektedir. Adele içindeki tubuler ekartör daha az basınç uygulamakta, adelenin insersiyoları sağlam kaldığından adele yaralanması daha az olmaktadır. Buna bağlı olarak hastalar ameliyat sonrası daha az ağrı çekmekte, daha erken mobilize olarak hastaneden daha erken taburcu olmakta, hastane masrafları buna bağlı olarak azalmakta ve hastalar günlük yaşamlarına ve işlerine daha erken dönebilmektedirler. Bu avantajların yanısıra uzun dönem sonuçlar değerlendirildiğinde tüp eşliğinde mikrodiskektomi ile klasik mikrodiskektomi arasında etkinlik açısından bir fark yoktur.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Mikrodiskektomi, Transmuskuler diskektomi, Tubuler diskektomi

ABSTRACT

Microdiscectomy described by Yasargil and Caspar is accepted as golden standart for the surgical treatment of lomber disc herniation. Recent years minimally invasive methods became more popular for discectomy as happens in all fields of surgery. The most important difference between classical microdiscectomy and microsurgery for lumbar discectomy and laminectomy with tubular retractor is retraction of paraspinal muscles. While the muscle was dissected subperiostally in classical microdiscectomy, tubular retractor was placed intramuscular in tubular discectomy. Paraspinal muscles injury is lesser in tubular discectomy, because intramuscular tubular retractor cause less pressure to the paraspinal muscles and insertions of muscle is not harmed. This means less postoperative pain , early mobilization, less hospital stay, cost effectiveness and early return to their daytime activity and job for patients. Beside these advantages, there is no difference for effectiveness between microdiscectomy with tubular retractor and classical microdiscectomy, according to the long term results.

KEY WORDS: Microdiscectomy, Transmuscular discectomy, Tubular discectomy

Aykan ULUS

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Nöroşirürji
Anabilim Dalı, Samsun, Türkiye

Geliş Tarihi : 29.09.2009
Kabul Tarihi : 09.11.2009

Yazışma adresi:
Aykan ULUS
Tel : +90 532 396 15 84
E-posta: aykanulus@gmail.com

GİRİŞ

Lomber omurganın dejeneratif değişiklikleri erişkinlerde morbiditenin en önemli nedenlerindedir. Bu dejeneratif değişiklikler klinikte lomber disk hernisi ve nörojenik klaudikasyoya yol açan lomber dar kanal olarak karşımıza çıkar. Her ikisi de bel ve bacak ağrısına, radikülopatiye neden olabilir. 30-50 yaş arası insanların yaklaşık % 30'unda ağrıya yol açmasa bile değişik derecelerde disk dejenerasyonu olduğu tahmin edilmektedir. Ameliyat dışı yöntemler başarısızlığa uğradığında semptomatik hastalarda cerrahi girişim gerekli olmaktadır.

Lomber disk hernisinin cerrahi tedavisi ilk defa 1934 yılında Mixter ve Barr tarafından tarif edildi (20). Bu cerrahi ile ilgili en önemli adım Caspar ve Yaşargil'in 1977 yılında Avrupa'da, Williams'ın 1978 yılında Amerika'da ameliyat mikroskobu ile birlikte mikrocerrahi yöntemleri kullanmalarıyla atıldı(7,35,37). Ameliyat mikroskobu sayesinde daha iyi bir görüş sağlandı ve mikrocerrahi yöntemlerin kullanımı ile klasik diskektomi daha az invazif bir girişim haline geldi, buna bağlı olarak perioperatif morbidite azaldı ve bu girişim diskektomi için "altın standart" halini aldı.

Geçen yıllar içinde tüm cerrahi girişimlerde olduğu gibi disk cerrahisi için de klinik outcome'ı iyileştirmek amacıyla daha az travmatik, hasta için daha konforlu olabilecek minimal invazif teknikler geliştirilmeye çalışıldı. Foley ve Smith 1997 yılında mikroendoskopik diskektomiyi (MED) tariflediler (11). Bu girişim için adeleye daha az zarar vermek amacıyla adeleyi içinden ayırarak ufak bir çalışma alanı yaratan tubuler ekartör sistemleri geliştirildi. Bu ekartör sistemleriyle ilk olarak endoskop kullanıldı. Ancak ekartör sistemlerinin ikinci jenerasyonunun ortaya çıkması ile ameliyat mikroskobu bu teknikte de kullanılmaya başlandı.

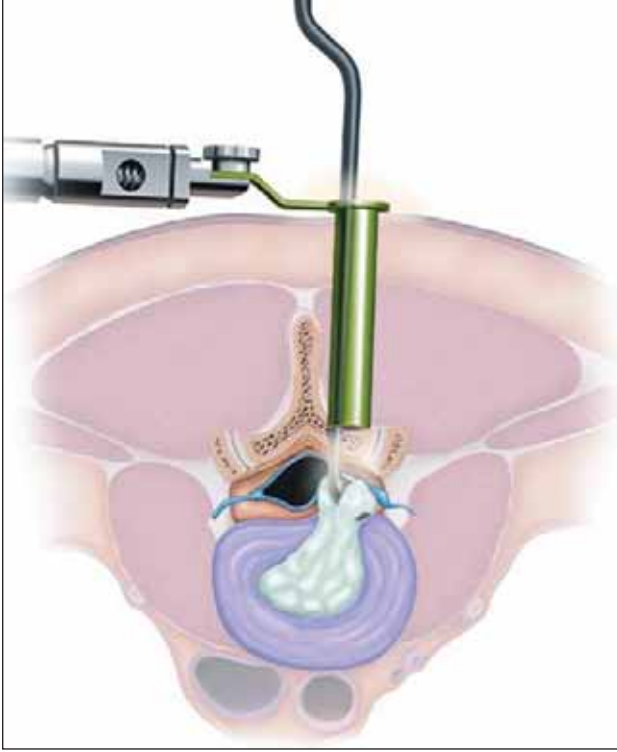
Gerek klasik mikrodiskektomide gerekse tüp eşliğinde yapılan diskektomide laminotomi ve diskektomi aynı şekilde yapılmaktadır. Bu nedenle hastaların ameliyat sonrası iyileşmeleri değerlendirilirken kök basısına bağlı bulgular açısından (bacak ağrısı, motor defisit gibi) her iki yöntem arasında bir fark beklenmemelidir. Tüp eşliğinde yapılan diskektomide farklı olan adele ekartasyonudur. Amaç paravertebral adele yaralanmasını mümkün olduğunca azaltmaktır.

Klasik mikrodiskektomide paravertebral adeleler spinöz çıkıntıya yapıştığı yerden sıyrılır. Tüp eşliğinde yapılan cerrahide ise, ekartör sistemi adele içine

yerleştirilerek adele sadece kendi içinde ayrılmakta, kemiğe yapıştığı yerler sağlam kalmaktadır. Bu nedenle ameliyat sonrası erken dönemde adele travmasına bağlı ağrı daha az olmaktadır. Bununla bağlantılı olarak hastanede kalış süresi, ameliyat sonrası analjezik kullanımı, ameliyat maliyeti azalmakta, hastalar daha erken işbaşı yapabilmektedirler.

CERRAHİ TEKNİK

Lomber diskektomi ve laminektomi için tüp eşliğinde mikrocerrahi, genel anestezi ile uygulanır. Klasik diskektomide olduğu gibi venöz dolgunluğu ve kanamaları azaltmak amacıyla karın boşta bırakılacak şekilde prone pozisyon verilir. Floroskopi eşliğinde cerrahi mesafe tayin edildikten sonra orta hattın 10-15 mm lateraline, semptomatik tarafa 15 numaralı bistüri ile ufak bir insizyon yapılır. Künt uçlu bir rehber tel herhangi bir direnç ile karşılaşılıncaya kadar vertikal planda 15-20 derecelik bir açı ile ilerletilir. Daha sonra ön-arka ve yan floroskopi ile telin ucunun lamina arka kenarında, orta hattın 5 mm yanında ve disk mesafesine paralel konumda olması sağlanır. İnsizyon 20-25 mm olacak şekilde büyütülür ve lomber dorsal fascia aynı boyutlarda açılır. 5 mm'lik kanüllü dilatatör rehber tel üzerinden ilerletilir. Lamina teması hem dokunma hissi ile hem de floroskopi ile teyid edilerek olası bir dural yaralanmadan kaçınılır. Rehber tel çıkarıldıktan sonra giderek artan boyutlarda dilatatörler yerleştirilerek cerrahi alana bir yol açılmaya çalışılır. En son dilatatör konduktan sonra bunun üzerinden uygun uzunluktaki bir tubuler ekartör yerleştirilir ve fleksible bir kol yardımı ile ameliyat masasına sabitlenir (Şekil 1). En son dilatatör alındıktan sonra laminar yüzeyde kalan yumuşak dokular bipolar yardımıyla temizlenir. Bu aşamadan sonra ameliyata mikroskop eşliğinde devam edilir ve yapılan işlemler klasik mikrodiskektomi ile aynıdır. Cerrahi manuplasyon ve görüş açısı bayonet şeklinde hazırlanmış Kerrison ve hipofiz rongeurlar, açılı küretler kullanılarak artırılmaya çalışılır. Yüksek hızlı matkap ya da Kerrison rongeur yardımı ile laminotomiyi takiben ligamentum flavum açılır ve diskektomi yapılır. Eğer ameliyat dar kanal nedeni ile yapılıyorsa tubuler ekartör daha mediale yerleştirilir ve bilateral laminotomiler spinöz proses alttan kesilerek gerçekleştirilir. Hipertrofik ligamentum flavum eksizyonu ile ipsilateral ve kontrilateral lateral reseslerde dekompresyon sağlanır. Ameliyat tamamlandıktan sonra ekartör sistemi çıkarılır, fascia, subkutenöz doku ve cilt kapatılır.



Şekil 1: Tubuler ekartör sistemi.

TARTIŞMA

Lomber diskektomi spinal cerrahların çoğu tarafından en sık uygulanan cerrahi işlemdir. Kök basısına bağlı bulguların tedavisinde oldukça etkilidir. 1934 yılında Mixter ve Barr tarafından total laminektomi ile tarif edilen diskektomi geçen yıllar içinde çeşitli modifikasyonlar ile geliştirildi (20). 1977'de Yaşargil ve Caspar'ın ameliyat mikroskopunu ve mikrocerrahi yöntemleri kullanması ile birlikte ameliyat tek taraflı laminotomi ile yapılmaya başlandı (7,37). Ameliyat mikroskopunun sağladığı görüş, büyütme ve aydınlatmaya ek olarak Scoville ve ark. geliştirdiği ekartör sistemlerinin yardımıyla daha küçük insizyonlar ve daha az adele ekartasyonu yapılarak ameliyat sonrası insizyona bağlı şikayetler azaltıldı.

Chymopapain nükleozis, perkütan nükleotomi, lazer nükleolizis, intradiskal elektrotermi gibi minimal invazif yöntemler bir dönem yaygın olarak kullanılsa da klinik sonuçların mikrodiskektomiye göre daha başarısız olması nedeniyle giderek terkedildi.

Yaygın olarak uygulanan, Caspar ve Yaşargil tarafından tarif edilmiş mikrodiskektomide hastanede kalış süresi ve ameliyat sonrası insizyonel ağrının daha küçük insizyon ve daha az retraksiyona bağlı olarak

azaldığı görüldü (1,8). Ekartasyona bağlı iatrojenik doku travmasını azaltmak amacıyla kası içinden ayıran tubuler ekartör sistemleri geliştirildi. Bu ekartör sistemlerinin orta hat insizyonunda kullanılan klasik ekartör sistemlerine göre paraspinal adelere daha az basınç uyguladığı gösterildi (19). Tubuler ekartör sistemlerinin kullanımındaki amaç insizyona ve ekartasyona bağlı ağrının azaltılmasıdır. Ancak tubuler ekartör sistemleriyle birlikte uygulanmaya başlanan Smith ve Foley tarafından tariflenen mikroendoskopik diskektomi beklendiği kadar yaygınlaşamadı (11). Cerrahların çoğu daha önceden alıştıkları üç boyutlu mikroskop görüntüsü ile karşılaştırıldığında fiberoptik endoskopun iki boyutlu görüntüsünü yetersiz buldular. Kan sıçramasına bağlı görüşün bozulması ve uzun bir öğrenme eğrisinin olması da dezavantajlar arasına eklenince tubuler ekartörler modifiye edilerek ameliyat mikroskopu kullanımına uygun hale getirildi. Rijid tubuler ekartörlerin yanında fleksible, eteği (distal kısmı) genişletilebilen tubuler ekartör sistemleri geliştirildi.

Klasik mikrodiskektomide subperiostal yaklaşımla paraspinal adeler tendinöz insersiyolarından ayrılır ve spinöz proseslerden retrakte edilir. Paraspinal adeler proprioseptörlerden zengindir ve retrakte edildiklerinde lokal iskemiyeye bağlı yaralanırlar (6). Denervasyon ve retraksiyon iskemisi ile postoperatif ağrı arasında ilişki olduğunu gösteren yayınlar vardır (9).

Minimal invazif tekniklerin amacı adele yaralanmasını azaltmaktır. Adele yaralanmasının derecesini belirleyebilmek amacı ile bir çok histolojik ve biyolojik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda, creatine fosfokinaz (CPK), laktatdehidrogenaz 5 (LDH-5) gibi kandaki rabdomyolizis markerlarının seviyesi ölçülerek adele yaralanması değerlendirilmeye çalışılmıştır (2,17). Sonuçta kan serum seviyelerine göre değerlendirildiğinde mikroendoskopik diskektominin tubuler ekartör kullanımına bağlı olarak açık diskektomiye göre daha az invazif olduğu görülmüştür.

MRG teknikleri kullanılarak yapılan bir çalışmada, ameliyattan 6 ay sonra multifidus adelesinin T2 relaksasyon zamanında, tüp ekartörlerin daha az adele hasarına yol açtığını gösteren, istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır (33).

Buna karşılık Muramatsu ve ark. postoperatif kontrast tutulumu açısından bir fark bulamadıklarını bildirmişlerdir (21).

Schick tarafından yapılan intraoperatif EMG çalışmasıyla transmuskuler yolun klasik subperiostal yola göre adeleye daha az zarar verdiği gösterildi. (31). Kim ve ark. pedikül vidası ile enstrümantasyon yapılan hastalarda MRG'de adele kitlesinin azaldığını, aynı işlem perkütan olarak yapıldığında adele kitlesinde değişiklik olmadığını saptadılar. (16). Ogata iskelet kasında 30mmHg gibi düşük bir basınçla bile lezyonlar oluşabileceğini gösterdi (23). Brock ve ark. Caspar tipi ekartörün adeleye 110 ± 28 mmHg basınç uygularken, tubuler ekartörün 30 ± 12 mmHg basınç uyguladığını bildirdiler (6).

Klasik subperiostal adele diseksiyonu yerine transtubuler yaklaşımın kullanılmasının amacı uzun dönem nihai sonuçlarda fark beklemeksizin daha az doku hasarı vererek daha hızlı iyileşme sağlamaktır. Beklenti, hastaların postoperatif bel ağrılarının az olmasına bağlı olarak daha çabuk mobilize olmaları, daha erken taburcu olmaları ve günlük aktivitelerine ve işlerine daha erken başlamalarıdır.

Tüp eşliğinde diskektomi ile klasik mikrodiskektomiye karşılaştıran klinik prospektif çalışma sayısı fazla değildir. Yapılan çalışmalarda uzun dönem klinik outcome ve işe dönüş sürelerine bakıldığında iki teknik arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır (28,29,32). Buna karşılık erken postoperatif dönemde VAS, ameliyat zamanı ve postoperatif analjezik tüketiminin tüp eşliğinde diskektomide daha iyi olduğu görülmüştür (12,28,32).

Komplikasyon oranları, hasta memnuniyet oranları, önceki işlerine tekrar başlayabilme zamanları standart mikrodiskektomi ile aynıdır (8,24,34,35). Minimal invazif cerrahiye teşvik eden en önemli etkenlerden birisi ekonomik nedenlerdir. Daha az invazif metodlar genellikle daha kısa hastanede kalış süresi, azalmış morbidite ve daha çabuk işbaşı yapabilme imkanını doğurmaktadır. Tüp eşliğinde mikrocerrahi uygulayan Bookwalter ve ark %27, Newman %31, Palmer ve ark. %18 oranında maliyeti düşürdüklerini bildirmişlerdir (5,22,24).

Brock ve ark. mikroendoskopik diskektomi ile ameliyat edilenlerin klasik mikrodiskektomi yapılanlara göre daha az postoperatif ağrı çektiğini, hastanede daha az yattıklarını ve daha erken işbaşı yaptıkları bildirmiştir (6,24).

Schizas ve ark, Brock ve ark. yaptıkları çalışmalarda subperiostal adele diseksiyonu yapılanlarla transmuskuler ekartör yerleştirilen hastaları karşılaştırdıklarında postoperatif Oswestry Disability Score ve bel ağrısı skorları açısından anlamlı bir fark olmadığını, ancak

transmuskuler ekartör kullanılan hastaların daha az ağrı kesici ihtiyacı olduğunu bildirdiler (6,32). İki grup arasında kök basısını kaldırmak için yapılan işlemler arasında bir fark olmadığından bu durumu transmuskuler ekartörün daha az adele iskemisine yol açmasına, dolayısıyla daha az ağrı mediatörünün salgılanmasına bağladılar. Sasaoka ve ark., Huang ve ark. tubuler ekartör kullanılan vakalarda IL-6 ve C-Reaktif Protein düzeylerinin daha düşük olduğunu bildirdiler (13,30).

Randomize kontrollü çalışmalarda Righesso ve ark. 2 yıllık sonuçlar arasında fark bulunamamıştır (28). İstatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tüp eşliğinde diskektomi lehine cilt insizyonunun uzunluğu ve hastanede kalış süresi, klasik mikrodiskektomi lehine ameliyat süresi ve erken dönemde yara ağrısı olarak tespit edilmiştir.

Wu ve ark. ile Bennis ve ark. yaptığı çalışmalarda ise erken postoperatif dönemde ağrı ve erken iyileşme açısından da bu iki teknik arasında bir fark bulunamamıştır (4,36). Art ve ark. yaptıkları çift kör çalışmada transtubuler yaklaşımdan beklenen hızlı iyileşmeyi tespit edememişlerdir (2). Klasik mikrodiskektomi ile tüp eşliğinde yapılan diskektomi benzer sonuçlar vermiş hatta klasik mikrodiskektomi sonuçlarının ağrı yoğunluğu ve iyileşme hızı açısından bir miktar daha iyi olduğu bildirilmiştir.

Her yeni teknikte olduğu gibi dikkate alınması gereken bir öğrenme eğrisi vardır. Tüp eşliğinde endoskopik diskektomi ile standart mikrodiskektomiye ameliyat süresi, kanama miktarı ve ağrı skorları açısından karşılaştıran bir çalışmada 3 yıl içinde ilk iki parametrede oldukça önemli bir gelişme kaydedildiği bildirmiştir (36). Perez-Cruet ve ark. ile Parikh ve ark. 4 yıl içinde ameliyat süresinde önemli bir azalma olduğunu bildirmişlerdir (25,27).

Komplikasyonlar klasik mikrodiskektomi ile benzer (12). Kanama, enfeksiyon, sinir kökü yaralanması, BOS kaçağı klasik mikrodiskektomi ile aynı oranlarda görülmektedir(9). Dura yırtığı gibi intraoperatif komplikasyonlar açısından da bir fark tespit edilememiştir. Bos kaçağı öğrenme eğrisinin ilk zamanlarında daha çok olmaktadır (9). Tüp eşliğinde yapılan cerrahide dura tamiri zor olabilir. Dura yırtığı %6,6 vakada görülmüş. Hepsi ameliyat sırasında farkedilmiş. Sonradan BOS kaçağına hiç rastlanmamış. Bunu tubuler ekartör sisteminde ölü boşluğun az olmasına ve ekartör çekilince adele liflerinin epidural mesafeyi dışarıdan yalıtmasına bağlamışlar (9).

Yanlış mesafe açılması başka bir komplikasyondur. Rehber telin doğru mesafede olduğu floroskopi ile teyid edilse dahi dilatörler yerleştirilirken lamina yüzeyi boyunca bir üst mesafeye kayılabileceği akılda tutulmalıdır.

Öğrenme eğrisinin başlarında dar cerrahi alanda oryantasyon gücünü nedeniyle pars kırıkları oluşabilir (14).

Cole ve ark.nın yaptığı çalışmada obez hastalardaki komplikasyon oranı ile zayıf hastalardaki komplikasyon oranı arasında fark bulunmamıştır (10). Bennis ve ark. ile Park ve ark.nın yaptıkları çalışmalarda obez hastalarda enfeksiyon oranı tüp eşliğinde yapılan cerrahide belirgin olarak az bulunmuştur (4,26).

Tüp eşliğinde diskektomide kısıtlı görüşe ve küçük cerrahi alana bağlı olarak rekürrens oranının fazla olacağı düşünülebilir. Ancak Arts ve ark. yaptıkları çalışmada gerek çıkarılan disk materyali gerekse rekürrens oranları açısından tüp eşliğinde diskektomi ile klasik mikrodiskektomi arasında fark bulunmamıştır (3).

Tüp eşliğinde cerrahinin bir başka avantajı, daha önce klasik mikrodiskektomi ile ameliyat edilmiş rekürren disk hastalarında yeni bir giriş yolu sağlamasıdır. Eski yapışıklıklarla karşılaşma riskini en aza indirdiğinden rekürren vakalarda daha güvenli olduğu Isaac ve ark.nın çalışmasıyla gösterilmiştir (15).

SONUÇ

Lomber diskektomi ve laminektomi için tüp eşliğinde mikrocerrahi günümüzde halen altın standart olarak kabul edilen klasik mikrodiskektomiye alternatif olabilecek bir cerrahi girişimdir. Yapılan çalışmalarda uzun dönem sonuçlar ve komplikasyon oranları açısından klasik mikrodiskektomi ile bir farkı yoktur. Buna karşılık ameliyat sonrası ağrının az olması, analjezik ihtiyacının az olması, hastaların erken taburcu edilebilmesi, hastane masraflarının daha düşük olması, hastaların günlük yaşamlarına ve işlerine daha erken dönebilmeleri gibi avantajları vardır. Ancak bu bulgular daha geniş kapsamlı prospektif çalışmalarla desteklenmelidir.

KAYNAKLAR

1. Andrews DW, Lavyne MH: Retrospective analysis of microsurgical and standard lumbar discectomy. *Spine* 15(4):329-335, 1990
2. Arts MP, Nieborg A, Brand R, Peul WC: Serum creatine phosphokinase as an indicator of muscle injury after various spinal and non-spinal surgical procedures. *J Neurosurg Spine* 7:282-286, 2007

3. Arts MP, Brand R, M. Van den Akker E, Koes BW, Bartels RHMA, Peul WC: Tubular Discectomy vs conventional microdiscectomy for sciatica. *JAMA* 302(2):149-158,2009
4. Bennis S, Scarone P, Lepeintre JF, Aldea S, Gaillard S: Transtubular versus microsurgical approach for single lumbar disc herniation: a prospective study. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. Online publication, 2009
5. Bookwalter JW III, Busch MD, Nicely D: Ambulatory surgery is safe and effective in radicular disc disease. *Spine* 19: 536-530, 1994
6. Brock, M, Kunkel, P, Papavero L: Lumbar microdiscectomy: Subperiosteal versus transmuscular approach and influence on the early postoperative analgesic consumption. *Eur Spine J* 17:518-522, 2008
7. Caspar W: A new surgical procedure for lumbar disc herniation causing less tissue damage through a microsurgical approach. In: Wullenweber R, Brock M, Hamer J (eds): *Advances in Neurosurgery*. 74-77, 1977
8. Caspar W, Campbell B, Barbier D, Kretschmmer R, Gotfried Y: The Caspar microsurgical discectomy and comparison with a conventional standard lumbar disc procedure. *Neurosurgery* 28:78-87, 1991
9. Christie SD., Song JK: Minimally invasive lumbar discectomy and foraminotomy. *Neurosurg Clin N Am* 17 459-466, 2006
10. Cole JSIV, Jackson TR: Minimally invasive lumbar discectomy in obese patients. *Neurosurgery* 61:539-544, 2007
11. Foley KT, Smith MM: Microendoscopic discectomy. *Techn Neurosurg* 3:301-307, 1997
12. Harrington, JF, French P: Open versus minimally invasive lumbar microdiscectomy: Comparison of operative times, length of hospital stay, narcotic use and complications. *Minim Invas Neurosurg* 51: 30-35, 2008
13. Huang TJ, Hsu RWW, Li YY, Cheng CC: Less systemic cytokine response in patients following microendoscopic versus open lumbar discectomy. *J Orthop Res* 23:406-11, 2005
14. Ikuta K, Tono O, Tanaka T, Arima J, Nakano S, Sazaki K, Oga M: Surgical complications of microendoscopic procedures for lumbar spinal stenosis. *Minim Invas Neurosurg* 50:145-149, 2007
15. Isaacs RE, Podichetty V, Fessler RG: Microendoscopic discectomy for recurrent disc herniations. *Neurosurg Focus* 15(3):E11, 2003
16. Kim DY, Lee SH, Chung SK, Lee HY: Comparison of multifidus muscle atrophy and trunk extension muscle strength: percutaneous versus open pedicle screw fixation. *Spine* 30(1):123-129, 2005
17. Kotil K, Tunckale T, Tatar Z, Koldas M, Kural A, Bilge T: Serum creatine phosphokinase activity and histological changes in multiWdus muscle: A prospective randomized controlled comparative study of discectomy with or without retraction. *J Neurosurg Spine* 7(3):121-125, 2007
18. Lu K, Liang CL, Cho CL, Chen HJ, Hsu HC, Yiin SJ, Chern CL, Chen YC, Lee TC: Oxidative stress and heat shock protein response in human paraspinal muscles during retraction. *J Neurosurg*97(1 Suppl):75-78, 2002
19. Mack PF, Hass D, Lavyne MH, Snow RB, Lien CA: Postoperative narcotic requirement after microscopic lumbar discectomy is not affected by intraoperative ketorolac or bupivacaine. *Spine*: 26 : 658 - 661, 2001
20. Mixter WJ, Barr JS: Rupture of intervertebral disc with involvement of the spinal canal. *N Engl J Med*: 210-215, 1934

21. Muramatsu K, Hachiya Y, Morita C: Postoperative magnetic resonance imaging of lumbar disc herniation: comparison of microendoscopic discectomy and Love's method. *Spine* 26(14):1599-1605, 2001
22. Newman MH: Outpatient conventional laminotomy and disc excision. *Spine* 20:353-355, 1995
23. Ogata K, Whiteside LA: Effects of external compression on blood flow to muscle and skin. *Clin Orthop Relat Res* (168):105-107, 1982
24. Palmer S: Use of a tubular retractor system in microscopic lumbar discectomy: 1 year prospective results in 135 patient. *Neurosurg Focus* 13(2): Article 5, 2002
25. Parikh K, Tomasino A, Knopman J, Boockvar J, Härtl R: Operative results and learning curve: Microscope-assisted tubular microsurgery for 1- and 2-level discectomies and laminectomies. *Neurosurg Focus* 25(2):E14, 2008
26. Park P, Upadhyaya C, Garton HJL, Foley KT: The impact of minimally invasive spine surgery on perioperative complications in overweight or obese patients. *Neurosurgery* 62:693-699, 2008
27. Perez-Cruet MJ, Foley KT, Isaacs RE, Rice-Wyllie L, Wellington R, Smith MM, Fessler RG: Microendoscopic lumbar discectomy: Technical note. *Neurosurgery* 51 (5 Suppl): 129-136, 2002
28. Righesso O, Falavigna A, Avanzi O: Comparison of open discectomy with microendoscopic discectomy in lumbar disc herniations: Results of a randomized controlled trial. *Neurosurgery* 6:545-549, 2007
29. Ryang YM, Oertel MF, Mayfrank L, Gilsbach JM, Rohde V: Standard open microdiscectomy versus minimal access trocar microdiscectomy: Results of a prospective randomized study. *Neurosurgery* 61:174-182, 2007
30. Sasaoka R, Nakamura H, Konishi S, Nagayama R, Suzuki E, Terai H, Takaoka K: Objective assessment of reduced invasiveness in MED compared with conventional one-level laminotomy. *Eur Spine J*;15(5):577-582, 2006
31. Schick U, Dohnert J, Richter A, König A, Vitzthum HE: Microendoscopic lumbar discectomy versus open surgery: An intraoperative EMG study. *Eur Spine J* 11(1):20-26, 2002
32. Schizas C, Tsiridis E, Saksena J: Microendoscopic discectomy compared with standard microsurgical discectomy for the treatment of uncontained or large contained disc herniations. *Neurosurgery* 57(ONS suppl 3):357-360, 2005
33. Stevens KJ, Spenciner DB, Griffiths KL, Kim KD, Zwienenberg-Lee M, Alamin T, Bammer R: Comparison of minimally invasive and conventional open posterolateral lumbar fusion using magnetic resonance imaging and retraction pressure studies. *J Spinal Disord Tech* 19: 77 - 86, 2006
34. Tullberg T, Isacson J, Weidenhielm L: Does microscopic removal of lumbar disc herniation lead to better results than the standard procedure? Results of a one-year randomized study. *Spine* 18:24-27, 1993
35. Williams RW: Microlumbar discectomy: A conservative surgical approach to the virgin herniated lumbar disc. *Spine* 3:175-182, 1978
36. Wu X, Zhuang S, Mao Z, Chen H: Microendoscopic discectomy for lumbar disc herniation. Surgical technique and outcome in 873 consecutive cases. *Spine* 31(23):2689-2694, 2006
37. Yasargil MG: Microsurgical operation of herniated disc. In: Wullenweber R, Brock M, Hamer J (eds) *Advances in Neurosurgery* 81:1977