

Posterior Servikal Mikroforaminotomi-Laminotomi

Posterior Cervical Microforaminotomy- Laminotomy

ÖZ

Servikal anahtar deliği mikroforaminotomi-laminotomi tekniği servikal posteriolateral disk herniasyonları veya spondilolitik foraminal stenozlara bağlı radikülopatilerde endike olan bir cerrahi tekniktir. Bu girişim, posterior foraminotominin basıyı kaldırmada yeterli olduğu, servikal omurganın aksının bozuk olmadığı olgularda kullanılmaktadır. Bununla beraber, işlemin başarılı bir şekilde yapılması, nöral foramenin üç boyutlu anatomisinin bilinmesini gerektirmektedir. Bu yazıda bu girişim teknik özellikleri gözden geçirilmiştir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Anahtar deliği foraminotomi, Foraminal stenoz, Servikal radikülopati

ABSTRACT

Cervical keyhole foraminotomy is indicated for the treatment of nerve root compression secondary to posterolateral disc herniation or spondylotic foraminal stenosis. It is proper for cases with normal cervical alignment and in cases who can be decompressed with foraminotomy. However, a successful foraminotomy requires knowledge about the three dimensional anatomy of the cervical neural foramen. In this study, technical aspects of this technique is reviewed.

KEY WORDS: Cervical radiculopathy, Foraminal stenosis, Key hole foraminotomy

Lütfü POSTALCI

Sait NADERİ

Ümraniye Eğitim ve Araştırma Hastanesi,
Nöroşirürji Kliniği, İstanbul, Türkiye

Geliş Tarihi : 17.09.2009

Kabul Tarihi : 09.11.2009

Yazışma adresi:

Sait NADERİ

Ümraniye Eğitim ve Araştırma Hastanesi,
Nöroşirürji Kliniği, İstanbul

E-posta: saitnaderi@yahoo.com

Giriş

Spurling ve Scoville ilk kez 1943'te servikal disk herniasyonlarına bağlı radikülopatide posterior foraminal dekompresyon tekniğini yayınladılar (20,23). 10 yıl sonra ise Robinson ve Smith anterior servikal diskektomi ile otogreft kullanarak interbody füzyonu tanımladıklarında bu alanda büyük bir çığır açtılar (17). Daha sonra bu teknik 1958'de Cloward tarafından revize edildi ve günümüze kadar yaygın olarak kullanıldı (2). 1960'ta Bailey ve Bagdley servikal stabilizasyon için kendi greftleme metodlarını tanımladılar (1).

Günümüzde halen pek çok spinal cerrah için anterior diskektomi ve füzyon en çok uygulanan yöntemdir. Buna karşılık, bazı servikal spinal patolojilerde mikroskopik posterior laminotomi/foraminotomi (laminoforaminotomi) yoluyla posterior yaklaşımlar da gündeme gelmektedir. Son yıllarda mikroskop, endoskop ve görüntüleme rehberliğindeki sistemlerdeki teknik gelişmeler, aynı zamanda minimal invaziv spinal cerrahiyi de gündeme getirmektedir (19,5). Bu konsept hastalar için; açık tekniklerle aynı iyi sonuçları daha az riskli ve daha hızlı bir iyileşme süreci sonrası elde edebilmeyi amaçlamaktadır.

Bu yazıda, servikal spinal patolojilerde posterior servikal foramino-laminotominin endikasyon ve kontrendikasyonları, tekniği, komplikasyonları ve sonuçları gözden geçirilecektir.

Endikasyonlar ve kontrendikasyon

Son 40 yılda pek çok yayında, foraminal basıya bağlı radiküler semptomların varlığında servikal foraminotomi ve laminotomi yoluyla dekompresyon, ayrıntılı bir şekilde irdelenmiştir (3,6,7,11,14,21,27). Gerçekten de anterior tekniklerle karşılaştırıldığında anahtar deliği şeklinde (keyhole) osteotomi ile posterior yaklaşımlar sinir köküne ve disk ile osteofitlere daha iyi açılım sağlamaktadır. Anatomik bir çalışmada Raynour posterior yaklaşımla, çıkan sinir kökünün 3 ile 5 mm izlenebildiğini, standart anterior yaklaşımla ise sadece 1, 2 mm görüntülebildiğini göstermiştir (16). Bütün diğer cerrahi girişimlerde olduğu gibi, posterior servikal foraminotomi için de hasta seçimi oldukça dikkat gerektirir. Tutucu tedavilerin tümüne cevap vermemiş ısrarlı radiküler ağrı ve/veya ilerleyici nörolojik defisit başlıca endikasyonlarıdır.

Klasik olarak posterior servikal diskektomi ve foraminotomi aşağıdaki patolojilerde tercih edilebilen yaklaşımlardır:

1. Laterale herniye disk fragmanları varlığında,
2. İzole foraminal darlıklarda,
3. Santral kanal darlığı olmaksızın çok seviye foraminal darlıklarda,
4. Anterior diskektomi ve füzyon cerrahisi sonrası devam eden kök semptomlarında,
5. Anterior yaklaşımların kontrendike olduğu servikal disk patolojilerinde (midservikal trakeostomi, radyoterapi).

Buna karşılık, anterior santral basıya bağlı miyelopati olgularında, servikal deformitede ve instabilite varlığında posterior laminaforamina-tomi kontrendikedir.

Nöral Foramenin Anatomisi

İdeal bir cerrahi girişim için servikal nöral foramenin 3 boyutlu anatomisinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Spinal kanalın lateral bölümü üst ve alt laminanın lateral kenarı ile arkadan çevrelenir. Ligamentum flavum ventralde üst laminanın üçte iki alt yüzüne yapışır. Alt laminada ise sadece üst kenara tutunur. Lateralde ligamentum flavum nöral foramenin medial sınırından 1-2 mm. önce biter.

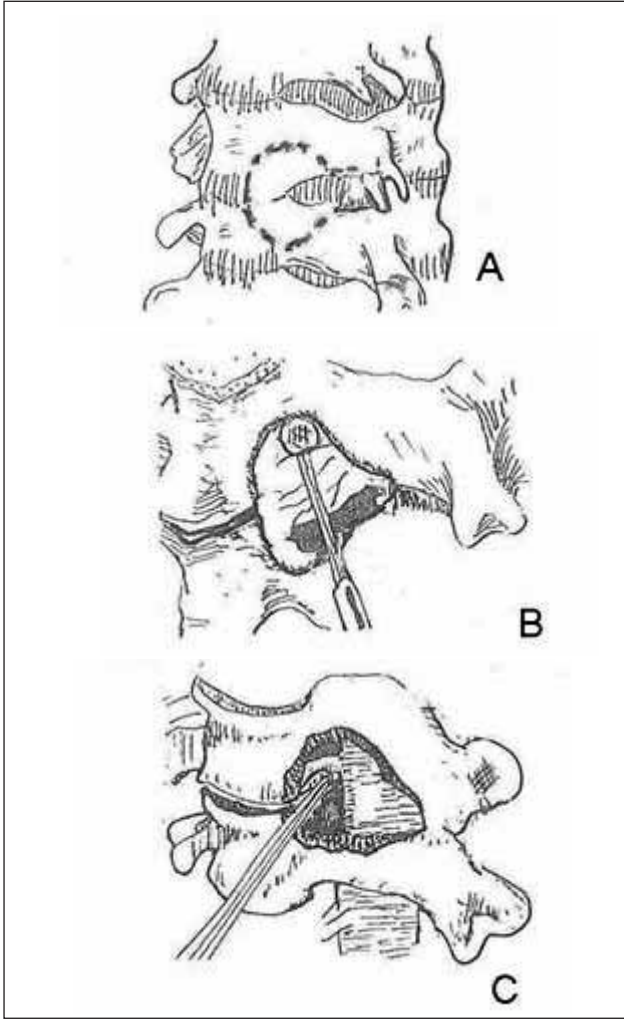
Servikal nöral foramenin ön sınırı rostralden kaudale doğru üst vertebral korpusun posterolateral kortikal yüzü, posterior longitudinal ligaman ile çevrili intervertebral disk ve alt vertebral korpusun posterolateral kortikal yüzünün küçük bir kısmından oluşur. Posteriorıda ise rostralden kaudale doğru nöral foramen, superior (inen) fasetin 1,2 mm.lik kısmı ve bu bölümü izleyen inferior fasetin tüm ventral yüzü tarafından meydana gelir. Foramenin üst ve alt sınırı ise üst ve alt vertebral pediküllerden yapılmıştır (Şekil 1A,B).

Motor ve duysal kökler spinal kanaldan ortak bir kılıf içinde çıkarken, nöral foramende dural kılıf anteroinferiorıda motor, posterosuperiorıda ise duysal kökü taşıyacak şekilde ikiye ayrılır (Şekil 1C). Duysal ganglion bölgesinde motor ve duysal kökleri çevreleyen her iki dural kılıf tekrar birleşir ve bir dural kılıf içinde taşınır. Radiküler arter önde sinir kökü durası ve kök kılıfı arasında iken epidural venöz pleksus çevresel olarak yerleşir.

Patolojik anatomi:

Sinir kökü basısına sebep olan patolojik oluşumlar, ekstrüde disk fragmanları, anterolateral osteofitler, fasetin hipertrofisi ve ligamentum flavum hipertrofileridir.

Manyetik rezonans görüntüleme akut disk protrüzyonlarını daha iyi gösterirken, faset artrozu ve



Şekil 1: A. Lamina- faset bileşkesinde yapılacak olan key hole foraminotominin sınırları çizilmiştir. Fasetin en az % 50 sinin korunması gerektiği unutulmamalıdır. B. Servikal nöral foramen ligamantum flavum alındıktan sonra drille superiora doğru genişletilir. Posteriorıda superior (inen) fasetin 1,2mm.lik kısmı ve inferior (çıkan) fasetin ventral yüzü foramenin sınırlarıdır. C. Motor ve duysal kökler nöral foramende anteroinferiorıda motor, posterosuperiorıda duysal olarak ikiye ayrılır. Hook yardımıyla nazikçe eleve edilen kök altından ekstrüde parça araştırılır.

osteofitlerin görüntülemesi ise BT ile daha iyi yapılır. BT miyelografi günümüzde seyrek olarak kullanılsa da, kök dolmuş defektini gösteren optimal bir görüntüleme yöntemidir.

Cerrahi Teknik

Foraminotomi için standart operatif girişim ilk kez Frykholm tarafından 1951'de tanımlanmıştır(6). Prone, oturur veya concord pozisyonu cerrahın tercihine göre kullanılabilir. Oturur pozisyonun tercih nedeni, epidural kanamanın operasyon sahasından çekilerek daha temiz bir görüş

vermesi, aynı zamanda anatomik oryantasyonun daha net olmasıdır. Ayrıca nötral pozisyondaki posterior servikal fasya hafifçe aşağıya düşer. Kas diseksiyonuna karşı direnç daha az olur, daha küçük bir insizyon yeterli olabilir. Başın aşırı ekstansiyonu servikal forameni daraltır. Buna karşılık fleksiyonun fazla olması ise kas direncini ve dolayısıyla diseksiyonu güçleştirir. Hangi cerrahi pozisyon uygulanırsa uygulansın, baş mümkün olduğunca nötral pozisyonda veya hafifçe fleksiyonda sabitlenmelidir. Özellikle oturur pozisyonda çivili başlık kullanılır. İntraoperatif floroskopi ile ilgili iki spinöz proses belirlenir ve ikisi arasında 2-3 cm.lik bir median bir cilt insizyonu yeterlidir. Skopi ile belirlenen disk mesafesi cilt insizyonun ortasında kalmalıdır. Orta hatta monopolar koter ile ligamantum nuchae spinöz proses hissedilene dek kesilir. Paravertebral kaslar operasyon tarafında monopolar koter kullanılarak subperistal olarak spinöz çıkıntı ve lamina ortaya konulacak şekilde sıyrılır. Patolojik disk mesafesinin bir üst ve altındaki faset eklemi de görülmelidir. Laminalar sıyrılırken alt sınırdaki bir miktar kas tendonu bırakılabilir. Böylelikle kemikten olacak kanamalar sınırlandırılabilir. Fasetlerin dorsal yüzleri ortaya konulduğunda mikrodisektomi retraktörü sahaya yerleştirilir. Bu esnada skopi ile mesafe kontrolü yararlıdır.

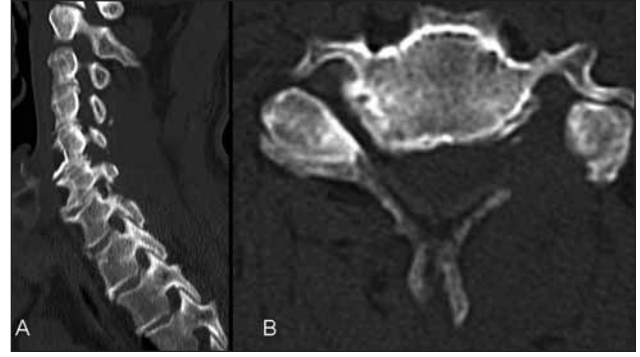
Daha sonra sahaya mikroskop çekilerek lamina ile faset bileşkesi yüksek devirli 5 ya da 6 mm.lik uçla drillenir. İlk olarak üst ve alt laminanın lateral üçte birlik kortikal kemik alınır. Aynı zamanda inen fasetin yarısına kadar medial bölümü drillenir. Spinal instabilitenin ortaya çıkmaması için faset ekleminin en az % 50 si korunmalıdır (8).

Kanselöz kemiğin tamamen alınması ile dekompresyon yapılır. Laminanın ve inen fasetin derin kortikal kemiği ortaya konulur. Çıkan fasetin medial yüzünün ortaya konulması gereklidir. Burada akılda tutulması gereken nokta; çıkan fasetin en üst noktası nöral foramenin superior sınırındadır ve bu nokta superior vertebranın pedikülünün hemen altında yer alır. Bu anda çıkan fasetin medial yarısı drillenir sadece altta bir miktar kortikal kemik bırakılır. Faset eklemi ile spinal kanal bileşkesinde alt vertebra pedikülünün kanselöz kemiği identifiye edilir. Bu aşamadan itibaren medial faset ve laminanın lateral kenarı altındaki kanselöz kemik, drill hızı iyice düşürülerek traşlanmalı ve alttaki sinir kökü ve duraya zarar vermemek için yönü kök trajesine paralel medialden laterale, spinal kanal üzerinde ise

rostralden kaudale doğru yöneltilmelidir. Böylelikle lateral spinal kanalı çevreleyen tüm yumuşak dokular, medial nöral foramen, ligamantum flavum ve inferior pedikülün superomedial kenarı iyice ortaya konulmuş olur.

Ligamantum flavum eksizyonu keskin diseksiyon ve 1 ila 2 mm.lik Kerrison forsepsi yardımıyla olur. İlk olarak sinir kökünün aksillası ve duranın lateral arka yüzü görünür. Bu bölge venöz pleksus ile çevrilidir. Anatomik olarak sinir kökü kılıfı ile sinir kökü durası arasında kalacak şekilde yerleşen venöz pleksus, kök kılıfına sıkıca yapışık iken sinir kökünün durasına yapışık değildir. Ligamantum flavumun alınmasından sonra sinir kökü ile venöz pleksus künt bir sinir hooku ile medialden laterale doğru kaldırılıp bipolar ile koagüle edilir (Bu esnada bipolar koagülasyon gücü düşürülmelidir). Hemostazı izleyerek kısa, künt uçlu sinir huku ile spinal kanal durasının yan ve önü kontrol edilir. Nöral foramen ve kanalın lateralinde disk fragmanı veya osteofit varlığı araştırılır. Ekstrüde disk fragmanının motor kökü dışarıya ittiği durumlarda bu manevra motor divizyonun hasarlanmasından kaçınmak için gereklidir. Çünkü motor kök burada PLL nin lateral yapraklarıyla karışabilir ve ekstrüde disk çıkarılırken kaza ile kesilebilir. Aynı zamanda ekstrüde disk fragmanı ile kök arasında oluşmuş inflamatuvar yapışıklıklar olabilir. Sinir kökünün iki divizyonu tanıdıktan sonra kök aksilladan rostrale doğru huk ile kaldırılır ve ekstrüde diski çevreleyen posterior longitudinal ligaman izlenir. 11.no bistüri ile PLL'nin ince yaprağı kesilir ve disk fragmanı dışarı doğru çekilir. Bazen bu manevrayı kaudale doğru yaparak da gözden kaçan fragmanları çekmek gerekebilir. Osteofitlerin veya sert protrüzyonların olduğu vakalarda hemilami-natomi ve posteriomedial foramen genişletilmesi yeterli olabilmektedir. İlave olarak dril yardımıyla inferior pedikülün superior kısmının ve anterior osteofitlerin traşlanması mümkündür. Bu işlem küçük açılı bir küret ile de yapılabilir. Tur yardımıyla pedikülün traşlanarak foramenin çepeçevre genişletilmesi devri düşürerek ve halkasal hareketlerle dikkatlice yapılmalıdır (Şekil 2A,B).

Dekompresyon tamamlandıktan sonra kanama kontrolü için sahaya spongostan yerleştirilir. Servikal fasya ve cilt altı absorbe olan materyelle suture edilir. Postoperatif dönemde oral ve intravenöz opioidlerle ağrı kontrolü sağlanır. Servikal boyunluğa gerek yoktur. Aynı gün veya ertesi sabah hasta eksterne edilebilir.



Şekil 2 A,B: Mikroforaminotomi ve laminotomi uygulanan bir olgunun sagittal ve aksiyal BT görüntüleri.

Komplikasyonlar

Posterior foraminotomi/laminotomi komplikasyonları literatürde oldukça düşük sayılabilir. Yüzeysel yara enfeksiyonundan tansiyon pnömosefalus, beyin ve omurilik iskemisi ve ölüme dek geniş bir aralıkta belirtilmiştir.

En sık rastlanan nörolojik komplikasyon geçici sinir kökü paralizileridir. Genellikle 6 gün içinde düzelirler (27). Beklendiği gibi en uzun kök olan C5 en çok etkilendir. Özellikle obez hastalarda prone pozisyonda aşırı kan kaybı olabilir. Hava embolisi, tensiyon pnömosefali, hipotansiyona bağlı omurilik ve beyin iskemisi de oturur pozisyonun tehlikelerindedir. Vertebral arter yaralanması da nadir ancak ciddi komplikasyonlardandır (10). Uzun dönem takiplerde aynı seviyede rekürren radikülopati semptomları da az sayıdaki hastada rapor edilmiştir (12,13,25). Bunda dekompresyonun yetersizliği mi yoksa cerrahiye bağlı granülasyon mu etken bu belli değildir. Bir olguda yan kitle fraktürüne bağlı radikülopati bildirilmiştir (8). Ayrıca faset ekleminin agresif rezeksiyonuna bağlı servikal spinal instabilite de oluşabilir (26).

Klinik sonuçlar

Servikal posterior foraminotominin klinik sonuçları geniş serilerde %90'ın üzerinde oldukça iyi olarak bildirilmiştir (%70-%100) (11). Posterior laminoforaminotominin Murphey ve Scoville gibi ustaları geçmişte preoperatif semptomlarda %90.5 ve %80 iyileşmeler bildirmişlerdir. Daha güncel serilerde ise sonuçlar daha iyi bildirilmektedir. Örneğin Henderson'un 736 olguluk serisinde %96 ağrı düzelmesi ve %98 motor defisitte iyileşme rapor edilmiştir (11). Krupp ve ark. yayınladıkları seride uzun dönem takipleri eksik olmasına karşın 161 olguda %98'lik çok iyi ve iyi sonuç

belirtilmiştir (14). Krupp ve ark., klinik takibi, sert, yumuşak ve miks tip herniasyonlar olarak ayırarak, sırasıyla %98, %84 ve %91 iyileşme bildirmişlerdir. Bunların dışında son 40 yılda bu konuda yayınlanmış geniş serilerde de sonuçlar paralellikler taşımıştır. Ortalama yaş ve gözlem klinik sonuçlar açısından bu seriler birbirleriyle benzeşmektedir (Tablo I).

Son zamanlarda minimal invaziv yöntem olarak tarif edilmiş mikroendoskopik foraminotomi (MEF) sonuçları da tek başına ve karşılaştırmalı serilerde ele alınmıştır (18). Fessler ve Khoo foraminal stenozu veya disk herniasyonuna bağlı kök basılarında uygulanmış 25 MEF olgusuna karşılık 26 açık laminaforaminotomi olgusunu karşılaştırmış, radiküler ağrı ve boyun ağrısı için %92 ve %87'ye karşılık %88 ve %89 olguda tam düzelme bildirmişlerdir (5). İki yöntem arasında sonuçlar açısından istatistiki bir fark bulunmamıştır. Silveri ve ark. retrospektif olarak inceledikleri 84 olgunun 60'ında (ortalama izlem 73 ay) %98 tam ve tama yakın düzelme belirtmişlerdir (22). Jödicke ve ark. postoperatif ilk 6 haftada %96 olan iyi sonuçların 33 aylık ortalama izlem sonrası %85'e gerilediğine dikkat çekmişlerdir (13). Bu seride erken dönemde yumuşak disk herniasyonlarının sonuçları sert disklere göre daha iyi olmakla beraber uzun dönemde istatistiki olarak farklı bulunmamıştır. Ayrıca aynı seviyede %15'lik bir rekürrens bildirmişlerdir. Williams 10 yılın üzerindeki bir takip dönemi için 235

olguda radiküler semptomlarda %100 iyileşme rapor etmiştir (24). Grieve ve ark. spondilolitik radikülopatiyeye bağlı kol ağrılarında foraminotomi sonrası %85 olguda saptadıkları %25'ten %100'e yakın düzelmenin ilk bir ayda olduğu gibi ortalama 40 aylık bir izlem süresi sonrası da görülebildiğini söylemişlerdir (7). Yine spondilolitik radikülopati için Kumar ve ark. retrospektif incelemede 89 olgu için foraminotomi sonrası ortalama 8.6 aylık izlemde %95 iyi veya mükemmel sonuç bildirmişlerdir (15).

Sonuç

Posterior laminaforaminotomi, seçilmiş hastalarda düşük komplikasyon oranlarıyla uygulanan bir cerrahi girişimdir. Özellikle foraminal disk herniasyonları ile spondilolitik foraminal stenozları için uygundur. Klasik posterior laminektomiye göre daha az kan kaybı ve postoperatif ağrı söz konusudur. Anterior yaklaşımlara göre avantajları ise, sinir kökünü daha iyi açığa çıkarması, füzyona gerek duyulmaması ve stabilizasyonu bozmaması olarak sayılabilir.

KAYNAKLAR

1. Bailey RW, Badgley CE: Stabilization of the cervical spine anterior fusion. J Bone Joint Surg 42A: 565-594, 1960
2. Cloward RB: The anterior approach for removal of ruptured cervical disks. J Neurosurg 15: 602-617, 1958
3. Epstein NE: Circumferential surgery for the management cervical ossification of the posterior longitudinal ligament. J Spinal disord 11: 200-207, 1998

Tablo I: Servikal lamino-foraminotominin sonuçları.

Olgu	İzlem (ay)	Ortalama Düzeltme oranları	Rekürrens	Çalışma
Henderson ve ark (11).	846	21	%96	%3.3
Krupp ve ark (14).	230	42	%98 sert	%0
			%84 yumuşak	%0
			%91 mixt	%0
Fessler ve Khoo (5)	25 MEF	16	%92 radikülopati	%0
	26 Açık		%87 boyun ağrısı	
Herkowitz ve ark (12).	16	50	%75	%0
Silveri ve ark (22).	84	73	%98	%0
Jodicke ve ark (13).	39	33	%96 (erken)	%15
			%85 (geç)	
Williams (24)	35	120	%100	%2
Grieve ve ark (7).	77	40	%85	%0
Kumar ve ark (15).	89	8.6	%95	%6.7

MEF: Mikroendoskopik foraminotomi.

4. Epstein NE: The value of anterior cervical plating in preventing vertebral fracture and graft extrusion after multilevel anterior cervical corpectomy with posterior wiring and fusion: Indications, results, and complications. *J Spinal Disord* 13: 9-15, 2000
5. Fessler RG, Khoo LT: Minimally invasive cervical microendoscopic foraminotomy: An initial clinical experience. *Neurosurgery* 51: 537-545, 2002
6. Frykholm R: Cervical nerve root compression resulting from disk degeneration and root sleeve fibrosis. *Acta Chir Scand* 160: 1-149, 1951
7. Grieve JP, Kitchen ND, Moore AJ, Marsh HT: Results of posterior cervical foraminotomy for treatment of cervical spondylitic radiculopathy. *Br J Neurosurg* 14: 40-43, 2000
8. Grundy PL, Germon TJ, Gili SS: Transpedicular approaches to cervical uncovertebral osteophytes causing radiculopathy. *J Neurosurg (Spine)* 93: 21-27, 2000
9. Gust TD, Haynes NG, Arnold P: Microscopic posterior foraminotomy/laminotomy for nerve root decompression. In: Vaccaro AR, Bono CM: *Minimally invasive spine surgery*. New York, London, Informa healthcare: 2007, 55-64
10. Harrop JS, Silva MT, Sharann AD, Dante SJ, Simeone FA: Cervicothoracic radiculopathy treated using posterior cervical foraminotomy/disectomy. *J Neurosurg (spine)* 98: 131-136, 2003
11. Henderson CM, Hennessy RG, Shuey HM Jr, Shackelford EG: Posterior lateral foraminotomy as an exclusive operative technique for cervical radiculopathy: a review of 846 consecutively operated cases. *Neurosurgery* 13: 504-512, 1983
12. Herkowitz HN, Kurz LT, Overholt DP: Surgical management of cervical soft disc herniation. A comparison between anterior and posterior approach. *Spine* 15: 1026-1030, 1990
13. Jodicke A, Daentzer D, Kastner S: Risk factors for outcome and complications of dorsal foraminotomy in cervical disc herniation. *Surg Neurol* 60: 124-129, 2003
14. Krupp W, Schattke H, Muke R: Clinical results of the foraminotomy as described by Frykholm for the treatment of lateral cervical disc herniation. *Acta Neurochir (Wien)* 107: 22-29, 1990
15. Kumar GR, Maurice-Williams RS, Bradford R: Cervical spondylotic radiculopathy. *Br J Neurosurg* 12: 563-568, 1998
16. Raynor RB: Anterior or posterior approach to the cervical spine: An anatomical and radiographic evaluation and comparison. *Neurosurgery* 12: 7-13, 1983
17. Robinson RA, Smith GW: Anterolateral cervical disk removal interbody fusion for cervical disc syndrome. *Bull John Hopkins Hospital* 96: 223-224, 1955
18. Ruetten S, Komp M, Merk H: Full-Endoscopic cervical posterior foraminotomy for the operation of lateral disc herniations using 5.9-mm endoscopes. *Spine* 33: 940-948, 2008
19. Russell SM, Benjamin V: Posterior surgical approach to the cervical neural foramen for intervertebral disc disease. *Neurosurgery* 54: 662-666, 2004
20. Scoville WB: Rupture of the lateral cervical disk and its operative technique. *Harvey Cushing meeting, Boston, 1946*
21. Scoville WB, Whitecomb BB: Lateral rupture of cervical intervertebral disks. *Postgrad Med* 39: 174-180, 1966
22. Silveri CP, Simpson JM, Simeone FA, Balderston RA: Cervical disc disease and the keyhole foraminotomy: Proven efficacy at extended long term follow-up. *Orthopedics* 20: 687-692, 1997
23. Spurling R, Scoville WB: Lateral rupture of the cervical intervertebral discs: a common cause of shoulder and arm pain. *Surg Gynae Obst* 78: 350-358, 1944
24. Williams RW: Microcervical foraminotomy. A surgical alternative for intractable radicular pain. *Spine* 8: 708-716, 1983
25. Woertgen C, Holzschuh M, Rotboerl RD.A: Prognostic factors of posterior cervical disc surgery: a prospective consecutive study of 54 patients. *Neurosurgery* 40: 724-728, 1997
26. Zdeblick TA, Zou D, Warden KE, McCabe R, Kunz D: Cervical stability after foraminotomy. A biomechanical in vitro analysis. *JBJS* 74A: 22-27, 1992
27. Zeidman SM, Ducker TB: Posterior cervical laminoforaminotomy for radiculopathy: Review of 172 cases. *Neurosurgery* 33: 356-362, 1993