

Derleme

Servikal Disk Hernilerinde Hareket Koruyucu Ameliyatlar

Motion Preservation Surgeries for Cervical Disc Herniations

Denizhan DİVANLIOĞLU, Ali DALGIÇ

Ankara Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Ankara, Türkiye

ÖZ

Servikal disk hernileri için nöroşirürji pratiğinde çok sık uygulanmakta olan servikal diskektomi ve füzyon ameliyatının uzun dönemde özellikle komşu segmentlerde meydana gelen komplikasyonları nedeniyle, hastalarda nörolojik iyileşme sağlanmasının yanında omurganın biyomekaniğinin ve fonksiyonunun korunduğu cerrahi tekniklerin önemi tekrar gündeme gelmiştir. Füzyon cerrahisinin istenmeyen etkilerini önlemek için, uygun hastalarda servikal segmental hareketin korunabildiği cerrahi yöntemler tercih edilmelidir. Günümüz teknolojik gelişmeleri sayesinde gerçekleştirilmesi mümkün olan veya daha güvenli bir şekilde uygulanabilen bu yöntemlerden her birinin tercih edilme nedenleri ve cerrahi başarı oranları farklılık göstermektedir. Yazımızda intervertebral disk nükleus bütünlüğünün ve disk fonksiyonunun korunduğu cerrahi yöntemler olan servikal foraminotomi uygulamaları ile perkütan servikal girişimlerden bahsedilmiştir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Foraminotomi, Hareket koruyucu cerrahi, Nükleoplasti, Servikal disk hernisi, Unkoforaminotomi

ABSTRACT

Cervical discectomy and fusion is a frequent surgical approach in neurosurgical practice for cervical disc herniations. Surgical techniques that protect the biomechanics and function of the cervical spine beside providing neurological improvement have come back into consideration after the long-term complications of fusion surgery, especially in the adjacent segments, were found. Surgical techniques that preserve cervical segmental motion should be preferred for suitable patients in order to prevent the unwanted effects of fusion surgery. These methods, which can be realized by means of today's technological developments or which can be performed in a safer way, have various reasons for them to be preferred in addition to various surgical success rates. In our paper, cervical foraminotomy techniques and percutaneous cervical interventions have been discussed as surgical techniques that protect disc integrity and function.

KEYWORDS: Foraminotomy, Motion preservation surgery, Nucleoplasty, Cervical disc herniation, Uncoforaminotomy

■ GİRİŞ

Servikal disk cerrahisine anterior yaklaşımın 1950'li yıllarda uygulanmaya başlanmasından önce servikal laminotomi ve foraminotomi tekniği tanımlanmış ve başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Mikrocerrahi yöntemlerinin o yıllarda henüz nöroşirürji pratiğine girmemiş olması nedeniyle posterior yaklaşım sırasında yapılması gereken fazla kas diseksiyonu ve bunun sebep olduğu instabiliteye varan uzun dönem kötü etkilerinin ortaya çıkması anterior diskektomi ve füzyon ameli-

yatının nöroşirürji pratiğinde yıllardır daha fazla tercih edilmesine ve yaygın olarak uygulanmasına neden olmuştur. Ancak, anterior servikal diskektomi ve füzyon ameliyatının segmental hareketi engellemesine bağlı uzun dönemde başta komşu segmentlerde olmak üzere servikal omurganın bütününde meydana gelen değişikliklerin ortaya çıkması üzerine, cerrahinin asıl amacı olan nörolojik iyileşme sağlanmasının yanında omurganın biyomekaniğinin ve fonksiyonunun korunduğu cerrahi tekniklerin önemi tekrar gündeme gelmiştir (13,14).



Yazışma adresi: Denizhan DİVANLIOĞLU

E-posta: ddivanlioglu@gmail.com

Servikal artrodez komşu segmentlerde hareketin artmasına ve intradiskal basıncın yükselmesine neden olarak komşu segmentte dejenerasyonu hızlandırmaktadır (6,16). Servikal artrodez uygulanan hastalarda ortaya çıkabilen bu sorunların önüne geçilebilmesi amacıyla uygun hastalarda cerrahi yapılan segmentte hareketi korumayı amaçlayan teknikler kullanılmalıdır. Bu uygulamalardan biri servikal artroplastidir ki, farklı bir başlık altında anlatılmıştır. Bu bölümde intervertebral disk nükleus bütünlüğünün ve disk fonksiyonunun korunduğu cerrahi yöntemler olan foraminotomi uygulamaları ile perkütan servikal girişimler ele alınacaktır.

■ POSTERİOR (DORSAL) SERVİKAL FORAMİNOTOMİ

Intervertebral disk bütünlüğü korunarak servikal foraminotomi anterior yoldan da gerçekleştirilebileceği gibi, uygulamasının kolaylığı nedeniyle daha yaygın olarak posterior yoldan yapılması tercih edilmektedir. Myelopati bulgusu gözlenmeyen lateral yerleşimli disk hernilerinde ve foraminal stenoz varlığında endikasyonu olan posterior servikal foraminotomi yönteminde uygun hasta seçimi ile çok başarılı sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu yöntemde sinir kökünün anatomik olarak çok daha iyi ortaya konulabilmesi, boyun yapılarının (karotis, trakea, özefagus, rekürren laringeal sinir... vb.) yaralanması gibi komplikasyonların olmaması, cerrahi sonrası servikal immobilizasyon gerekmemesi, aynı keside çok seviye sinir kökü dekompresyonu yapılabilmesi ve ameliyat süresinin göreceli olarak daha kısa olması nedeniyle anterior girişim ile karşılaştırıldığında avantaj sağlamaktadır (5,12,13,18).

Cerrahi girişim, cerrahin tercihinin göre pron veya oturur pozisyonda, boyun nötr veya hafif fleksiyonda yapılabilir. Daha sık uygulanan yöntem olan pron pozisyonda ve boyun hafif fleksiyonda iken ameliyat masasına 20-30° ters Trendelenburg pozisyonu verilmesi servikal spinal kolonu yere paralel hale getirerek cerrahi oryantasyonu ve girişimi kolaylaştırır. Klasik yöntemde mesafe tayininin ardından orta hatta yapılacak 3-4 cm uzunluğundaki cilt insizyonu sonrası üst ve alt laminalar ile faset eklemi ortaya konacak şekilde subperiostal kas diseksiyonu yapılmalıdır. Posterior laminotomi ve foraminotomi işlemi mikroskop altında yapılabileceği gibi uygun ekartör sistemleri sayesinde servikal paraspinal kasların subperiostal diseksiyonuna gerek kalmadan endoskop kullanılarak da yapılabilmektedir (13,18). Endoskopik girişim yapılacaksa orta hattın yaklaşık 1-2 cm lateralinden, faset eklem iz düşümünden yapılacak cilt insizyonunu takiben endoskopik yöntem için geliştirilmiş olan iç içe geçen tüpler şeklindeki “teleskopik” ekartör sistemi (Şekil 1) yerleştirilerek yine üst ve alt laminalar ile faset eklem ortaya konulacak şekilde kas planı genişletilir. Kas diseksiyonu gerektirmemesi nedeniyle, bu yöntem ile ameliyat sonrası erken dönemde meydana gelen boyun ağrısı ve uzun dönemde gelişebilecek kas atrofisi de en aza indirilmektedir (14,21).

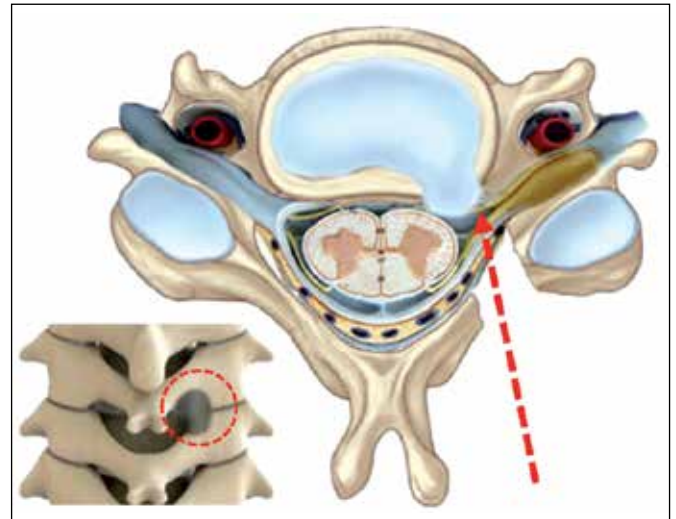
Posterior servikal girişimlerde faset eklemi %50’den fazla eksizyonunun segmental harekette artışa ve instabiliteye yol açtığı bilinmektedir. Laminotomi ve foraminotomi uygulamasında faset eklemi yalnızca 1/3’ünün alınması servikal biyomekaniği bozmadan nöral dekompresyon sağlanması için yeterlidir. Günümüzde mikronöroşirürjikal tekniklerin gelişmesi

ile yalnızca küçük “keyhole” foraminotomi yapılarak servikal diskektomi mümkün olmaktadır. Faset eklemi mediali ile kaudal laminanın birleşme bölgesine yüksek devirli drill kullanılarak yapılacak olan foraminotomi 1 mm’lik Kerrison rongeur kullanılarak rostral ve kaudal laminaların lateralini içerecek şekilde her iki yönde 2-3 mm genişletilir (Şekil 2, 3).

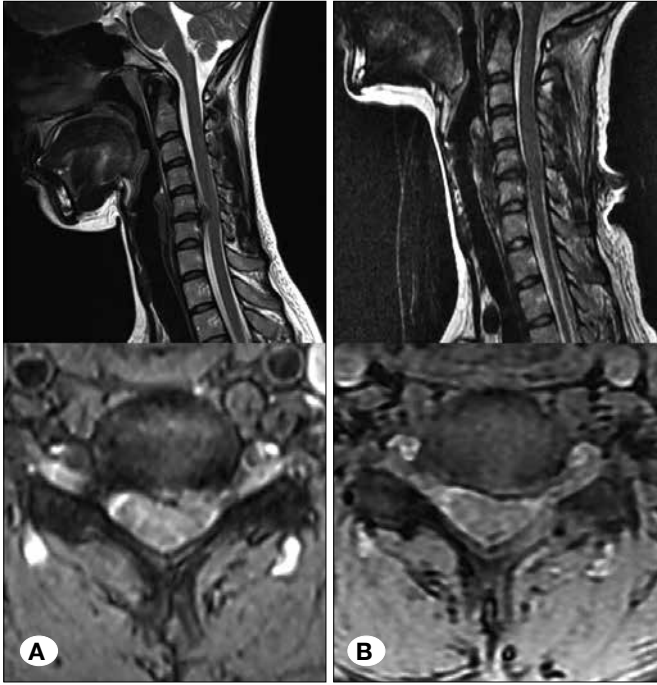
Foraminotominin tamamlanmasının ardından diskektomi de planlanıyorsa ligamentum flavum açılarak sinir kökü ortaya konulmalıdır. Bunun için bir hook (kanca) yardımı ile kaudal pedikül medial sınırı hissedilmelidir ki, burası sinir kökü aksillası için nirengi noktasıdır. Eğer görüşü engelliyorsa sinir kökü üzerinde bulunan vasküler yapılar medialden laterale doğru sinir köküne paralel ilerlenerek bipolar ile koagüle edilip uzaklaştırılabilir. Öncelikle hook yardımı ile sinir kökünün aksillasından girilerek kaudal yerleşimli disk parçası ve osteofit varlığı araştırılır. Hook ile sinir kökü altından disk mesafesine hafif baskı yaparak sırasıyla mediale, rostrale ve laterale doğru uygulanacak sıvazlama hareketi genellikle disk fragmanının ortaya çıkması için yeterlidir. Ardından sinir kökünün omzundan rostral bölüm ve takiben foramen kontrol edilmelidir. Disk fragmanının ortaya çıkmaması halinde foraminotomiye rağmen



Şekil 1: Endoskopik servikal foraminotomi cerrahisinde kullanılan teleskopik ekartör sistemi, 30° ileriye açılı endoskop ve cerrahi sırasında endoskopun kullanımı.



Şekil 2: Servikal posterior foraminotomi yaklaşımı.



Şekil 3: Posterior servikal yaklaşım ile opere edilmiş bir olgunun ameliyat öncesi (A) ve ameliyat sonrası (B) T2 ağırlıklı sagittal ve aksiyel MR görüntüleri.

spinal kök basısı devam ediyorsa, posterior longitudinal ligaman aksilladan kesilerek disk mesafesinden fragman çıkartılabilir. Bu yöntem uygulanırken spinal kökün ve omurliliğin aşırı ekartasyonundan kaçınılmalı ve intervertebral mesafeye disk forsepsi ile müdahale edilmemelidir (13,18).

Posterior foraminotomide ameliyat sonrası dönem genellikle kas diseksiyonu yapılması nedeniyle geçici olarak anterior girişime göre daha ağırlıdır. Endoskopik yöntem ile bu süreç hasta için daha konforlu hale gelmektedir. Yapılan çalışmalarda tübüler ekartör sistemi kullanımının hastaların postoperatif boyun ağrısı yakınmasını belirgin olarak azalttığı gözlenmiştir. Tam-endoskopik yaklaşımın endoskop-yardımlı yaklaşıma göre avantajı cilt kesininin daha küçük olması ve daha az kas ekarte edilmesi nedeniyle ameliyat sonrası boyun ağrısının ve uzun dönemde ortaya çıkan komplikasyonların daha az olmasıdır. Bununla birlikte bazı yazarlar, tam-endoskopik yaklaşımda cerrahi sırasında sürekli irigasyon yapılması ve aydınlatmanın daha yakın olması sayesinde cerrahi alanın daha iyi görüldüğünü savunmaktadır. Tam-endoskopik yaklaşımın dezavantajı ise sürekli tek alet ile çalışma gerekliliği, ikinci bir yardımcı alet kullanılmıyor olması ve ayrıca çalışma kanülünün sinir kökü ekartasyonu için kullanılması gerekliliği nedeniyle kök yaralanması riskinin daha fazla olmasıdır (8,21,23).

Yayımlanan birçok çalışmada, hastaların geneline bakıldığında anterior diskektomi ve füzyon ameliyatı ile posterior servikal foraminotomi yaklaşımlarının tekrar operasyon ihtiyacı ile radiküler ağrıyı tedavi etme başarıları arasında belirgin fark gözlenmediği, posterior servikal yaklaşım ile uygun hasta seçildiğinde %91-97'lara varan oranlarda semptomatik düzelme sağlandığı, cerrahi yapılan mesafede ve komşu

segmentlerde uzun dönem komplikasyon riskinin çok azaldığı ve hastaların yalnız %3-4'ünde semptomların geçmemesi nedeniyle anterior diskektomi ve füzyon uygulanması gerektiği bildirilmektedir. Hastanın yaşı ilerledikçe ve foraminal kemik stenoz (osteofit oluşumu) arttıkça cerrahi başarının azaldığını (%86,4) gösteren çalışmalar mevcuttur. Bunu destekleyecek şekilde, özellikle genç hastalarda lateral yerleşimli yumuşak disk fragmanı varlığında posterior girişimin başarı oranının anterior diskektomiye göre daha fazla olduğu da bildirilmiştir (1,2,4,10-14).

■ ANTERİOR (VENTRAL) SERVİKAL FORAMİNOTOMİ

Anterior yaklaşımla servikal foraminotomi (unkoforaminotomi) tekniği nöroşirürji pratiğinde çok yaygın uygulanmıyor olsa da özellikle sinir kökünün anteriomedialindeki patolojilere ulaşmak amacıyla veya posterior yaklaşımın kullanılmayacağı durumlarda tercih edilmektedir. Ayrıca osteofit varlığında posterior yaklaşım ile yalnızca indirekt sinir kökü dekompresyonu sağlanabilirken, anterior servikal foraminotomi tekniği patolojinin ortadan kaldırılmasına da olanak sağlamaktadır (7,17).

Cerrahide baş nötr veya tercihen hafif karşıya bakar pozisyonunda semptomatik taraftan yapılan standart anterolateral servikal yaklaşımı takiben vertebra korpusları, intervertebral disk ve longus colli kaslarına ulaşılır. Aynı taraf longus colli kasi disk mesafesi hizasında (rostral tarafta biraz daha uzun olacak şekilde) yaklaşık 1-1,5 cm kesilerek laterale ekarte edildiğinde unsinat çıkıntıya ulaşılır. Yüksek devirli dril kullanılarak unsinat çıkıntı eksize edildikten sonra sinir köküne ulaşılır ve takip edilerek foraminotomi tamamlanır (Şekil 4). Osteofit varlığında 1 mm'lik Kerrison kullanılarak öncelikle eksize edilmeli, daha sonra açığa çıkan disk fragmanı mevcutsa bir hook yardımı ile posterior longitudinal ligaman üzerinden medialden laterale doğru yapılacak sıvazlama hareketi ile çıkartılmalı, son olarak da aynı şekilde epidural mesafe kontrol edilmelidir. Farklı kaynaklarda Anterior servikal foraminotomi tekniği ile posterolateral disk herniasyonu ve özellikle spondilolitik foraminal stenozu olan olguların semptomatik tedavisinde %85-97 başarılı sonuçlar bildirilmiştir (7,15,17,18).

■ PERKÜTAN YAKLAŞIMLAR

Kapalı bir kap içerisindeki küçük bir hacim azalmasının kap içi basıncı büyük miktarda azaltmakta olduğu prensibine dayanarak geliştirilmiş olan perkütan disk dekompresyonu yöntemleri de servikal disk fonksiyonunu ve servikal segmental hareketi koruyan cerrahi teknikler arasında yer almaktadır. Seçilmiş olgularda özellikle yumuşak (soft) servikal disk herniasyonlarında tercih edilen bu yöntemde intervertebral disk içerisine ısı enerjisi yayan bir prob yerleştirilerek sıcaklık etkisi ile disk dokusunun hacmen küçültülmesi ve disk içerisindeki basıncın düşürülmesi sağlanmaya çalışılmaktadır. Günümüz teknolojisi ile ısı enerjisi uygulaması için genellikle radyofrekans veya lazer kullanılmaktadır.

Servikal perkütan girişimlerden fayda görecektir hastaların belirlenmesi için farklı görüşler bulunsa da genel yönelim olarak boyun ağrısından daha fazla radiküler yakınması olan,

manyetik rezonans (MR) görüntülerinde posterior longitudinal ligaman bütünlüğü bozulmamış disk hernisi (bulging, protrüzyon) bulunan ve 6-12 haftalık medikal tedaviye rağmen semptomlarında gerileme olmayan hastalarda yapılmasının uygun olduğu belirtilmektedir. Miyelopati varlığında ve radyolojik görüntülemesinde ekstrüde veya migre disk hernisi, spondilolistezis, spinal dar kanal veya ossifiye posterior longitudinal ligaman (OPLL) bulunan, disk yüksekliğinin %50'den fazla azalmış olduğu, daha önce aynı mesafeden cerrahi geçirme öyküsü olan ve kanama diyatezi bulunan hastalarda ise önerilmemektedir (9,19).

Cerrahide hasta lokal anestezi altında, supin pozisyonda ve boyun hafif ekstansiyonda iken tercihen sağ sternokleidomastoid kasının medial kenarından karotid arter palpe edilerek laterale doğru ekarte edilir. Trakea medialde, karotis lateralde kalacak şekilde altta vertebral kolon mutlaka hissedilmelidir. Vertebra korpus ön yüzleri palpe edilmeden girişim yapılmalıdır. Daha yeni bir teknik olan perkütan servikal nükleoplasti yapılması planlanıyorsa floroskopi eşliğinde 18 gauge spinal iğnenin istenilen disk aralığına ve tarafa ilerletilmesini takiben müdahale edilecek disk fragmanının komşuluğuna, anulus fibrosus üzerine ısı probu yerleştirilir (Şekil 5).

Nükleoplasti için kullanılacak 3W'lık radyofrekans enerji 1 saniye süre ile uygulanarak deneme yapılır. Hastada herhangi bir nörolojik belirti gelişmediğinden emin olduğunda enerji 15 saniye boyunca uygulanarak disk mesafesine kontrollü koagülasyon (koblasyon) uygulanır. Radyofrekans koagülasyon yaklaşık 40-70°C'de yaklaşık 1 mm çapındaki alanda gerçekleşmektedir ve merkezden 5 mm uzaklaştığında sıcaklık değişimi gözlenmemektedir. Bu yönü ile lazer koagülasyona göre daha kontrollü olduğundan nükleoplastide radyofrekans tercih edilmektedir. Görüntüleme eşliğinde ısı probu yavaşça (0,5 cm/saniye) geriye doğru hareket ettirilerek, bu işlem 4-6 kez tekrar edildiğinde ısınan kollajen liflerinin küçülmesine bağlı disk hacminde yaklaşık 1 ml küçülme sağlanır. Anterior nükleoplasti uygulamasının hastaların bulgularının giderilmesinde farklı serilerde %67-83,7 başarılı olduğu bildirilmektedir (3,9,20,22).

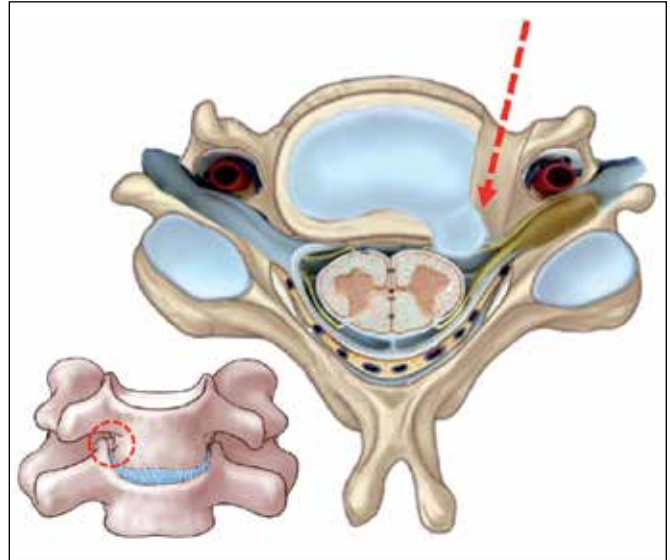
Perkütan servikal endoskopik disektomi yapılması planlanıyorsa, kullanılacak sistemin uyumluluğuna göre nükleoplasti uygulamasından daha geniş çalışma kanülü gereklidir. Bunun için aynı şekilde semptomatik taraftan ucu disk mesafesine ilerletilmiş olan spinal iğne içerisinde bir kılavuz tel gönderilip, iğne çıkartıldıktan sonra 2-3 mm'lik cilt kesisi yapılır ve çalışma kanülü kılavuz tel üzerinden yerleştirilir. Floroskopik ve endoskopik görüntüleme altında anulus fibrosus kesildikten sonra mikroküret, forseps ve cerrahın tercihinine göre disektom olarak koni biçiminde küçük disektomi yapılır. Ardından genellikle lazer ısı probu kullanılarak disk içerisindeki kollajen ve fibrokartilaj dokunun sıcaklık etkisi ile küçültülmesi sağlanır.

Bu teknikler ile hastaların semptomatik tedavisinde %77-94,5 arasında değişen başarı oranları bildirilmiştir. Genç hasta grubunda ve spondilolitik foraminal stenozu olmayan hastalarda cerrahi başarının arttığı bildirilmiştir. Her iki perkütan işlem de çok küçük cilt insizyonu ile lokal anestezi altında ve göreceli olarak diğer yöntemlere göre çok kısa sürede yapılabilmektedir. Daha az invazif olması, instabiliteye yol açmaması, hastanın

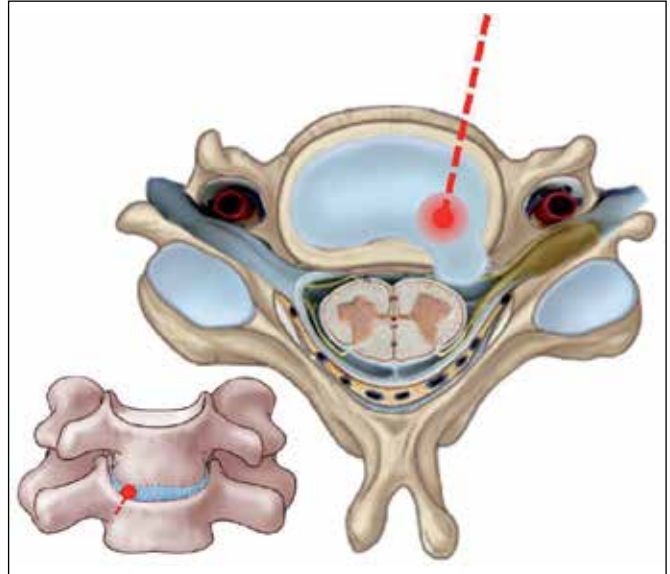
işlemden 1 saat sonra taburcu olup, 3-4 gün içerisinde işe dönebilmesi nedeniyle tercih edilmektedir (3, 9).

■ SONUÇ

Nöroşirürji pratiğinde yaklaşık 70 yıl önce uygulanmaya başlanmış olan servikal disektomi yöntemleri ameliyat mikroskobu, endoskop, floroskopi ve nöromonitörizasyon gibi teknolojik gelişmelerin de etkisi ile her geçen gün daha güvenli ve daha az invazif hale getirilmeye çalışılmaktadır. Nörolojik iyileşmenin sağlanması ve hastanın semptomlarının giderilmesi elbette ki her zaman cerrahinin birincil hedefi olmuştur ancak, bu hedefe ulaşmak için omurga biyomekaniğinin korunmasının önemi unutulmamalı, yapılan cerrahinin uzun dönem sonuçları da düşünülerek, uygun hastalarda servikal segmental hareketin korunabildiği cerrahi yöntemler tercih edilmelidir.



Şekil 4: Anterior servikal unkofoforaminotomi yaklaşımı.



Şekil 5: Anterior servikal nükleoplasti yaklaşımı.

■ KAYNAKLAR

1. Adamson TE: Microendoscopic posterior cervical laminoforaminotomy for unilateral radiculopathy: Results of a new technique in 100 cases. *J Neurosurg* 95 Suppl 1: 51-57, 2001
2. Chen BH, Natarajan RN, An HS, Andersson GB: Comparison of biomechanical response to surgical procedures used for cervical radiculopathy: Posterior keyhole foraminotomy versus anterior foraminotomy and discectomy versus anterior discectomy with fusion. *J Spinal Disord* 14(1):17-20, 2001
3. Chiu JC, Clifford TJ, Greenspan M, Richley RC, Lohman G, Sison RB: Percutaneous microdecompressive endoscopic cervical discectomy with laser thermodiskoplasty. *Mt Sinai J Med* 67(4):278-282, 2000
4. Clarke MJ, Ecker RD, Krauss WE, McClelland RL, Dekutoski MB: Same-segment and adjacent-segment disease following posterior cervical foraminotomy. *J Neurosurg Spine* 6(1): 5-9, 2007
5. Ebersold MJ, Raynor RB: Cervical laminotomy, laminectomy, laminoplasty, and foraminotomy. In: Benzel EC (ed), *Spine Surgery: Techniques, Complication Avoidance, and Management*, Philadelphia: Elsevier Churchill Livingstone, 2005: 387-394
6. Eck JC, Humphreys SC, Lim TH, Jeong ST, Kim JG, Hodges SD, An HS: Biomechanical study on the effect of cervical spine fusion on adjacent-level intradiscal pressure and segmental motion. *Spine (Phila Pa 1976)* 27(22): 2431-2434, 2002
7. Jho HD: Microsurgical anterior cervical foraminotomy for radiculopathy: A new approach to cervical disc herniation. *J Neurosurg* 84(2):155-160, 1996
8. Kim K, Kim Y: Comparison between open procedure and tubular retractor assisted procedure for cervical radiculopathy: Results of a randomized controlled study. *J Korean Med Sci* 24(4): 649-653, 2009
9. Li J, Yan DL, Zhang ZH: Percutaneous cervical nucleoplasty in the treatment of cervical disc herniation. *Eur Spine J* 17(12): 1664-1669, 2008
10. Lubelski D, Healy AT, Silverstein MP, Abdullah KG, Thompson NR, Riew KD, Steinmetz MP, Benzel EC, Mroz TE: Reoperation rates after anterior cervical discectomy and fusion versus posterior cervical foraminotomy: A propensity-matched analysis. *Spine J* 15(6):1277-1283, 2015
11. Mansfield HE, Canar WJ, Gerard CS, O'Toole JE: Single-level anterior cervical discectomy and fusion versus minimally invasive posterior cervical foraminotomy for patients with cervical radiculopathy: A cost analysis. *Neurosurg Focus* 37(5):E9, 2014
12. Moussa WM: Anterior cervical discectomy versus posterior keyhole foraminotomy in cervical radiculopathy. *Alexandria Journal of Medicine* 48(4):309-314, 2012
13. Nieto JH: Management of cervical disc herniation. In: Benzel EC (ed), *Spine Surgery: Techniques, Complication Avoidance, and Management*, Philadelphia: Elsevier Churchill Livingstone, 2005: 2137-2139
14. Oertel JM, Philipps M, Burkhardt BW: Endoscopic posterior cervical foraminotomy as a treatment for osseous foraminal stenosis. *World Neurosurg* 91: 50-57, 2016
15. Pechlivanis I, Brenke C, Scholz M, Engelhardt M, Harders A, Schmieder K: Treatment of degenerative cervical disc disease with uncoforaminotomy-intermediate clinical outcome. *Minim Invasive Neurosurg* 51(4): 211-217, 2008
16. Pospiech J, Stolke D, Wilke HJ, Claes LE: Intradiscal pressure recordings in the cervical spine. *Neurosurgery* 44(2): 379-384; discussion 384-385, 1999
17. Saringer W, Nöbauer I, Reddy M, Tschabitscher M, Horaczek A: Microsurgical anterior cervical foraminotomy (uncoforaminotomy) for unilateral radiculopathy: Clinical results of a new technique. *Acta Neurochir (Wien)* 144(7): 685-694, 2002
18. Saunders RL, Raynor RB: Cervical discectomy. In: Benzel EC (ed), *Spine surgery: Techniques, complication avoidance, and management*, Philadelphia: Elsevier Churchill Livingstone, 2005: 573-581
19. Sim SE, Ko ES, Kim DK, Kim HK, Kim YC, Shin HY: The results of cervical nucleoplasty in patients with cervical disc disorder: A retrospective clinical study of 22 patients. *Korean J Pain* 24(1): 36-43, 2011
20. Singh V, Piryani C, Liao K, Nieschulz S: Percutaneous disc decompression using coblation (nucleoplasty) in the treatment of chronic discogenic pain. *Pain Physician* 5(3): 250-259, 2002
21. Wagner R, Telfeian AE, Ipreburg M, Krzok G: Minimally invasive fully endoscopic two-level posterior cervical foraminotomy: Technical note. *J Spine Surg* 3(2):238-242, 2017
22. Watson J, Naderi S, Baldwin NG, Smith MM: Minimally invasive spinal decompression and stabilization techniques I. In: Benzel EC (ed), *Spine Surgery: Techniques, complication avoidance, and management*, Philadelphia: Elsevier Churchill Livingstone, 2005:1267-1273
23. Wen H, Wang X, Liao W, Kong W, Qin J, Chen X, Lv H, Friis T: Effective range of percutaneous posterior full-endoscopic paramedian cervical disc herniation. Discectomy and indications for patient selection. *Biomed Res Int* 2017:3610385, 2017