

Derleme

Lomber Dar Kanalda Cerrahi Dekompresyon Yönteminin Seçimi

Choosing the Surgical Decompression Method in Lumbar Spinal Stenosis

Doğan Güçlühan GÜÇLÜ¹, Alparslan ŞENEL²

¹Bakırköy Sadi Konuk Eğitim Araştırma Hastanesi, Nöroşirürji Kliniği, İstanbul, Türkiye

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Anabilim Dalı, Samsun, Türkiye

ÖZ

Lomber dar kanal, spinal kanalın, lateral reseslerinin, nöral foramenlerin yumuşak doku ve kemik değişiklikler nedeniyle daralması olarak tanımlanabilir. Yaşlı nüfus ve yaşam kalitesi beklentilerinin artması ile lomber dar kanal için uygulanan cerrahi işlemlerin sayısı yıllar içinde artmaktadır. Konservatif tedavilere cevap alınamaması, nörolojik defisit varlığı, kısıtlı günlük aktivite, yürüme mesafesinin günlük yaşamla bağdaşmayacak kadar kısalması durumunda hastalar cerrahi tedaviye yönlendirilir. Total laminektomi, medial fasetektomi ve foraminotomi lomber dar kanal cerrahisinde altın standart olarak kabul edilmekle beraber operasyon süresinin uzun olması, doku hasarının ve kanama miktarının fazla olması, çoğunlukla yaşlı olan bu hasta grubundaki mortalite, morbidite ve postoperatif dönemde instabilite riskinin yüksek olması alternatif arayışlarına neden olmuştur. Mikroskop ve endoskopinin kullanımı ile minimal invazif spinal cerrahi teknikler lomber dar kanal tedavisinde giderek yaygınlaşmaya başlamıştır. Minimal invazif cerrahi yaklaşımları genel olarak daha az doku hasarı, iyileşme süresini hızlandırmayı, postoperatif ağrıyı azaltmayı, düşük komplikasyon oranı, minimal kan kaybı, stabilizasyonun bozulmaması, günlük aktivitelere ve iş hayatına erken dönüşe odaklanır. Birçok cerrahi teknik mevcut olmasına karşın, bir tekniğin diğerlerine karşı etkinlik açısından üstünlüğü halen tartışılmaktadır.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Dekompresyon, Laminektomi, Lomber dar kanal

ABSTRACT

Lumbar spinal stenosis can be defined as narrowing of the spinal canal, lateral recesses and vertebral foraminae secondary to soft tissue and bone changes. The number of surgical procedures performed for lumbar spinal stenosis has increased over the years with the increase in the elderly population and expectancy of life quality. Patients are referred for surgery in case of unresponsiveness to conservative treatment, neurological deficits, limited daily activity, and shortening of walking distance that is incompatible with everyday life. Total laminectomy, medial facetectomy and foraminotomy are the gold standards in lumbar spinal stenosis surgery but the long operation time, excessive tissue damage and bleeding, high risk of postoperative instability and mortality, and the morbidity for the patient group, mostly elderly, has resulted in a search for alternatives. Minimal invasive spine surgery techniques have been used for spinal stenosis with the access provided by the microscope and endoscopy. Minimal invasive spine surgery techniques are generally focused on less tissue damage, accelerated healing period, reduced postoperative pain, low complication rate, minimal blood loss, maintaining stabilization, and early return to daily activity and work. Despite the availability of many surgical techniques, superiority in terms of efficiency of one technique against the others is still being discussed.

KEYWORDS: Decompression, Laminectomy, Lumbar stenosis



Yazışma adresi: Doğan Güçlühan GÜÇLÜ

E-posta: gucluhang@gmail.com

■ GİRİŞ

Lomber dar kanal; spinal kanalın lateral reseslerin, nöral foramenlerin yumuşak doku ve kemiksel değişiklikler nedeniyle daralması olarak tanımlanabilir. Genel olarak faset ve intervertebral eklemlerin dejenerasyonu sonucu gelişen osteofitler, ligamentöz yapılarıdaki kalınlaşmalar ya da intervertebral diskin protrüzyonuna bağlı olarak ortaya çıkmaktadır (45). Lomber dar kanal tek seviyede olabileceği gibi ardışık çok seviyeli ya da birbirinden izole farklı seviyelerde olabilir. Kemik ya da ligamentöz hipertrofi, disk protrüzyonu ya da spondilolistezis, skolyoz gibi omurga deformiteleri ayrı ayrı ya da birlikte dar kanal nedeni olabilirler. Verbiest 1949 yılında hipertrofik faset eklemlerinin spinal kanal darlığına neden olduğunu vurgulamış, lomber dar kanal ve nörojenik kladikasyon arasındaki klinik ilişkiyi tariflemiştir (58). Lomber dar kanal; sırt ağrısı, alt ekstremitelere yayılan ağrı, yürüme kapasitesinde azalma gibi değişken belirti ve semptomlara yol açar (22). Özellikle yaşlılarda ağrı ve disfonksiyona yol açmasının yanı sıra, spinal cerrahi uygulamalarının en sık nedeni olarak da görülmektedir (22,35). Dar kanal hastaları, yakınmalarının özelliklerine ve şiddetine göre erken dönemde konservatif tedavi yöntemleriyle tedavi edilirler. Konservatif tedavilere cevap alınmaması, nörolojik defisit varlığı, kişinin günlük aktivitelerini yapamaz hale gelmesi, yürüme mesafesinin günlük yaşamla bağdaşmayacak kadar kısalması sonucunda cerrahi tedavi gündeme gelir (4,15). Kovacs ve ark. 3-6 ay sürdürülen tedaviye rağmen cevap alınmayan hastalarda konservatif tedaviye devam etmektense cerrahi tedavi uygulamanın sonuç açısından daha iyi olduğunu bildirmişlerdir (29). Total laminektomi, medial fasetektomi ve foraminotomi uzun yıllardır lomber dar kanal cerrahisinde altın standart olarak kabul edilmektedir.

Spinal kanal darlığının olduğu bölgeyi gösteren ve cerrahi dekompresyonun planlanmasında lomber spinal stenozun anatomik sınıflandırması kullanılır (53). Her vertebral segmentte spinal kanal transvers ve sagittal planda üçe ayrılır. Transvers plandaki seviyeler kranialden kaudale; pedikül seviyesi, orta ve disk seviyesidir. Sagittal planda orta hattın laterale doğru; vertebra cisimleri, diskler ve artiküler çıkıntılarla sınırlanmış santral bölge, tekal keseden pediküle kadar uzanan lateral reses bölgesi ve pedikülün altındaki sinir kökü kanalı foraminal bölge şeklinde tanımlanır (Şekil 1)(48). Santral spinal stenoz, disk seviyesinde genellikle faset eklem hipertrofisi, ligamentum flavum hipertrofisine ve disk protrüzyonuna bağlı gelişir. Lateral reses stenozunda spinal sinir kökü disk seviyesinde ya da pedikül üst seviyesinde etkilenir. Lateral reses stenozun genel olarak sebebi dejeneratif ligamentel hipertrofi ve süperior faset hipertrofisidir. Foraminal stenoz en çok disk seviyesinde yani intervertebral foramenin inferior kısmında başlar. Spinal sinir kökü pedikülün hemen altından foramene girdiğinden, foraminal stenozun klinik bulguları intervertebral foramenin süperior kesiminde daralması ile ortaya çıkar. Süperior kesiminde daralmanın sebepleri disk materyali, üst vertebra inferior kesimindeki osteofitik kemik bası ya da alt vertebranın hipertrofik süperior artiküler prosesidir. Darlığın klinik görünümü, bu anatomik bölgelerin her birinde benzer özelliklerdedir ve ilgili bölge sadece radyografik görüntüleme ile belirlenebilir (30). Lomber darlığın bazı önemli varyasyonları

vardır. Bunlar; aralıklı veya atlayan seviyelerde darlık, orta çizgide normal kanal ancak dar lateral reses, bunun tam tersi yani orta çizgide dar kanal ancak normal lateral reses, orantısız posterior hipertrofinin neden olduğu asimetrik darlık ve sakral darlıktır (59).

■ LAMİNEKTOMİ

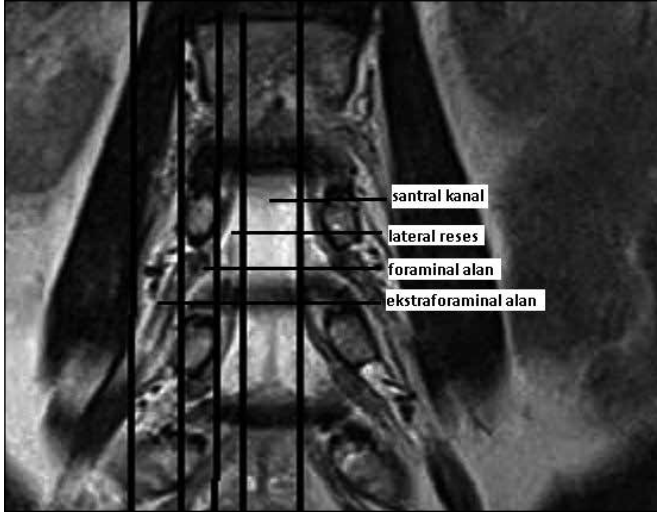
Cerrahi dekompresyonun genişliği klinik, radyolojik ve cerrahi gözlemler temel alınarak hastanın durumuna göre belirlenmelidir. Konservatif tedaviye dirençli semptomatik lomber stenoz için altın standart tedavi; fasetleri koruyarak yapılan, bilateral foraminotomilerle laminektomidir (31).

Posterior dekompresyon, basıya neden olan kemik ve ligamentöz yapıların posterior yaklaşımla rezeksiyonu olarak tarif edilebilir. Total laminektomi bu amaçla yapılan en yaygın operasyondur. Bu prosedür orta hat lomber insizyon gerektirir. Sonrasında paravertebral kaslar spinöz proseslerden ve vertebra kemiklerinden ayrılır ve laterale retrakte edilir. Diseksiyon faset eklemlerinin medial yüzüne kadar ilerletilmeli ve faset eklem kapsülünün hasarlanmamasına özen gösterilmelidir. Başlamadan dekompresyon edilecek segmentin pars interartikularisinin lateral sınırının tanınması, dekompresyonun genişliğinin değerlendirilmesi; pars interartikularisinin fazla inceltilecek postoperatif dönemde kırılmasından korumaya yardımcı olur. Omurga arka arkı ortaya konduktan sonra interspinöz ligaman, spinöz prosesin inferiorundan Leksell ronjur ile rezekt edilir. Dekompresyon kaudalden kraniale doğru ilerletilir. Spinöz prosesler ronjur ile rezekt edilir. Laminalar Kerrison ronjur ile alınır. Alternatif olarak yüksek devirli motor dural kese ile arada bariyer görevi gören ligamentum flavum korunarak kullanılabilir. Özellikle laminanın proksimal yarısında dikkatli kullanılmalıdır; bu bölgede ligamentum flavum laminanın ventral yüzüne yapıştığı için koruyucu etkisi yoktur. Laminanın rezeksiyonu tamamlandıktan sonra disektör yardımıyla ligamentum flavum ile dura arasındaki yapışıklıklar dura hasarına yol açmamak için kontrol edilerek eksize edilir (Şekil 2).

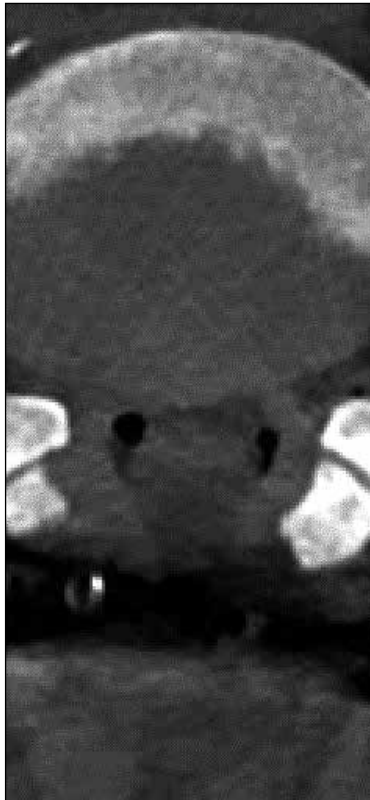
Dekompresyon gerçekleştirirken sırası ile dikkat edilmesi gereken üç bölge: santral kanal, lateral reses ve nöral foramendir. Lateral reses, pedikülün medial kenarı ile dural kese lateral kenarı arasındaki bölge olarak tanımlanmaktadır. Kerrison ronjur ile parsiyel medial fasetektomi yapılır, böylece inferior artiküler prosesin mediali rezekt edilerek süperior artiküler proses pediküle kadar ekspoz edilir. Lateral reses dekompresyonu sonrası pedikül foramen girişi kısmına kadar takip edilerek süperior artiküler prosesin bir kısmı çıkan kökün üzerinden dekompresyonu yapılarak foraminal dekompresyon yapılmış olur. Örneğin L4-5 laminektomi yapılacaksa; L4 pedikülünden, foramenin girişi tespit edilerek L4 çıkan sinir kökünün dekompresyon edilmesi ile foraminal dekompresyon yapılmış olur. İki taraflı fasetlerin %50'sinden fazlasının veya tek taraflı total fasetin alınması, segmental bir instabiliteye neden olur. İleri yaş, belirgin disk alanı daralması ve osteofitlerin varlığı, bu bulguların hareket segmentinde oluşturduğu ek stabilizasyon etkileri nedeniyle füzyon ihtiyacını azalttığı düşünülmektedir. Buna karşılık, geniş disk aralığına sahip genç hastalarda agresif faset rezeksiyonu yapıldığında instabilite gelişme olasılığı artmaktadır. Ayrıca lomber omurgadaki faset

oryantasyonundaki değişime bağlı olarak L1-2'de medial fasetin küçük bir bölümünün çıkarılması tüm inferior artiküler prosesin rezeksiyonuna sebep olur. Lomber üst segment faset eklemlerinin oryantasyonu, alt segmente kıyasla daha sagittal yönelmektedir. Her iki seviyeden benzer bir miktarda kemik rezeksiyonu, faset yönelimindeki bu farklılığa bağlı olarak üst lomber segmentlerde daha fazla instabiliteyle sonuçlanır (Şekil 3A, B).

Dekompresyondan sonra diskektomiye nadiren gerek olsa da, diskektomi eklendiğinde instabilite artar ve füzyona



Şekil 1: Lomber spinal stenozun anatomik sınıflandırması.

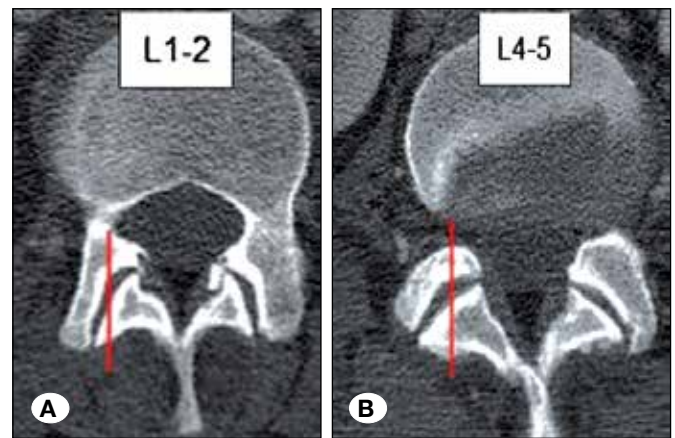


Şekil 2: Postoperatif total laminektomi BT görüntüsü.

gerek duyulabilir. Spinal dekompresyondan sonra füzyon yapılması rutin bir işlem değildir. Daha önceden dejeneratif spondilolistezis gibi instabiliteye neden olan bir hazırlayıcı neden varsa, bilateral total fasetektomi yapılırsa ya da tek taraflı fasetektomi ve diskektomi birlikte yapılırsa füzyon uygulanması önerilmekle beraber, füzyonun sonuçlarını olumlu etkilediği gösterilememiştir (24,44). Buna karşılık füzyon girişimi ve enstrümantasyon morbidite, mortalite ve maliyeti artırır (14).

Maine Lumbar Spine Study (MLSS) çalışmasında cerrahi tedavi edilen hastaların %55'inin, konservatif tedavi edilenlerin ise %28'inin şikâyetlerinin tamamen geçtiği bildirilmiştir. Bu çalışmada, cerrahi tedavi edilen grupta, konservatif tedavi grubuna göre daha ciddi yakınmaları olduğu halde daha yüksek oranda iyileşme sağlanmıştır (3). Dekompresif laminektomi cerrahisinin uzun dönem başarı oranları; kişinin çalışabilme kapasitesi, nörolojik semptomları, bacak ve sırt ağrısı göz önünde bulundurulduğunda %45 ve %86 arasında değişmektedir (12). Hee ve Wong 60 yaş üzeri 68 dejeneratif spinal stenoz tanısı ile dekompresif laminektomi uygulanan hastada yaptıkları retrospektif çalışmada uzun dönem sonuçları araştırmışlar; 8 yıllık takip sonucunda hastalarda %67 oranında mükemmel ve iyi sonuç saptamışlardır (20). Diğer bir çalışmada, spinal stenoz tedavisinde dekompresyon cerrahisi sonrası 10 yıllık takipte hastaların %75'i sonuçtan memnun iken %23 hastada tekrar cerrahi uygulandığı ve kalanının da ciddi yakınmaları olduğu belirtilmiştir (25).

Spinal stenoz cerrahisinde başarısızlığın en sık sebebi yetersiz dekompresyondur. Ancak iyi dekompresyon yapılmış olgularda bile hastaların %10 ile %15'inde semptomlar tekrarlar (13). Bu genellikle yeniden dejeneratif kemik büyümesine bağlı re-stenoz ya da komşu segment dejenerasyonuna bağlı gelişir (56). Lomber dar kanal cerrahi tedavisindeki temel zorluk, lomber omurganın stabilitesine zarar vermeksizin yeterli dekompresyonu sağlayabilmektir. Postoperatif instabilite dekompresif cerrahiyi tek başına başarısız kılacak en önemli etken olarak değerlendirilmektedir. Geniş laminektomi ve fasetektomi



Şekil 3: A) L1-2 faset eklemlerinin oryantasyonu, B) alt segmentte (L4-5) kıyasla daha sagittal yönelmektedir. Her iki seviyeden benzer bir miktarda kemik rezeksiyonu, faset yönelimindeki bu farklılığa bağlı olarak üst lomber segmentlerde daha fazla instabiliteyle sonuçlanır.

genellikle yeterli dekompresyon sağlamaktadır, ancak mekanik bütünlük bozulabilmektedir (42). Rompe ve ark. klasik laminektomi yapılan 46 hastada 3-10 yıllık takip sonrası %30 oranında instabilite geliştiğini bildirmişlerdir (45). Mullin ve ark. klasik laminektomi yapılan hastaların uzun dönem takipleri sonrası çekilen fleksiyon-ekstansiyon grafilerinde instabilite oranının %54 olduğunu bildirmişlerdir (37). Lomber dar kanal beraberinde instabilite barındırıyorsa cerrahiye stabilizasyon ve füzyon eklenmesi önerilmesine rağmen (38), Grob ve ark. dejeneratif spinal stenozlu 45 hasta ile yürütülen randomize kontrollü çalışmasında enstrümanlı füzyon ve laminektomili hastalar ile füzyonsuz hastalar arasında anlamlı farklılık saptamamışlardır (16). Rompe ve ark. laminotomi, laminektomi ve füzyon ile birlikte laminektominin yer aldığı hasta grupları arasında benzer sonuçlar elde etmişler (45).

Nöral dekompresyonu çok iyi sağlayan bu yöntemin diğer dezavantajları ise operasyon süresinin uzun olması, doku hasarının ve kanama miktarının fazla olması, çoğunlukla yaşlı olan bu hasta grubundaki mortalite, morbidite oranının ve postoperatif dönemde instabilite riskinin yüksek olmasıdır. Omurganın posterior yaklaşımı sırasında karşılaşılan kaslar, multifidus (faset eklemlerinin medial ile spinöz prosesler arasında yer alır) ve longissimus (faset eklemlerinin lateralinde yer alır) kaslarıdır. Multifidus kası lomber omurganın stabilizasyonu sağlamada mekanik fonksiyonu olması nedeniyle önemlidir. Omurganın fonksiyonel sertliğinin üçte ikisinden fazlasını sağlayarak yaşlanırken kifoza gitmeyi engeller. Multifidus kasları kısa ve sağlamdır ve geniş bir kesitsel alana sahiptir. Klasik laminektomi yönteminde bilateral paravertebral kaslar sıyrıldığı için doku hasarı fazla olmaktadır. Buna bağlı olarak paraspinal kas gücünde azalma, atrofi, kronik denervasyon oluşabilmektedir. Postoperatif dönemde kaslardaki atrofının kronik bel ağrısına neden olduğu belirtilmektedir (52). Orta hat yapılarının çıkarılması (spinöz proses, interspinöz ve supraspinöz ligamanlar ve laminalar) cerrahiden sonra instabiliteye neden olabilir (6). İatrojenik instabilite ve iyatrojenik sagittal denge kaybını azaltmak için osteoligamentöz orta hat stabilitesini korumak için, çeşitli yazarlar daha az invazif posterior orta hat yapılarını koruyan cerrahi teknikleri önermektedir. Günümüz teknolojsi orta hat kemik ve bağ yapılarının yanı sıra paravertebral kasları koruyan ve tam dekompresyona olanak sağlayan cerrahi yöntemlere evrilmektedir.

Laminotomi, posterior orta hat yapılarını en çok koruyan dekompresif girişimdir. Orta hat yapılarını korumak için tasarlanan diğer teknikler arasında laminoplasti, unilateral laminotomi, bilateral laminotomi ve foraminotomi, bilateral dekompresyon için tek taraflı laminotomi, endoskopik laminotomi ve spinöz proses osteotomileri yer alır (8,46).

■ LAMİNOTOMİ

Laminotomi izole lateral reses stenozun bağlı lomber dar kanal cerrahi tedavisinde laminektomiye alternatif olarak uygulanabilir. Laminotomi unilateral veya bilateral, tek veya çok seviye uygulanabilir. Hastanın pozisyonu, cerrahi ilkeler ve yaklaşım esasen laminektomi ile aynıdır; bununla birlikte, eğer tek taraflı olarak gerçekleştirilirse, yalnızca laminotominin uygulanacağı taraf açılır. Mikroskop kullanılacaksa tek seviye

için 3 cm'lik bir insizyon yeterlidir. Laminanın alt yarısı Kerrison ile alınır, sonrasında inferior artiküler prosesin medial yarısı Kerrison veya osteotom ile rezeke edilir. Kaudal vertebranın superior artiküler prosesi görülür. Süperior artiküler prosesin medial yarısı Kerrison veya osteotom ile rezeke edilir. Alternatif olarak yüksek hızlı dril kullanılabilir. Kemik yapı alındıktan sonra ligamentum flavum küret ile ayrılarak Kerrison ronjur ile parça parça alınır. Nöral yapılar ortaya konur. Foramende sinir köklerinin dekomprese edildiği prob yardımıyla kontrol edilir. Eğer disk herniasyonu mevcut ise diskektomi yapılabilir. Tek taraflı laminotomi agresif olarak yapılabilir. Fakat bilateral laminotomide fasetlerin yarısından fazlasının alınmamasına dikkat edilmelidir. Çok seviyeli laminotomiler için, her iki taraftaki tüm laminayı çıkarmamaya özen gösterilmelidir; bu durum spinöz proseslerde instabilite yaratarak spinöz proseslerin rezeksiyonunu gerektirebilir (Şekil 4).

Minimal invazif teknikte işlem çoğunlukla bir tüp içinden yapılmaktadır. İnsizyonun kısa olması nedeni ile uygulanacak tüpün ya da ekartörlerin yerleşimi hatasız olmalıdır. Bunun elde edilebilmesi için titiz bir operasyon öncesi hazırlık ve planlama gerekmektedir. Teknik olarak minimal invazif dekompresyon, mikroskobik ya da endoskopik olarak yapılabilir. Unilateral veya bilateral yaklaşımla yapılabileceği gibi, tek taraflı unilateral girişle bilateral olarak da yapılabilir (9). Skopi kontrolünde bir 'K' teli kullanılarak seviye tespiti yapılır. İnsizyon orta hattın 2 cm lateralinden yapılır. Steinman teli dekomprese edilecek seviyenin faset ekleminin medialine yerleştirilir. Emin olunduktan sonra önce dilatatörler, ardından da çalışma kanülü yerleştirilir. Çalışma kanülünün pozisyonu skopide tekrar kontrol edilir. Monopolar koter kullanılarak tüpün içinde kalan müsküler yapılar temizlenir. Laminanın kenarı ve faset eklemi gibi kemik yapılar net olarak ortaya konulur. Dekompresyona sefalik laminanın inferior kenarından başlanır. İki milimetrelik Kerrison ronjur ile laminotomi yapılır. Dril kullanılarak medial faset ve lamina inceltir ve Kerrison ronjur ile tamamlanır. Daha sonra kaudal laminanın superior kenarı kısmen alınır. Bu şekilde laminotomi, medial fasetektomi ve kökün çevresinde foraminotomi tamamlanır (17). Bu teknikte doku hasarı ve kan kaybı daha az olmaktadır. Bunun sonucunda postoperatif ağrı daha az görülmekte, hastanede kalış, iş ve sosyal işlevselliğin kazanılması süreleri kısalmaktadır (Şekil 5).

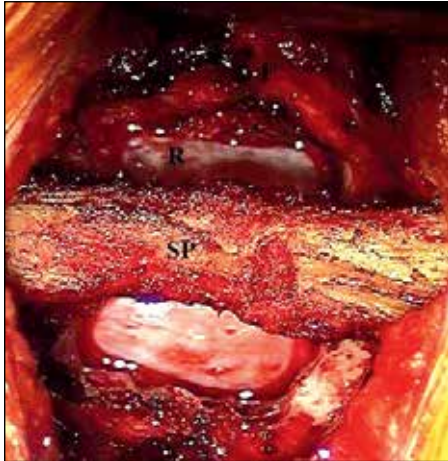
Stenozun lateral resesle sınırlı olduğu durumlarda laminotomi yapılması daha uygundur. Orta derecede bir santral stenozun varlığında total laminektomi yerine bilateral laminotomi ile yeterli dekompresyon sağlanabilmektedir. Ancak ciddi stenoz durumunda bilateral laminotomi ile dekompresyon yeterli olmayabilir. Aryanpur ve ark. lateral reses stenozu olan 32 olguda yaptıkları laminotomi ve foraminotomilerden %90 olguda mükemmel sonuç elde ettiklerini bildirmişlerdir (2). Kleeman ve ark. bu teknikle %80 iyi ve mükemmel sonuç elde etmişler, stenozla birlikte spondilolistezis olan olguların %87'sinde ilave kayma olmadığını bildirmişlerdir (28). Thome ve ark.'nın klasik laminektomi ile bu yöntemi kıyasladığı çalışmada hastaların 12 aylık takip sonucu VAS skorlarının belirgin düşük olduğu bildirilmiştir. Bel ve bacak ağrısının klasik laminektomi yapılan hastalara göre belirgin olarak daha az olduğu bildirilmiştir (56). Postacchini ve ark. retrospektif olarak yaptıkları çalışmada bilateral laminotomi ile klasik

laminektominin klinik sonuçları arasında bir fark olmadığını bildirmişlerdir (43).

Fenestrasyon, laminoforaminotomiye benzer şekilde orta hat yapılarının korunmasını, kemik ve yumuşak doku rezeksiyonunu en aza indirmeyi amaçlayan bir tekniktir. Foraminal stenoza bağlı izole sinir kökü basılarında kullanılır (49). Superior fasetin hemen altında 5 mm'lik bir pencere açılarak pedikülün inferior kısmı ve sinir kökü ekspoze edilir (50).

■ LAMİNOPLASTİ

Bir diğer dekompresyon tekniği de laminoplastidir. İlk olarak servikal ve dorsal bölgede kullanılmaya başlansa da sonradan lomber bölge için de tanımlanmıştır (26). Kısaca, hedeflenen laminada tek taraflı oluk oluşturulur ve spinöz proses kısmi rezekte edilir ve sonrasında lamina, yüksek devirli motor yardımıyla kesilir. Laminaya ve ipsilateral inferior artiküler prosese delik açılarak tel veya naylon dikişler konur. Kesilen lamina elave edilerek ligamentum flavum rezekte edilir. Sonrasında lamina 45° döndürülür, faset ve altındaki ligamentum flavum rezekte edilerek dekompresyon yapılır. Çıkarılan spinöz prosesler kemik blokları olarak şekillendirilerek delik açılır, tel



Şekil 4:
Mikroskopik
bilateral
laminotomi.



Şekil 5: Tübül sistemle mikrodekompresyon.

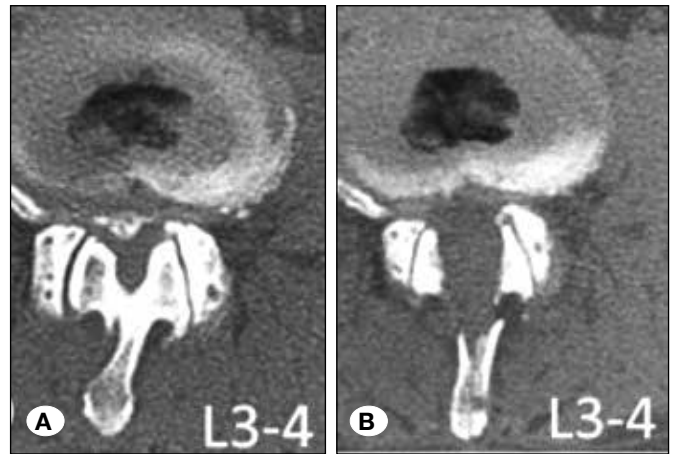
veya sütür kullanılarak lamina greft olarak kullanılan kemik ve artiküler proses bağlantısı yapılır. Bu teknikte spinal kanalın genişlemesi ve stabilitenin korunması amaçlanmaktadır (26)

■ TRANSSPINÖZ SPLİT LAMİNEKTOMİ

Weiner ve ark., paraspinal kasların iki taraflı kaldırılmasına gerek duyulmadan bilateral laminotomileri mümkün kılan bir spinöz proses osteotomisi tekniğini tarif ettiler (61). Bu teknikte, paraspinal kas sisteminin denervasyonunun az olması, ölü boşluğun ortadan kaldırılması ve spinal kanal açıklığının idame ettirilmesi amaçlanmaktadır. Spinöz proses üzerindeki fascia koter yardımıyla insize edilerek ortaya konur. İnterspinöz ve supraspinöz ligamanlar sublaminal alana ulaşmayı kolaylaştırmak için longitudinal olarak ayrılır sonra yüksek devirli motor yardımıyla spinöz proses drillenir. Sonrasında osteotom kullanılarak ile split spinöz proses osteotomisi uygulanarak spinöz proses iki ayrı yaprağa ayrılır. Her iki spinöz proses yaprağı laterale retrakte edilerek cerrahi alan genişletilir. Spinöz proses korteksleri, dolayısıyla buraya tutunan paraspinal kaslar korunur. Spinöz proses iç korteksi alınarak kalın ligamentum flavum ve dural kese ortaya çıkarılır. Dekompresyon lateral resekler ve foraminal alanlara kadar genişletilir. Ayrılan interspinöz ligamanlar ve spinöz proseslerin iki yaprağı birbirine dikilerek laminoplasti yapılır ve cilt, ciltaltı kapatılır. Paravertebral kas diseksiyonu yapılmayan bu teknikte tek seviye için ortalama süre 25 dakika, ortalama kan kaybı 42 cc olarak bildirilmiştir. Yazarlar bu yöntemin laminektomi için bir alternatif olduğunu söylemektedir (23). Namura ve ark. bu tekniği kullandıkları 124 hastalık lomber spinal stenoz serilerini, kayması olan ve olmayan olarak iki gruba ayırmışlardır (39). Kayma olan grupta postoperatif dönemde herhangi bir instabilite gelişmediğini bildirmişlerdir. Olgularının %12'sinde multifiduslarda hafif bir yağ infiltrasyonu meydana gelmiştir. Spinöz proses osteotomi tekniği, orta hat darlığında minimal invazif bir cerrahi yöntem olarak tercih edilebilir (5,11) (Şekil 6A, B).

■ İNTERSPİNÖZ İMPLANTLAR

İnterspinöz implantların temel etki mekanizması; lomber omurgayı kısmen fleksiyonda tutarak ekstansiyonun kısıtlanması,



Şekil 6: A) L3-4 dar kanal; B) faset eklemler korunarak transspinöz split laminektomi ile dekompresyon edilmiştir.

kanal içi alanı, nöral forameni genişleterek, kauda ekuina liflerine olan basıyı azaltmasıdır. İnterspinöz aralığın distraksiyonu flavumu gererek kanal içine taşınan miktarı azaltır, aynı zamanda foramenlerde dolaylı dekompresyon yapmaktadır. Siddiqui ve ark. interspinöz implant koydukları hastalarda preoperatif ve postoperatif MRG değerlendirmelerinde foramenlerde %25-35, kanalda ise %15-20 bir alan artışı saptamışlardır (51). İnterspinöz distraksiyon cihazları, genel anesteziyi tolere edemeyecek hastalar ile grade 1'i aşmayan spondilolistezisi olan ve özellikle ligamentöz lomber dar kanallı hastalarda tercih edilebilir. Perkütan ve lokal anestezi ile uygulanabilir. Kullanımı kolaydır, laminektomi gerektirmez, epidural skar dokusuna neden olmaz, BOS fistülü gibi komplikasyonlara neden olmaz. Fleksiyonu engelleyerek indirekt dekompresyon yapar; oluşturduğu indirekt dekompresyon ve fasetler üzerindeki yüklenmeyi ve intradiskal basıncı azalttığı için faset orijinli ve diskojenik ağrıların azalmasına katkıda bulunur (55). Lomber spinal stenoza bağlı nörojenik kladikasyonda interspinöz implant kullanımı konservatif tedaviden daha üstün, klasik dekompresif cerrahiye ise aynı etkinlikte bulunmuştur (21,27,51). Ayrıca grade 1 dejeneratif spondilolistezise bağlı nörojenik kladikasyonda da konservatif tedaviye daha üstün olduğu bildirilmiştir (1). Verhoof ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada ise, interspinöz implant uygulamasının dejeneratif spondilolistezisli lomber dar kanal olgularında yüksek oranda başarısız olduğu belirtilmiştir (60).

Lomber omurga darlığının tedavisinde birçok cerrahi teknik mevcut olmasına rağmen, hızla değişen cerrahi tekniklerin gelişimini destekleyen kanıtların yetersiz olduğu gözlenmekte ve klinisyenlere genellikle kendi görüş ve deneyimlerine güvenmeleri istenmektedir (25). Bu nedenle lomber spinal stenozu olan hastaların tedavisinde yaygın olarak uygulanan cerrahi tekniklerin etkinliğinin karşılaştırıldığı meta-analizler yayınlanmıştır.

Overdeest ve ark. toplam 733 katılımcıda 10 randomize kontrollü araştırmanın sonuçlarını değerlendirmiştir. Posterior orta hat yapılarını koruyan üç farklı teknik (tek taraflı laminotomi ile bilateral dekompresyon, bilateral laminotomi ve transpinöz split laminektomi) ile geleneksel laminektomi yöntemi karşılaştırılmıştır (40,41). Üç çalışmada (173 katılımcı) konvansiyonel laminektomi tek taraflı laminotomiyle kıyaslanmıştır. Dört çalışmada (382 katılımcı) konvansiyonel laminektomi tek taraflı laminotomi ile bilateral dekompresyon, dört çalışmada (218 hasta) konvansiyonel laminektomi ve transpinöz split laminektomi/laminotomisine karşı kıyaslanmıştır. Bu derlemede özellikle; kişinin kendine bakabilme ve günlük yaşam aktivitelerini yapabilme yetisi, hasta tarafından ifade edilen iyileşme ve bacak ağrısının iyileşip iyileşmediği sonuç ölçütleri araştırılmıştır.

Bu meta-analizde lomber dar kanal tedavisinde uygulanan üç farklı posterior orta hat yapılarını koruyan tekniğin konvansiyonel laminektomiye göre üstün olmadığı ortaya konulmuştur. Çalışmalar iyileşmeyi farklı olarak değerlendirmiştir. Postaccini ve ark. analjezik ihtiyacı, günlük yaşamsal aktivitelerini ve çalışmasını sürdürülebilmesi ve yürüme kapasitesi, bir başka çalışma görüşme sırasındaki bel ve bacak ağrısı, yürüme kapasitesi günlük aktivitelerinin kısıtlanması ile değerlendirmiştir (43). Konvansiyonel laminektomiye kıyasla bilateral

laminotomi lehine bulunmuştur. Ancak tek taraflı laminotomi ile bilateral dekompresyon ve transpinöz split laminektomi ile konvansiyonel laminektomi arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır (40,41).

Machado ve ark. farklı cerrahi tekniklerin etkinliğinin karşılaştırıldığı 17 çalışmayı değerlendirmişlerdir (33,34). Kıyaslamada kullanılan ana ölçütler farklı tipte girişimlerin etkinliği ve günlük yaşamlarını sürdürürken ne kadar az ağrı hissettikleriydi. Ayrıca bacak ağrısının iyileşip iyileşmediği, ameliyatta ne kadar kan kaybedildiği, ameliyatın ne kadar sürdüğü, hastanede ne kadar kaldığı, kaç hastada yeniden ameliyat yapıldığı ve tedavinin maliyeti de araştırılmıştır. Çalışma belirli alt başlıklarda değerlendirilmiştir.

■ LAMİNEKTOMİ/LAMİNOTOMİ

Altı randomize kontrollü çalışmadan toplam 475 hastadan elde edilen veriler, laminektomi tek taraflı (8,18,32,56) ve bilateral laminotomilerle (10,43) karşılaştırılmıştır. Ağrı için, laminotominin kısa ve uzun süreli izlemde; laminektomiye üstün olmadığı (kanıt düzeyi düşük), benzer şekilde, laminotominin, laminektomiye kıyasla, kısa ve uzun süreli izlemde engelliliği (kişinin kendine bakabilme ve günlük yaşam aktivitelerini yapabilme yetisi) daha fazla azaltmadığı (kanıt düzeyi yüksek ile orta) ortaya konulmuştur. Yürüme yeteneği açısından (radiküler ağrısı olmadan metre olarak yürüme mesafesi); laminotominin laminektomiden kısa süreli izlemde (kanıt düzeyi düşük) ve uzun süreli izlemde (kanıt düzeyi orta) daha üstün olmadığı ortaya konulmuştur.

■ LAMİNEKTOMİ/TRANSPİNÖZ SPLIT LAMİNEKTOMİ

Üç randomize kontrollü çalışmadan toplam 148 hastadan elde edilen verilerle, laminektomi, transpinöz split laminektomi ile karşılaştırılmıştır (32). Çalışmalarda ağrı ve engellilik arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Ayrıca JOA (0-100 arasında değişen) skoru ile değerlendirilen uzun dönem iyileşme hızında herhangi bir fark bulunmamıştır (kanıt düzeyi çok düşük).

■ LAMİNEKTOMİ/ENDOSKOPIK LAMİNOTOMİ

İki randomize kontrollü çalışmadan toplam 233 hastadan elde edilen veriler, laminektomi, endoskop yardımıyla laminotomi ile karşılaştırılmıştır (47,63). Endoskop yardımıyla laminotominin klasik laminektomi/laminotomi ile karşılaştırıldığında kısa ve uzun süreli izlemde engelliliği (kişinin kendine bakabilme ve günlük yaşam aktivitelerini yapabilme yetisi) daha fazla azaltmadığı (kanıt düzeyi yüksek ile orta) ortaya konulmuştur. Bu iki çalışmada ağrı yoğunluğu bildirilmemiştir.

■ LAMİNEKTOMİ-LAMİNOTOMİ/İNTERSPINÖZ İMPLANT

İki metodolojik kalitesi yüksek çalışmada toplam 259 hastadan elde edilen veriler, laminektomi/laminotomi dekompresyonunu ile x-stop ve coflex interspinöz implantları karşılaştırmıştır (36,54). İnterspinöz implantların ağrıyı azaltmada kısa süreli

izlemde (kanıt düzeyi orta) ve uzun süreli izlemde (kanıt düzeyi düşük) daha üstün olmadığı ortaya konulmuştur. Benzer şekilde kısa ve uzun süreli izlemde engelliliği (kişinin kendine bakabilme ve günlük yaşam aktivitelerini yapabilme yetisi) daha fazla azaltmadığı (kanıt düzeyi düşük) belirtilmiştir. Ek olarak kısa ve uzun süreli izlemde yürüme kapasitesinde (1200 metreyi 15 dakikada yürüme veya yürüme mesafesinde başlangıca göre 80 metre daha fazla artış) anlamlı artış olmadığı belirtilmiştir (kanıt düzeyi düşük).

■ KOMPLİKASYON VE REOPERASYON

Cerrahi teknikler arasında bildirilen komplikasyon oranı %4 ile %45 arasında değişen oranlarda yüksek değişkenlik göstermektedir. Çalışmalar geçici üriner retansiyondan, serebrovas-küler olaya kadar değişen türlerde komplikasyonlar bildirmiştir. Genel olarak, reoperasyon oranları %3 ile %28 arasında, interspinöz implant kullanılan grupta ise en yüksek reoperasyon oranı bildirilmiştir.

Dekompresyona füzyon eklenen grupta sadece dekompresyon yapılan gruba göre daha yüksek komplikasyon (%31, %13) ve reoperasyon oranı bildirilmiştir (%10, %3) (kanıt düzeyi düşük). Laminektomi grubu ile minimal invazif laminotomi uygulanan grup karşılaştırıldığında komplikasyon (%15, %10) ve reoperasyon (%9, %4) oranlarında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir (kanıt düzeyi orta). Laminektomi grubu ile spinöz proses osteotomisi uygulanan grup karşılaştırıldığında komplikasyon (%13, %4) ve reoperasyon (%3, %2) oranlarında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir (kanıt düzeyi düşük). Laminektomi/laminotomi ile endoskopik laminotomi uygulanan grup karşılaştırıldığında; komplikasyon (%16, %5) oranları önemli derecede yüksek bulunmuştur. Fakat reoperasyon (%3-%4) oranlarında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir (kanıt düzeyi düşük). İnterspinöz implant uygulanan grup ile laminektomi/laminotomi grubu karşılaştırıldığında; komplikasyon oranlarında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir (%7-% 5). Reoperasyon oranları (%28-%7) İnterspinöz cihaz uygulanan grupta anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (kanıt düzeyi orta).

■ DEKOMPRESYON/DEKOMPRESYON VE FÜZYON

Üç randomize kontrollü çalışmada dekompresyona füzyon eklenen toplam 133 hastadan elde edilen veriler değerlendirildiğinde sadece dekompresyon yapılan grupla karşılaştırıldığında ağrı, yürüme mesafesi açısından belirgin fark bulunmamış (kanıt düzeyi düşük) fakat füzyon eklenen grup anlamlı derecede pahalı bulunmuştur (7,16,19).

Ayrıca Wenli ve ark. tarafından 2017'de yapılan meta-analizde lomber dar kanal tedavisinde toplam 17785 olgudan oluşan 12417 dekompresyon ve 5368 dekompresyon ve füzyon tedavisi uygulanan hasta gruplarının karşılaştırıldığı 15 araştırmanın sonuçları değerlendirilmiştir. Dekompresyon ve füzyon ile tedavi edilen grup ile tek başına dekompresyonla tedavi edilen grup karşılaştırıldığında daha iyi klinik sonuçlar elde edilememiştir. Dekompresyon ve füzyon ile tedavi edilen grupta daha uzun bir operasyon süresi, daha fazla kan kaybı, daha fazla hastane kalış süresi ve daha yüksek komplikasyon riski bildirilmiştir (62).

■ SONUÇ

Lomber spinal stenozun tedavisinde birçok cerrahi teknik mevcut olmasına rağmen seçilecek cerrahi yöntemin belirlenmesinde rehberlik edebilecek bulguların kanıt düzeyi düşüktür. Bazı yayınlar laminektomi ve diğer nöral yapı dekompresyon tekniklerine; ilerleyen zamanda ortaya çıkabilecek potansiyel instabilite ve deformite riskini en aza indirmek amacıyla füzyonun eklenmesini önermektedir. Mevcut kanıtlar, basit laminektomi uygulanan hastaların yaşam kalitesini etkileyen instabilite veya deformite ile ilgili sorunlar yaşadıklarını kesin olarak göstermemektedir. Bu nedenle eldeki mevcut kanıtlara dayanarak, lomber spinal stenoz için basit dekompresif cerrahi teknikler, klinik uygulamamızın temelini oluşturmaktadır. Füzyon sadece kanıtlanmış spinal instabilite olguları için saklı tutulmalıdır. Son yıllarda teknolojik ilerlemelerle beraber, minimal invazif cerrahi tekniklerde de ilerleme kaydedilmiştir. Minimal invazif omurga cerrahisi yaklaşımları; daha küçük cilt insizyonu, daha az doku travması, hızlı iyileşme ve daha az hastanede kalış süresi gibi avantajlar sağlayarak geleneksel cerrahi ile kıyaslanabilir sonuçlar elde etmeyi amaçlamaktadır. Yapılan çalışmaların sayısının sınırlılığı, çalışma tasarımlarının ve metodolojilerinin zayıflığı sonuçlar açısından kısıtlılıklar getirmektedir. Bu tekniklerin güvenli ve etkili bir alternatif sunup sunmadığının saptanması için daha ileri ve yüksek kalitede araştırmalar gereklidir.

■ KAYNAKLAR

1. Anderson PA, Tribus CB, Kitchel SH: Treatment of neurogenic claudication by interspinous decompression: Application of the x-stop device in patients with lumbar degenerative spondylolisthesis. *J Neurosurg Spine* 4(6): 463-471, 2006
2. Aryanpur J, Ducker T: Multilevel lumbar laminotomies: An alternative to laminectomy in the treatment of lumbar stenosis. *Neurosurgery* 26(3): 429-432, 1990
3. Atlas SJ, Deyo RA, Keller RB, Chapin AM, Patrick DL, Long JM, Singer DE: The Maine Lumbar Spine Study, Part III. 1-year outcomes of surgical and nonsurgical management of lumbar spinal stenosis. *Spine* 21(15): 1787-1794, 1996
4. Aykaç B, Copuroğlu C, Ozcan M, Ciftdemir M, Yalınz E: Postoperative evaluation of quality of life in lumbar spinal stenosis patients following instrumented posterior decompression. *Acta Orthop Traumatol Turc* 45: 47-52, 2011
5. Banczerowski P, Vajda J, Veres R: Exploration and decompression of the spinal canal using split laminotomy and its modification, the 'archbone' technique. *Neurosurgery* 62(5 Suppl 2): ONS432-440, 2008
6. Bresnahan L, Ogden AT, Natarajan RN, Fessler RG: A biomechanical evaluation of graded posterior element removal for treatment of lumbar stenosis: Comparison of a minimally invasive approach with two standard laminectomy techniques. *Spine* 34(1): 17-23, 2009
7. Bridwell KH, Sedgewick TA, O'Brien MF, Lenke LG, Baldus C: The role of fusion and instrumentation in the treatment of degenerative spondylolisthesis with spinal stenosis. *J Spinal Disord* 6: 461-472, 1993

8. Cavusoglu H, Turkmenoglu O, Kaya RA, Tuncer C, Colak I, Sahin Y: Efficacy of unilateral laminectomy for bilateral decompression in lumbar spinal stenosis. *Turk Neurosurg* 17: 100–108, 2007
9. Cavuşoğlu H, Kaya RA, Türkmenoglu ON, Tuncer C, Colak I, Aydın Y: Midterm outcome after unilateral approach for bilateral decompression of lumbar spinal stenosis: 5-year prospective study. *Eur Spine J* 16: 2133–2142, 2007
10. Celik SE, Celik S, Goksu K, Kara A, Ince I: Microdecompressive laminotomy with a 5-year follow-up period for severe lumbar spinal stenosis. *J Spinal Disord Tech* 23: 229–235, 2010
11. Cho DY, Lin HL, Lee WY, Lee HC: Split-spinous process laminotomy and discectomy for degenerative lumbar spinal stenosis: A preliminary report. *J Neurosurg Spine* 6(3): 229–239, 2007
12. Cornefjord M, Byröd G, Brisby H, Rydevik B: A long-term (4- to 12-year) follow-up study of surgical treatment of lumbar spinal stenosis. *Eur Spine J* 9: 563–570, 2000
13. Diwan AD, Parvartaneni H, Cammisa F: Failed degenerative lumbar spine surgery. *Orthop Clin North Am* 34(2): 309–324, 2003
14. Erol Y: Spinal dekompresyon. *Türkiye Klinikleri J Orthop & Traumatol-Special Topics* 1(4):35–37, 2008
15. Genevay S, Atlas SJ: Lumbar spinal stenosis. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 24: 253–265, 2010
16. Grob D, Humke T, Dvorak J: Degenerative lumbar spinal stenosis. Decompression with and without arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am* 77: 1036–1041, 1995
17. Guiot BH, Khoo LT, Fessler RG: A minimally invasive technique for decompression of the lumbar spine. *Spine* 27: 432–438, 2002
18. Gurelik M, Bozkina C, Kars Z, Karadag O, Unal O, Bayrakli F: Unilateral laminotomy for decompression of lumbar stenosis is effective and safe: A prospective randomized comparative study. *J Neurol Sci* 29: 744–753, 2012
19. Hallett A, Huntley JS, Gibson JN: Foraminal stenosis and single-level degenerative disc disease: A randomized controlled trial comparing decompression with decompression and instrumented fusion. *Spine* 32: 1375–1380, 2007
20. Hee HT, Wong HK: The long-term results of surgical treatment for spinal stenosis in the elderly. *Singapore Med J* 44(4): 175–180, 2003
21. Hsu KY, Zucherman JF, Hartjen Ca, Mehalic TF: Quality of life of lumbar stenosis-treated patients in whom the x stop interspinous device was implanted. *J Neurosurg Spine* 5(6): 500–507, 2006
22. Issack PS, Cunningham ME, Pumberger M, Hughes AP, Cammisa FP Jr: Degenerative lumbar spinal stenosis: Evaluation and management. *J Am Acad Orthop Surg* 20: 527–535, 2012
23. Kanbara S, Yukawa Y, Ito K, Machino M, Kato F: Surgical outcomes of modified lumbar spinous process-splitting laminectomy for lumbar spinal stenosis. *J Neurosurg Spine* 22 (4): 353–357, 2015
24. Katz JN, Lipson SJ, Chang LC, Levine SA, Fossel AH, Liang MH: Seven- to 10-year outcome of decompressive surgery for degenerative lumbar spinal stenosis. *Spine* 21(1): 92–97, 1996
25. Katz JN, Lipson SJ, Lew RA, Grobler LJ, Weinstein JN, Brick GW: Lumbar laminectomy alone or with instrumented or non instrumented arthrodesis in degenerative lumbar spinal stenosis. Patient selection, costs, and surgical outcomes. *Spine* 22: 1123–1131, 1997
26. Kawaguchi Y, Kanamori M, Ishihara H, Kikkawa T, Matsui H, Tsuji H, Kimura T: Clinical and radiographic results of expansive lumbar laminoplasty in patients with spinal stenosis. *J Bone Joint Surg Am* 86(8): 1698–1703, 2004
27. Khoeir P, Kim KA, Wang MY: Classification of posterior dynamic stabilization devices. *Neurosurg Focus* 22(1): e3, 2007
28. Kleeman TJ, Hiscoe AC, Berg EE: Patients outcome after minimally destabilizing lumbar stenosis decompression: The ‘Port-Hole’ technique. *Spine* 25(7): 865–870, 2000
29. Kovacs FM, Urrutia G, Alarcon JD: Surgery versus conservative treatment for symptomatic lumbar spinal stenosis. A systematic review of randomized controlled trial. *Spine* 36(20): 1135–1151, 2011
30. Lee CK, Rauschnig W, Glenn W: Lateral lumbar spinal canal stenosis: Classification, pathologic anatomy and surgical decompression. *Spine* 13: 313–320, 1988
31. Lin PM: Internal decompression for multiple levels of lumbar spinal stenosis: A technical note. *Neurosurgery* 11: 546–549, 1982
32. Liu X, Yuan S, Tian Y: Modified unilateral laminotomy for bilateral decompression for lumbar spinal stenosis: Technical note. *Spine* 38: E732–E737, 2013
33. Machado GC, Ferreira PH, Harris IA, Pinheiro MB, Koes BW, Rzewuska M, Maher CG, Ferreira ML: Surgical options for lumbar spinal stenosis. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 11: CD012421, 2016
34. Machado GC, Harris IA, Pinheiro MB, Koes BW, van Tulder MW, Rzewuska M, Maher CG, Ferreira ML: Effectiveness of surgery for lumbar spinal stenosis: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE* 10(3): e0122800, 2015
35. Martin WCT, Andrew CPH, Ka-Kin CA: Prospective study on the outcome of degenerative lumbar spinal stenosis treated with open laminotomy. *J Orthop Trauma Rehabil* 16: 58–62, 2012
36. Moojen WA, Arts MP, Jacobs WC, Van Zwet EW: Interspinous process device versus standard conventional surgical decompression for lumbar spinal stenosis: Randomized controlled trial. *BMJ* 347: 6415, 2013
37. Mullin BB, Rea GL, Irsik R, Catton M, Miner ME: The effect of postlaminectomy spinal instability on the outcome of lumbar spinal stenosis patients. *J Spinal Disord* 9(2): 107–116, 1996
38. Nakai O, Ookawa A, Yamaura I: Long-term roentgenographic and functional changes in patients who were treated with wide fenestration for central lumbar stenosis. *J Bone Joint Surg Am* 73(8): 1184–1191, 1991
39. Nomura H, Yanagisawa Y, Arima J, Oga M: Clinical outcome of microscopic lumbar spinous process-splitting laminectomy: Clinical article. *J Neurosurg Spine* 21(2):187–194, 2014

40. Overvest GM, Jacobs W, Vleggeert-Lankamp C, Thomé C, Gunzburg R, Peul W: Effectiveness of posterior decompression techniques compared with conventional laminectomy for lumbar stenosis. *Cochrane Database Syst Rev* 3: CD010036, 2015
41. Overvest GM, Jacobs W, Vleggeert-Lankamp C, Thomé C, Gunzburg R, Peul W: Effectiveness of posterior decompression techniques compared with conventional laminectomy for lumbar stenosis. *Eur Spine J* 24(10): 2244-2263, 2015
42. Pao JL, Chen WC, Chen PQ: Clinical outcomes of microendoscopic decompressive laminotomy for degenerative lumbar spinal stenosis. *Eur Spine J* 18: 672-678, 2009
43. Postacchini F, Cinotti G, Perugia D, Gumina S: The surgical treatment of central lumbar stenosis. Multiple laminotomy compared with total laminectomy. *J Bone Joint Surg Br* 75: 386-392, 1993
44. Rajasekaran S, Thomas A, Kanna RM, Shetty AP: Lumbar spinous process splitting decompression provides equivalent outcomes to conventional midline decompression in degenerative lumbar canal stenosis: A prospective, randomised controlled study of 51 patients. *Spine* 38: 1737-1743, 2013
45. Rompe JD, Eysel P, Zöllner J, Nafe B, Heine J: Degenerative lumbar spinal stenosis. Long-term results after undercutting decompression compared with decompressive laminectomy alone or with instrumented fusion. *Neurosurg Rev* 22: 102-106, 1999
46. Rosen DS, O'Toole JE, Eichholz KM, Hrubes M, Huo D, Sandhu FA: Minimally invasive lumbar spinal decompression in the elderly: Outcomes of 50 patients aged 75 years and older. *Neurosurgery* 60: 503-510, 2007
47. Ruetten S, Komp M, Merk H, Godolias G: Surgical treatment for lumbar lateral recess stenosis with the full-endoscopic interlaminar approach versus conventional microsurgical technique: A prospective, randomized, controlled study. *Clinical article. J Neurosurg Spine* 10: 476-485, 2009
48. Schroeder GD, Kurd MF, Vaccaro AR: Lumbar spinal stenosis: How is it classified? *J Am Acad Orthop Surg* 24(12): 843-852, 2016
49. Shenouda EF, Gill SS: Laminar fenestration for the treatment of lumbar nerve root foraminal stenosis. *Br J Neurosurg* 16(5): 494-496, 2002
50. Siddiqui M, Nicol M, Karadimas E, Smith F, Wardlaw D: The positional magnetic resonance imaging changes in the lumbar spine following insertion of a novel interspinous process distraction device. *Spine* 30(23): 2677-2682, 2005
51. Siddiqui M, Smith FW, Wardlaw D: One-year results of x-stop interspinous implant for the treatment of lumbar spinal stenosis. *Spine* 32(12): 1345-1348, 2007
52. Sihvonen T, Herno A, Paljärvi L, Airaksinen O, Partanen J, Tapaninaho A: Local denervation atrophy of paraspinal muscles in postoperative failed back syndrome. *Spine* 18(5): 575-581, 1993
53. Spivak JM: Degenerative lumbar spinal stenosis. *J Bone Joint Surg Am* 80-A(7): 1053-1066, 1998
54. Stromqvist BH, Berg S, Gerdhem P, Johnsson R, Moller A, Sahlstrand T: X-stop versus decompressive surgery for lumbar neurogenic intermittent claudication: Randomized controlled trial with 2-year follow-up. *Spine* 38: 1436-1442, 2013
55. Swanson KE, Lindsey DP, Hsu KY, Zucherman JF, Yerby SA: The effects of an interspinous implant on intervertebral disc pressures. *Spine* 28(1): 26-32, 2003
56. Thome C, Zevgaridis D, Leheta O, Bazner H, Pockler-Schoniger C, Wohrle J: Outcome after less invasive decompression of lumbar spinal stenosis: A randomized comparison of unilateral laminotomy, bilateral laminotomy, and laminectomy. *J Neurosurg Spine* 3: 129-141, 2005
57. Truumees E, Fischgrund J, Herkowitz H: Management of spinal stenosis adjacent to a previously treated segment. *Semin Spine Surg* 11: 282-291, 1999
58. Verbiest H: A radicular syndrome from developmental narrowing of the lumbar vertebral canal. *J Bone Surg* 36(2): 230-237, 1954
59. Verbiest H: Pathomorphologic aspects of developmental lumbar stenosis. *Orthop Clin North Am* 6: 177-196, 1975
60. Verhoof OJ, Bron JL, Wapstra FH, Van royen BJ: High failure rate of the interspinous distraction device (x-stop) for the treatment of lumbar spinal stenosis caused by degenerative spondylolisthesis. *Eur Spine J* 17: 188-192, 2000
61. Weiner BK, Fraser RD, Peterson M: Spinous process osteotomies to facilitate lumbar decompressive surgery. *Spine* 24(1): 62-66, 1999
62. Wenli C, Peizhi Y, Yanbing Z, Ning W, Chen F, Yingze Z, Wei C: Effectiveness of decompression alone versus decompression plus fusion for lumbar spinal stenosis: A systematic review and meta-analysis. *Arch Orthop Trauma Surg* 137(5): 637-650, 2017
63. Yagi M, Okada E, Ninomiya K, Kihara M: Postoperative outcome after modified unilateral-approach microendoscopic midline decompression for degenerative spinal stenosis: *Clinical article. J Neurosurg Spine* 10: 293-299, 2009