

# Lomber İnterlaminar Aralığın Cerrahi Anatomisi

## Surgical Anatomy of the Lumbar Interlaminar Window

### Öz

Lomber omurga cerrahisinde posterior yoldan yaklaşım omurga cerrahları tarafından en sık kullanılan yöntemdir. Hızla yaygınlaşan minimal invaziv tekniklerde erken fonksiyonel düzelme, minimal travma, daha az kan kaybı, daha kısa hastanede kalış, minimal skar hedeflenmektedir. Bu yöntemlerin başarısını artıran faktörlerin belki de en önemlisi çalışma alanındaki anatomik yapıların ve birbirleri ile olan ilişkilerinin çok iyi bilinmesidir. İnterlaminar aralığın genişliği, sinir kökünün seyri, intervertebral disk aralığı ve herniasyonun çeşidi ve bu yapıların birbirleri ile olan ilişkisi çok iyi bilinmeli ve hasta özelinde çok titiz olarak değerlendirilmelidir. İlerleyen yaşla birlikte intervertebral disk yüksekliğinde azalma, faset hipertrofisi, ligamentum flavumdaki dejeneratif değişiklikler interlaminar aralığın anatomisinin dinamik olarak farklılaştığını göstermektedir. Ayrıca başarılı minimal lomber dekompresyon cerrahisi için 3D/CT ve ince kesit MRG üzerinde bireysel anatomi gözden geçirilmeli ve hedefler buna göre belirlenmelidir.

**Anahtar Sözcükler:** Anterior epidural ligaman, Midline interlaminar ligaman, Lomber interlaminar anatomi

### ABSTRACT

In lumbar spine surgery, the posterior approach is the most commonly used method by spine surgeons. Minimally invasive techniques that are rapidly becoming widespread aim at early functional recovery, minimal trauma, less blood loss, shorter hospital stays, and minimal scarring. One of the most important factors that enhances the success of these methods is a thorough understanding of the anatomical structures within the working area and their relationships with each other. The width of the interlaminar space, the course of the nerve root, the intervertebral disc space, and the type of herniation, as well as the relationships between these structures, should be well-known and meticulously evaluated on a per-patient basis. With advancing age, decrease in intervertebral disc height, facet hypertrophy, and degenerative changes in the ligamentum flavum indicate that the anatomy of the interlaminar space dynamically changes. Additionally, for successful minimal lumbar decompression surgery, individual anatomy should be reviewed on 3D/CT and MRI, and goals should be determined.

**Keywords:** Anterior epidural ligament, Midline interlaminar ligament, Lumbar interlaminar anatomy

### GİRİŞ

Lomber omurga cerrahisinde posterior yoldan yaklaşım omurga cerrahları tarafından en sık kullanılan yöntemdir. Cerrahlar dejeneratif hastalıklar, tümör, enfeksiyon, travma gibi farklı patolojilere yönelik müdahalelerde posterior girişimlere oldukça aşınadır. Ayrıca, son dönemlerde algolojik işlemler için de sıkça tercih edilmektedir. Klasik lomber omurga ameliyatlarında, büyük cilt insizyonu ve paravertebral kasların laterallere sıyrılması geniş bir çalışma alanına izin vermekte, dolayısıyla omurganın bileşenlerine hâkimiyet çok daha iyi olmaktadır. Bununla birlikte, gelişen teknoloji ve artan tecrübelerin neticesinde minimal invaziv teknikler hızla yaygınlaşmaktadır. Pek çok avantajı bulunan minimal invaziv yöntemlerin en büyük handikapı çalışma alanının darlığından ötürü hareket kabiliyetinin sınırlanmasıdır. Hızlı fonksiyonel

düzelme, kas ve stabilizan yapılara minimal travma, daha az kan kaybı, daha kısa hastanede kalış, minimal skar, daha hızlı normal hayata dönüş gibi avantajlar hedeflenerek uygulanan endoskopik yöntemlerin başarısını artıran faktörlerin belki de en önemlisi çalışma alanındaki anatomik yapıların ve birbirleri ile olan ilişkilerinin çok iyi bilinmesidir.

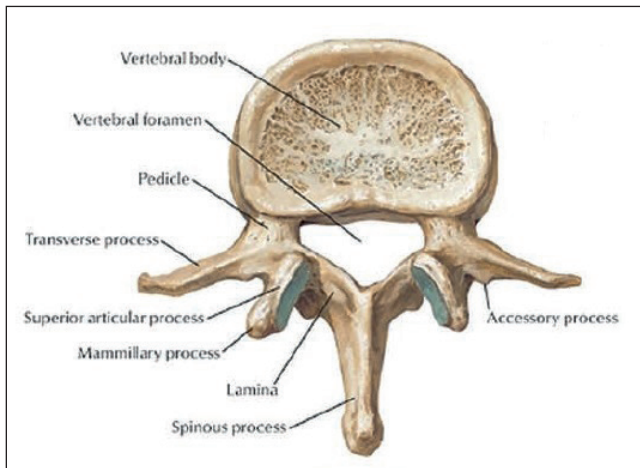
Lomber bölgedeki kemik yapıların anatomisi stabil olup anatomik varyasyona fazla rastlanılmamaktadır. Vertebra- ların önde korpusu, arkada arkusu yer almaktadır. Korpustan posteriora uzanan kollara pedikül adı verilmektedir ve arkaya doğru ilerledikçe genişleyerek yassılaşılarak laminayı oluşturur. Lamina ile pedikülün birleştiği yerde, superior artiküler proces, inferior artiküler proces ve transvers proces adı verilen çıkıntılar yer alır. Orta hatta, her iki laminanın birleştiği yerde arkaya doğru uzanan çıkıntıya ise spinöz proces ismi

verilir. Bir vertebranın pedikülünün alt çentiği ile altındaki vertebranın pedikülünün üst çentiği arasında kalan deliğe intervertebral foramen ya da nöral foramen denir ve buradan spinal sinir kökleri çıkar. Şekil 1'de lomber omurga ve bileşenlerinin üstten görüntüsü izlenmektedir.

Epidural boşluk dural keseyi çevreler ve önde posterior longitudinal ligament, arkada ligamentum flavum ve lamina'nın periosteumu ve lateralde pediküller ve intervertebral foramenlerle çevrilidir. Boşluk, intervertebral foramen yoluyla paravertebral boşlukla serbestçe iletişim kurar. Epidural boşluk, gevşek areolar bağ dokusu, yağ dokusu, lenfatikler, arterler, geniş ven pleksusları ve dural keseden çıkıp intervertebral foramenlerden geçen spinal sinir köklerini içerir.

Omurganın cerrahi anatomisinde bilinmesi gereken önemli bir yapı da ligamentum flavumdur. Posterior ligamentöz kompleksin bir komponentidir. Ligamentum flavum dörtgen şeklindedir ve ikinci servikalden birinci sakral omurlara uzanan 23 ayrı çift olarak bulunur. Süperfisiyal ve derin tabakası bulunan bifid yapıdadır ve yaşla birlikte elastikiyeti azalmaktadır. İnterlaminar aralıkta; alt omur üst laminasının üst kenarından, üstteki omur laminasının alt iç yüzüne, lateralde faset kapsülüne uzanmaktadır ve dik duruşu korumaya, hiperfleksiyonu önlemeye ve fleksiyondan sonra vertebral kolonun düzleşmesini sağlamaya yardımcı olmaktadır. Bu yapı, omurga cerrahisi esnasında, interlaminar aralığı kaplayarak hedefe ilerlerken geçilmesi gereken anatomik bir bariyer oluşturmaktadır. Son dönemlerde yapılan bir kadavra çalışmasında sağ ve sol ligamentum flavumun arasında yeni bir ligaman tanımlanmıştır ve orta hat interlaminar ligaman (MIL) olarak isimlendirilmiştir. Lomber omurganın rutin diseksiyonunda, orta hatta, vertikal seyirli, ince ve flavumdan farklı bir yapı olarak gözlenmiştir. Bu yapı spesmenlerin %76,5'inde gözlenmiştir. Omurga sırasıyla esnediğinde ve uzadığında MIL gevşek ve gergin hale geldiğinden, MIL' in gerilme mukavemetinin ligamentum flavumunkinin sadece yaklaşık yarısı kadar olduğu bulunmasına rağmen, MIL omurganın hiperkestansiyonunu önleme işlevi görebilir. Ayrıca yazarlar bu ligamanın proprioseptif fonksiyonu olabileceğini de belirtmişlerdir (13).

İnterlaminar aralık kullanıldığı yaklaşımda karşılaşılan bir diğer önemli yapı posterior longitudinal ligamendir (PLL). PLL'in anulus fibrozus ve anterior epidural venöz pleksusla



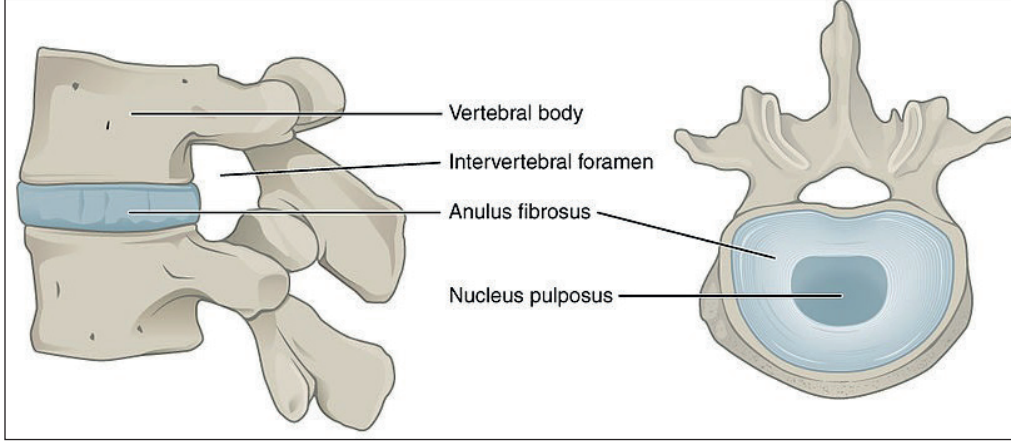
Şekil 1: Lomber omurga ve bileşenlerinin üstten görüntüsü.

olan özellikli ilişkisi önemli bir yer tutmaktadır. PLL vertebra korpusu boyunca dar disk mesafelerinde daha da genişleyen taraklı bir yapıya sahiptir ve bu ligaman diske venöz pleksus nedeniyle korpuse göre daha iyi yapışmış konumdadır (9). Diske olan bu sıkı yapışıklık üst lomber seviyeden aşağı lomber bölgeye gittikçe azalmaktadır ve yapısal farklılık disk herniasyonlarının kraniyal kaudale doğru daha posterior-lateralde oluşmasıyla ilişkilendirilmektedir. Ayrıca anterior venöz pleksus PLL'in yüzeysel (ki bu klasik PLL olarak da bilinmektedir) ve derin katmanları arasında yer almaktadır.

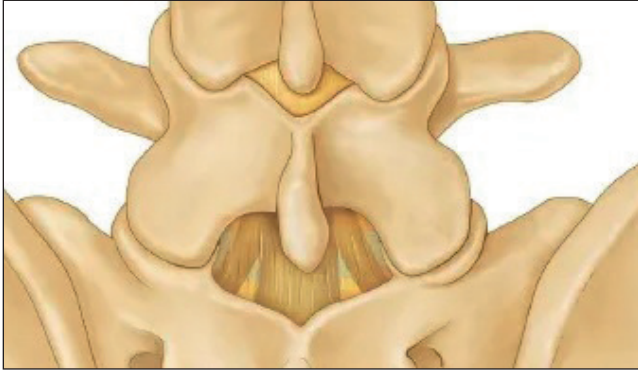
Epidural bölgenin anatomisinin diğer bir önemli parçasını PLL yüzeysel katmanı ile anterior dura arasında uzanan Hoffman ligamentöz kompleks oluşturmaktadır (12,16). Hoffman ligamentöz kompleksinin medial, lateral ve lateral radiküler olmak üzere üç farklı komponenti bulunmaktadır. Medial ve lateral Hoffman ligamanları tekal sakı spinal kanal içerisinde sabit tutarken lateral radiküler ligamen foramenlerden geçen sinir kökünün hareketini kısıtlayarak intradiskal basınç arttığında kökün posteriora doğru gerilmesini engeller ve dolayısıyla ağrıyı önleyici görev üstlenir. Sinir kökünün hareketin kısıtlanmasının radiküler ağrıyı önlediğini savunan görüşler olduğu gibi, aynı zamanda bu mekanizmanın herniye disk durumlarında sinir kökü basısının etiopatogenezisine katkı sağladığını savunan görüşler de bulunmaktadır (7,18). Bu ligaman yapılarının anatomik diseksiyonlarda C7'den L5'e seviyesine kadar her segmentte varlığı gösterilmiştir. Ancak alt lomber bölgelerde daha gelişmiş yapı da bulunmaktadır. Özellikle L5-S1 aralığında bu ligamentöz yapılar istenmeyen dural yırtıklara neden olabilir.

İntervertebral diskler (IVD), omurgaların arasında bulunan, disk biçimini almış fibröz kıkırdaktan ibaret yastıkcıklar. Temel görevi, omurgaya binen yüklerin biyomekanik gereksinimlere uygun bir biçimde emilip dağıtılmasına ve omurganın düzgün bir şekilde hareket etmesine olanak sağlamaktır. IVD ortada notokordan köken alan jel kıvamında nükleus pulpozus ve onun etrafını saran farklı yönlere dizilim gösteren kollojen lif katmanları ile anulus fibrozus ve son plaktan meydana gelmektedir. Şok emici özelliği sayesinde omurgayı kırılma ya da dejeneratif değişikliklerden koruyucu etkileri bulunmaktadır. Şekil 2'de intervertebral diskin yan ve üstten görüntüsü izlenmektedir.

Perkütan endoskopik girişimlerde L5-S1 mesafesi için teknik zorluklar (iliak krest, L5 transvers procesi, hipertrofik faset), diskin migrasyonu (%35-72) ve eşlik eden spinal stenoz gibi durumlarda transforaminal yaklaşımın problemlili olabileceği bilinmektedir (3,5). Ruetten ve ark. ve Choi ve ark. tarafından tanımlanan interlaminar yaklaşım, transforaminal yaklaşımın kullanımının sorunlu olduğu hastalar için perkütan endoskopik diskektomiye alternatif bir yaklaşım sağlar (1,10). İlk zamanlarda, interlaminar aralığın genişliğinin avantajı ile yoğun olarak L5-S1 aralığı ile başlayan prosedürler, bilgi, tecrübe ve endoskopik aletlerin gelişmesi ile diğer lomber mesafelere de müdahale imkânı sağlamıştır. İnterlaminar perkütan endoskopik yaklaşımlarda interlaminar aralığın anatomisinin detaylı olarak bilinmesi gerekliliğini doğurmuştur. İnterlaminar aralığın genişliği, sinir kökünün seyri, intervertebral disk aralığı ve herniasyonun çeşidi ve bu yapıların birbirleri ile olan ilişkisi çok iyi bilinmeli ve hasta özelinde çok titiz olarak değerlendirilmelidir. Aksi halde, patolojiye ulaşıp ortadan kaldırılması zorlaşmakta, geri dönüşsüz komplikasyonları beraberinde getirebilmektedir.



Şekil 2: İntervertebral diskin yan ve üstten görüntüsü.



Şekil 3: Vertebra posterior elemanları ve interlaminar aralığın arkadan görüntüsü.

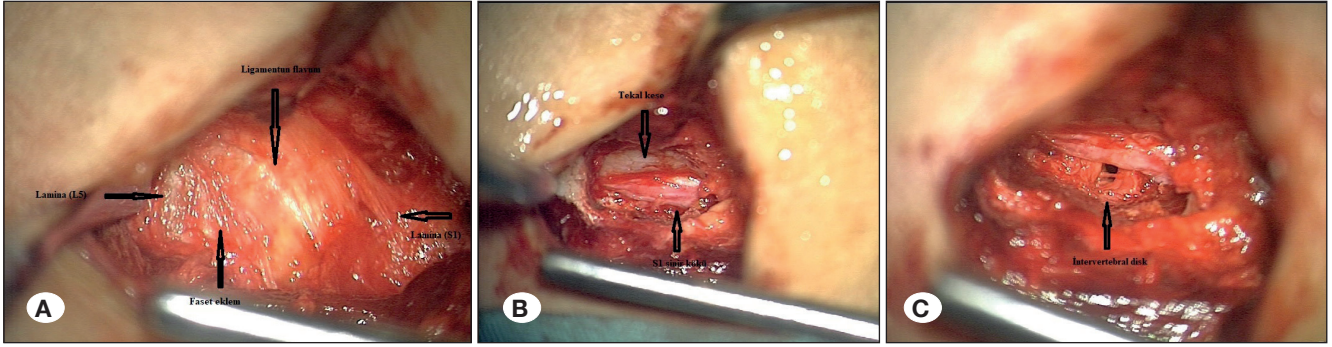
İnterlaminar perkütan endoskopik yaklaşımlarda interlaminar aralığın önemi daha da artmıştır. İnterlaminar genişliğin (iki taraflı faset eklemler arası mesafe)  $\geq 20$  mm olması hâlinde bu yaklaşımın uygulanabilirliği bildirilmiştir (15). Bu aralık sabit olmakla birlikte interlaminar boşluğun yüksekliği pozisyonla değişebilmektedir. Nötral pozisyonda L4-L5 mesafesinde, L3-L4 ve L5-S1 mesafelerine göre daha fazla ölçülmüş fakat istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Fleksiyon postüründe interlaminar boşluğun yüksekliğinin nötral ve ekstansiyona göre arttığı tespit edilmiştir (3). Ayrıca, ilerleyen yaşla birlikte intervertebral disk yüksekliğinde azalma, faset hipertrofisi, ligamentum flavumdaki yapısal değişiklikler gibi faktörlerle interlaminar aralığın anatomisinin farklılaştığı da bilinmektedir. Şekil 3'te vertebra posterior elemanları ve interlaminar aralığın arkadan görüntüsü izlenmektedir.

Düz radyografi, bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans görüntüleme gibi geleneksel görüntüleme yöntemleri, ameliyat öncesi planlama için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, interlaminar anatominin üç boyutlu konumsal ilişkisi iki boyutlu görüntülerden kolayca belirlenemez. 3D CT/MR füzyon görüntüleme ile interlaminar yaklaşımla perkütan endoskopik diskektomi üzerine yapılan bir çalışmada, konvansiyonel görüntüleme yöntemleri ile per-operatif planlama yapılan hastalarda, ameliyatta parsiyel ligamentum flavum eksizeyonu sonrası, etkilenen sinir kökünün lateraline yeterince ulaşılabilmesi neticesinde beklenmedik ekstra laminektomi ihtiyacı doğduğu bildirilmiştir (5). 102 hastalık bu çalışmada, 46 hastanın interlaminar aralığın genişliğinin yeterli olduğu, bunların büyük kısmında da patolojinin L5-S1 mesafesinde

gözlemlendiği bildirilmiştir. Bu çalışmanın neticesinde, interlaminar yaklaşımla perkütan endoskopik diskektomi yapılacak hastaların pre-operatif planlamasında 3D CT/MR füzyon görüntülerinin kullanılmasının, ilave parsiyel laminektomi ihtiyacı dahil olmak üzere yaklaşım tipinin, kökün omuz ya da aksilla kısımdan en iyi yaklaşımın belirlenmesine olanak sağladığı bildirilmiştir (5).

Perkütan interlaminar yolla endoskopik yaklaşımının başarısı, interlaminar aralığın konumu ve boyutu, dural keseden sinir kökünün çatallanma konumu ve herniye nükleus pulposusun konumu arasındaki 3 boyutlu ilişkinin doğru bir şekilde değerlendirilmesine bağlıdır. Sinir kökünün aşırı retraksiyonu bacak dizestezisine neden olabileceğinden, diski etkili bir şekilde çıkarmak için uygun ameliyat yolunu seçmek ve aynı zamanda çıkarma sırasında sinir köküne olan manüplasyonu en aza indirmek önemlidir. Anatomik ve radyolojik bir çalışmaya göre, L5 kökü genellikle L4-L5 diskinin kaudalinde ortaya çıkar ve S1 kökü genellikle L5-S1 diskinin kranialinde gözlenmektedir; bu anatomik özellikler, L5-S1 seviyesinde sinir kökünün aksiyel kısmına kolay erişim sağlar (14). Ayrıca kadavra çalışmalarında %14 oranında saptanan konjoined kök olasılığı da beklenmedik sinir kökü hasarından sakınmada unutulmamalıdır (8). Şekil 4'te interlaminar bölgenin per-operatif görüntüsü izlenmektedir.

İnterlaminar yolla endoskopik yaklaşımın başarısını artırmak için spinal köklerin orijinlerini ve bunların intervertebral diskler, vertebral cisimler ve foramenlerle olan ilişkilerini inceleyen yayınlar bildirilmiştir (11,14,15). Sakçı ve ark., endoskopik ve mikrocerrahi yöntemle interlaminar diskektomi ile ilgili olarak radyolojik 12 farklı parametreyi her seviye için ölçmüşlerdir. Alt lomber segmentlerde lateral reses çizgisinin genişliğinin arttığını ve üst lomber segmentlerde interlaminar aralığın yüksekliğinin arttığını tespit etmişleridir. Lateral reses çizgisi genişliği üst lomber omurgalarda  $>15$  mm, L4-L5 ve L5-S1 seviyelerinde  $>20$  mm, interlaminar aralığın yüksekliği lomber segmentlerde  $>10$  mm olarak ölçülmüş. Ayrıca L2-L3, L3-L4 ve L4-L5 seviyelerinde intervertebral diskin lateral reses hattının kranialinde, L5-S1 seviyesinde lateral reses hattının kaudalinde yer aldığı bildirilmiştir. Bununla birlikte, interlaminar boşluktaki parametrelerin dinamik değişikliklerden etkilenebileceği raporlanmıştır (11). Suh ve ark. yapmış olduğu radyolojik kadavra çalışmasında, L1 ile L4 seviyeleri arasında kökün orijininin her zaman karşılık gelen disk seviyesinin altında olduğu gösterilmiştir. L5 kökü genellikle L4-L5 diskinin altında ortaya çıkmasına rağmen, diskin üstünde



**Şekil 4: A)** L5-S1 seviyesine yönelik cerrahi yaklaşımda paravertebral kasların laterale sıyrılıp ekartör yerleştirilmesini takiben interlaminar bölgenin görüntüsü. **B)** İnferior parsiyel laminektomi ve flavum eksizyonu sonrası spinal kanalın görüntüsü. **C)** L5-S1 diskektomi sonrası tekal kese ve S1 sinir kökünün intervertebral disk mesafesi ile ilişkisinin görüntüsü.

veya hizasında da ortaya çıkabilir. S1 kökü genellikle L5-S1 diskinin kranialinde gözlenirken bazen de disk hizasındadır (14). Ayrıca bu çalışmada, sinir kökü açısının L1'den S1'e doğru yavaş yavaş azaldığı gözlenmiştir. Ebraheim ve arkadaşları, 15 kadavra üzerinde yaptıkları çalışmada, sinir kökü açısındaki varyasyonun L1'den L5'e 33.7° ile 39.2° arasında olduğunu, en küçük açı L2'de ve en büyük açı L5'te olmak üzere saptamışlardır (2).

Literatürdeki çalışmalarda ölçüm için düz röntgen, miyelografi, bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans görüntüleme kullanılmıştır. Bu nedenle, hem yöntemler hem de sonuçlar belirsiz ve heterojendir. Transvers spinal kanal çapı, çoğu çalışmada pediküllerin medial yüzleri arasındaki mesafe ve bazı çalışmalarda ligamentöz interfaset mesafesi olarak tanımlanmıştır (4,17). Wilimink ve ark., hem interligamentöz mesafe hem de interpediküler mesafe ölçümlerini çalışmışlardır. Bu yazarlar, ligamentöz interfaset mesafeyi L3-L4' te 10,2 mm, L4-L5'te 14,6 mm ve L5-S1'de 21,5 mm olarak, interpediküler mesafeyi L4' te 22,2 mm ve L5'te 25.4 mm olarak ölçmüşlerdir. Bu çalışma interpediküler ve interfaset ligamentöz mesafe arasındaki farkı ortaya koymaktadır (17). İnterlaminar aralığın transvers çapı hakkında daha doğru bir ölçüm olarak lateral reses çizgisini ölçen yazarlar, bu parametreyi L2-L3'te 16,3 mm, L3-L4'te 17,3 mm, L4-L5'te 21,7 mm ve L5-S1'de 27,7 mm olarak bildirmişlerdir (11).

Lateral reses çizgisi genişliği, interlaminar yaklaşımda rol oynayan tek parametre değildir. Bazı açısal parametrelerin de önemli olduğu bilinmektedir. Üst lomber segmentlerden lumbosakral segmente doğru inerken üst interlaminar açıda artış gözlenmektedir. Üst interlaminar açı L4-5 ve L5-S1 seviyelerinde >75°, L2-L3 ve L3-L4 IVD seviyelerinde <60° olarak saptanmıştır (11). Hem lateral reses çizgisi genişliği hem de üst interlaminar açı, özellikle L4-L5 ve L5-S1 mesafelerine interlaminar yaklaşım için uygun boşluğu genellikle içermektedir.

Yakın zamanda, başarılı endoskopik lomber dekompresyon cerrahisi için interlaminar anatomi üzerine 3D lomber bilgisayarlı tomografi ile ölçümler yapılarak çeşitli parametrelerin yaşla birlikte değişimi değerlendirilmiştir (6). İnterlaminar aralığın yüksekliğini temsil eden sagittal interlaminar mesafe (SILD) tüm seviyelerde yaşla birlikte azaldığı gözlenirken, seviyelere göre ise tüm yaş gruplarında L1-L2, L2-L3 seviyesinde L3-L4, L4-L5 seviyesinden daha yüksek, L5-S1 seviyesinde ise tüm gruplardan daha yüksek olarak saptan-

mıştır. İnterlaminar aralığın tek taraflı genişliğini temsil eden transvers interlaminar mesafe (TILD) tüm yaş gruplarında kademeli olarak L1-2'den L5-S1 seviyesine doğru artmaktadır. L1-L2 ve L2-L3 düzeyinde yaşla birlikte giderek azalırken L3-L4 seviyesinde ve altında kesin bir yön olmaksızın birçok varyasyon göstermiştir. Faset-orta hat açısının (FMA) ise seviyeler düştükçe, kademeli olarak azalmakta olduğu gösterilmiştir. Ölçülen SILD, TILD ve FMA sonuçları, her kişinin anatomik varyasyonu nedeniyle bir operasyonda indeks değerleri olarak kullanılamayabilir, ancak interlaminar aralığı çevreleyen kemik rezeksiyon miktarının hesaplanmasına yardımcı olabilir (6). Lomber omurganın yaşlanması tipik olarak disk yüksekliği kaybı ve faset eklem hipertrofisi olarak kendini gösterir. Ölçülen tüm parametrelerin değişiklikleri, bu dejeneratif süreçlerle yakından ilişkilidir ve interlaminar aralıkta daralmaya neden olur.

## SONUÇ

İnterlaminar aralığın cerrahi anatomisi omurga cerrahları için oldukça önemlidir. Minimal invaziv yöntemlerin yaygınlaşması ile daha fazla ilgi odağı hâline gelmiştir. Dar bir çalışma alanında oldukça hassas bir yapı olan nöral dokuya ulaşmak ve güvenli manevralarla patolojiyi gidermek temel hedef olduğundan bu bölgenin anatomisinin bilinmesi bu işi yapacak hekimler için öncelik olmalıdır. Teknolojideki ilerlemelere paralel olarak her geçen gün geliştirilen yeni cerrahi alet ve ekipman ile tedavi başarısını artırmak için anatomik bilginin yanında radyolojik görüntüleme yöntemlerinden faydalanılması kaçınılmazdır. Doğru hedefe, uygun bir şekilde yaklaşılması gerektiğinden, her hasta kendi özelinde, bireysel farklılıkları göz önünde bulundurularak cerrahi planlama ve sonrasında uygulama gerçekleştirilmelidir.

## KAYNAKLAR

1. Choi G, Lee SH, Raiturker PP, Lee S, Chae YS: Percutaneous endoscopic interlaminar discectomy for intracanalicular disc herniations at L5-S1 using a rigid working channel endoscope. Neurosurgery 58 Suppl 1:ONS59-68, 2006
2. Ebraheim NA, Xu R, Darwich M, Yeasting RA: Anatomic relations between the lumbar pedicle and the adjacent neural structures. Spine (Phila Pa 1976) 22(20):2338-2341, 1997

3. Fu M, Li Q, Xu Y, Jiang T, Xiong M, Xiao J, Li J, Ouyang J: Variation in spatial distance between the lumbar interlaminar window and intervertebral disc space during flexion-extension. *Surg Radiol Anat* 43(9):1537-1544, 2021
4. Herzog RJ, Kaiser JA, Saal JA, Saal JS: The importance of posterior epidural fat pad in lumbar central canal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 16 Suppl 6:S227-233, 1991
5. Hirayama J, Hashimoto M: Percutaneous endoscopic discectomy using an interlaminar approach based on 3D CT/MR fusion imaging. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg* 80(2):88-95, 2019
6. Kim JY, Kim HS, Wu PH, Jang IT: Anatomical importance of inner ligamentum flavum parameters for successful endoscopic lumbar decompression surgery. *J Minim Invasive Spine Surg Tech* 6(1):26-34, 2021
7. Kimmell KT, Dayoub H, Shakir H, Sincoff EH: Spinal dural attachments to the vertebral column: An anatomic report and review of the literature. *Surg Neurol Int* 2:97, 2011
8. Lotan R, Al-Rashdi A, Yee A, Finkelstein J: Clinical features of conjoined lumbosacral nerve roots versus lumbar intervertebral disc herniations. *Eur Spine J* 19(7):1094-1098, 2010
9. Loughenbury PR, Wadhvani S, Soames RW: The posterior longitudinal ligament and peridural (epidural) membrane. *Clin Anat* 19(6):487-492, 2006
10. Ruetten S, Komp M, Godolias G: A New full-endoscopic technique for the interlaminar operation of lumbar disc herniations using 6-mm endoscopes: Prospective 2-year results of 331 patients. *Minim Invasive Neurosurg* 49(2):80-87, 2006
11. Sakçı Z, Önen MR, Fidan E, Yaşar Y, Uluğ H, Naderi S: Radiologic anatomy of the lumbar interlaminar window and surgical considerations for lumbar interlaminar endoscopic and microsurgical disc surgery. *World Neurosurg* 115:e22-e6, 2018
12. Santos JLM, Kalthorn SP: Anatomy of the posterolateral spinal epidural ligaments. *Surg Neurol Int* 12:33, 2021
13. Simonds E, Iwanaga J, Ishak B, Reina MA, Oskouian RJ, Tubbs RS: Discovery of a new ligament of the lumbar spine: The midline interlaminar ligament. *Spine J* 20(7):1134-1137, 2020
14. Suh SW, Shingade VU, Lee SH, Bae JH, Park CE, Song JY: Origin of lumbar spinal roots and their relationship to intervertebral discs: A cadaver and radiological study. *J Bone Joint Surg Br* 87(4):518-522, 2005
15. Tonosu J, Oshima Y, Shibo R, Hayashi A, Takano Y, Inanami H, Koga H: Consideration of proper operative route for interlaminar approach for percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *J Spine Surg* 2(4):281-288, 2016
16. Wadhvani S, Loughenbury P, Soames R: The anterior dural (Hofmann) ligaments. *Spine (Phila Pa 1976)* 29(6):623-627, 2004
17. Wilmink JT, Korte JH, Penning L: Dimensions of the spinal canal in individuals symptomatic and non-symptomatic for sciatica: A CT study. *Neuroradiology* 30(6):547-550, 1988
18. Wiltse LL: Anatomy of the extradural compartments of the lumbar spinal canal. Peridural membrane and circumneural sheath. *Radiol Clin North Am* 38(6):1177-206, 2000