



**T.C.
MERSİN ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
BEYİN VE SİNİR CERRAHİSİ ANABİLİM DALI**

**ALT TORAKAL VE ÜST LOMBER VERTEBRA
PEDİKÜLLERİNDE BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE
YAPILAN MORFOMETRİK ÖLÇÜMLER**

**Dr. Necmettin ARAZ
UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Ahmet DAĞTEKİN**

MERSİN – 2014

TEŐEKKÜR

Mersin Üniversitesi Sağlık Araştırma ve Uygulama Hastanesi Nöroşirurji kliniğinde geçen uzmanlık eğitimim süresince engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, ağdaş, bilimsel ve teknik olanaklarla donatılmış bir klinikte çalışma koşullarını sağlayan, desteğini her zaman yanımda hissettiğim, başta değerli tez danışman hocam Doç. Dr. Ahmet DAğTEKİN olmak üzere değerli hocalarım, Prof. Dr. Celal BAğDATOğLU, Prof. Dr. Emel AVCI ve Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali KARATAő'a sonsuz teőekkür ederim.

Klinikte birlikte çalıştığımız Uzman Dr. Mutlu ALIMLI, Uzman Dr. Mehmet Tamer VARYEMEZ, asistan arkadaşlarım Dr. Gürkan BERİKOL, Dr. Mustafa AKCAN, Dr. Derya KARATAő'a, Radyoloji Anabilim Dalı öğretim üyesi Doç. Dr. Engin KARA'ya, hastanemiz yardımcı sağlık personel çalışanlarına, her türlü fedakârlığa katlanarak bugünlere gelmemi sağlayan her zaman yanımda hissettiğim güç ve gurur kaynağım olan ablalarım Őeminur ve Alev'e, beni dünyanın en şanslı çocuğu yapan hayatımın mimarları canım annem ve babam Seher-Hasan ARAZ'a ve beni dünyanın en şanslı adamı yapan hayat arkadaşım iğdemim'e sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Dr. Necmettin ARAZ
MERSİN, 2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET	5
ABSTRACT	6
GİRİŞ ve AMAÇ	7
GENEL BİLGİLER	9
Tarihçe	9
Pedikül Vida Fiksasyonunun Tarihçesi	11
Embriyoloji	12
Anatomi	14
Biomekaniksel Anatomi	16
Pedikül Vida Fiksasyonu İçin Fonksiyonel Anatomi	23
Pedikül Vida Fiksasyonu İçin Genel Bilgiler	26
Spinal Stabilite	27
Vertebra Kırıklarının Genel Özellikleri	31
Vertebra Kırıklarında Kullanılan Cerrahi Girişim Teknikleri	35
GEREÇ VE YÖNTEMLER	41
Çalışma Dizaynı	41
İstatiksel Analiz	45
BULGULAR	46
Pedikül Kalınlıkları	46
Pedikül Yükseklikleri	47
Transvers ve Sagittal Pedikül Açıları	49
İnterpediküler Mesafe	50
Spinal Kanal Sagittal ve Transvers Çapları	50
TARTIŞMA	52
SONUÇ ve ÖNERİLER	57
KAYNAKLAR	59
KISALTMALAR LİSTESİ	68
RESİMLER DİZİNİ	69
TABLolar DİZİNİ	71

ÖZET

Alt torakal ve üst lomber vertebra pediküllerinde bilgisayarlı tomografi ile yapılan morfometrik ölçümlerin değerlendirildiği çalışmamıza Ocak 2011 ile Haziran 2013 tarihleri arasında Mersin Üniversitesi Sağlık Araştırma ve Uygulama Merkezi Hastanesi polikliniklerine başvuran ve radyolojik olarak T9 ile L2 arasındaki vertebralarda morfolojik olarak tam ölçüm yapılabilecek toplam 100 olgu dahil edilmiştir. Olguların 54'ü erkek, 46'sı kadın olup yaşları 20-80 arasında değişmektedir. Olgularda her iki pedikül kalınlıkları, pedikül yükseklikleri, transvers ve sagittal pedikül açıları, interpediküler mesafe, spinal kanal transvers ve sagittal çapları ile ilgili parametreler bilgisayarlı tomografi görüntülerinde üç boyutlu rekonstrüksiyon işlemi gerçekleştirildikten sonra dijital olarak ölçüldü.

T9 ile L2 vertebra arasında her iki cinste pedikül kalınlığının en fazla sol L2 vertebra pedikülünde olduğu gözlemlendi. Sol L2 vertebra pedikül kalınlığı erkeklerde 6.934 ± 0.632 mm, kadınlarda ise 6.899 ± 0.572 mm olarak saptandı. Her iki cinste de pedikül kalınlığının en az T9 vertebra pedikülünde olduğu tespit edildi. Sol T9 vertebra pedikül kalınlığı erkeklerde 5.545 ± 0.488 mm, sağ T9 vertebra pedikül kalınlığı kadınlarda 5.441 ± 0.475 mm olarak ölçüldü. Transvers pedikül açısı en geniş olarak sağ T9 düzeyinde saptanmış olup açı 11.374 ± 0.572 derece olarak ölçüldü. Solda T9 vertebra düzeyinden T12 vertebra düzeyine kadar transvers pediküler açılarının azaldığı, aynı azalmanın sağda ise T11 düzeyine kadar devam ettiği belirlendi. Sagittal pedikül açısı en geniş T10 düzeyinde ölçülmüş olup açı 16.727 ± 1.303 derecedir.

Bu çalışmada; erişkin yaş grubundaki popülasyonda alt torakal ve üst lomber vertebralarda pedikül kalınlık, yükseklik ve açıları bilgisayarlı tomografi ile ölçülerek, torakolomber bileşke cerrahisinde oldukça sık uygulanan cerrahi bir yaklaşım olan transpediküler vida fiksasyonu tekniğinde kullanılacak pedikül vidasının uygun çap ve boyda seçimi ile perioperatif dönemde oluşabilecek komplikasyonların önüne geçilmesini sağlayacak parametreler ortaya konmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayarlı tomografi, lomber, morfometrik ölçüm, pedikül, torakal

ABSTRACT

To Evaluate the Morphometric Measurement of Lower Thoracal and Upper Lumbar Vertebrae Pedicles by Computer Tomography

One hundred patients who visited Mersin University Faculty of Medicine Hospital clinics between January 2011 and June 2013 who were adequate for radiological measurement of between T9 and L2 spines were enrolled to this study. 54 of the patients were men and 46 of the patients were women total age was between 20 and 80. After the three dimensional reconstruction on computer tomography the parameters such as pedicle width, height, transverse and sagittal angles of the pedicles, interpedicular distance, transverse and sagittal diameter of spinal canal were measured digitally.

The most pedicle width was determined in the left L2 vertebrae in both gender between T9 and L2. The width of left L2 was found 6.934 ± 0.632 mm in men and 6.899 ± 0.572 mm in women. The pedicle width was at least in T9 vertebrae in both gender. The left T9 vertebrae pedicle width was 5.545 ± 0.488 mm in men and right T9 vertebrae pedicle width was 5.441 ± 0.475 mm in women. The transverse pedicul angle was 11.374 ± 0.572 degree as the widest measurement. The transverse pedicul angle was decreasing from T9 to T12 vertebrae level on the left side, this decrease has been found to be continuing until T11 level on the right side. The sagittal pedicle angle was 16.727 ± 1.303 degree as the widest value at T10 level.

In this study the lower thoracal and upper lumbar vertebrae pedicle diameters were measured by computer tomography in adults. Prevention of the complications perioperatively and the prediction of the appropriate screw diameter and length selection preoperatively for the patients who has been planned transpedicular screw fixation that is used in thoracolumbar joint surgery is aimed.

Key Words: Computer tomography, lumbar, morphometrical measurement, pedicle, thoracal,

GİRİŞ ve AMAÇ

Torarakolomber (TL) bileşke anatomik yapısı ve biyomekanik özellikleri nedeni ile omurganın travmaya en açık bölgesidir.¹ Patlama kırıkları en sık TL bileşkede görülmektedir^{1,2,3,4,5}. TL bileşke hareket özelliği çok az olan torakal bölgeden vertebranın en hareketli bölgesi olan lomber bölgeye geçişin olduğu yerdir. Ayrıca bu seviyede subaraknoid mesafenin dar olması ve omuriliğin tüm spinal kanalı doldurması hastalarda oluşabilecek nörolojik defisit olasılığını arttırmaktadır^{4,5,6,7}.

TL bileşkede travma, tümöral lezyonlar ve bazı dejeneratif hastalıklar instabiliteye neden olabilmektedir. 1980'li yıllarda White ve Panjabi tarafından omurganın klinik stabilitesi için bir tanım getirilmiştir. White ve Panjabi "Fizyolojik yüklenmeler altında deformite artışı ve nörolojik defisit gelişimini önleyecek şekilde omurganın yerleşim düzenini devam ettirebilme yeteneğini" klinik stabilite olarak tanımlamışlardır^{8,9}. TL bileşkede en sık instabiliteye neden olan durum travmadır. Bu bölgede görülen travmalar neticesinde sıklıkla kırık ya da kırıklı çıkıklar oluşmaktadır. Patlama kırıkları TL bileşkede en sık görülen kırık tipidir⁴. Bu kırıklar aksiyel yüklenme sonucu vertebra cisminin hem ön hem de orta kolonunun zarar görmesi ve aynı omurgada bir ya da her iki son plağın zedelenmesi ile oluşur^{1,3,4}. Vertebra travmatik yaralanmalarında instabilite Denis'in anatomik 3 kolon modeline göre yapılan değerlendirme ile belirlenebilir³. Orta kolonda oluşabilecek hasar potansiyel bir instabilite kriteri olarak düşünülmektedir. Vertebra kırıklarında instabilite ve nörolojik defisit olmadığı durumlarda konservatif tedavi seçilebilecek bir tedavi yöntemidir. Ancak kanal basısı, nörolojik defisit ve kifotik deformitenin varlığı ile vertebra cisim yükseklik kaybının ileri derecede olduğu kırıklarda cerrahi tedavi endikasyonu vardır¹⁰. Uygulanacak cerrahi tedavinin amacı nörolojik durumun korunması, stabilitenin sağlanması, deformitenin düzeltilmesi ve erken rehabilitasyona zemin hazırlanması olmalıdır^{11,12,13}.

TL bileşke instabilitelerinin cerrahi tedavisinde transpediküler vida ile stabilizasyon günümüzde sık kullanılan cerrahi bir yöntem haline gelmiştir. Bu cerrahi prosedür nöroşirurji kliniklerinde yaygın olarak uygulanan bir girişimdir.

Transpediküler vida fiksasyonu operasyonları sırasında floroskopi kullanılmasına rağmen, pedikül anatomisi ve korpus morfolojisinin bilinmesi oldukça önem kazanmaktadır. Transpediküler vida uygulamalarında pedikül kalınlıkları ve yükseklikleri ile pedikülün transvers ve sagittal açılarının belirlenmesi peroperatif morbiditeyi azaltan önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda operasyon öncesinde pedikül kalınlıklarının, transvers ve sagittal pedikül açılarının bilinmesi son derece önemlidir. Çalışmamızda yaşları 20 ile 80 arasında değişen 100 hastada T9 ile L2 vertebra arasında pedikül kalınlıkları, pedikül yükseklikleri, interpediküler mesafe, spinal kanal transvers ve sagittal çapları, transvers ve sagittal pedikül açıları ölçülmüştür.

Çalışmamızda; T9-L2 arası vertebralarda yapılan ölçümler sonucu özellikle pedikül kalınlık ve yükseklikleri ile transvers ve sagittal pedikül açılarının Türk toplumunda olan değerleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Böylece bu bölgeye yapılacak olan transpediküler vida ile füzyon operasyonlarında kullanılacak olan vida kalınlık ve uzunluğu ile uygulama sırasında vidaya verilecek açıların belirlenmesi amaçlanmıştır.

GENEL BİLGİLER

Tarihçe

Vertebral kolon patolojileri uygarlığın başlangıcından itibaren insanlığın merak duyduğu ve ilgilendiği konular arasında yer almıştır. Vertebra ile ilgili ilk yazıtlara Edwin Smith Cerrahi Papirüslerinde rastlanılmaktadır¹⁴. MÖ 2500 civarında Mısırlı bir doktor olan Imhotep tarafından yazıldığı kabul edilen papiruslerde tarif edilmiş 48 vaka anlatılmakta ve bunlardan 6 tanesinde vertebral subluksasyon veya dislokasyonun olduğu spinal kord yaralanmasından bahsedilmektedir¹⁵.

Antik çağın en önemli hekimlerinden biri olan Hipokrat (MÖ 460-361) M.Ö. 400 yıllarında "Hekimlerin öncelikle omurganın yapısı hakkında bilgi sahibi olması" gerektiğini bildirmiştir. Ekstansiyonda longitudinal traksiyon ve deformiteye doğrudan bastırılarak yapılan bir redüksiyon manevrası tarif etmiş, günümüzde omurga cerrahisinde kullanılan birçok tekniğin öncü metodlarını tanımlamıştır^{16,17,18,19}. Hipokrat "Corpus Hipocraticum" adlı eserinde vertebral kolonun temel anatomisi hakkında bilgiler yer almaktadır. Kemik yapıların kaslar, ligamanlar ve diskler tarafından tutulduğunu, spinöz çıkıntı kırıklarının zararsız olduğunu, korpus kırıklarının ise omurilik hasarına neden olduğu için ölümcül olabileceğini bildirmiştir^{20,21}.

Aulus Aurelius Cornelius Celsus (MÖ 30) ilk defa servikal spinal yaralanmaya bağlı ani ölüm olabileceğini bildirmiş, Hipokrat'ın spinal traksiyon teorisini popülerize etmiştir. Spinal kord patolojilerinin anlaşılmasında en önemli adımlardan biri Yunanistan'da yaşamış olan Galen (MS 131-231) tarafından atılmıştır²². Galen, amfiteyatrolarda gladyatör doktoru olması nedeniyle birçok omurga travması ile karşılaşmış, lordoz, kifoz ve skolyoz gibi omurga deformitelerini ilk isimlendiren kişi olmuştur. Galen'in en büyük çalışması 'On Anatomical Procedures and On Affected Areas'adlı spinal kord fonksiyonlarını incelediği çalışmasıdır. Hayvan spinal kordları üzerinde yapmış olduğu çalışmalarda paralizinin veya duyu kaybının seviyelerini belirlemiştir. Galen iskelet sistemini tanımlamış, kas sistemi ile sinir sisteminin ilişkisinden söz etmiştir. Spinal kolonda ki birçok anatomik yapıyı uygun şekilde tanımlamış, 7

adet servikal, 12 adet torakal, 5 adet lomber omurga bulunduğunu, ligamentum flavumun alttaki duradan farklı, ligamentöz bir yapı olduğunu bildirmiştir^{20,21}.

Yunanistanlı bir hekim olan Paulus of Aegina (625-690), Hipokrat'ın spinal dislokasyonlar için uyguladığı traksiyon metodunu geliştirmiş, omurga kırıklarının reduksiyonundan sonra ince tahtalar kullanılarak tespit edilmesini gerektiğini ilk ortaya koyan kişi olmuştur. Bununla birlikte posterior elemanların kırılması ve spinal kordu itmesi durumunda laminektomi yapılması gerekliliğini, ağrının azaltılması için spinöz proçeslerin alınması gerektiğini belirten yine Paulus of Aegina olmuştur²³.

Anadolu'da omurga kırıklarının tedavisi ile ilgili bugüne ulaşan bilgi, Şerafettin Sabuncuoğlu'nun 1465 yılında "Kitab-ül Cerrahiye-i İlhaniye" adlı eserinde yer almaktadır. Bu eserde Hipokrat'ın ekstansiyon cihazına benzer bir düzenele traksiyon yapılırken, cerrah tarafından yapılan redüksiyonla kifozun nasıl düzeltileceği tanımlanmıştır²⁴.

Rönesans sonrası İtalya'da yaşamış olan Andreas Vesalius (1514-1564) "De Humani Corporis Fabrica Liberi Septum" adlı ayrıntılı anatomik diseksiyonlarını anlatan kitabını yayınlamış, intervertebral disk tanımlamasını ilk kez yapmış ve spinal ağrıların anatomik nedenlerini sistematik bir şekilde ifade etmiştir²⁵.

Alban Gilpin Smith 1829 yılında, düşme sonrası gelişen alt ekstremitte progresif paraparezisi olan genç bir hastada, etkilenen bölgenin spinöz proçeslerini çıkarmış, beraberinde ilk başarılı laminektomiye uygulamış, bunun sonucunda hastanın kliniğinde hızlı bir düzelme görülmüştür²⁶. İlk spinal fiksasyon ise 1887 yılında WF Wilkins tarafından spinöz çıkıntılara tel ile tespit yapılarak gerçekleştirilmiştir²⁷. 19.yy ikinci yarısından itibaren antibiyotik kullanımı, anestezinin daha iyi ve etkili uygulanması gibi cerrahiye çok büyük katkılar sağlayacak gelişmeler sayesinde vertebra cerrahisinde de hızlı gelişmeler kaydedilmiş ve başarılı cerrahi uygulama sayısı hızla artış göstermiştir.

Pedikül Vida Fiksasyonun Tarihçesi

İlk spinal füzyon uygulanan olgular 1911 yılında Hibbs ve Albee (posterior interlaminar füzyon) tarafından yayınlanmıştır²⁸. Don King 1944 yılında ilk kez stabilizasyon amacı ile vida kullanmış ve fasetlerde vidalama işlemi uygulamıştır. Post-operatif korse ve uzamış immobilizasyonu engellemek amacıyla vidanın yerleşimini laminanın inferior köşesine paralel ve faset eklemine dik olacak şekilde tanımlamış, ancak yinede cerrahi sonrası hastalara 3 hafta yatak istirahati uygulanmıştır. L5-S1 seviyesi vida ile fikse edilen ve greftlenen hastaların % 10'unda psödoartroz gelişmiştir. 1959 yılında Boucher ve 1964 yılında Pennel tarafından daha iyi sonuçların yer aldığı çalışmalar yayınlanmıştır³². Boucher ve Pennel daha uzun ve paslanmaz çelik vidaları inferior fasetten pediküle ve vertebral cisme doğru yerleştirmişlerdir. Harrington 1962 yılında sublaminer geçirdiği tellerle bağladığı rod ile uzun segment rijit stabilizasyon sağlamıştır. Torakolomber bölgede gerçek anlamda stabilizasyon Roy-Camille'in 1963 yılında transpedinküler vida uygulaması ile başlamış, bu cerrahi yöntemde vidalar aracılığı ile 3 kolonda füzyon segmenti içine alınmıştır^{29,30,31}.

Pedikül vida plak kullanımının en önemli kilometre taşı olarak kabul edilen gelişme ise; 1970 yılında Roy-Camille'in vida ile birlikte pedikül ve artiküler proçeslerde sagittal yerleşimli plak kullanımı ile gerçekleşmiştir³³. Anatomik çalışmaları takiben üretilen plaklar, kısa veya lumbosakral füzyonlar içinde uygun olabilen 4,5 mm kalınlığında pedikül vidalarına izin veren, gerektiğinde faset eklemlere de kısa vidalar konulabilecek şekilde düzenlenmiştir. Roy-Camille bu yöntemi spondilolistezisin de bulunduğu birçok spinal patolojiye uygulamış ve vakalarda % 100'e yakın başarı sağlamıştır.

Bu sistem daha sonra Cabot tarafından spinoz proçese kancalanmış orta hat lumbosakral plak ve transpediküler vidalarla sabitlenecek şekilde kullanmış olup Louis ve Maresca tarafından da geniş serilerle desteklenmiştir³⁴. Kabul gören sistem birçok modifikasyonla endikasyonu genişletilerek kullanılmaya başlanmıştır. Tullos tarafından 1969 yılında pedikül istmusuna yerleştirilen transpediküler vida fiksasyonu tarif edilmiş, progresif spondilolistezisi olan iki çocuk hastada enstrumantasyon ile birlikte L5 pedikül vidaları kullanılmıştır³⁵.

Alt torasik ve lomber vertebra için; eksternal transpediküler fiksasyon sistemi Magerl tarafından 1977 yılında geliştirilmiştir³⁶. Magerl'i takiben aynı sistem Dick tarafından 7 mm rodların kullanıldığı internal transpediküler sistem olarak geliştirilmiştir. Tüm yönlerde kompresyon, distraksiyon yapabilen sistemin eksternal sistemle karşılaştırılan biomekanik test sonuçlarına göre daha fazla rijiditeye sahip olduğu belirlenmiştir³⁷.

Yapılan birçok biyomekanik ve klinik çalışmayı takiben Krag 1986 yılında pediküler vida-rod sistemini tarif etmiştir (Vermont Spinal Fiksator: VSF)³⁸. İnterpediküler vida fiksasyon sisteminin transpediküler sisteme göre daha üstün olma sebeplerini şu şekilde sıralamıştır: 1) Dizaynları segmental olarak 2-3 vertebraya uygulanabilmekte olup, Harrington sistemi gibi daha uzun rod kullanımına gerek duyulmamaktadır. 2) Fleksiyon, ekstansiyon ve rotasyonel hareketlerle üç kolonunda fiksasyonu üç boyutlu olarak bu sistemle sağlanmaktadır. 3) Kırık ve spondilolistezis vakalarında spinal kolona hook veya teller ile zarar vermeden kullanılabilir. Daha önce tariflenmiş sistemleri de içeren ve yeni nesil üç boyutlu düzeltmeye imkan veren vida ve kanca ile rod veya plak ile spinal enstrumantasyon sistemleri ise; Yves Cotrel ve Jean Dubousset tarafından 1984 yılında kullanılmaya başlanmış ve halen günümüzde kullanılmaya ve geliştirilmeye devam edilmektedir³⁹.

Embriyoloji

İskelet sistemi, kıkırdak ve kemik dokusundan köken alır. Bu iki dokunun embriyolojik kaynağı mezodermdir⁴⁰. Toplam 42-44 çift olan somitlerin 4'ü oksipital, 8'i servikal, 12'si torakal, 5'i lomber, 5'i sakral, 8-10'u da koksigeal olarak farklılaşır. Son 5-7 koksigeal somit gerilerken, oksipital somitler bazis kranii ve kranioservikal eklemleri meydana getirmektedir. Somit hücreleri çoğaldıkça üçgen halini almakta ve üç yönde gelişmektedir. Dorsaldeki ektoderme komşu hücrelerden ilerde deri örtüsünü oluşturacak dermatom, bunun medialindeki hücrelerden adaleleri ve posterolateral vücut duvarını oluşturacak miyotom, ventral ve medialdeki hücrelerden de omurgayı ve kostaları oluşturacak sklerotom gelişir⁴¹. Sklerotom plaklarının mezenkim

hücreleri 4. haftanın ortasında mitoz ile çoğalarak bu üç bölgeye doğru göç ederler⁴⁰.

Sırt ipliğini çevreleyen mezenkim hücreleri, her bir sklerotomun üst yarısında gevşekçe, alt yarısında ise sıkıca bir araya gelirler. Sıkı hücreli yarımdan ayrılan belirli sayıdaki mezenkim hücreleri, yukarı yönde, myotomplaklarının orta bölgesi düzeyinde birikerek omurlar arasındaki diskleri oluştururlar. Sıkı hücreli yarımın geri kalanı ile hemen altındaki gevşek hücreli sklerotom yarımı birleşerek her bir omurun mezenkim taslağını biçimlendirirler. Her bir omur, ardı ardına gelen iki sklerotom yarımından oluştuğu için segmentler arası yapı olarak tanımlanırlar. Sinir uzantıları, omurlar arası disklerle yakın ilişki içerisinde gelişirken, segmentler arası arterler omur gövdelerinin yan kısımlarında yer alır⁴⁰.

Sırt ipliği, gelişen omur gövdeleri ile sarıldıkça dejenere olmaya başlar. Omurlar arası disklerin ortalarını jelatin kıvamındaki nükleus pulpozus dokusu doldurur. Dairesel sıkı bağ dokusundan oluşan kollajen demetler (annulus fibrozus) ile çevrelenen nükleus pulpozuslar omurlar arası diskleri oluştururlar.

Her bir mezenkim omur taslağı, 6. haftadan başlayarak kıkırdağa dönüşür. Gövde bölgesindeki iki merkezde ve kavisteki kıkırdaklaşma odakları yayılıp kaynaşırlar⁴⁰.

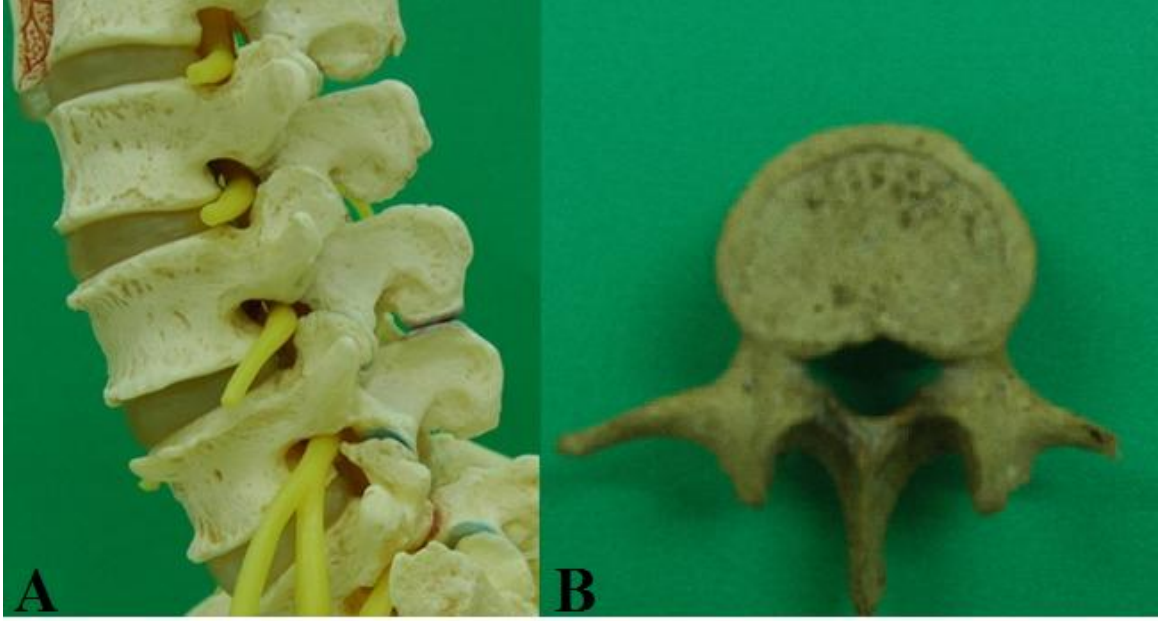
Yenidoğanda her bir omur, birbirine kıkırdak bölmeler ile tutunan gövde ve kavis yarımalarıyla üç parça şeklindedir. Yaşamın ilk 3-5 yılında omur kavisinin yarımaları solid kemik dokusuna dönüşerek kaynaşırlar. Kemikleşme, bel omurlarından başlayarak kaudal ve kranial yönde uzanır. Omur kavisleri, omur gövdesine nörosantral eklemlerle bağlanırlar. Omuriliğin gelişim sürecinde merkezi kanala uyumunu bu eklemler sağlar. Yaşamın 6. yılından sonra nörosantral eklemler kemikleşerek ortadan kalktığında, gövde ve kavis kısımları bütünü ile kaynaşmış olur^{40,42}.

Anatomi

Omurga mekanik bir yapıdır. Anatomik yapı vertebra, faset, ligaman ve kas gibi karmaşık sistemlerle kontrol edilir. Omurganın üç temel görevi vardır: yük aktarma, harekete izin verme ve hayati öneme sahip olan omurilik ile kauda ekuimayı koruma⁴³. İnsanda omurga toplam 33 adet vertebranın birleşmesinden oluşmuştur. Yedi tane servikal, 12 tane torakal ve 5 tane de lomber vertebrada bulunurken, ayrıca birbiri ile kaynaşmış 5 tane sakral ve 4 tane de koksigeal vertebra bulunmaktadır.

Vertebralar yer aldığı bölgeye göre büyüklük ve şekil olarak değişiklik göstermektedir. Yukarıdan aşağıya inildikçe hem derinliği hem de genişliği artan vertebraların ön tarafta korpusu, arka tarafta ise arkusu yer alır. Korpus, genelde elips bir şekildedir ve süngersi medullayı çevreleyen yoğun kemik içeren korteksten oluşmuştur. Korteksin üst ve alt düzlemlerine vertebral son plak denir. Vertebraların korpusundan arkaya doğru uzanan kollara pedikül adı verilir. Pediküller arkaya doğru ilerledikçe yassılaştır ve genişler. Pediküllerin bu kısmına lamina adı verilir. Korpus, pedikül ve lamina birlikte bir forameni çevreler. Buna foramen vertebrale denir. Eklem yapmış kolumna vertebraliste, foramen vertebralelerin üst üste binmesiyle oluşan kanala kanalis vertebralis adı verilmektedir. Bu kanal içerisinde medulla spinalis, zarlar ve spinal sinir kökleri yer alır. Lamina ve pedikülün birleştiği yerde üç çift çıkıntı yer alır. Bunlara superior artiküler proçes, inferior artiküler proçes ve transvers proçes denir. Orta hatta iki laminanın birleştiği yerde arkaya doğru uzanan tek bir çıkıntı yer alır ve buna spinöz proçes denir. Üstteki vertebranın inferior artiküler poçesi, alttaki vertebranın superior artiküler poçesi ile eklem yapar⁴³.

Vertebralara lateral yönden bakıldığında, korpus, pedikül ve superior artiküler proçes arasındaki çentiğe insisura superior denir. Aynı şekilde korpus, pedikül ve inferior artiküler proçes arasındaki çentiğe ise insisura inferior adı verilir. İnsisura inferior, insisura superiora göre daha derindir. Eklem yapmış kolumna vertebraliste bu iki insisuranın birleşmesiyle oluşan foramene, intervertebral foramen adı verilir. Bu foramenden sinir kökleri çıkar⁴³ (Resim 1A-B).



Resim 1. A: Sinir köklerinin intervertebral foramenden çıkışı; **B:** Lomber vertebranın aksiyal görünümü izlenmektedir.

Vertebral kolonun yapı ve fonksiyon birimi hareket segmenti olarak adlandırılır. Bir hareket segmenti; nukleus pulpozus, anulus fibrozus ve kırık uç plaklardan oluşan intervertebral disk, komşu vertebral cisimlerinin yarısı, anterior longitudinal ligaman, posterior longitudinal ligaman, ligamentum flavum, faset eklemler ile omurga kanalı ve intervertebral foramenler ile aynı seviyede bulunan spinöz ve transvers çıkıntılar arasında yer alan bütün yumuşak dokular oluşturmaktadır. Omurganın değişik bölümlerine ait omurlar arasında büyüklük ve şekil bakımından bazı farklılıklar olmakla birlikte, temel fonksiyon ve morfolojik özellikler birbirine benzer şekildedir⁴³.

Torakal omurga servikal omurga ile lomber omurga arasındaki 12 adet omurdan oluşur. Torakal omurların tümü kaburgalar ile eklem yapar. Kaburgalar, sternum ve torakal omurga beraberce göğüs kafesini oluşturur. Göğüs kafesi kalbi, ana damarları ve akciğerleri barındırır; omuz kemerini destekler. Lomber omurgaya göre mekanik streslerden daha az etkilenir ve daha fazla rotasyon yapabilir.

Torakal omur gövdesinin transvers ve ön-arka uzunlukları birbirine eşittir. Omur gövdesinin süperior tarafında posterolateral köşede süperior kostal eklem; alt posterolateral köşede inferior kostal eklem bulunur. Pediküller superior kostal eklem sonrası başlar ve laminalar ile devam eder. Laminaların pediküller ile birleşim yerlerinin üst tarafında süperior eklem yüzleri; alt taraflarında ise inferior eklem yüzleri vardır. Süperior eklem yüzleri dorsal ve lateral, inferior eklem yüzleri ventral, aşağı ve medial yönündedir. Yine pediküller ve laminalar birleşim noktalarından laterale transvers çıkıntılar uzar. Transvers çıkıntı üzerinde kaburga tüberkulumu ile eklem yapan transvers kostal eklem bulunur.

Lomber omurga servikal omurgaya yakın hareket açıklığı ile omurganın mobil bir bölümüdür. Ayrıca gövde ağırlığının çoğunu taşır. Lomber omurga 5 adet omurdan meydana gelir. Omurilik L1-L2 seviyesinde conus medullaris ile sonlanır, cauda equina ve nörolojik özellik taşımayan filum terminale ile devam eder.

Transvers çıkıntılar kostoid çıkıntı olarak adlandırılabilir; çünkü kaburgaların kalıntısı olduğu düşünülür. Kostoid çıkıntılarının posteriorunda aksesuar çıkıntılar bulunur; bunların ise torakal omurlardaki transvers çıkıntılarının kalıntıları olduğu düşünülmektedir. Spinöz çıkıntılar dikdörtgen şeklindedir ve daha kalındır. Lomber bölgenin faset eklemleri frontal düzlemlerle 45 derece, aksiyel düzlemlerle 90 derece açı yapmaktadır. Bu sayede fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerine izin verirken rotasyonu kısıtlar.

Biomekaniksel Anatomi

Omurga biyomekaniği hakkında bilgilenmek amacıyla en temel birim olarak "fonksiyonel spinal birim" den yararlanmak gerekir. Hareket segmenti olarak da adlandırılmış olan bu hareket birimi iki ardışık vertebra, aradaki intervertebral disk, ön ve arka longitudinal ligamanlar, faset eklemi ve kapsülü, ligamentum flavum ve interspinöz ligamanlardan oluşmaktadır.

Bir hareket segmentinin hareketleri bir koordinat sistemi içinde ele alınır. Kartezyen koordinat sisteminde rotasyon eksenini çevresinde X, Y ve Z

eksenlerinde 12 potansiyel hareket yapılır. Bu hareketler her eksen boyunca ileri geri iki kayma ve ters yönde iki rotasyon şeklindedir.

Hareket yelpazesi nötral zon ve elastik zon olmak üzere iki zondan oluşmaktadır. Bu iki bağımsız parametre bifazik ve lineer olmayan spinal hareketi temsil eder. Nötral zon, herhangi bir iç direnç olmaksızın kolaylıkla yapılabilen harekettir, nötral pozisyon etrafında fleksibilite ve yumuşaklığı ifade etmektedir. Elastik zon ise iç direnç başladıktan sonra hareketin yapıldığı zondur, hareket yelpazesi sınırında oluşan yüksek katılığı temsil etmektedir.

Vertebral kolon birçok kuvvetin etkisi altında kalır. Bu kuvvetler gerilme, fleksiyon, ekstansiyon, lateral bending, kompresyon, makaslama, torsiyon ve kombine yüklenme (torsiyon+kompresyon) kuvvetleridir. Bu kuvvetlere, omurga ve omurga ile eş çalışan intervertebral disk, ligaman ve kaslar tepki gösterirler. Bu tepki sınırı her bir yapı için farklı şekildedir. Rijit bir yapı olan omurga ile elastik bir yapıya sahip kas, ligaman, diskler ve fasetler aynı kuvveti taşıyamazlar. Omurgaya gelen aksiyel yükün çoğunu korpus taşımaktadır. Vertebra korpusu çapları, taşıdıkları yükü orantılıdır. Fasetler ekstansiyon postüründe değillerse, omurgaya gelen yükü tek başına taşıyamazlar. Fasetler biyomekanik açıdan önemli yapılardır. İleri derecede hasarlanmaları (travmatik, iyatrojenik v.s) omurgayı biyomekanik açıdan zayıflatır^{44,45,46}.

Ligamanlar, omurgaya gelen yükü paylaşarak destek olan yapılardır. Bunlar esas olarak; anterior ve posterior longitudinal ligamanlar, ligamentum flavum, interspinöz ligaman ve kapsüller ligamandır. Bir ligamanın etkinliği morfolojisine ve kısmen etkinliğini gösterdiği kuvvet koluna bağlıdır⁴⁶. Kaslar stabilite üzerinde, nötral zonun büyüklüğünü sınırlayarak etki gösterirler. İntervertebral diskler, biyomekanik açıdan destek sağlayıp şokları absorbe eden yapılardır. Yapısındaki nükleus pulposus harekete izin verirken, annulus fibrozis harekete karşı direnç gösterir. Diskin aksenel streslere direnç gösterme özelliği yaş ilerledikçe azalır.

Pediküller her segmentin dorsal ve ventral komponentini birleştirir. Laminalar spinal kanal için çatı görevi yapar. Faset eklemler; rotasyon, fleksiyon, ekstansiyon, yana eğilme ve kaymayı sınırlar. Kaslar ve ligamanlar hareket imkanı sağladıkları gibi gerektiğinde de hareketin kısıtlamasını sağlar.

Kas ve ligamanlar bir ölçüde aksenel yük taşımaya olanak sağlar⁹. Yukarıdan aşağıya doğru inildikçe vertebra korpusunun hem genişliği, hem de derinliği artar.

Yine vertebra korpusu yüksekliği de yukarıdan aşağıya doğru giderek artar. Bu ilişkinin kısmen tek istisnası, C6 ve alt lomber seviyelerdir. C6 vertebra korpusunun yüksekliği genellikle C5 ve C7 vertebralarına göre daha azdır. Alt lomber vertebraların yüksekliğide L2 vertebra korpusunun yüksekliğine göre daha azdır.

Aşağıya doğru gidildikçe vertebra korpusunun büyüklüğü giderek artar. Vertebra korpusunun çapındaki bu artış vertebra korpusunun strese karşı koyma yeteneğini arttırır. Alt lomber bölgedeki spinal fraktür oranının azalması kısmen de olsa bu bölgedeki lomber vertebranın kuvvete direncinin artması ile ilgilidir. Diğer nedeni ise omuğun anatomisinden dolayı aksenel yükün dağılımıdır⁴⁷.

Vertebra korpusunun şekli bölgeden bölgeye değişir. Genelde silindirik görünümde ise de, korpusun spinal kanala bakan arka yüzeyi konkavdır. Bu konkavite kısmen, vertebra korpusunun dorsal korteksine vida yerleştirmenin kritik olduğu ventral spinal operasyonlarında önem kazanır. Lateral filmin yanlış yorumlanması ile vida nöral hasara yol açabilir. Temelde fasetler kendi başlarına ekstansiyon postüründe olmadıkça, aksenel yükleri taşıyamaz⁴⁸.

Servikal bölgedeki faset eklemleri koronal planda oryante olduklarından, fleksiyon ekstansiyon, yana eğilme ve rotasyona karşı direnebilme güçleri nispeten azdır. Lomber bölgede ise fasetler sagittal düzlemde oryante olmuşlardır. Bu nedenle bu bölgedeki fleksiyon ve kaymaya karşı az bir direnç gösterebilirken, rotasyona karşı belirgin bir direnç vardır. L5-S1 eklemindeki faset hemen hemen koronal düzlemde oryante olmuştur. L5-S1 ekleminin subluksasyon insidansının nispeten düşük olmasında bu koronal oryantasyon sorumlu olabilir. Bir başka deyişle, L5-S1 disk aralığının nisbeten vertikal oryantasyonuna karşın, dejeneratif spondilolistezisde L4-5 subluksasyonu, L5-S1'e göre daha sık görülür. Lamina; dural keseyi arkadan korurken, spinöz proçeslerin tabanını oluşturur. Kaslar ve ligamanlar sıkı bir şekilde spinöz

proçeslere tutunur. Spinöz proçesler aracılığı ile uygulanan kuvvetler omurgayı hareket ettirebilir.

Patolojik olmayan omurgada spinal kanal çapları ve dolayısıyla ekstramedüller alan geniştir. Spinal kanal üst servikalde en geniş çapa sahip iken, üst torakalde en dar çapa sahiptir. Lomber bölgede hem epidural hem de intradural aralık geniştir. Bununla birlikte önceden bir kanal darlığı varsa, söz konusu kanal genişliğine fazla güvenilmemelidir. Bu durum özellikle sublaminar enstrümantasyon planlandığında, nöral elemanları hasara uğratabilme açısından önemlidir. Lomber spinal kanalın derinliği üst lomberden alt lombere doğru çok fazla değişim göstermez ancak genişliği artar. Enine kesitleri alındığında lomber ve sakralda kanal alanları geniştir. Bu bölgede kanalın içinde kauda equina lifleri bulunur ve darbelere karşı omuriliğe göre kısmen daha dirençlidirler. Bu yüzden lomber bölgede, posttravmatik nöral yaralanma, başka herhangi bir yerdeki spinal deformasyonu ile birlikte olan yaralanmaya göre daha az görülür.

Servikal bölgedeki pediküller, omurganın diğer bölgelerine göre daha kısa ve oransal olarak daha kalındır. Pedikülün transvers genişliği servikalden orta lomber bölgeye doğru giderek azalır ve lomber bölgede ise yeniden artar. Pedikül yüksekliği (sagittal pedikül genişliği) servikalden torakolomber bölgeye doğru tedricen artar ve lomber bölgeye gelince azalır. Pedikülün lomber bölgedeki bu yapısı bu bölgedeki transpediküler vidalama için yarar sağlar. Bunun nedeni, pedikül vida uygulamasında pedikül genişliğinin yüksekliğe göre daha çok önem teşkil etmesidir. Bu geniş çapı nedeniyle, lomber bölgedeki pedikül yüksekliğindeki varyasyonlar klinik olarak herhangi bir önem taşımamaktadırlar^{49,50}.

Pedikülün transvers açısı servikalden torakolomber bölgeye doğru gidildikçe azalır, lomber bölgede ise artar. Alt lomber bölgeye gidildikçe transvers açıdaki bu artış, pedikül vidası uygulamalarında daha geniş bir transvers açı verilmesini gerektirmektedir. Sakruma pedikül vidası uygulamalarında da benzer biçimde vertebra anatomisinin iyi kavranması gerekmektedir. Önemli olan başka bir konuda üst lomber ve alt torakal bölgenin pediküler vidalama açısından alt lomber bölgeye göre daha az emniyetli

oluşudur. Bu bölgede sagittal pedikül açısı önem taşımaktadır. Üst lomber ve torakal bölgede bu sagittal pedikül açısı nispeten daha fazla dikleşmektedir.

İntervertebral disk spinal kolona destek sağlar. Bir yandan harekete izin veren, diğer yandan ise harekete karşı direnç gösteren nukleus pulposus ve annulus fibrozisten oluşmuştur. İntervertebral diskin aksiyel yüklenmelere karşı direnç gösterme yeteneği büyüktür, ancak yaş ilerledikçe bu özelliğini kaybetmeye başlar. Bununla birlikte fleksiyon-ekstansiyon ve yana eğilme kuvvetlerinin eklenmesi intervertebral diskte belirgin deformeğe neden olur ve diskte taşma ve herniasyona yol açar. Diskin kendisi ise bir uç plak ile çevrelenmiştir. Bu uç plak diskin vertebra korpusuna doğru herniasyonuna karşı direnç oluşturur.

Transvers proçesler paraspinal kasların tutundukları yerlerdir. Transvers proçesler kendilerine tutunan kasların moment kolu olarak işlev görürlerken, yana eğilme için kaldıraç kuvvetine izin verirler. Küçük olmaları ve kötü damarlanmaları nedeniyle kolayca kırılırlar. Transvers proçesler daha büyük kuvvetin uygulandığı lomber bölgede nispeten daha kolay kırılır. Transvers proçesler pedikül ve lamina bileşkesinden çıkarlar. Orta ve alt torakal bölgede transvers proçeslerin makul büyüklükleri vardır, yönelimleri de yana ve çok azda yukarıya doğrudur, pediküllerin arka yüzünden ve ön arka düzlemde kabaca fasetlerle aynı hizadan çıkarlar. Transvers proçesler alt torakal bölgede daha fazla rudimente olur ve böylece kanca yerleştirmek için uygun olmayan bir hale gelirler. Lomber bölgede ise transvers proçesler biraz daha önden ve ön arka düzlemde çıkarlar. Lomber bölgede transvers proçesler daha büyüktürler, bu özellik proçesleri kemik füzyon için daha uygun hale getirir. Ancak kötü kanlanmaları ve sıklıkla kuvvetsiz olmaları nedeniyle füzyon için kullanımları daha sınırlı kalmaktadır.

İyi incelenmiş bir kaç spinal ligamanın değişik derecelerde omurgaya destek sağladığı bildirilmektedir. Bu ligamanlar; interspinöz ligaman, ligamentum flavum, anterior ve posterior longitudinal ligaman ile kapsüler ligamanlardır. Bu ligamanların kuvvetleri anatomik yapılarına ve yerleşim yerine göre değişiklik gösterebilir. Bir ligamanın etkinliği onun morfolojisine ve kısmen de etkinlik gösterdiği moment koluna bağlıdır. Tek bir spinal ligamanın omurga

bütünlüğüne katkısını değerlendirmek için, moment kolunun uzunluğunu ve ligamanın gücünü göz önüne almak gerekir. Moment kolunun uzunluğu, kuvvet vektörü ile rotasyonun anlık eksenini (RAE)'nin arasındaki dik mesafedir. Söz konusu kuvvet ve yönü, ligamanın uyguladığı kuvvettir. Nisbeten kısa bir kuvvet kolu ile fonksiyon gösteren çok güçlü bir ligaman daha uzun kuvvet kolu olan zayıf bir ligamana göre stabiliteye daha az katkı sağlayabilir. Bunun sebebi uzun kuvvet kolu olan ligamanın mekanik avantajının daha fazla olmasıdır^{51,52}.

İnterspinöz ligaman güçlü olmasa da, nisbeten uzun bir moment kolu ile kemiğe tutunmaktadır. Bu da omurganın fleksiyona karşı direnç gösteren önemli bir kuvvet uygulamasına olanak sağlar. Bu durumda kuvvet kolu, ligamanın tutunma noktası ile olaya katılan korpusun RAE'si arasında kalan dik mesafedir. L5-S1 seviyesinde interspinöz ligamanın bulunmayabileceği, keza L4-5 seviyesinde de noksan olabileceği bilinmelidir. Ligamentum flavum daha kuvvetli bir ligamandır. Ancak kuvvet kolu daha kısa olduğundan dolayı fleksiyona karşı daha az direnç sağlar.

Anterior longitudinal ligaman, omurganın her segmental seviyesinde vertebra korpusunun kenarlarına yapışan, kısmen kuvvetli bir ligamandır. Ancak bu ligaman annulus fibrozusa çok sıkı yapışmamaktadır. RAE'nin önünde bulunması ile ekstansiyona karşı direnç sağlar. En üstte klivusa, en altta ise sakruma tutunmaktadır⁵³.

Posterior longitudinal ligaman ise anterior longitudinal ligaman kadar kuvvetli değildir. RAE'nin arkasında kısa moment kolu ile fleksiyona karşı zayıf bir direnç sağlar. Nispeten kuvvetsiz olması ve mekanik olarak dezavantajlı bir konumda olması sebebi ile distraktif kuvvet uygulandığında geriye doğru kaymış olan kemik veya disk fragmanlarının kalıcı olarak öne itilmesini sağlayamaz. Anterior longitudinal ligamanın tersine posterior longitudinal ligaman annulus fibrozusa daha sıkı yapışır. Posterior longitudinal ligaman en üstte klivustan (tektorial membran olarak), en altta koksikse kadar uzanır.

Kapsüler ligamanlar, özellikle servikal bölgede olmak üzere tüm omurga boyunca spinal stabilitenin korunmasında önemli rol oynarlar.

Spinal stabiliteye ilişkin spinal ligamanların önemini belirlemede nötral zon konsepti temel oluşturmaktadır. Bu konseptin ana hatlarını Panjabi

çizmiştir. Nötral zon, fizyolojik hareket yelpazesinin (range of motion) ilk bölümüdür. Bu zonda belirgin fleksibilite ve düşük yüklere karşı minimal sertlik vardır. Bir başka anlamda, nötral zonda ligaman gerginliği çok az veya sıfırdır. Elastik zon ise fizyolojik hareket yelpazesinin geriye kalan bölümüdür. Nötral zon, ligamanların uzunluğunu arttıran germe egzesizleri ile arttırılabilir. Böylece fizyolojik hareket yelpazesi ve fleksibilite büyür. Nötral zon, ligamanların patolojik olarak uzadığı yaralanmalarda da büyür. Bu durumlarda omurganın fleksibiliteside patolojik olarak artar⁵⁴. Yüklenenin olmadığı durumlarda omurga nötral zon içindedir. Omurga cerrahisi genellikle stabiliteyi etkileyici niteliktedir, belirli temel prensiplerin uygulanması durumunda instabilite gelişme riski daha az düzeylerde olabilir.

Vertebrada gelen aksenal yükün çoğunluğunu vertebra korpusu taşır. Vertebra korpusu çapları, taşıdıkları yük ile orantılıdır. Kortikal kemiğin spongiyöz kemiğe oranı (kemik dansitesi) ağırlık taşıma potansiyelini etkiler. Pediküllerin kemik dansitesi korpusa göre, küçük pediküllerin (torakal ve üst lomber) dansiteside büyük pediküllere göre daha yüksektir. Kemik dansitesi vidanın sıyırma (pullout) direnci ile uyumludur. Bu yüzden pediküller sıyırmaya karşı vertebra korpusuna göre daha dirençlidir ve ufak pediküller de büyük pediküllere göre bu açıdan daha avantajlıdır.

Vertebra korpuslarının alt lomber bölgede daha büyük olması önemli destek sağlar. Torakolomber bölgede omurgaya uygulanan stres sonucu gözlenen eğilme momenti lomber bölgede intrensek lordoz ile elimine olur. Eğilme momentinin olmaması nedeni ile omurgaya bu bölgede pür aksenal yük biner ve patlama kırıkları daha sık görülür. Bununla birlikte, genelde kırık oranı omurganın diğer bölgelerine göre daha azdır.

Lumbosakral bileşkede, sakrum-L5 vertebra korpusu açısı (lumbosakral eklem açısı) gerek travmatik gerekse dejeneratif tüm patolojik süreçleri etkileyebilir. Aşırı lomber lordozu olan hastalar bu streslerin yol açacağı sorunlara yatkınlardır.

Pedikül Vida Fiksasyonu İçin Fonksiyonel Anatomi

Genel olarak vertebralarda pedikülün lokalizasyonunun belirlenebilmesi için; kesişme, pars interartikularis tekniği ve mamillary proçes tekniği olmak üzere üç teknik kullanılmaktadır. Bu tekniklerden en sık kullanılanı; kesişme tekniğidir. Bu teknikte faset eklemin lateral yüzünden geçen düşey çizgi ile transvers proçesi iki eşit parçaya bölen çizginin kesişme noktası pedikülün giriş yerini göstermektedir. Pars interartikularis pedikül, faset eklemler ve laminanın birleşme yeri olarak tarif edilir. Cerrahi sırasında pars interartikularis rahatlıkla görülebildiği için pedikül giriş yeri olarak görme ve palpasyonla pars interartikularis tekniği kullanılabilir. Mamillary proçes tekniğinde ise, transvers proçes üzerinde bulunan küçük kemik çıkıntı olan mamillary proçes transpediküler drillemenin başlangıç noktası olarak kullanılmaktadır. Genelde mamillary proçes tekniğinde, kesişme ve pars interartikularis tekniğinde belirlenen pedikül giriş yerinden daha lateralde kalınması nedeniyle bu yöntem kullanıldığında diğer tekniklere göre daha mediale doğru yönlendirilmesi gerekebilir. Bu amaçla cerrahi bölgeye yönelik preoperatif bilgisayarlı tomografi kullanımı yol gösterici olabilmektedir⁵⁵.

Son yıllarda Funnel tekniği olarak bilinen, pedikülün giriş yerinin anatomik olarak belirlenmesini takiben künt uçlu pedikül bulucu ile yönlendirme, pedikül duvarlarının kontrol edilmesi ve cerrahi sırasında floroskopik iki planlı görüntüleme omurga cerrahları arasında daha popüler bir yöntem haline gelmiştir⁵⁷.

Bölgesel farklılıklar dışında pedikül fiksasyonu uygulamasında oluşabilecek komplikasyonları en aza indirebilmek amacıyla pedikül anatomisinin ve bölgesel anatomik farklılıkların iyi bilinmesi gerekmektedir. Pedikül kuvvetli kortikal kemik kabuk ve içerisinde kansellöz kemikten oluşan, vertebra posteriorunda, silindirik ve üç boyutlu yapısıyla fiksasyon sağlanabilecek en güçlü bölgedir. Her seviyede pedikülün faset eklem, transvers proçes ve lamina ile olan ilişkisi önem arz etmektedir. Unutulmaması gereken bir diğer noktada, pedikül büyüklüğü, koronal ve sagittal planda vertebra korpusu ile gösterdiği açılanma her seviyede değişmektedir.

Preoperatif planlamada görüntüleme yöntemleri sayesinde kemik kalitesi, pedikül transvers çapı ve vida yönlenmesinin belirlenmesi cerrahi esnasında kolaylık sağlayacaktır. Pedikülün transvers genişliği, sagittal genişliğinden alt lomber segmentler hariç daha dardır. Sonuçta, pediküle vida yerleştirilmesi sırasında pedikül genişliği pedikül yüksekliğine göre oldukça daha önemli hale gelmektedir. Bu nedenle uygulama esnasında anatomik olarak en önemli kısıtlayıcı faktör pedikülün mediolateral genişliğidir. T10 altındaki vertebraların çapı transvers planda 7 mm üzerindedir. Horizontal planda en geniş pedikül L5'de, en dar ise T5'de iken, sagittal planda T11'de en genişken, T1'de ise en dardır. Sagittal pedikül açılanması ise; midtorasik ve üst lomber bölgede artış göstermektedir. Değişik anatomik bölgelerdeki açılanmalara bakıldığında; sagittal pedikül açısı ortalama T1'de 0 derece iken T8'de 10 derece ve T12'de yeniden 0 derece şeklinde olmaktadır. Genellikle L4 sagittal pedikül açısı sıfır derecedir. Lordotik eğrilik yüksek seviyedeki lomber vidalar için rostral açılanma meydana getirebilmektedir. L5 pedikül vidası kaudale doğru 5 ile 10 derece arasında açılanabilmektedir⁵⁶.

Pedikülün transvers veya koronal açılanması torasik bölgede kaudale gittikçe azalırken lomber bölgede artış göstermektedir. Transvers veya koronal plan açılanması T1'de 10 ile 15 derece iken, T12'de 5 derece olmaktadır. L1'de koronal açılanma 5 ile 10 derece yeterli olmaktadır, L2-L4 arasında 10 ile 20 derece ve L5'te 20 ile 30 derece şeklindedir. Koronal plandaki daha büyük açılanma alt lomber vertebrada lateral penetasyonu engellemek için gerekli olmaktadır. Pratik olarak L1'den S1'e doğru her seviyede koronal plan açılanması 5 derece artmaktadır⁵⁰.

Önemli anatomik birliktelik olarak intratekal sinir kökleri pediküllerin medialinde yer almaktadır. Özellikle T12 seviyesinde dural sak pedikülden yalnızca 0,2 ila 0,3 mm uzaktadır. L1'in alt seviyelerinde pedikül mediali kauda equinaya dokunabilmektedir. Sinir kökü foramenin ventral ve rostral 1/3' ünü doldurmakta bunun sonucunda medial veya kaudal pedikül korteks girişi sinir kökü yaralanma riski taşımaktadır.

Torakal bölgede, transvers süreçler aksiyel planda pediküllerle aynı doğrultuda olmadıkları için lomber bölgedeki anatomik belirteçlerin kullanımı

zorlaşmaktadır. Üst torakal seviyelerde transvers proçes pedikülün rostralinde yer almaktayken, alt torakal vertebralarda pedikülün kaudalinde bulunmaktadır. Bu değişkenlik nedeniyle; floroskopik kontrol veya laminotomi yoluyla pedikülün direk palpasyonunu yapmak gerekebilmektedir⁵⁰. Uygulanacak vidaanın boyutları da pedikül çapı ve vida yolunun uzunluğuna bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. T1 seviyesinde 4.5 mm kalınlıkta ve 25-30 mm uzunluğa sahip vida boyu yeterli olmaktayken, T4-T10 arasında 4.5mm ve 30-35 mm vida gerekebilmektedir.

Lomber bölgede, sıklıkla lateral faset ve transvers proçesin birleşim noktası veya faset eklemine ortlayan bir dik çizgi ile transvers proçesin ortasından geçen horizontal çizginin birleştiği nokta pedikül vida giriş yeri olarak kullanılmaktadır. Ancak; lomber bölgede de pedikül vidası yerleştirilmesinde anatomik farklılıklar görülebilir. Tarif edilen nokta, yani transvers proçesin orta noktasından geçen çizgi L4'te tam pedikülün orta noktasını gösterirken, L4 üzerindeki lomber seviyelerde bu çizgi pedikülün hemen rostralinde yer alır, L4 altındaki lomber seviyelerde bu çizgi ortalama 1.5 mm pedikülün kaudalinde yer almaktadır.

Lomber bölgede pedikül vidası fiksasyonu sırasında giriş yerinin iyi belirlenebilmesi için iyi bir diseksiyona ihtiyaç duyulmakta, transvers proçesin süperior faset birleşim yerine yakın bölgeden bir miktar dekortikasyon yapılarak giriş yeri hazırlanabilmektedir. Doğru vida yerleşimi için giriş yerinin dril ile dekortike edilmesini takiben giriş yerinin delinmesi ve ardından pedikülün kansellöz kemiğini geçerken ucu eğimli veya düz pedikül bulucusunun kullanılması en uygun yöntem olarak önerilmektedir. Pedikül bulucusunun kullanımı sırasında ani rahatlama hissi olması pedikül duvarlarında kırığa işaret ederken, kanülasyon sonrası pedikülün medial, lateral, superior ve inferior duvarlarının kontrolü oldukça önemlidir. Pedikül bulunmasını takiben K-teli ile işaretleme yapılarak vida yolu ve giriş yolu floroskopi ile kontrol edilmelidir.

Anterio-posterior görüntüleme fazla medial oryantasyon medial penetrasyon konusunda şüphe edilmesi gerektiğini göstermektedir. Genelde vida yerleştirilmesi sırasında vertebral cismin anteroposterior mesafesinin % 50'si ile % 80'i arasında derinlik elde etmek biyomekanik olarak yeterli

olmaktadır. Yan grafideki vertebra cisminin % 80' ini geçen vida yerleştirilmesi durumunda vertebra anterior korteks penetrasyonunun olabileceği unutulmamalıdır. Lomber bölgede kullanılacak vida genellikle 4,5-7,0 mm çap ve 35-50 mm uzunluktaki boyutlara sahip olmalıdır⁵⁰.

Pedikül Vida Fiksasyonu İçin Genel Bilgiler

Laminektomi sonrası gelişen iyatrojenik spondilolistezis, psödoartrozda görülen ağırlı spinal instabilite, spinal stenoz veya dejeneratif skolyoz sonrası görülebilecek potansiyel instabilite, stabil olmayan spinal kırıklar, tümör veya enfeksiyon gibi nedenlerle anterior strut grefleme vakalarının güçlendirilmesi, spinal osteotomilerinin stabilizasyonu, skolyoz ve kifoz gibi konjenital ya da kazanılmış deformitelerin düzeltilmesi transpediküler vida fiksasyonunun temel endikasyonlarını oluşturmaktadır. Pedikül vida fiksasyonunun yapılacağı bölgede enfeksiyon, pedikül vida fiksasyonu için kontrendikasyon teşkil etmektedir⁵⁷.

Pedikül vida fiksasyonunda vida tercihleri kullanılan sisteme göre değişmektedir. Torakal bölgeye uygulanacak cerrahide lomber bölgeye göre daha küçük çap ve uzunluktaki vidaların kullanılması, ayrıca çocukluk çağında uygulanan vertebra cerrahilerinin giderek artan sıklıkta yapılması pedikül vida boy ve çap çeşitliliğinin oluşmasına katkı sağlamıştır. Kullanılan sisteme göre pedikül vidaları selfs-tapping özelliğe sahip olabilmekte ve öncesinde ekstra bir tap ihtiyacı duyulmamaktadır. Pedikül vida şekillerinde ise genel olarak osteoporotik kemik kalitesinde silindirik yapıdaki vidaların kullanımı tercih edilirken, iyi kemik kalitesinde hem konik hem silindirik vidalar kullanılabilir. Bununla birlikte deformite cerrahilerinde deformitesi belirgin olan hastalarda uzun kollu veya reduksiyon vidası tercih edilebilmektedir. Spinal fiksasyonda pedikül vidası ile rod kombinasyonu sıklıkla tercih edilen bir sistem olmuştur. Bunun en önemli nedeni rodun daha rahat şekil verilebilir olması ve greft uygulanmasının rod ile daha kolay başarılmasıdır. Pedikül vidaları vertebranın her üç kolonundan geçerek vertebranın ventral ve dorsal yüzlerini rijid bir şekilde stabilize etmeye imkan sağlar. Pedikül; kanselloz ve kortikal yapısı nedeniyle oldukça sağlam bir yapıda olup, kemik-metal birleşiminde

uygulanacak kuvvetlere dayanabilecek yapıdadır. Pedikül vida fiksasyon sistemleri vida-rod veya vida-plak kullanımı sayesinde, cerraha seçilen tedaviye uygun olarak distraksiyon, kompresyon, derotasyon, ve/veya anterior veya posterior kuvvet uygulanmasına imkan sağlamaktadır. Pedikül vida fiksasyonun bir diğer avantajı ise posterior kemik elamanların varlığına ihtiyaç duyulmamasıdır. Laminektomi sonrası veya laminanın, spinoz proçesin ve/veya fasetlerin travmatik yaralanmaları sonrasında da transpediküler vida ile stabilizasyon uygulanabilmektedir⁵⁸.

Ayrıca, poliaksiyel başlığa sahip pedikül vidalarının kullanılması vertebraya uygulanan cerrahi girişimlerde, özellikle de deformite cerrahilerinde büyük kolaylıklar sağlamıştır⁵⁸. Avantajları yanında pedikül vida fiksasyonunun bir takım dezavantajları da mevcuttur. Öğrenme eğrisi yavaş olmaktadır. İşlem sırasında pedikül korteksin medial penetrasyonu dural veya nöral yaralanmaya neden olabilmektedir. Vertebra cismi ön korteks penetrasyonu sonrası büyük damar yaralanmaları veya organ yaralanmaları oluşabilir. Ayrıca pedikül vida giriş noktalarının belirlenebilmesi ve vida yolunun medial ve lateral planda oryantasyonun sağlanabilmesi için oldukça aşırı miktarda yumuşak doku diseksiyonuna ihtiyaç duyulmaktadır. Buna bağlı olarak cerrahi sürenin uzun olması kanama miktarını arttırmakta ve infeksiyon riskini yükseltebilmektedir. Postoperatif uzun dönemde rijid fiksasyon komşu hareketli segmentlerde dejenerasyonu hızlandırabilmektedir.

Spinal Stabilite

White ve Panjabi'ye göre omurganın fizyolojik yüklenmeler karşısında nöral yapılara zarar vermeyecek kısıtlama ve kapasitesini azaltacak yapısal değişikliklere bağlı ağrı oluşumunu önleme yeteneği stabilite olarak tanımlanır⁵⁹. Benzel ise aşırı yüklenmeler karşısında omurganın anormal hareketleri önleyememesini instabilite olarak tanımlamıştır⁶⁰. Instabilite, fizyolojik yüklenmeler karşısında omurganın, omurilikte ve sinir köklerinde harabiyet, irritasyon veya şiddetli ağrıya neden olacak şekilde gelişecek deformiteye karşı koyamayacak bir duruma gelmesidir⁶¹.

Vertebra kırık ve çıkıklarının tedavisinde konservatif veya cerrahi tedavi tercihi omurgada stabilitenin değerlendirilmesi ile mümkün olmaktadır. Nicoll 1949 yılında, vertebra kırık ve çıkıklarında konservatif tedavi sonuçlarını yayınlamış ve vertebral stabilite kavramını ortaya atmıştır. Holdsworth, 1963 yılında vertebral kolonun iki kolondan oluştuğunu ve posterior elemanların hasarlandığı durumda instabilite gelişebileceğini bildirmiştir. Bedbrook 1971 yılında torakolomber bölge kırıklarının özellikle akut dönemde stabil veya instabil olarak ayrılamayacağını bildirmiş ve Holdsworth'un aksine tüm posterior ligamentöz kompleksin yırtıldığı durumda bile spinal instabilite olmayabileceğini ve ALL'nin sağlam kaldığı tek taraflı kırıklı çıkıklar ve laminektomi uygulanan hastaların potansiyel instabil, bilateral kırıklı çıkıkların ise her zaman instabil olduğunu bildirmiştir⁶².

White ve Panjabi klinik ve radyolojik bulgulara göre bir puanlama sistemi geliştirmişlerdir. Bu sisteme göre 5 ve üzeri puan alan olguları instabil olarak kabul etmişlerdir⁶³. White ve Panjabinin instabilite kriterlerine ait puanlama Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. White ve Panjabi puanlama sistemi

Ön yapı hasarı	2 puan
Arka yapı hasarı	2 puan
Kostovertebral eklem ayrışması	1 puan
Sagittal planda 2.5 mm'den fazla translasyon	2 puan
Sagittal planda 5 dereceden fazla açılanma	2 puan
Spinal kord veya kauda equina hasarı	3 puan
Tehlikeli yüklenme	1 puan

İnstabilite tanımlaması amacıyla Denis üç kolon modelini geliştirmiştir⁶⁴. Buna göre;

- **Ön kolon:** Anterior longitudinal ligament, anterior annulus fibrozis ve omur cisminin ön yarısından oluşur.

- **Orta kolon:** Posterior longitudinal ligament, posterior annulus fibrozis ve omur cisminin arka yarısından oluşur.

- **Arka kolon:** Spinöz çıkıntı, faset eklem ve eklem kapsülü, arkus vertebralis, supraspinöz ve interspinöz bağ ve ligamentum flavumdan oluşur.

Denis, "orta kolon" veya "orta osteoligamentöz kompleks" denilen yapının stabiliteyi belirlediğini ve bu yapının omurga kırık tipi ve nörolojik yaralanma ile ilgili olduğunu belirtmiş ve stabiliteyi 3 derecede değerlendirmiştir.

1. Derece instabilite (Mekanik instabilite): Sagittal planda açılanmalara neden olabilen, ağır kompresyon kırıkları ve emniyet kemeri tipi yaralanmalar mekanik instabilite yaratır.

2. Derece instabilite (Nörolojik instabilite): Nörolojik defisit olmasa bile tüm patlama kırıkları bu gruptadır. Orta kolon hasarlanması sonucu kanal içine deplase olan kırık parçalar akut nörolojik defisit yapabilir. Kanal boşluğunda kırık parçalarının bulunması kronik bir nörolojik defisit riskini taşır.

3. Derece instabilite (Mekanik ve nörolojik instabilite): Nörolojik defisit ile birlikte olan ağır patlama kırıkları ve kırıklı-çıkıklar bu gruptadır. Bu tür yaralanmalarda, kırık parçanın deplasmanı ve nörolojik defisitte artış olabilir⁶⁴.

Mc Afee ve arkadaşları⁶⁵, 3 kolon teorisini desteklemiş ancak, orta kolonu daha küçük bir bölüm olarak PLL, omurga cismi 1/3 posterioru ve annulus fibrozis 1/3 posterioru olarak tanımlamışlardır. Orta kolon hasarı, arka kolon hasarı ile birlikte ise, instabilite oluştuğunu ileri sürmüşlerdir. Mc Afee ve arkadaşları, patlama kırıklarını stabil ve instabil olarak 2 gruba ayırmışlardır.

1- Stabil patlama kırığı: Belirgin spinal deformite ve kanal darlığı yaratmayan, yalnızca ön ve arka kolonun tutulduğu patlama kırıklarıdır. Bu tipte; arka kolon hasarı olsa bile, kırık laminöspinöz bileşkede vertikal tarzda ayrışma şeklindedir ve arka bağ yapıları sağlamdır.

2- İnstabil patlama kırığı: Yüksek oranda nörolojik yaralanmanın eşlik ettiği ve hem kemiksel hem de bağ yönünden orta kolonun hasar gördüğü patlama kırıklarıdır⁵⁶.

Kostuik, instabiliteyi anatomik ve klinik olarak 2 grupta incelemiştir. T2-T9 arası kırıkları çevresindeki toraks nedeniyle, torakolomber bölgeye göre daha stabil kabul etmiş, L4-L5 kırıklarını da daha geniş spinal kanala sahip olmaları nedeniyle stabil olarak değerlendirmiştir⁶⁶.

Farcy ve Weidenbaum, Denis'in 3 kolon modelini değiştirerek her 3 kolondaki kemik ve yumuşak doku hasarını ayrı ayrı değerlendiren 6 elamanlı bir sınıflandırma getirmişlerdir. Buna göre her kolondaki kemik yapı B (Bone) ile yumuşak dokular ise L (Ligament) ile gösterilmiştir. Böylece bir omur ve diski kapsayan bir hareketli segment 6 elemandan oluşur. Bu elemanların durumu MRG ile tespit edilir. Üç ve üstünde elemanın hasarı instabiliteyi gösterir. Patlama kırığı genelde ön ve orta kolonların "B" ve "L" lerini kapsar ve bu yüzden 4 elamanı tutar ve instabildir (2B+2L). Kompresyon kırığı ön kolonu (B+L), 2 elemanı tutar ve stabildir. Kırıklı-çıkıkta tüm kolon ve elemanları hasarlanmıştır ve 6 elemanı da tutan bir instabilite mevcuttur⁶⁷.

Dunn, 3 kolon teorisine göre orta kolonun sağlamlığını esas almış, şu görüşleri ileri sürmüřtür⁶⁸:

1. T8 üzerindeki kırıklarda orta kolon hasarı olsa da toraks sağlam ise stabildir. Göğüs duvarı instabil ise omurga kırığı da instabildir.
2. L4 ve L5'de orta kolon hasarına rağmen arka elemanlar sağlam ve yalnız uzunlamasına kırık varsa stabildir.
3. Chance kırığı karşı taraftaki yumuşak doku yaralanmaları nedeni ile instabildir.
4. Kompresyon kırıklarında, omurga yükseklik kaybı %50'den fazla ise instabil kabul edilir.
5. Tüm kırıklı çıkıklar instabildir⁶⁸.

Edwards ve Levine bazı özel radyolojik bulgulara dayanarak instabilite kriterlerini bildirmişlerdir.

1. Lateral grafide omurga cismindeki kollaps ile AP grafide pediküller arası mesafenin genişlemesi.
2. Tomografi kesitlerinde lomber bölgede kanal çapının 1/3'den daha fazla daralmaya neden olan kırıklar.
3. Herhangi bir planda omurga cisimleri arasında 2,5 mm'den fazla kayma veya kırık olmaksızın spinöz çıkıntılarda veya faset eklemlerde belirgin kayma varlığı.
4. İki taraflı faset eklem çıkığı.

5. Omur cisminin ön çökmesinin % 50'den fazla olduğu olgularda, spinöz çıkıntılar ve lamina arasında anormal açılanmanın varlığı instabiliteyi gösterir⁶⁹.

Vertebra Kırıklarının Genel Özellikleri

Omurga kırıkları direkt veya indirekt yolla oluşabilmektedir. Direkt yolla olan kırıklar, etki eden kuvvetin medulla spinalis ve omurgayı yaralaması ile oluşur (Örnek: Ateşli silah yaralanması). İndirekt yolla ise fleksiyon, ekstansiyon, torsiyonel, kompresif ya da distraktif kuvvetlerinin omurgaya etki eden güçleri sonucu oluşur. Çocuklarda ise omurga kırıkları nadir olarak görülür. Omurga kırıklarının büyük bir bölümü trafik kazaları, ateşli silah yaralanmaları ve dalma sporu sırasında oluşmaktadır^{70,71}.

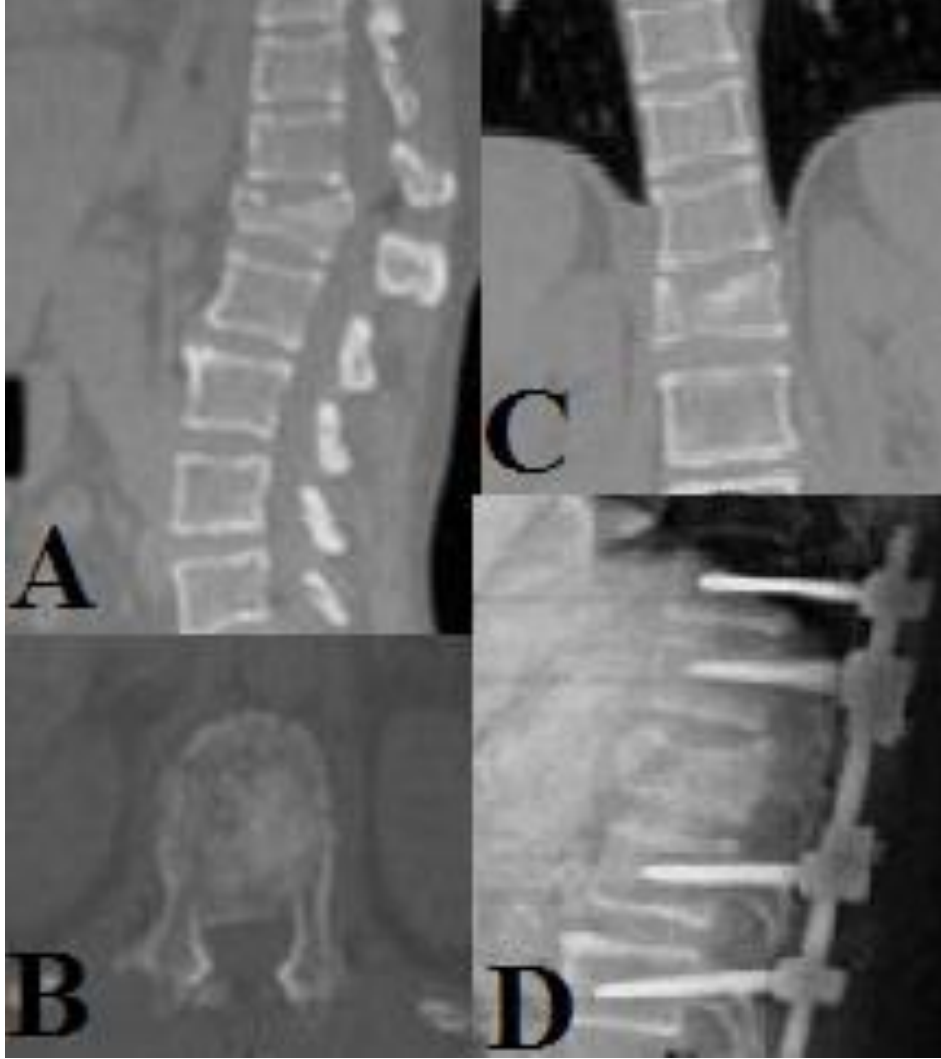
İnsidans: Omurga kırık ve çıkıkları genç popülasyonda yaygın olarak meydana gelen ciddi bir yaralanmadır. Hastaların % 80'i 40 yaşın altında ve erkektir. Tüm yaralanmaların % 5 kadarı omurga kırık ve çıkıklarıdır. Omurga kırıklarının % 60'dan fazlası torakolomber bölgede (T11-L2) görülmektedir. Tüm medulla spinalis yaralanmalarının ise % 40'ı bu bölgede görülmektedir. Popülasyonda % 0,23 oranında omurga kırığı ve çıkığı olmakta ve bunlarında %10-15'inde parapleji veya quadripleji gelişmektedir^{70,71}.

Kırık Oluşum Mekanizmaları: Omurga kırıklarında temel olarak dört mekanizma rol oynar; fleksiyon, ekstansiyon, makaslama ve rotasyon. Bunlar tek başlarına ya da diğerleri ile birlikte olabilir. Bununla birlikte hasarın büyüklüğü; yaralanmanın enerjisine ve yaralanma anında hastanın pozisyonuna bağlı olarak belirlenmektedir^{70,71}.

Ferguson ve Allen; yaralanma şeklini 7 grupta incelemişler ve buna ait mekanik sınıflama yayınlamışlardır. Buna göre omurga yaralanmaları 7 tip yaralanma ile olmaktadır⁷². Bunlar:

1- Kompresif fleksiyon: Fleksiyondaki omurganın kompresyon yükü altında kalması, ön kolon elemanlarının kompresyon kuvvetine, arka ve orta kolon yapılarının ise gerilme kuvvetlerine maruz kalmasına sebep olur. Bu grupta üç tip yetersizlik izlenir: Tip 1'de ön kolonda kompresyon kırığı oluşur, orta ve arka kolon sağlamdır. Tip 2'de ek olarak arka elemanlarda lezyon ve yetmezlik oluşarak çıkık veya kırıklı çıkıklara neden olur. Tip 3'de ise orta kolon

elemanlarında yetmezlik ve patlama tarzında kırık oluşur (Resim 2). Bu elemanlar iki pedikül arasında nöral kanala doğru dönerler, radyolojik olarak arka kanalın üst ucunda, nöral kanala düşmüş arka eleman parçaları görülür.



Resim 2. L1 vertebraasında patlama kırığı; **A:** Sagittal rekonstrükte edilmiş bilgisayarlı tomografi görünümü, yükseklik kaybı ve üst end plate hasarı izlenmekte; **B:** Aksiyal görüntülerde orta kolon hasarı izlenmekte; **C:** Koronal görüntü yine üst end plate hasarı izlenmekte; **D:** Hastaya popsterior yaklaşımla indirekt dekompresyon (Ligamentotaksis), traspediküler satabilizasyon ve füzyon operasyonu uygulanmış. Postoperatif yan direk grafi izlenmekte.

2- Distraktif fleksiyon: Üç kolonuda ilgilendiren gerilime bağlı yetmezlik oluşur (Chance kırıkları gibi). Bu tip yaralanmada gerilme kuvveti spinöz çıkıntı boyunca öne doğru yayılarak laminalardan ve pediküllerden geçip cisme uzanan kırık hattına neden olur.

3- Lateral fleksiyon: Yana eğilme sırasında kompresif güçlerin omurga cismi ve arka elemanların üzerine binmesi ile oluşur. İki tipte lezyon oluşabilir. Bunlardan ilkinde ön ve orta kolonda yetersizlik vardır. İkinci tipte ise arka bölüm elemanları da kırılır ve gerilme tarafında tek taraflı çukuk görülebilir. Arka kolon yapılarında yetersizlik oluşursa deformite ilerleyicidir ve ağrı oluşur, orta kolon yapılarında yetersizlik varsa nörolojik kayıp oluşabilir.

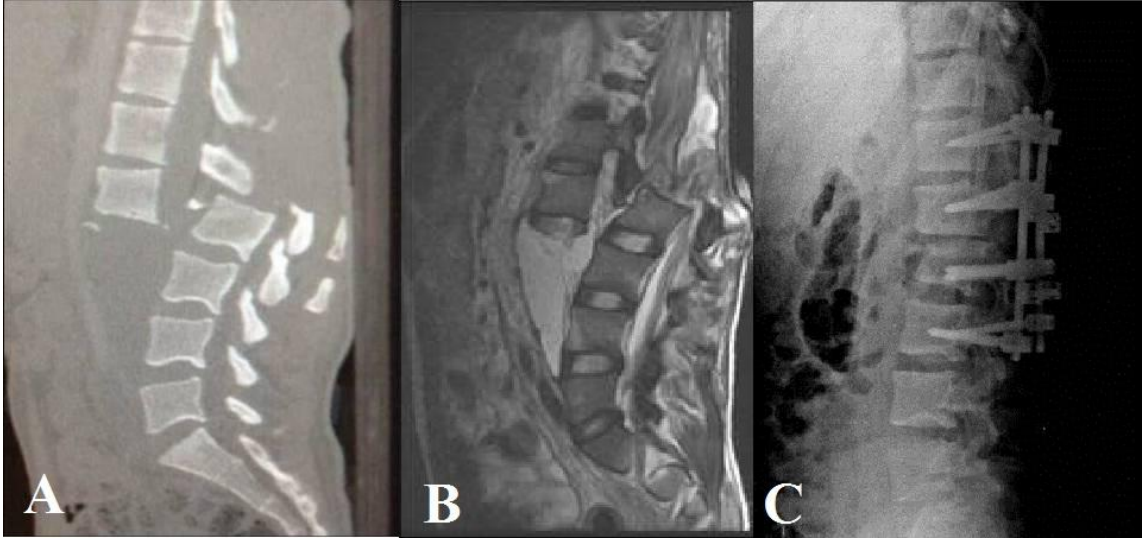
Torsiyonel yaralanmada, yaralanma güçleri omurga cisminde öne, arkaya ya da düz bir kaymaya neden olur. ALL dahil olmak üzere tüm bağlar ve eklemler kopar ve % 25'in üzerinde kayma görülür.

4- Torsiyonel fleksiyon: Ön kolon elemanlarında torsiyon ve kompresyon, arka kolon elemanlarında ise torsiyon ve distraksiyon sonucu oluşur. Faset eklemlerde genellikle kırık ve çukuklar mevcuttur. Bağ yapıları rotasyonel kuvvetlere dayanıksız olduklarından ALL dışındaki bütün bağ yapıları sıklıkla yırtılmış durumdadır.

5- Vertikal kompresyon: Bu tip lezyonda bütün omur cismi kompresyon altında kalır ve yüksekliği azalır. Orta bölüm yetmezliği olursa omur cisminin arka duvar yüksekliği azalır. Arka kemik yapılarında kırıklar oluşabilir, ancak bağ yapılar genellikle sağlamdır. Bu lezyon ilerleyici deformite ve nörolojik hasar potansiyeline sahip değildir.

6- Distraktif ekstansiyon: Bu yaralanmada ön kolon elemanlarında gerilme, arka elemanlarda kompresif yetmezlik olur. Torakolomber bölgede nadiren görülür. Oluşan deformite ve nörolojik defisit ilerleme eğilimi yoktur.

7- Translasyonel yaralanmalar: Omurga cisminde öne, arkaya veya yana doğru düz bir yer değiştirme meydana gelir, % 25'in üzerindeki deplasmanlarda genellikle faset eklemlerde kırık ve ALL dahil bütün bağ yapılarında yırtılma olur (Resim 3). Bu yaralanmalar diğer yaralanmalar ile birlikte görülürler ve yüksek oranda nörolojik defisit ve akut veya kronik deformite ile birlikte görülür.



Resim 3. Onaltı yaşında erkek hasta, translasyonel yaralanma sonucu L1-L2 spondilopitosiz ve total kord kesisi mevcut. **A:** Sagittal rekonstrükte edilmiş bilgisayarlı tomografi görünümü, L1-L2 spondilopitosiz izlenmekte, **B:** T2 sagittal Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG'de) total kord kesisi izlenmekte; **C:** Postoperatif direk yan grafi, posterior transpediküler stabilizasyon ve füzyon ile redüksiyon sağlanmış durumda.

Patoloji: Vertebra travmaları yüzeysel dokular, kas dokusu, kemik, ligaman ve nöral doku patolojilerine neden olur. Bugüne kadar spinal travmalarda kemik ve ligaman patolojileri üzerinde ayrıntılı olarak durulmasına rağmen kas hasarı üzerinde durulmamıştır. Kas dokusu kırık bölgelerinde beslenme desteği sağlar ve kırık dokusunu örter. Bu cerrahi tedavi sırasında kısmen ortadan kaldırılrsa da operasyondan sonra kas bu işlevine devam eder.

Vertebral kolonun kemik ve ligaman komponentleri travmanın tipine göre değişik şekillerde yaralanmalar görülebilir. Komplet ligaman yırtıkları hiçbir zaman stabilizasyonu yeniden sağlayacak şekilde iyileşmezler. Kemik patolojilerinde deformite ile birlikte kaynama ve aseptik nekroz görülebilir. Vertebral kolonda diskin yaralandığı vertebral cisim kırıklarında anterior füzyon spontan olarak gelişebilir^{71,72}. Willen ve arkadaşları akut travmalar sonucu yapılan otopsilerde tip A burst kırıklarında spinal kanal içinde orta büyüklükte kemik fragmanları olduğunu göstermişlerdir. Ek olarak PLL de parsiyel rüptür

oluştduğundan bu fragmanlar az hareketlidir. ALL'in kompresyona bağlı olarak laksitesi artmıştır ancak ayrılmamıştır. Bu kırıklarda yapılan posterior kapalı redüksiyon veya cerrahi distraksiyon sonrası kemik fragmanları redükte olabilir. Tip B burst kırıklarında büyük kemik fragmanları kanal içine doğru migrate olurlar. Bu tip kırıklarda PLL'in tam olarak yırtılmasına bağlı kanal içinde bulunan kemikler serbesttirler, rotasyon ve kranial migrasyon eğilimi gösterirler. Konservatif ve cerrahi olarak bu fragmanların redüksiyonu oldukça zordur⁷². Lomber ve torakolomber patlama kırıklarında PLL'in kısmi olarak yırtıldığı ve kanal içi kemik fragmanların tam serbestleşmediği olguların önemli bir kısmında iki yıl içerisinde rezorbsiyon olduğu gösterilmiştir.

Spinal kord makroskopik olarak travmalara karşı direnç gösterir. Ancak mikroskopik değişimler birkaç saat sonra başlar. Total nekroz ileri dönemlerde görülür. Kordda fibrozis, kanalda stenoz ve kök tamiri daha uzun sürede ortaya çıkabilir. Kaza sonrası oluşan patolojik değişiklikler radyolojik değişikliklerle beraber iki yıl süresince devam eder. Travmalarla oluşan kemik, ligaman, kas ve sinir dokusu hasarları ilgili segmentin dışında da devam ederek nekroz ve hasara neden olur. Kemikte aseptik nekroz sıktır. Zaman içerisinde medulla spinalis kanala yapışır, nekroz ya da kistik oluşumlar nedeniyle kanal ile arasında bağlantılar oluşur^{17,75}. Bedbrook; Kemikte oluşan kompresyon neticesinde korda hemorajik nekroz, gerilme ve kopma yine kemikteki ekstansiyon, fleksiyon, rotasyon sonucu korda ezilme oluştuğunu bildirmiştir⁷³.

Vertebra Kırıklarında Kullanılan Cerrahi Girişim Teknikleri

Omurga kırıklarının cerrahi yöntemle tedavisinde posterior ve/veya anterior cerrahi teknikler uygulanabilmektedir.

1. Posterior Girişim

Posterior girişimde amaç omurga kırığının redüksiyonu ile kanalın dekompresyonunu sağlamak, internal tespit ve füzyon yapmaktır. Posterior cerrahi redüksiyon başarısı ilk 48-96 saat içinde yüksektir. Bu amaçla çeşitli yöntemler uygulanır.

A- Dekompresyon: Posterior, posterolateral ve anterior girişimlerle uygulanır. Dekompresyonda asıl endikasyon, inkomplet nörolojik defisiti olan

patlama kırıklarıdır. Diğer bir endikasyon ise ilerleyici nörolojik defisiti olan akut veya geç patlama kırıklarıdır. Dekompresyon 4 yolla yapılabilir.

I- Laminektomi: 1950'lerde sık uygulanan bu teknik, mevcut instabilitenin artmasına neden olur ve gerçek patolojiyi ortadan kaldırmaz. Günümüzde endikasyonu oldukça sınırlıdır. Yaralanma veya iatrojenik serebrospinal sıvı göllenmesine yol açan dura yırtıkları, spinal kanal içine giren faset kırıkları ve yaralanma sonrası epidural hematoma varsa laminektomi yapılmalıdır.

II- Posterolateral Dekompresyon: Laminektomi, pedikül, transvers çıkıntı ve faset eklemlerin kaldırılarak duranın ön bölümüne ulaşılması ile dekompresyon sağlanır.

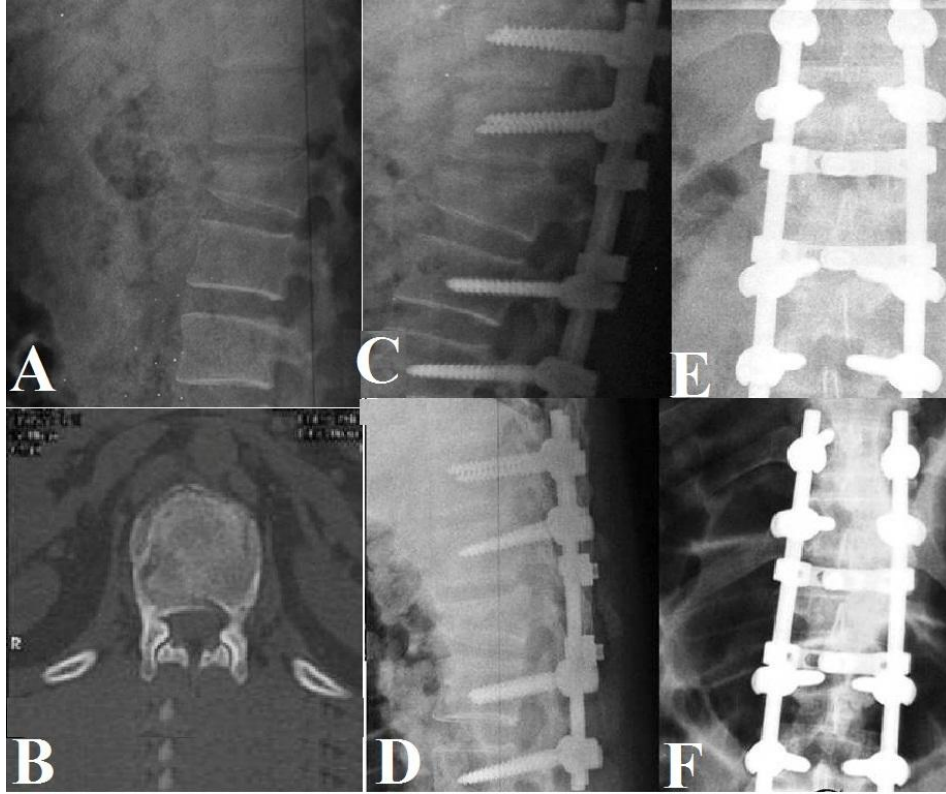
III- İndirekt Dekompresyon: Posterior enstrümantasyon ile kırık redüksiyonu ve sagittal konturların restorasyonu ile sağlanır. Ligamentotaksis etkisi denilen bu cerrahi yöntemde, PLL'e uygulanan gerilim ile kanala deplase olan kemik parçalarının redükte edilmesi esastır. Bu yöntemde başarı şansı ilk 48-96 saatte oldukça yüksektir.

IV- Direkt Dekompresyon: Kemik parçalarının kanaldan direk olarak uzaklaştırılmasıdır. Bunun için anterior girişim uygulanır. Transtorasik veya torakoabdominal girişimle, güvenli ve tam anterior dekompresyon yapılabilir. Kırık kemiğe ulaşıldıktan sonra alt ve üstteki diskler PLL'ye kadar tamamen çıkarılır omurga cismi temizlendikten sonra kanal içindeki parçalar çıkarılarak dekompresyon sağlanır. En etkili dekompresyon metodudur^{74,75,76,77}.

B- Füzyon: Anterior, posterior ve posterolateral olmak üzere üç şekilde yapılabilen füzyon, tek başına yeterli akut stabiliteyi sağlayamadığı için mutlaka internal tespit ile kombine edilmelidir. Füzyon yapılacak bölge değişkenlik gösterebilir. Bazı yazarlar enstrüman boyunca füzyon uygulanmasını önerirken (uzun segment), bazıları ise kırık tipine göre füzyon yapılmasını ya da füzyonun yaralanmaya uğrayan segmente (kısa segment) uygulanmasını önermektedirlerdir. Füzyon amacı ile genellikle otojen kemik greftleri kullanılır. Posterior girişimde spinöz çıkıntılar ve arka iliak kanattan alınan kortikospongios greftler, anterior girişimde kot veya iliak kanattan alınan trikortikal greftler füzyon amacıyla kullanılır^{74,75,76,77,78}.

C- Enstrümantasyon: İdeal bir enstrümanın özellikleri şu şekilde tanımlanabilir:

1. Anatomik redüksiyon ve anatomik omurga konturunu sağlayabilmeli, nöral kanalda distraksiyon ve korreksiyon ile indirekt dekompresyon sağlayabilmelidir (Resim 4).



Resim 4. TL bileşkede patlama kırığı; **A:** Yan direkt grafide yükseklik kaybı izlenmektedir, **B:** Aksiyal bilgisayarlı tomografide orta kolon hasarı izlenmektedir, **C:** Erken postoperatif kontrol yan direkt grafi. Hastaya posterior yaklaşımla traspediküler satabilizasyon, indirekt dekompresyon (Ligamentotaksis) ve füzyon operasyonu uygulanmıştır; **D:** Postoperatif 1. yıl kontrol direkt yan grafi, **E:** Erken postoperatif kontrol ön-arka direkt grafi, **F:** Postoperatif 1. yıl kontrol direkt ön-arka grafi izlenmektedir.

2. Biyomekanik açıdan füzyonu sağlayacak, eksternal destek gerektirmeyecek, stabilite ve rijiditeye sahip olmalıdır.

3. Teknik olarak uygulaması kolay olmalıdır.

4. Komplikasyon riski olabildiğince az olmalıdır.
5. Geniş bir tedavi spektrumu için tasarlanmış olmalıdır.
6. Doku uyumlu olmalıdır.
7. Ucuz ve kolay bulunur olmalıdır^{76,79,81}.

2. Anterior Girişim

Anterior girişim endikasyonları:

- 1- Akut nörolojik defisitli, ön ve orta kolonu tutmuş olan ve spinal kanal içinde kırık parçaları olan patlama kırıkları.
- 2- Kifozun arttığı, dekompresyonun başarılı olmadığı önden destek gereken posterior enstrumantasyon uygulanmış olgular.
- 3- Geç gelişen ağrı ve nörolojik defisiti olan olgular.
- 4- Sagittal indeksin 25 derecenin üzerinde olduğu ve 6 elemanlı instabilite kavramına göre 3 veya üzeri instabil olgular anterior girişimle tedavi edilirler.

Anterior girişimin kontrendikasyonları:

- 1- Dorsal kırık parçalarının spinal kanala dislokasyonu.
- 2- Belirgin osteoporoz.
- 3- Pulmoner fonksiyonları bozan toraks yaralanması.
- 4- Kırıklı çıkıklar.

Anterior girişim avantajları:

- 1- Patlama kırıklarında direk dekompresyon sağlayan bir yöntemdir.
- 2- Tam dekompresyon sağlanabilir.
- 3- Kısa enstrumantasyon olanağı sağlar.

Anterior girişim dezavantajları:

- 1- Teknik daha zordur.
- 2- Dural yaralanmaların çoğu posteriorde olduğu için anterior yöntemle ulaşılması güçtür.

3- Stabilitesi, posterior enstrümantasyon eklenmeden çoğu zaman alçı korse yapmaksızın, immobilizasyona izin vermeyecek kadar zayıftır.

4- Kifozun düzeltilmesinden sonra geç rekürrens sık olduğundan posterior enstrümantasyon gerekebilir^{79,80,81}.

Cerrahi Tedavi Komplikasyonları

Cerrahi yaklaşıma bağlı komplikasyonlar:

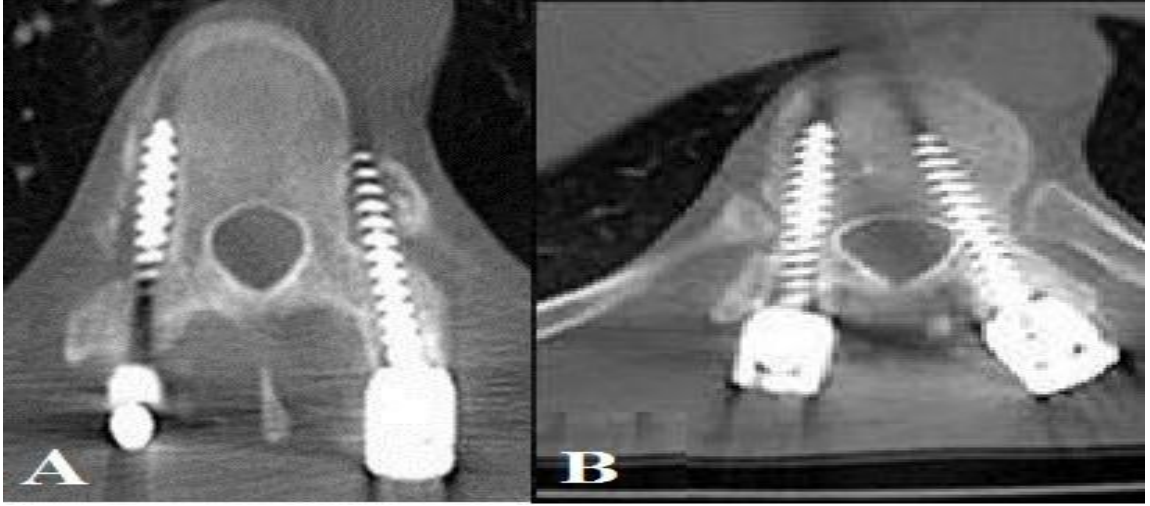
- Enfeksiyon: Yüzeysel ve derin enfeksiyon
- Yara yeri problemi
- Büyük damar yaralanması
- Retroperitoneal hematom
- İntestinal sistem yaralanması
- Böbrek ve üreter yaralanması
- Nörolojik yaralanma

Cerrahi teknikle ilgili komplikasyonlar:

- İmplant ile ilgili komplikasyonlar (Resim 5)
- Fiksasyon kaybı
- Korreksiyon kaybı
- Pseudoartroz:
- Malunion

Genel komplikasyonlar:

- Atelektazi
- Emboli
- Üriner sistem enfeksiyonu
- BOS kaçağı
- Pnömoni
- Derin ven trombozu
- Bası yaraları
- Respiratuar Distress Sendromu
- Ölüm^{82,83}.



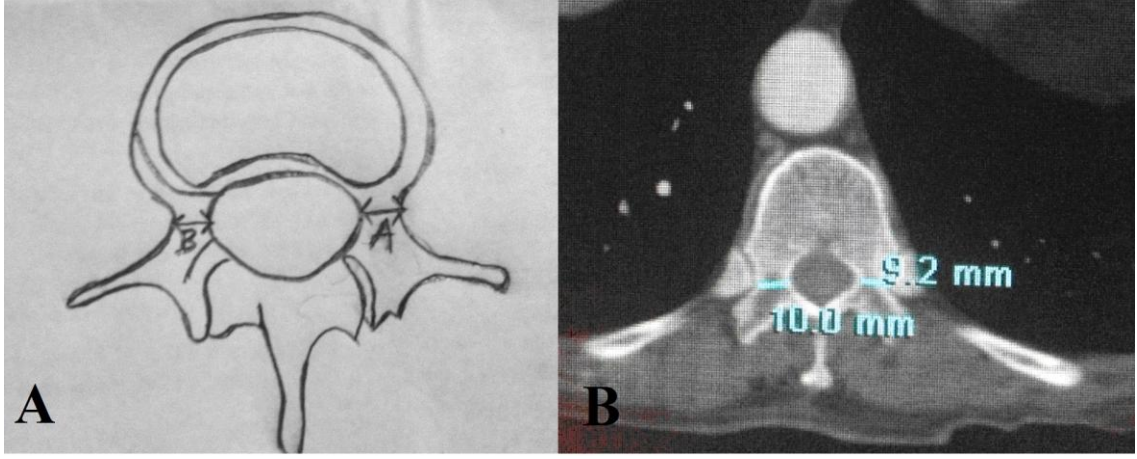
Resim 5. TL bileşkede patlama kırığı olan hastaya dış merkezde transpediküler vida fiksasyonu operasyonu uygulanmış; **A:** Solda T12 pedikülüne gönderilmiş olan vidanın sol pedikülün dışında olduğu izlenmekte, **B:** Revizyon cerrahisi geçiren hastanın post-operatif dönemde çekilen bilgisayarlı tomografi tetkiğinde vidaların bilateral transpediküler yolla ilerleyip vertebra korpusu içerisinde sonlandığı izlenmektedir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

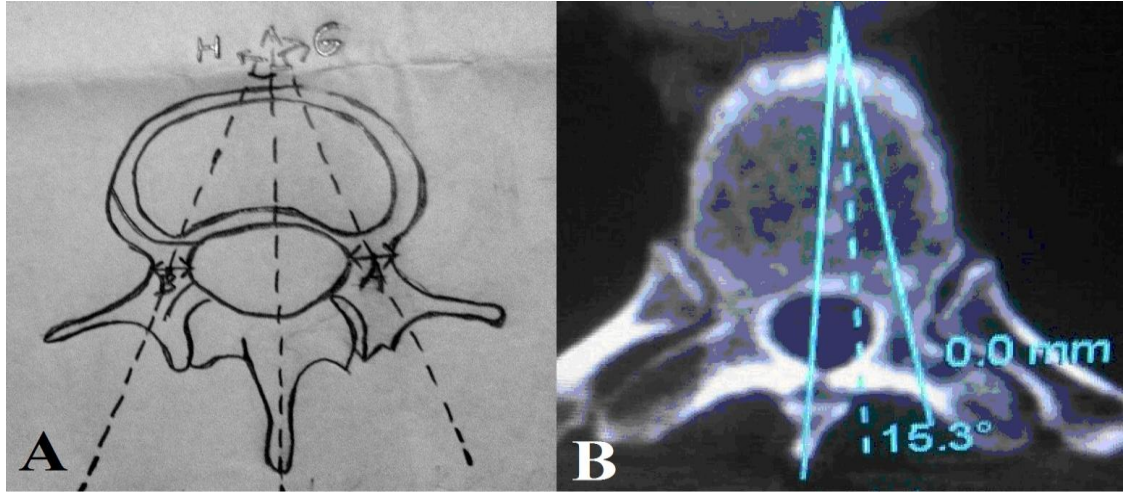
Çalışma Dizaynı

Bu araştırma için Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurul Başkanlığı'nın 25/07/2013 tarih ve 2013/248 sayılı onayı alınmıştır. Bu çalışma; Ocak 2011- Haziran 2013 tarihleri arasında Mersin Üniversitesi Sağlık Araştırma ve Uygulama Hastanesi polikliniklerine başvuran, radyolojik olarak alt torakal ve üst lomber vertebraları içine alan, torakolomber bileşke vertebraları net olarak değerlendirilebilen arcus aorta ve ana damarlar, torakal aorta, abdominal aorta, superior mezenterik arter, çölyak arter, renal arterler, inferior mezenterik artere ve alt ekstremitate arterlerine yönelik bilgisayarlı tomografi anjiyografi tetkikleri çekilen hastaların alt torakal ve üst lomber vertebralara ait anatomik elemanların incelenmesinin planlandığı retrospektif tanımlayıcı bir çalışmadır. Torakolomber bileşke vertebraları net olarak değerlendirilebilen yaşları 20 ile 80 arasında değişen 46 kadın, 54 erkek olmak üzere toplam 100 hasta çalışmaya dahil edilmiştir. Kemikte tam ölçüm yapılmasına engel olacak patolojileri mevcut olan (vertebraya ait belirgin kompresyon fraktürü, osteoporozu, yaygın dejenasyonları, alt torakal ve üst lomber vertebraya cerrahi girişim hikayesi mevcut olan hastalar) hastalar çalışma dışı bırakılmıştır. Mersin Üniversitesi Sağlık Araştırma ve Uygulama Hastanesi Radyoloji Anabilim Dalı Bilgisayarlı Tomografi Ünitesinde Toshiba Aquilion 64 slice bilgisayarlı tomografi ile çekilen bilgisayarlı tomografi anjiyografi tetkiklerinde 3 boyutlu rekonstrüksiyon işlemi yapılmıştır. Kemik pencerede rekonstrüksiyon yapıldıktan sonra pedikül kalınlığının en fazla olduğu görüntü ölçüm yapmak amacıyla seçildi. Ardından bu kesitteki görüntü üzerinde alt torakal ve üst lomber vertebralarda (T9 ile L2 arası vertebralar) ölçümü planlanan parametrelerle ilgili oluşan görüntülerde dijital olarak ölçümler yapıldı. Olgularda sırasıyla; sagittal, koronal ve aksiyal planlardaki görüntülerde gerekli olan morfolojik değerlendirmeler yapıldı.

Çalışmamızda aksiyal planda; her iki pedikülün kalınlığı (Resim 6A-B), transvers pedikül açıları (Resim 7A-B), interpediküler mesafe (Resim 8A-B), santral kanal sagittal çap (Resim 9A-B) ve transvers çapı (Resim 10A-B),

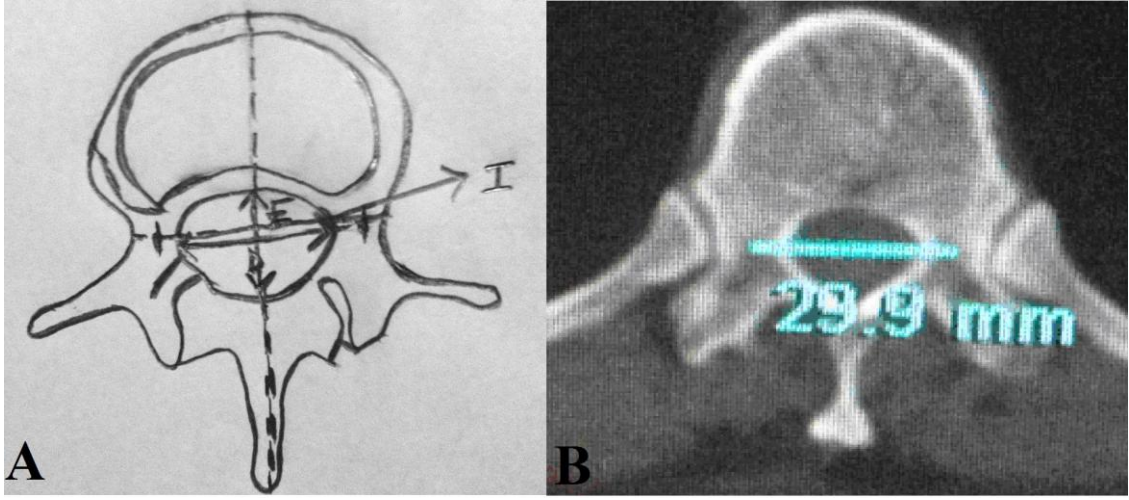


Resim 6. Pedikül kalınlığının ölçümü; **A:** Sol ve sağ pedikül kalınlıklarının ölçümünün şematik gösterimi izlenmekte; **B:** Bilgisayarlı tomografi ile aksiyal kesitte sol ve sağ pedikül kalınlıkları ile ilgili yapılan ölçümler izlenmektedir.

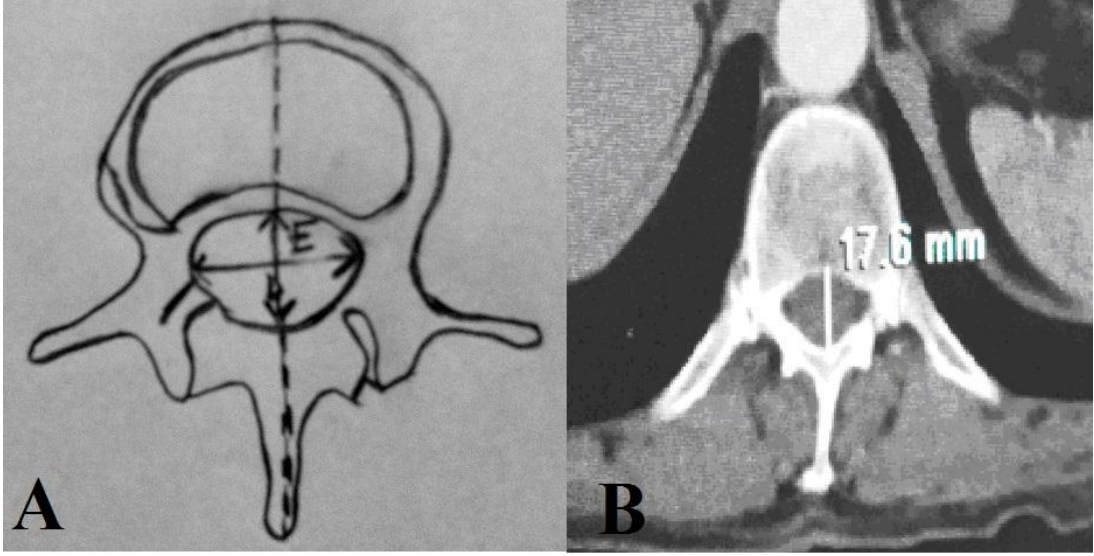


Resim 7. Transvers pedikül açılarının ölçümü; **A:** Sol ve sağ transvers pedikül açılarının ölçümünün şematik gösterimi izlenmekte; **B:** Bilgisayarlı tomografi ile aksiyal kesitte transvers pedikül açıları ile ilgili yapılan ölçümler izlenmektedir.

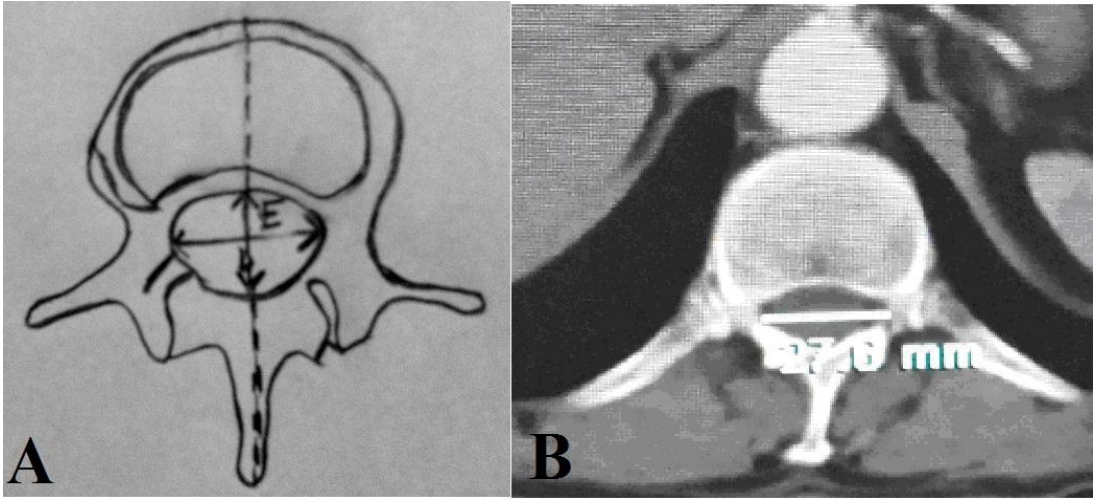
sagittal planda ise; her iki pedikülün yükseklikleri (Resim 11A-B), ve sagittal pedikül açıları (Resim 12) ölçülerek kayıt altına alındı. Çalışmamızda uzunluk ile ilgili parametreler milimetre, açı ile ilgili parametreler ise derece cinsinden değerlendirildi. Bu ölçümler sırayla T9, T10, T11, T12, L1 ve L2 vertebraalarında (TL bileşkede) yapılmıştır.



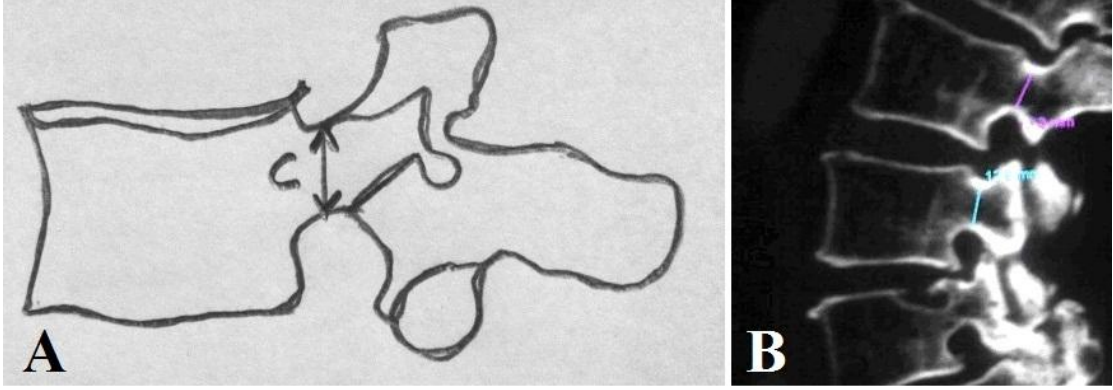
Resim 8. İnterpediküler mesafenin ölçümü; **A:** İnterpediküler mesafenin ölçümünün şematik gösterimi izlenmekte; **B:** Bilgisayarlı tomografi ile interpediküler mesafenin ölçümünün gösterimi izlenmektedir.



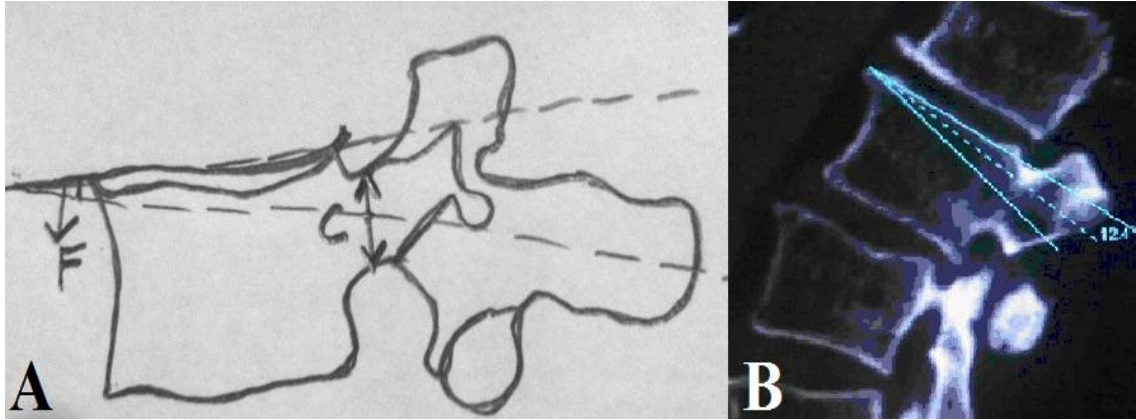
Resim 9. Spinal kanal sagittal çapının ölçümü; **A:** Spinal kanal sagittal çapın ölçümünün şematik gösterimi izlemekte; **B:** Bilgisayarlı tomografi ile spinal kanal sagittal çapın ölçümü izlenmektedir.



Resim 10. Spinal kanal transvers çapının ölçümü; **A:** Spinal kanal transvers çapın ölçümünün şematik gösterimi izlemekte; **B:** Bilgisayarlı tomografi ile spinal kanal transvers çapın ölçümü izlenmektedir.



Resim 11. Pedikül yüksekliğinin ölçümü; **A:** Pedikül yüksekliğinin ölçümünün şematik gösterimi izlemekte; **B:** Bilgisayarlı tomografi ile pedikül yüksekliğinin ölçümü izlenmektedir.



Resim 12. Sagittal pedikül açılarının ölçümü; **A:** Sagittal pedikül açılarının ölçümünün şematik gösterimi izlenmekte; **B:** Bilgisayarlı tomografi ile sagittal pedikül açıları ile ilgili yapılan ölçümler izlenmektedir.

İstatiksel Analiz

Tanımlayıcı istatistikler olarak ortalama ve standart sapma değerleri kullanılmıştır. Bağımlı iki grup ortalamalarını karşılaştırmak için Paired Sample T Test, ikiden daha fazla grup ortalamalarını karşılaştırmak için Tek Yönlü Varyans Analizi kullanılmıştır. Farklılık elde edilen gruplarda varyans homojenliği sağlanan gruplar için post-hoc Tukey, homojenliği sağlanmayan gruplar için Tamhane' s T2 Testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık seviyesi $p < 0,05$ olarak alınmıştır.

BULGULAR

Çalışmamıza yaşları 20 ile 80 arasında değişen 54' ü (% 54) erkek, 46'sı (% 46) kadın olmak üzere toplam 100 hasta dahil edilmiştir. Hastaların ortalama yaşı 58 olarak saptanmıştır. Kemik pencerede; aksiyal planda pedikül kalınlıkları, interpediküler mesafe, transvers pedikül açıları, spinal kanal transvers ve sagittal çapları ve sagittal planda ise; sagittal pedikül açıları ve pedikül yükseklikleri ile ilgili ölçümler kayıt altına alınmıştır.

Pedikül Kalınlıkları

Sol ve sağ olmak üzere pedikül kalınlıkları ayrı ayrı ölçülmüş olup, solda ve sağda ortalama pedikül kalınlıkları sırasıyla 6.444 ± 0.469 mm ve 6.412 ± 0.446 mm olarak saptandı. T9- L2 arası ortalama pedikül kalınlıkları ile ilgili yapılan ölçümler **tablo 2**'de belirtilmiştir. Erkeklerde ve kadınlarda ortalama pedikül kalınlıkları ile ilgili ölçümler ise **tablo 3**'de gösterilmiştir. Her iki cinste pedikül kalınlıklarında; T9 vertebra düzeyinden T12 vertebra seviyesine gidildikçe kademeli bir artış olduğu gözlemlendi. T12 seviyesinden L1 seviyesine geçişte azalmayı takiben L1 seviyesinden L2 seviyesine geçişte tekrar pedikül kalınlıklarında artış olduğu saptandı. Her iki cinste de L2 vertebra pedikül kalınlığının en fazla olduğu belirlendi. (Erkeklerde sol L2 seviyesinde 6.934 ± 0.632 mm, sağ L2 seviyesinde 6.899 ± 0.572 mm, kadınlarda sol L2 seviyesinde 6.301 ± 0.504 mm, sağ L2 seviyesinde 6.222 ± 0.526 mm)

Sol ve sağ pediküller kendi aralarında karşılaştırıldıklarında; T10 vertebra pedikülü dışındaki vertebra pediküllerinde soldaki pediküllerin sağa oranla daha kalın oldukları belirlendi. Her iki cinste de en az pedikül kalınlığına sahip olan vertebra pedikülünün sağ T9 pedikülü olduğu tespit edildi. (Erkeklerde 5.558 ± 0.456 mm, kadınlarda 5.441 ± 0.475 mm)

T9 ile L2 vertebra arasında yapılan ölçümlerde; T9 vertebra pedikülleri hariç diğer tüm pediküller de erkeklerdeki vertebra pedikül kalınlıklarının kadın vertebra pedikül kalınlıklarına göre daha kalın olduğu saptandı. Erkeklerde T9 kadınlar da ise T10 vertebra hariç diğer tüm vertebra pediküllerinde sol pediküllerin daha kalın olduğu tespit edilmiştir.

Sol tarafta pedikül kalınlıklarına göre vertebralar arası istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmıştır. Bu fark; T9-T10 ($p<0,0001$), T9-T11 ($p<0,0001$), T9-T12 ($p<0,0001$), T9-L1 ($p<0,0001$), T9-L2 ($p<0,0001$) arası gruplardan kaynaklanmaktadır. Sağ tarafta yapılan ölçümlerde de pedikül kalınlıklarına göre vertebralar arası istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmıştır. Bu fark; T9-T10 ($p<0,0001$), T9-T11 ($p<0,0001$), T9-T12 ($p<0,0001$), T9-L1 ($p<0,0001$), T9-L2 ($p<0,0001$) gruplarından kaynaklanmaktadır.

Tablo 2. Ortalama pedikül kalınlık ölçümleri (Ortalama değer \pm Standart sapma) Birimler milimetre cinsinden verilmiştir.

Seviye	Sol pedikül kalınlığı	Sağ pedikül kalınlığı
T9	5.508 \pm 0.483 mm	5.506 \pm 0.466 mm
T10	5.877 \pm 0.380 mm	5.891 \pm 0.383 mm
T11	6.917 \pm 0.411 mm	6.883 \pm 0.355 mm
T12	6.971 \pm 0.465 mm	6.893 \pm 0.433 mm
L1	6.411 \pm 0.502 mm	6.391 \pm 0.492 mm
L2	6.985 \pm 0.574 mm	6.910 \pm 0.548 mm

Tablo 3. Erkeklerde ve kadınlarda sol ve sağ pedikül ölçümleri (Ortalama değer \pm Standart sapma) Birimler milimetre cinsinden verilmiştir.

Seviye	Erkekler		Kadınlar	
	Sol pedikül	Sağ pedikül	Sol pedikül	Sağ pedikül
T9	5.545 \pm 0.488 mm	5.558 \pm 0.456 mm	5.463 \pm 0.478 mm	5.441 \pm 0.475 mm
T10	5.920 \pm 0.372 mm	5.902 \pm 0.384 mm	5.823 \pm 0.387 mm	5.876 \pm 0.385 mm
T11	6.938 \pm 0.451 mm	5.902 \pm 0.380 mm	6.890 \pm 0.358 mm	6.858 \pm 0.323 mm
T12	6.878 \pm 0.465 mm	6.865 \pm 0.417 mm	6.863 \pm 0.472 mm	6.860 \pm 0.457 mm
L1	6.918 \pm 0.517 mm	6.899 \pm 0.489 mm	6.903 \pm 0.488 mm	6.882 \pm 0.502 mm
L2	6.934 \pm 0.632 mm	6.899 \pm 0.572 mm	6.301 \pm 0.504 mm	6.222 \pm 0.526 mm

Pedikül Yükseklikleri

Sol ve sağ taraf olmak üzere pedikül yükseklikleri ayrı ayrı ölçülmüştür. T9- L2 arası yapılan ortalama pedikül yükseklikleri ile ilgili yapılan ölçümler

tablo 4' de, erkeklerde ve kadınlarda ortalama pedikül yükseklikleri ile ilgili ölçümler ise **tablo 5'** de gösterilmiştir. Her iki cinste pedikül yüksekliklerinin T9 seviyesinden T10 seviyesine kadar arttığı, T10 seviyesinden L1 seviyesine kadar azaldığı ve L1 seviyesinden L2 seviyesine kadar da kademeli bir artış gösterdiği belirlendi. Aynı zamanda her iki cinste de pedikül yüksekliğinin en fazla olduğu vertebranın T10 sağ vertebra pedikülü olduğu gözlemlendi. (Sırasıyla T10 vertebra sağ pedikül yükseklikleri erkeklerde $15,607\pm 1,018$ mm ve kadınlarda $15,320\pm 1,040$ mm) Her iki cinste de T10 vertebra hariç diğer vertebralarda sol pedikül yüksekliklerinin sağ pediküle oranla daha fazla olduğu saptandı.

Erkeklerde en uzun pedikül yüksekliğinin solda T11, sağda ise T10 vertebra pedikülü olduğu ve kadınlarda ise solda ve sağda en uzun pedikül yüksekliğinin T10 vertebra pedikülünde olduğu tespit edildi. T9 ve L1 vertebralarında sol ve sağ pedikül yükseklikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmadı ($p:0,316$, $p:0,06$). T10, T11, T12 ve L2 vertebraları sol ve sağ pedikül yükseklikleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edildi ($p<0,0001$).

Tablo 4. Ortalama pedikül yükseklik ölçümleri (Ortalama değer \pm Standart sapma) Birimler milimetre cinsinden verilmiştir.

Seviye	Sol Pedikül Yüksekliği	Sağ Pedikül Yüksekliği
T9	$14,583\pm 1,043$ mm	14.523 ± 0.999 mm
T10	15.283 ± 1.011 mm	15.481 ± 1.033 mm
T11	15.065 ± 0.859 mm	14.812 ± 0.789 mm
T12	14.994 ± 0.624 mm	14.781 ± 0.681 mm
L1	14.877 ± 0.706 mm	14.705 ± 0.675 mm
L2	15.037 ± 0.670 mm	14.814 ± 0.724 mm

Tablo 5. Erkeklerde ve kadınlarda pedikül yükseklik ölçümleri (Ortalama değer \pm Standart sapma) Birimler milimetre cinsinden verilmiştir.

Seviye	Erkekler		Kadınlar	
	Sol pedikül	Sağ pedikül	Sol pedikül	Sağ pedikül
T9	14,679 \pm 0,989 mm	14,642 \pm 0,917 mm	14,461 \pm 1,106 mm	14,371 \pm 1,086 mm
T10	15,355 \pm 1,014 mm	15,607 \pm 1,018 mm	15,190 \pm 1,010 mm	15,320 \pm 1,040 mm
T11	15,148 \pm 0,876 mm	14,890 \pm 0,753 mm	14,960 \pm 0,834 mm	14,711 \pm 0,831 mm
T12	15,055 \pm 0,644 mm	14,846 \pm 0,688 mm	14,916 \pm 0,595 mm	14,698 \pm 0,670 mm
L1	14,949 \pm 0,695 mm	14,783 \pm 0,662 mm	14,785 \pm 0,717 mm	14,606 \pm 0.686 mm
L2	15,099 \pm 0,686 mm	14,888 \pm 0,728 mm	14,957 \pm 0,648 mm	14.720 \pm 0.716 mm

Transvers ve Sagittal Pedikül Açıları

Transvers pedikül açıları sol ve sağ olmak üzere T9-L2 vertebra arası ölçülmüş olup, solda ve sağda ortalama sırasıyla 10.373 \pm 0.655 derece ve 10.931 \pm 1.94 derece olarak saptanmıştır. Solda ve sağda; T9 vertebra düzeyinden T12 vertebra düzeyine kadar transvers pedikül açılarının azaldığı gözlemlendi. Transvers pedikül açılarının en dar olduğu vertebra T12 vertebra açıları olduğu tespit edildi. (Sol T12 transvers pedikül açısı 9.251 \pm 0.618 derece, sağ T12 transvers pedikül açısı 10.279 \pm 0.695 derece) En geniş açının sağ T9 düzeyinde olduğu gözlemlenmiş olup açı 11.374 \pm 0.691 derece olarak ölçüldü. En dar açı ise; solda T12 düzeyinde olup 9.251 \pm 0.618 derece olarak saptandı. T10 vertebra arası sol ve sağ transvers pedikül açıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlendi. (p:0.001).

Sagittal pedikül açıları sol ve sağ olarak ayrı ayrı ölçülmüş olup, ortalama 16.001 \pm 2.192 derece olarak değerlendirildi. T10 düzeyinden L2 vertebra düzeyine kadar sol sagittal pedikül açılarının azaldığı gözlemlenmiş olup, bu azalmanın özellikle T12 seviyesinden L1 vertebraya geçişte daha belirgin olduğu tespit edildi. En geniş açı T10 vertebra düzeyinde ölçülmüştür. (16.727 \pm 1.303 derece). Sol ve sağ ortalama transvers ve sagittal pedikül açıları ile ilgili ölçümler **tablo 6'** da gösterilmiştir.

Tablo 6. Sol ve sağ transvers pedikül ağları (TPA) ve sagittal pedikül ağları (SPA) ölçümleri (Ortalama değer±Standart sapma). Birimler derece cinsinden verilmiştir.

Seviye	Sol TPA	Sağ TPA	Sol SPA	Sağ SPA
T9	11.360±0.616	11.374±0.691	16,455±1,439	16.548±1.457
T10	9.704 ±0.570	10.570±0.740	16,727±1,303	16.789±1.459
T11	9.348±0.624	10.331±0.740	16,386±1,526	16.248±1.598
T12	9.251 ±0.618	10.279±0.695	16,208±1,970	16.289±1.879
L1	11.360±0.609	11.375± 0.687	15,853±3,071	15.758±2.798
L2	11.370±0.601	11.216±0.659	15,831±3,146	15.198±3.198

İnterpediküler Mesafe

İnterpediküler mesafe; T9-L2 arası ölçülmüş olup, en kısa T9 seviyesinde 24.42±1.05 mm, en uzun ise L2 seviyesinde 29.50±2.23 mm olarak ölçüldü. İnterpediküler mesafe ortalaması 27.22±1.56 mm olarak saptandı. T9 seviyesinden L2 seviyesine dek mesafe uzunluğundaki devamlı bir artış dikkati çekmiştir. T9-L2 arası yapılan interpediküler mesafe ile ilgili ortalama ölçümler **Tablo 7'** de gösterilmiştir.

Tablo 7. İnterpediküler mesafe ölçümleri (Ortalama değer ± Standart sapma) Birimler milimetre cinsinden verilmiştir.

Seviye	İnterpediküler mesafe
T9	24.425±1.051 mm
T10	25.884±1.164 mm
T11	26.462±1.219 mm
T12	28.068±1.652 mm
L1	29.031±2.097 mm
L2	29.507±2.232 mm

Spinal Kanal Sagittal ve Transvers Çapları

Spinal kanal transvers ve sagittal çapları ortalama olarak sırasıyla 21.99 ±1.33 mm ve 17.48±1.46 mm olarak ölçülmüştür. Spinal kanal sagittal ve

transvers çaplarının T9 seviyesinden L2 seviyesine kadar artış gösterdiği dikkat çekmiştir. Sagittal çapın; T10 seviyesinden T11 seviyesine, transvers çapın ise T11 seviyesinden T12 seviyesine geçişte anlamlı olarak artığı gözlemlenmiştir. Spinal kanal transvers çap ortalamaları erkeklerde ortalama 24.817 ± 2.891 mm, kadınlarda ise 23.917 ± 2.478 mm olarak saptandı.

Spinal kanal sagittal çap ortalamaları ise erkeklerde 17.512 ± 2.179 mm ve de kadınlarda ise 17.205 ± 2.098 mm olarak saptandı. Spinal kanal sagittal ve transvers çap ile ilgili yapılan ölçümlerin ortalamaları **Tablo 8'** da gösterilmiştir.

Tablo 8. Spinal kanal sagittal ve transvers çap ölçümleri (Ortalama değer \pm Standart sapma). Birimler milimetre cinsinden verilmiştir.

Seviye	Transverse çap	Sagittal çap
T9	19.423 ± 0.488 mm	16.031 ± 1.224 mm
T10	18.905 ± 0.725 mm	16.262 ± 1.347 mm
T11	21.149 ± 1.164 mm	16.559 ± 1.459 mm
T12	23.384 ± 1.476 mm	18.387 ± 1.838 mm
L1	24.051 ± 2.032 mm	18.604 ± 1.405 mm
L2	25.109 ± 2.142 mm	19.088 ± 1.523 mm

TARTIŞMA

Pedikül vidası ile torakolomber stabilizasyon ve füzyon günümüzde torakolomber bileşkeyi etkileyen travma, tümör gibi deformasyon ve dejenerasyona neden olan hastalıkların cerrahi tedavisinde oldukça sık kullanılan bir yöntem haline gelmiştir. Bu prosedür nöroşirurji kliniklerinde en sık uygulanan cerrahi işlemler arasında yer almaktadır. Transpediküler vida fiksasyonu operasyonları sırasında floroskopi kullanılmasına rağmen, pedikül ve korpus morfolojisinin bilinmesi cerraha oldukça büyük avantaj sağlamaktadır. Transpediküler vida ile stabilizasyon operasyonlarında vida çap ve boyunun belirlenmesinde pedikül kalınlıkları ve uzunlukları, vidanın kraniale ya da kaudale hangi açı ile yönlendirilmesinin belirlenmesinde ise transvers ve sagittal pedikül açıları oldukça önemli parametreler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda operasyon öncesinde pedikül kalınlıklarının, transverse ve sagittal pedikül açılarının ve diğer morfometrik ölçümlerin bilinmesi son derece önem arz etmektedir⁸⁴. Mitra ve arkadaşları Hint popülasyonunda yaptıkları kadavra çalışmasında kadvralarda elde edilen vertebraların sagittal açılarını ölçmüş ve T9 ile L2 seviyeleri arasındaki pediküllerin kraniale, alt lomber seviyelerde ise kaudale yönelmiş olduklarını göstermişlerdir. Çalışmamızda ölçülen transvers pedikül açıları açısından bakıldığında da Acharya ve arkadaşları⁸⁵ tarafından Hint popülasyonunda yapılan çalışmayla uyumlu olarak en büyük medial açılanma L2 seviyesinde saptanmıştır. T9 seviyesine gidildikçe pedikül aksının orta hat ile yaptığı açının dikleştiği tespit edilmiştir.

Literatürde; pedikül kalınlıklarının ölçümü ile ilgili insan kadvralarının omurgalarında direk ölçümler, indirek olarak radyolojik ölçümler ve kadavra ile birlikte radyolojik ölçümlerin kombine edilmiş olduğu çok sayıda çalışma mevcuttur^{85,86,87,88,89,90,91,92,93}. Kadavrada yapılan direk ölçümler ile direk grafi ile yapılan ölçümler arasında pedikül kalınlıkları açısından anlamlı değişikliklerin olmadığı gösterilmiştir. Daha önce yapılmış olan çalışmalarda bilgisayarlı tomografi ile yapılmış olan pedikül kalınlığı, pedikül yüksekliği, transvers ve sagittal pedikül açıları ve interpediküler mesafe ölçümlerinde daha doğru değerler elde edildiği saptanmıştır. Literatürde torakal ve lomber vertebralarda

bilgisayarlı tomografi ile pedikül kalınlıklarının ölçümü ile ilgili yapılmış bir çok çalışma mevcuttur^{86,87,88,89,90}. Çalışmamızda ortalama L1 vertebra sol pedikül kalınlığı 6.411 ± 0.502 mm, ortalama L1 sağ pedikül kalınlığı ise 6.391 ± 0.492 mm, ortalama T12 vertebra sol pedikül kalınlığı 6.971 ± 0.465 mm, ortalama sağ T12 pedikül kalınlığı ise 6.893 ± 0.433 mm olarak saptandı. Bu ölçümler değerlendirildiğinde L1 vertebradaki pedikül kalınlıklarının T12 vertebradaki pedikül kalınlıklarından daha az olduğu gözlemlendi. Çalışmamızda L1 ve T12 arasındaki pedikül kalınlıkları ile ilgili benzer ilişki; Kim ve arkadaşları⁸⁹, Hou ve arkadaşları⁹⁰, Chanda ve arkadaşları⁹¹ ve Berry ve arkadaşları⁹² tarafından yapılmış olan çalışmalar ile ilgili benzerlik taşımaktadır. Zindrick ve arkadaşları⁵⁰ tarafından yapılan çalışmalarla kıyaslandığında ise sonuçlarla ilgili farklılıklar mevcuttur.

Abuzayed ve arkadaşları⁹³ tarafından yapılan çalışmada pedikül kalınlıklarının T9 vertebradan T11 vertebraya gidildikçe artış gösterdiği, T11 vertebradan T12 vertebraya azalmanın olduğu, T12 vertebradan L2 vertebraya kadar artışın olduğu gözlenmiştir. Abuzayed ve arkadaşlarının⁹³ yapmış olduğu çalışmada vertebra pedikül kalınlıkları ile ilgili yapılan ölçümlerden elde edilen değerler çalışmamızda elde edilen değerler ile karşılaştırıldığında daha büyük olarak bulunmuştur. Karabekir ve arkadaşları⁹⁴ tarafından yapılan çalışmada L1 vertebra pedikül kalınlıkları ortalaması 4.89 ± 0.73 mm, L2 vertebra pedikül kalınlıkları ise 5.17 ± 0.72 mm olarak ölçülmüştür. Çalışmamızda L1 ve L2 vertebra pedikül kalınlıklarında elde edilen değerlerin Karabekir ve arkadaşlarının⁹⁴ elde etmiş olduğu değerlerden daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Zhuang ve arkadaşları⁹⁵ tarafından 120 Çinli hastada yapılan çalışmada T9 vertebrasından T12 vertebra pedikül kalınlıklarında devamlı bir artış olduğu ve bu artışın en fazla T10 vertebrasından T11 vertebra pedikül kalınlıklarına geçişte olduğu gözlenmiştir. Çalışmamızdaki T9 ve T10 vertebra pedikül kalınlıkları değerlerinin Zhuang ve arkadaşları⁹⁵ tarafından elde edilmiş olan değerler ile uyumlu olduğu ancak T11 ve T12 vertebralarında tespit ettiğimiz ortalama pedikül kalınlıklarının ise daha küçük olduğu saptandı. Acharya ve arkadaşları⁸⁵ tarafından yapılan çalışmada; T9 vertebradan L2 vertebra pedikül kalınlıklarında devamlı bir artış olduğu gözlenmektedir.

Çalışmamızda ise; T9 vertebraından T12 vertebraına kadar pedikül kalınlıklarında kademeli bir artış olduğu, sonrasında ise T12 vertebraından L1 vertebraına kadar kademeli bir azalmanın olduğu gözleendiği. Ancak L1 vertebraından L2 vertebraına geçişte azalmanın yerini kademeli bir artışa bıraktığı gözleendi. Bu açıdan çalışmamız; Acharya ve arkadaşları tarafından yapılan çalışma ile farklılık göstermektedir.

Hou ve arkadaşları⁹⁰ tarafından yapılan 25 erkek, 15 kadın olmak üzere toplam 40 kişinin alt torakal ve üst lomber vertebra pedikül morfolojisinin incelendiği çalışmada T9 vertebraında ortalama pedikül kalınlığı bayanlarda 5.2 ± 0.9 mm ve erkeklerde ise 8.0 ± 1.1 mm olarak saptanmıştır. Çalışmamızda ise kadınlarda T9 vertebraında ortalama pedikül kalınlığı solda 5.463 ± 0.478 mm, sağda ise 5.441 ± 0.475 mm, erkeklerde ise sırasıyla solda ve sağda 5.545 ± 0.488 mm ve 5.558 ± 0.456 mm olarak saptanmıştır. Hou ve arkadaşları⁹⁴ tarafından yapılan çalışma, çalışmamız ile karşılaştırıldığında; kadınlardaki T9 pedikül kalınlıkları açısından benzerlik gözlenirken, erkeklerdeki T9 pedikül kalınlıkları açısından ise uyumsuz bulunmuştur.

Chadha ve arkadaşları⁹¹ tarafından yapılan 31 hastanın alt torakal, lomber ve S1 toplam 86 vertebraının incelendiği çalışmada pedikül kalınlığının en az olduğu T9 vertebraında ortalama pedikül kalınlığının 5.02 mm olduğu ve T9 vertebraı için ortalama pedikül kalınlığı ölçümlerinin % 46.15' inde 5 mm'den daha az olduğu saptanmıştır. Aynı oran T10 vertebraı için % 12.5, T11 vertebraı için % 11.1 ve L1 vertebraı içinde % 11.1 olarak tespit edilmiştir. Aynı çalışmada % 76.92 oranında T9 vertebra ortalama pedikül kalınlığının 6 mm'den daha az olduğu gözlenmiştir.

Zhuang ve arkadaşları⁹⁵ tarafından yapılan çalışmada T9 vertebra düzeyinden T12 vertebra düzeyine kadar pedikül yüksekliklerinde bir artışın olduğu tespit edilmiştir. Bu artışın T9 vertebra düzeyinden T11 vertebra düzeyine kadar fazla olduğu, T11 vertebraından T12 vertebraına geçişte ise bu artışın daha az olduğu belirlenmiştir. Morales-Avalos ve arkadaşları⁹⁶ tarafından yapılan çalışmada da T9 vertebra düzeyinden T12 vertebra düzeyine kadar pedikül yüksekliklerinde artışın olduğu gözlenmektedir. T9 seviyesinden T12 vertebra düzeyine kadar artışın kademeli olarak olduğu saptanmıştır.

Çalışmamızda ise; pedikül yüksekliklerinde T9 vertebra düzeyinden T10 vertebra düzeyine geçişte artış olduğu ve sonrasında ise T10 vertebradan L2 vertebraya kadar pedikül yüksekliklerinde bir azalma olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmamızda sol T12 ortalama transvers pedikül açısı 9.251 ± 0.618 derece, sağ T12 ortalama transvers pedikül açısı 10.279 ± 0.695 derece olarak saptandı. Transvers pedikül açısının en az olduğu vertebra hem solda hem de sağda T12 vertebra olduğu gözlemlendi. Kim ve arkadaşları⁸⁹ ile Zindrick ve arkadaşları⁵⁰ tarafından yapılan çalışmalarda da T12 transvers pedikül açısının en düşük açı olduğu saptanmıştır. Acharya ve arkadaşları⁸⁵ tarafından yapılan çalışmada; T12 vertebra transverse pedikül açısı 10.69 ± 1.27 derece, T9 vertebra transverse pedikül açısı 7.22 ± 1.85 derece olarak bildirmişlerdir. Acharya ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada en dar transvers pedikül açısı T9 vertebrada saptanmış olup bu yönüyle çalışmamız ile farklılık göstermektedir. Abuzayed ve arkadaşları⁹³ tarafından yapılan çalışmada en dar açı T9 vertebrada (12.5 ± 6.1 derece) ve en geniş açı ise T12 vertebrada (14.3 ± 5.9 derece) gözlemlenmiştir. Karabekir ve arkadaşlarının⁹⁴ yaptığı çalışmada transvers pedikül açısının L1 vertebraında 18.16 ± 2.31 derece ve L2 vertebraında ise 17.34 ± 2.32 derece olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmamızda T9 ile L2 arasında yapılan interpediküler mesafe ölçümlerinde T9 vertebraından L2 vertebraına kadar ölçümlerde kademeli bir artışın olduğu ve en kısa interpediküler mesafenin T9 vertebraında olup (24.425 ± 1.051 mm), en uzun mesafenin ise L2 vertebraında olduğu (29.507 ± 2.232 mm) belirlendi. Datir ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada; T12 vertebraında interpediküler mesafe ortalaması 29 mm olarak ölçülmüştür⁹⁷. Datir ve arkadaşlarının yaptığı çalışma ile interpediküler mesafe ölçümlerimiz karşılaştırıldığında çalışmamızda elde edilen ölçümlerin daha küçük olduğu belirlenmiştir.

Çalışmamızda bilgisayarlı tomografi ile yapılan ölçüm sonuçlarına göre erkeklerde ve kadınlarda spinal kanal transvers ve sagittal çapları arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlı bulunurken, transvers ve sagittal çap değerlerinin iki cinste ayrı ayrı olarak karşılaştırılması sonucunda aralarında anlamlı bir farkın olmadığı gözlemlendi. Scholes ve arkadaşları 25 kadın ve 25 erkeğe ait lomber

vertebralar üzerinde yaptıkları ölçüm sonuçlarında sagittal çapın kadınlarda minimum 13.5 mm, maksimum 20.8 mm ve ortalama 16.9 ± 1.5 mm olduğunu saptamışlardır⁹⁸. Bu çalışmada transvers çap ise kadınlarda minimum 17.6 mm, maksimum 31.2 mm ve ortalama 23.1 ± 1.8 mm, erkeklerde ise minimum 18.6 mm, maksimum 32.1 mm ve ortalama 23.6 ± 1.9 mm olarak bulmuşlardır.

Berry ve arkadaşları ise 150 adet lomber vertebrada kadın erkek ayrımı olmaksızın direk olarak yaptıkları ölçüm sonuçlarına dayanarak; sagittal çap ortalamasını 16.52 mm, transvers çap ortalamasını ise 23.1 ± 2.30 mm olarak bulmuşlardır⁹². Başaloğlu ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmalarında kadınlarda spinal kanal sagittal çap ortalamasını 17.08 ± 2.51 mm, transvers çap ortalamasını 25.53 ± 3.42 mm olarak bulmuşlardır⁹⁹. Aynı çalışmada erkeklerde spinal kanal sagittal çap ortalaması 17.52 ± 2.86 mm, transvers çap ortalaması ise 25.81 ± 2.86 mm olarak ölçülmüştür.

Bizim çalışmamızda kadınlara ait sagittal çap ortalamaları 17.205 ± 2.098 mm iken transvers çap ortalamaları 23.917 ± 2.478 mm tespit edildi. Erkeklerde ise sagittal çap ortalamaları 17.512 ± 2.179 mm, transverse çap ortalamaları ise 24.817 ± 2.891 mm olarak saptandı. Bulgularımız Başaloğlu ve arkadaşlarının bulguları ile uyumlu olarak tespit edildi⁹⁹.

SONUÇ ve ÖNERİLER

T9 ile L2 arasındaki vertebralarda sol ve sağ olmak üzere her iki pedikül kalınlıkları, pedikül yükseklikleri, transvers ve sagittal pedikül açıları, spinal kanal transvers ve sagittal çapları ve interpediküler mesafe ile ilgili kadınlarda ve erkeklerde elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle ortalama morfometrik ölçüm sonuçlarına ulaşıldı.

1) T9 ile L2 vertebra arasında sol ve sağ pediküller kendi aralarında karşılaştırıldıklarında; T10 vertebra dışında diğer seviyelerdeki vertebra pediküllerinde soldaki pediküllerin sağa oranla daha kalın oldukları gözlemlendi.

2) Erkeklerde ve kadınlarda en kısa pedikül kalınlığına sahip olan vertebra pedikülünün sağ T9 vertebra pedikülü olduğu gözlemlendi.

3) Her iki cinste de pedikül kalınlıklarında; T9 vertebra düzeyinden T12 vertebra seviyesine gidildikçe kademeli bir artış olduğu gözlemlendi. Ek olarak T12 seviyesinden L1 seviyesine geçişte pedikül kalınlığının azaldığı ve L1 seviyesinden L2 seviyesine geçişte tekrar pedikül kalınlıklarında artış olduğu tespit edildi.

4) T9 ile L2 vertebra arasında yapılan ölçümlerde; T9 vertebra pedikülleri hariç diğer pediküller de erkeklerdeki vertebra pedikül kalınlıklarının kadınlara oranla ölçülen pedikül kalınlıklarına göre daha kalın olduğu gözlemlendi.

5) Her iki cinste de; L2 vertebra pedikül kalınlığının en fazla olduğu tespit edildi.

6) Sol ve sağ olmak üzere pedikül kalınlıkları ayrı ayrı ölçülmüş olup, solda ve sağda ortalama pedikül kalınlıkları sırasıyla 6.444 ± 0.469 mm ve 6.412 ± 0.446 mm olarak saptandı.

7) Sol ve sağ olmak üzere pedikül yükseklikleri ayrı ayrı ölçülmüş olup, solda ve sağda ortalama pedikül yükseklikleri sırasıyla 14.962 ± 0.817 mm ve 14.839 ± 0.816 mm olarak saptandı.

8) Her iki cinste pedikül yüksekliklerinin T9 seviyesinden T10 seviyesine kadar arttığı, T10 seviyesinden L1 seviyesine kadar azaldığı ve L1 seviyesinden L2 seviyesine kadar da kademeli bir artış gösterdiği tespit edildi.

9) Her iki cinste de pedikül yüksekliğinin en fazla olduğu vertebranın; T10 sağ vertebra pedikülü olduğu saptandı. (Sırasıyla T10 vertebra sağ pedikül yükseklikleri erkeklerde $15,607\pm 1,018$ mm ve kadınlarda 15.320 ± 1.040 mm)

10) Her iki cinste de T10 vertebra hariç diğer vertebralarda sol pediküllerin yüksekliklerinin sağ pediküle oranla daha fazla olduğu saptandı.

11) T9 ile L2 vertebralar arasında erkeklerde ölçülen pedikül yüksekliklerinin her seviyede kadınlarda ölçülen pedikül yüksekliğine göre daha fazla olduğu belirlendi.

12) Solda ve sağda; T9 vertebra düzeyinden T12 vertebra düzeyine kadar pedikül transvers açının azaldığı saptandı. Transvers pedikül açılarının en dar olduğu vertebranın T12 vertebra açıları olduğu tespit edildi. (Sol T12 transvers pedikül açısı 9.251 ± 0.618 derece, sağ T12 transvers pedikül açısı 10.279 ± 0.695 derece)

13) T10 vertebra düzeyinden L2 vertebra düzeyine kadar sol sagittal pedikül açılarının azaldığı gözlemlenmiş olup, bu azalmanın özellikle T12 seviyesinden L1 vertebraya geçişte daha belirgin olduğu tespit edildi.

14) İnterpediküler mesafe; en kısa T9 seviyesinde 24.42 ± 1.05 mm, en uzun ise L2 seviyesinde 29.50 ± 2.23 mm olarak ölçüldü.

15) Spinal kanal sagittal ve transverse çaplarının T9 seviyesinden L2 seviyesine kadar artış gösterdiği dikkat çekmiştir.

16) Çalışmamızda, tespit edilen pedikül kalınlığı ve yüksekliği, transvers ve sagittal açılar gibi morfometrik bilgilerin; torakolomber bileşkede uygulanan transpediküler vida fiksasyonu ile füzyon operasyonlarında kritik öneme sahip olduğu düşünülmektedir. Bu bilgiler cerrahi uygulamada kullanılacak vidanın en uygun ebatta seçilmesinde önemli rol oynadığı gibi operasyon esnasında vidanın kraniale ya da kaudale hangi açı ile yönlendirileceği hakkında da yol gösterici olmaktadır. Ayrıca bu morfolojik parametrelerin bilinmesi durumunda operasyon esnasında kullanılacak vida ile ilgili oluşabilecek nörolojik komplikasyonların en aza indirebileceği akılda tutulmalıdır.

KAYNAKLAR

- 1) Özer F. Torakolomber travmalar. Zileli M, Özer F (ed). Omurilik ve Omurga Cerrahisi, Cilt 1, birinci baskı, İzmir: Başsaray Basımevi, 1997: 548-571.
- 2) Çiftdemir M. Torakolomber omurga kırıkları. The JTSS 2008; 19(1):55-64.
- 3) Denis F. The tree column spine and its significance in the classification of acute thorakolomber spinal injuries. S Spine 1983; 817-831.
- 4) Magerl F, Aebi M, Gertzbein S, Harms J, Nazarian S. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. Eur Spine J 3 1994:184-201.
- 5) Dağtekin A, Köseoğlu A, Kara K, Alımlı M, Avcı E, Bağdatoğlu C. Torakolomber patlama kırıklarında Cerrahi tedavi. 35 olgunun retrospektif olarak değerlendirilmesi. TND 2010; 20(1):1-6.
- 6) Garfin SR. Historical cohort study of pedicle screw fixation in thoracic, lumbar and sacral spine fusions (editorial) . Spine 1994; 15(19):2254-2255.
- 7) Kaneda K, Taneichi H, Abumi K, Hashimoto T, Satoh S, Fujiya M. Anterior decompression and stabilization with the Kaneda device for thoracolumbar burst fractures associated with neurological deficits. J Bone Joint Surg Am 1997: 79-83.
- 8) Panjabi MM, White AA. Basic biomechanics of the spine. Neurosurgery 1980: 76-93.
- 9) White AA, Panjabi MM. Clinical Biomechanics of the Spine, 2d ed. Philadelphia; Lippincott 1990:1-125.
- 10) Koç RK. Torakolomber travmalarda cerrahi tedavi. Hancı M, Çağlı S (ed), Omurga ve Omurilik Yaralanmaları. TND yayınları 1997:33-144.
- 11) Akbarnia BA, Crandall DG, Burkus K, Matthews T. Use of long rods and a short arthrodesis for burst fractures of the thoracolumber spine. A long term follow-up study. J Bone Joint Surg Am 76 1994:1629-1635.
- 12) Denis F. Spinal instability as defined by the three-column spine concept in acute spinal trauma. Clin Orthop 1984; 189:65-76.
- 13) Sasso RC, Cotler HB. Posterior instrumentation and fusion for unstable fractures and fracture-dislocation of the thoracic and lumbar spine. A

- comparative study of three fixation devices in 70 patients. *Spine* 1983; 18: 450-460.
- 14) Hughes JT. The Edwin Smith Surgical Papyrus. An analysis of the first case report of spinal cord injuries. *Paraplegia* 1988; 26:71-82.
 - 15) Anderberg L, Aldskogius H, Holtz A. Spinal cord injury-scientific challenges for the unknown future. *Ups J Med Sci.* 2007; 112(3):259–288.
 - 16) Alberstone CD, Benzel EC. History of thoracolumbar decompression and stabilization. *Neurosurgery Clinics of North America* 2001; 12(1):181-196.
 - 17) Arıncı K, Elhan A. Anatomi ders kitabı Cilt 2. Güneş kitapevi, Ankara 2001.
 - 18) Bahadır B. Torakolomber vertebra burst kırıklarında anterior dekompresyon, grfaj ve enstrümantasyon uygulamalarımız, Uzmanlık tezi. Ankara 2001; Ankara Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi 2. Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği.
 - 19) Bradford DS. Instrumentation of the lumbar spine. *Clinical orthopedics and related research* 1986; 203 (Feb):209-218.
 - 20) Naderi S. Spinal Biyomekaniğin Temelleri. 2003 TND Spinal Cerrahi Grubu Yayınları.
 - 21) Sanan A, Rengachary SS. The history of spinal biomechanics. *Neurosurgery* 1996; 39(4):657-669.
 - 22) Lifshutz J, Colohan A. A brief history of therapy for traumatic spinal cord injury. *Neurosurg Focus* 2004; 16:1-8.
 - 23) Missios S, Bekelis K, Roberts DW. Neurosurgery in the Byzantine Empire : The contributions of Paul of Aegina (625–690 AD). Historical vignette. *J Neurosurg* 10.3171/2013.8. JNS1 3550 2014; 120(1):244-249.
 - 24) Batirel HF, Yüksel M. Thoracic Surgery Techniques of Şerefeddin Sabuncuoğlu in the Fifteenth Century. *The Annals of Thoracic Surgery Volume* 1997; 63(2):575-577.
 - 25) Andreas Vesalius, *humani corporis fabrica* (1544) Richardson, *On the Fabric of the Human Body* (1999) Book II, 234. As quoted by W.F. Bynum & Roy Porter (2005), *Oxford Dictionary of Scientific Quotations* Andreas Vesalius, 595:2.

- 26) Alban G. Smith and the beginnings of spinal surgery. *The Official Journal of the American Academy of Neurology* 1987; 37:1683.
- 27) Wilkins WF. Separation of the vertebrae with protrusion of hernia between the same operation and cure. *St Louis Med Surg J* 1888; 54:340-341.
- 28) Riggs BL, Khasla S, Melton III LJ, The type1/Type2 model for involution osteoporosis. Update and modification based on new observations. Marcus R, Feldman D, Kelsey J. Eds. *Osteoporosis*. Academic Press 2001.
- 29) Epstein NE, Silvergleide RS, Black K. Computed tomography validating bony ingrowth into fibula strut allograft: a criterion for fusion. *The Spine Journal* 2002; 2 :129-133.
- 30) Wellman BJ, Follett KA, Traynelis VC. Complications of posterior articular mass plate fixation of subaxial cervical spine in 43 consecutive cases. *Spine*, 1998; 23(2):193-200.
- 31) Kabins MB, Weinstein JN. The history of vertebral screw and pedicle screw fixation. *The Iowa Orthopaedic Journal* 1991; 11:127-136.
- 32) Boucher HH, Vancouver BC. A method of spinal fusion. *J Bone and Joint Surg*. 1959; 41B:248-259.
- 33) Roy-Camille R, Demeulenaere C. Osteosynthese du rachis dorsal, lombaire et lombosacree par plaque metalliques vissees dans les pedicles vertebraux et les apophyses articulaires. *Presse Medicale* 1970; 78:1447-1448.
- 34) Louis R, Maresca C. Les orthodeses stables de la Charriere lombosacree (70 cas) *Rev ChirOrthop* 1976:62-70.
- 35) Tullos HS. Reduction of severe spondylolisthesis in children. *South MedicalJournal* 1969; 62:1-7.
- 36) Magerl F, Jeanneret B, Gebhard JS. Transpedicular screw fixation of articular mass fracture-separation. Results of an anatomical study and operative technique. *J Spinal Disord* 1994; 7:222-229.
- 37) Dick W. The fixateur interne as a versatile implant for spine surgery. *Spine* 1987; 12:882-900.

- 38) Krag MH, Beynon BD, Pope MH. An internal fixator for posterior application to short segments of the thoracic, lumbar or lumbosacral spine. Design and testing. Clin. Orthop. Rel. Res. 1986; 203:75-98.
- 39) Cotrel Y, Dubousset J, Guilaumat M. New universal instrumentation in spinal surgery. Clin. Orthop. Rel. Res. 1998; 227:10-23.
- 40) Tekelioğlu M. Vertebra embriyolojisi . Ege R(Editör) Vertebra- Omurga ' da. Ankara; 1992:15-19.
- 41) Palaoğlu S, Akbay A. Lomber Dar Kanal. Zileli M, Özer F (ed). Omurilik ve Omurga Cerrahisi, Cilt 1, ikinci baskı, İzmir: Meta Basımevi, 2002: 739-746.
- 42) Kayalı H, Şatıroğlu G, Taşyürekli M. İnsan embriyolojisi. 7. baskı. İstanbul: Alfa Yayın Dağıtım. 1992:84-86.
- 43) Çavdar S. Omurga ve Omurilik Anatomisi ve Embriyolojisi. Zileli M, Özer F (ed). Omurilik ve Omurga Cerrahisi, Cilt 1, ikinci baskı, İzmir: Meta Basımevi, 2002: 15-42.
- 44) Cain J, Dejong J, Dinenberg A, Stefko R, Pletburg C, Lauerman W. Pathomechanical analysis of of thoracolumbar burst fracture reduction. Spine 1993; 12 :1647-1654.
- 45) Lombardi JS, Wiltse LL, Reynolds J, Widell EH, Spencer C. Treatment of degenerative spondylolisthesis. Spine 1985; 9:821-827.
- 46) Naderi S, Yücesoy K, Özgen S. Omurga stabilizasyonunun biyomekaniği. İstanbul 1998 Marmara Üniversitesi Nörolojik Bilimler Vakfı.
- 47) Macintosh JE, Nikolai B. The morphology of the lumbar erector spinae. Spine 1987; 12:658-668.
- 48) Lin HS, Liu YK, Adams KH. Mechanical response of the lumbar intervertebral joint under physiologic (complex) loading. J Bone Joint Surgery 1978; 60A:41-55.
- 49) Zindrick MR, Wiltse LL, Doornik A, et al. Analysis of the morphometric characteristics of the thoracic and lumbar pedicles. Spine 1987;12:160-166.
- 50) Krag MK, Seroussi RE, Wilder DG, et al. Internal displacement distribution from in vitro loading of human thoracic and lumbar spinal motion

- segments. Experimental results and theoretical predictions. *Spine* 1987; 12 :1001-1007.
- 51) Nachemson A, Evans J. Some mechanical properties of the third lumbar interlaminar ligament (ligamentum flavum). *J Biomech* 1968, 1:211-217.
 - 52) Panjabi MM, Hausfeldj N, White AA. A biomechanical study of the ligamentous stability of the thoracic spine in man. *Acta Orthop Scand* 1981; 52:315-326.
 - 53) Panjabi MM, Jorneus L, Greenstein G. Lumbar spine ligaments. An in vitro biomechanical study. Tenth Meeting of the International Society for the study of the lumbar spine, Montreal: 1984; 1-3.
 - 54) Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and stability hypothesis. *J Spinal Disord* 1992; 5:390-397.
 - 55) Gaines RW. The use of pedicle screw internal fixation for the operative treatment of spinal disorders. *J Bone and Joint Surg.* 2000; 82:1458-1476.
 - 56) Cansever T, Civelek E, Çevik H, Sabancı A, Kabataş S, Yılmaz C. Lomber Pediküler Vida Uygulamasında Radyolojik Olarak Anatominin Detaylı İncelenmesi *TND* 2011; 21/ 3: 236-241.
 - 57) Vaccaro AR, Garfin SR. Pedicle screw fixation in the lumbar spine. *J Am Acad Orthop Surg* 1995; 3:263-274.
 - 58) Aebi M, Etter C, Kehl T, Thalgott J. Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with the internal spinal skeletal fixation system. *Spine* 1987; 12:544-551.
 - 59) White AA, Panjabi MM. The basic kinematics of human spine. *Spine* 1978; 3: 12-20.
 - 60) Benzel EC. Biomechanics of lumbar and lumbosacral spine fracture. In Rea GL Miller CA (eds). *Spinal Trauma: Current evaluation and management.* AANS 1993:165-195.
 - 61) Naderi S. Omurga biyomekaniği klinik kavramlar. Zileli M, Özer F (ed). *Omurluk ve Omurga cerrahisi 2.baskı, cilt 1* İzmir: Meta, 2002:125-137.
 - 62) Bedbrook GM. Treatment of Thoracolumbar Dislocation Fracture with Paraplegia. *Clin. Ort.* 1975; 112: 27-43.

- 63) Panjabi MM, Kato Y, Hoffmann H, Cholewicki J. Canal and Intervertebral Foramen Encoachments of a Burst Fracture; Effects from the Center of Rotation. *Spine* 2001; 26(11):1231–1237.
- 64) Denis F. Spinal Instability as Defined by the Three Column Spine Concept in Acute Spinal Trauma. *Clin. Orthop* 1984; 189: 65–76.
- 65) McAfee PC, Yuan HA, Fredrickson BE, Lubicky JP. The value of computed tomography in thoracolumbar fractures. An analysis of one hundred consecutive cases and a new classification. *J Bone Joint Surg Am.* 1983; 65:4 61-473.
- 66) Kostuik JP. Anterior Fixation for Fractures of the Thoracic and Lumbar Spine with or without Neurologic Involvement. *Clin. Orthop.* 1989; 189: 103-115.
- 67) Farcy JP, Weidenbaum M, Glassman SD. Sagittal Index in Management of Thoracolumbar Burst Fractures *Spine* 1990; 15 :958-965.
- 68) Dunn HK. Anterior Spine Stabilization and Decompression for Thoracolumbar Injuries. *Clin. Orthop. North. Am.* 1986; 17 :113-119.
- 69) Edwards C, Lewine A. Early Rod Sleeve Stabilisation Of The Injured Thoracic And Lumbar Spine. Section 4. Part 78. In. *Surgery Of The Musculoskeletal System*. Ed: Evarts Cmcc, New York: 1990; 3 :2237-2275.
- 70) McCormack T, Karaikovic E, Gaines RW . The load sharing classification of spine fractures. *Spine* 1994; 19(15):1741–1744.
- 71) Ege R. *Vertebra-Omurga*, Ed. R. Ege. Türk Hava Kurumu Basımevi, 1992 Ankara.
- 72) Allen BL, Ferguson RI, Lehmann TR, O' Brien RP. A Mechanistic classification of closed, indirect fractures and dislocations of the lower cervical spine. *Spine* 1982; 7(1):1-27.
- 73) Willen JAG, Gaekwad UH, Kakulas BA. Burst fractures in the thoracic and lumbar spine a clinico-neuropathologic analysis. *Spine* 1989; 14:1316-1323.
- 74) Bradford DS. Instrumentation of the lumbar spine. *Clinical orthopedics and related research*, 1986; 203:209-218.

- 75) Roy-Camille R, Saillant G, Mazel C : Plating of Thoracic, Thoracolumbar and Lumbar Injuries with Pedicle Screw Plates. Orthop. Clin. North Am. 1986; 17:147-159.
- 76) Benson DR, Keene TL. Evaluation and Treatment of Trauma to the Vertebral Column. Instr. Course Lect. 1999; 39:577-589.
- 77) Weinstein JN, Collato P, Lehman TR. Thoracolumbar Burst Fractures Treated Conservatively. A Long Term Follow-Up. Spine, 1988; 13: 33–38.
- 78) Lemaine JP. CD Instrumentation in Thoracolumbar Spine Fractures. Proceeding of the International Congress on Cotrel-Dubousset 148 Instrumentation. 3. International Meeting on CD Instrumentation Sauramps Medical 1987:160-162.
- 79) Clohisy JC, Akbarnia BA, Bucholz RD, et al. Neurologic recovery associated with anterior decompression of spine fractures at the thoracolumbar junction (T12-L1). Spine 1992; 17:325-330.
- 80) Sasso RC, Best NM, Reilly TM, et al. Anterior-only stabilization of three column thoracolumbar injuries. J Spinal Disord Tech 2005; 18:7–14.
- 81) Kirkpatrick JS, Wilber RG, Likavec M, et al. Anterior stabilization of thoracolumbar burst fractures using the Kaneda device. A preliminary report. Orthopedics 1995; 18:673-678.
- 82) Bahadır B. Torakolomber vertebra burst kırıklarında anterior dekompresyon, grfaj ve enstrümantasyon uygulamalarımız, Uzmanlık tezi, Ankara 2001 . Ankara Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi 2. Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği.
- 83) Beksaç B. Torakolomber vertebra burst kırıklarında anterior cerrahi tedavi uzmanlık tezi. SSK Göztepe Eğitim Hastanesi 1. Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği.
- 84) Schwarzenbach O, Berlemann U, Jost B, Visarius H, Arm E, Langlotz F, Nolte LP, Ozdoba C. Accuracy of computer asisted pedicle screw placement. An in vivo computed tomography analysis. Spine 1997 (Phila Pa 1976) ;22 :452-458.

- 85) Acharya S, Dorje T, Srisvastava A. Lower dorsal and lumbar pedicle morphometry in Indian population. A study of four hundred fifty vertebrae. *Spine* 2010 (Phila Pa 1976); 35(10):378-384.
- 86) Krag MH, Weaver DL, Beynon BD, Haugh LD . Morphometry of the thoracic and lumbar spine related to transpedicular screw placement for surgical spinal fixation. *Spine* 1988; 13 :27-32.
- 87) Yhiro MA. Comprehensive literature review. Pedicle screw fixation devices. *Spine* 1994; 19:2274-2278.
- 88) Bernard TN Jr, Seibert CE Pedicle diameter determined by computer tomography. Its relevance to pedicle screw fixation in the lumbar spine. *Spine* 1992; 17 :160-163.
- 89) Kim NH, Lee HM, Chung IH, Kim HJ Morphometric study of the pedicles of thoracic and lumbar vertebrae in Koreans. *Spine* 1994; 19:1390-1394.
- 90) Hou S, Hu R, Shi Y . Pedicle morphology of the lower thoracic and lumbar spine in a Chinese population. *Spine* 1993; 18:1850-1855.
- 91) Chadha M, Balain B, Maini L, Dhaon BK . Pedicle morphology of the lower thoracic, lumbar and S1 vertebrae an Indian perspective. *Spine* 2003; 28: 744-749.
- 92) Berry JL, Moran JM, Berg WS, Steffee AD. A morphometric study of human lumbar and selected thoracic vertebrae. *Spine* 1987; 12:362-367.
- 93) Abuzayed B, Tutuculer B, Kucukyuruk B, Tuzgen S. Anatomic basis of anterior and posterior instrumentation of the spine. Morphometric study. *Surg Radiol Anat* 2010; 32:75-85.
- 94) Karabekir H, Göcmen-Mas N, Edizer M, Ertekin T. Lumbar vertebra morphometry and stereological assesment of intervertebral space volumetry. A methodological study. *Annals of Anatomy* 2011; 193:231-236.
- 95) Zhuang Z, Xie Z, Ding S, Chen Y, Luo J, Wang X, Kong K. Evulation of thoracic pedicle morphometry in a Chinese population ussing 3D reformatted CT. *Clinical Anatomy* 2012; 25:461-467.
- 96) Morales-Avalos R, Leyva-Villegas J, Sanchez-Mejorada G, Cardenas-Serna M, Vilchez-Cavazos F, Martinez-Ponce de Leon A, Garza-Castro O,

- Elizondo-Omana R, Guzman-Lopez S. Age and gender related variations in morphometric characteristics of thoracic spine pedicle. A study of 4800 pedicles. *Clinical Anatomy* 2014; 27:441-450.
- 97) Datir SP, Mitra SR. Morphometric study of the thoracic vertebrae pedicle in an Indian population. *Spine* 2004; 29:1174-1181.
- 98) Scoles VP, Linton EA. Vertebral body and posterior element morphology. The normal spine in middle life. *Spine* 1988; 13:1082-1086.
- 99) Başaloğlu H, Turgut M, Kübra Başaloğlu H. The investigation of the sagittal and transverse diameters of the lumbal vertebrae: A morphometric and radiological study. *Ege Journal of Medicine* 2002; 41(2):63-66.

KISALTMALAR LİSTESİ

ALL	: Anterior Longitudinal Ligament
B	: Bone (Kemik)
BOS	: Beyin Omurilik Sıvısı
L	: Ligament
MÖ	: Milattan Önce
MRG	: Manyetik Rezonans Görüntüleme
MS	: Milattan Sonra
p	: İncelenen Olayın Olabilirlik Oranını Belirleyen Simge
PLL	: Posterior Longitudinal Ligament
RAE	: Rotasyonun Anlık Eksen
SD	: (Standart Deviation) Standart Sapma
TL	: Torakolomber
VSF	: Vermont Spinal Fiksator

RESİMLER DİZİNİ

Sayfa No:

- Resim 1.** **A:** Sinir köklerinin intervertebral foramenden çıkışı;
B: Lomber vertebranın aksiyal görünümü izlenmektedir. 15
- Resim 2.** L1 vertebraında patlama kırığı; **A:** Sagittal rekonstrükte edilmiş bilgisayarlı tomografi görünümü, yükseklik kaybı ve üst end plate hasarı izlenmekte; **B:** Aksiyal görüntülerde orta kolon hasarı izlenmekte; **C:** Koronal görüntü yine üst end plate hasarı izlenmekte; **D:** Hastaya popsterior yaklaşımla indirekt dekompresyon (Ligamentotaksis), traspediküler satabilizasyon ve füzyon operasyonu uygulanmış. Postop yan direk grafi izlenmekte. 32
- Resim 3.** Onaltı yaşında erkek hasta, translasyonel yaralanma sonucu L1-L2 spondilopitosiz ve total kord kesisi mevcut. **A:** Sagittal rekonstrükte edilmiş bilgisayarlı tomografi görünümü, L1-L2 spondilopitosiz izlenmekte, **B:** T2 sagittal MRG'de total kord kesisi izlenmekte; **C:** Postoperatif direk yan grafi, posterior transpediküler stabilizasyon ve füzyon ile redüksiyon sağlanmış durumda. 34
- Resim 4.** TL bileşkede patlama kırığı; **A:** Yan direk grafide yükseklik kaybı izlenmekte, **B:** Aksiyal bilgisayarlı tomografide orta kolon hasarı izlenmekte, **C:** Erken postoperatif kontrol yan direk grafi. Hastaya popsterior yaklaşımla traspediküler satabilizasyon, indirekt dekompresyon (Ligamentotaksis) ve füzyon operasyonu uygulanmış; **D:** Postoperatif 1. yıl kontrol direk yan grafi, **E:** Erken postoperatif kontrol ön-arka direk grafi, **F:** Postoperatif 1. yıl kontrol direk ön-arka grafi izlenmekte. 37
- Resim 5.** TL bileşkede patlama kırığı olan hastaya dış merkezde transpediküler vida fiksasyonu operasyonu uygulanmış; **A:** solda T12 pedikülüne gönderilmiş olan vidanın sol pedikülün

- dışında olduğu izlenmekte, **B**: Revizyon cerrahisi geçiren hastanın post-op dönemde çekilen bilgisayarlı tomografi tetkiğinde vidaların bilateral transpediküler yolla ilerleyip vertebra korpusu içerisinde sonlandığı izlenmektedir. 40
- Resim 6.** Pedikül kalınlığının ölçümü; **A**: Sol ve sağ pedikül kalınlıklarının ölçümünün şematik gösterimi izlenmekte; **B**: Bilgisayarlı tomografi ile aksiyal kesitte sol ve sağ pedikül kalınlıkları ile ilgili yapılan ölçümler izlenmektedir. 42
- Resim 7.** Transvers pedikül açılarının ölçümü; **A**: Sol ve sağ transvers pedikül açılarının ölçümünün şematik gösterimi izlenmekte; **B**: Bilgisayarlı tomografi ile aksiyal kesitte transvers pedikül açıları ile ilgili yapılan ölçümler izlenmektedir. 42
- Resim 8.** İnterpediküler mesafenin ölçümü; **A**: İnterpediküler mesafenin ölçümünün şematik gösterimi izlenmekte; **B**: Bilgisayarlı tomografi ile interpediküler mesafenin ölçümünün gösterimi izlenmektedir. 43
- Resim 9.** Spinal kanal sagittal çapının ölçümü; **A**: Spinal kanal sagittal çapın ölçümünün şematik gösterimi izlemekte; **B**: Bilgisayarlı tomografi ile spinal kanal sagittal çapın ölçümü izlenmektedir. 44
- Resim 10.** Spinal kanal transvers çapının ölçümü; **A**: Spinal kanal transvers çapın ölçümünün şematik gösterimi izlemekte; **B**: Bilgisayarlı tomografi ile spinal kanal transvers çapın ölçümü izlenmektedir. 44
- Resim 11.** Pedikül yüksekliğinin ölçümü; **A**: Pedikül yüksekliğinin ölçümünün şematik gösterimi izlemekte; **B**: Bilgisayarlı tomografi ile pedikül yüksekliğinin ölçümü izlenmektedir. 45
- Resim 12.** Sagittal pedikül açılarının ölçümü; **A**: Sagittal pedikül açılarının ölçümünün şematik gösterimi izlenmekte; **B**: Bilgisayarlı tomografi ile sagittal pedikül açıları ile ilgili yapılan ölçümler izlenmektedir. 45

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa No:
Tablo 1. White ve Panjabi puanlama sistemi	28
Tablo 2. Ortalama pedikül kalınlık ölçümleri (Ortalama değer \pm Standart sapma) Birimler milimetre cinsinden verilmiştir.	47
Tablo 3. Erkeklerde ve kadınlarda sol ve sağ pedikül ölçümleri (Ortalama değer \pm Standart sapma) Birimler milimetre cinsinden verilmiştir.	47
Tablo 4. Ortalama pedikül yükseklik ölçümleri (Ortalama değer \pm Standart sapma) Birimler milimetre cinsinden verilmiştir.	48
Tablo 5. Erkeklerde ve kadınlarda pedikül yükseklik ölçümleri (Ortalama değer \pm Standart sapma) Birimler milimetre cinsinden verilmiştir.	49
Tablo 6. Sol ve sağ transvers pedikül açıları (TPA) ve sagittal pedikül açıları (SPA) ölçümleri (Ortalama değer \pm Standart sapma). Birimler derece cinsinden verilmiştir.	50
Tablo 7. İnterpediküler mesafe ölçümleri (Ortalama değer \pm Standart sapma) Birimler milimetre cinsinden verilmiştir.	50
Tablo 8. Spinal kanal sagittal ve transvers çap ölçümleri (Ortalama değer \pm Standart sapma). Birimler milimetre cinsinden verilmiştir.	51