

Derleme / Review

TORAKOLOMBER BİLEŞKE TRAVMALARININ BİOMEKANIĞI

BIOMECHANICS OF THORACOLOMBER CONSEQUENTIAL TRAUMA

ÖZ

İnsan vertebra bir yandan doğal dejenerasyon süreçleri yaşarken diğer yandan da birçok patolojik durumlar, travmalar ile karşılaşır. Bütün bu doğal süreç ve patolojik süreçlerin doğru bir şekilde ele alınabilmesi için, vertebra biyomekaniği ilkelerinin bilinmesi ve klinik uygulamalara adapte edilmesi gerekmektedir. Biyomekanik testler yapılırken kas dokusu hariç tutularak vertebra'nın en küçük birimi olan fonksiyonel spinal ünite (FSU) üzerinde değerlendirme yapılmalıdır. Klinikte vertebra biyomekaniğinin değerlendirilmesinde spinal stabilite ve instabilite üzerinde durulmaktadır. Vertebra stabilitesi nöral yapılarını korunması ve vertebra'nın erken mekanik bozulmasını önlemek için temel gereksinimdir. Vertebra biyomekaniği gerek fiziksel yönü gerekse klinik yönü ile spinal cerrahinin önemli bir disiplindir. Torakal ve lomber vertebra kırıkları yaşam kalitesinde ani bir değişikliğe neden olurken, ağrı ve fonksiyonel kayıplarla birlikte kronik komplikasyonlara da yol açar. Vertebra yaralanmaları, farklı travmatik duyarlılığa ve iyileşme potansiyeline sahip yumuşak dokulardan ve kemik yapılardan oluşan karmaşık bir yapıyı etkiler. Bu karmaşıklık, sınıflandırmayı, instabiliteyi ve tedavi sonuçlarını değerlendirmeyi zorlaştırır. Bununla birlikte, dejeneratif instabilitenin aksine, travmatik instabilite, görüntüleme bulguları ve klinik semptomlar arasında daha doğrudan olan bir ilişki mevcuttur. Torakolomber travmalarda Denis'in üç kolonu, tümörlere bağlı stabilitenin değerlendirilmesinde ise Kostuik'in önerdiği modifikasyon uygulanabilir. Spinal stabilitenin değerlendirilmesinde ister kolonlar sisteminden ister puanlama sisteminden yararlanalım, biyomekanik kavramlar ışığında, daha sistematik ve rasyonel bir şekilde karar verme yeteneği kazanmış oluruz.

Anahtar Sözcükler: Torakolomber vertebra, Biyomekanik, Instabilite

ABSTRACT

While the human vertebra experiences natural degeneration processes, it also encounters many pathological conditions and traumas. In order to handle all these natural and pathological processes correctly, the principles of vertebral biomechanics should be known and adapted to clinical practice. While performing biomechanical tests, the functional spinal unit (FSU), which is the smallest unit of the vertebra, should be evaluated by excluding muscle tissue. Spinal stability and instability are emphasized in the evaluation of vertebral biomechanics in the clinic. Vertebral stability is essential for preserving neural structures and preventing premature mechanical deterioration of the vertebrae. Vertebral biomechanics is an important discipline of spinal surgery with both its physical and clinical aspects. While thoracic and lumbar vertebral fractures cause a sudden change in quality of life, they also cause chronic complications along with pain and functional losses. Vertebral injuries affect a complex structure of soft tissues and bone structures with different traumatic susceptibility and healing potential. This complexity makes it difficult to classify, assess instability and treatment outcomes. However, unlike degenerative instability, there is a more direct relationship between traumatic instability, imaging findings, and clinical symptoms.

Denis's three columns in thoracolumbar traumas and Kostuik's modification can be applied in the evaluation of stability due to tumors. Whether we use the column system or the scoring system in the evaluation of spinal stability, we gain the ability to make decisions in a more systematic and rational way in the light of biomechanical concepts.

Keywords: Thoracolumbar vertebra, Biomechanics, Instability

Vertebralar, yük taşıyan korpus yapısı, harekete izin veren veya kısıtlayan faset eklemleri ve disk yapısı, pasif direnç gösteren ligamentöz yapılar ve aktif hareket sağlayan kas yapıları ile kompleks bir mekanik yapıdır. Spinal cerrahi pratik uygulamaları arasında, doğru tanı ve tedavi uygulayabilmesi için biyomekanik disiplinin temel kurallarını bilmesi gerekmektedir.

Kinematik: Vertebranın bir bölgesinin veya tamamının fizyolojik sınırlar içerisindeki hareketini belirtir.

Fonksiyonel Spinal Ünite (FSU): Komşu iki vertebra, etrafındaki tüm yumuşak dokular ile hareket segmentini (FSU) oluşturur. Bir hareket segmenti vertebranın en temel birimidir.

Translasyon: Daha çok kaymayı tarif eder. Sabit bir noktaya göre bütünsel olarak aynı yönde yapılan harekettir. Ölçüm birimi mm'dir.

Rotasyon: Sabit bir noktaya göre aynı yönde bütünsel yapılan harekettir.

Nötral Zon: Nötral pozisyondan vertebranın direnç gösterdiği maksimum pozisyona kadar vertebranın yer değiştirme hareketini tanımlar.

Elastik Zon: Nötral zonun sonundan, hareket yelpazesinin sonuna kadar vertebranın yer değiştirme hareketini tanımlar.

Hareket Yelpazesi (range of motion ROM): Bir spinal segmentte aynı düzlemdeki fizyolojik iki hareketin toplamıdır.

Rotasyonun anlık eksen: Herhangi bir segment rotasyona uğradığı zaman hiç hareket etmeyen bir eksenidir.

Servikal, torakal ve lomber vertebraların dizilişi, segmental yapıları, yetmezlik mekanizmaları, biyomekanik özellikleri, patolojik süreçleri farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar nedeniyle patolojik süreçlerdeki yaralanma mekanizmaları ve yaralanma tipleri de farklılıklar içerir. Vertebra yaralanmalarının büyük kısmı anatomik ve biyomekanik özellikler sebebiyle torakolomber bileşke bölgesinde meydana gelmektedir. Göğüs kafesi tarafından desteklenen, hareket aralığı sınırlı kifotik torakal vertebra ile, daha mobil lordotik lomber vertebra arasında ki biyomekanik farklılıklarından dolayı travma oluşturan durumların en sık hasar verdiği bölgedir. Böylelikle travmalar sonucunda izole minör kompresyon yaralanmalarından instabil çevresel ligamentöz yapıların yaralanmasına kadar farklı yaralanmalar oluşabilir.

Vertebra kırıklarının tedavisinin planlanmasında öncelikle stabilitenin değerlendirilmesi çok önemlidir. Cerrahi tedavi yöntemlerle bozulan spinal biyomekanikğin tamiri ve sürdürülmesi temel hedeftir (7,8).

Vertebral Kolon:

Vertebra sabit yapılar (korpus), eklem yapıları (disk ve faset eklemleri), harekete pasif direnç sağlayan yapılar (ligamanlar) ve aktif destek sağlayan yapılardan (kaslar) oluşan mekanik bir yapıdır. Vertebra sistemini bütün olarak ele alırsak nöral dokuları korumak gibi önemli görevlerinin yanında gövdenin mevcut yükünü taşımak ve hareketlerimize izin vermek gibi temel görevleri de vardır. Bir sistemin işlev ve fonksiyonlarını yapabilmesi için stabil olması gereklidir. Vertebranın stabil hali; yük taşıyabilmesi, harekete izin verme özellikleri ile değerlendirilir. Tüm bu özellikleri beraber taşıyarak ağrıya ve nörolojik defisite yol açmayan vertebra sistemi stabil kabul edilir.

İnsan vertebra sistemi doğal dejenerasyon sürecini yaşarken bir yandan da birçok patolojik durumlarla karşılaşır. Tüm bu doğal ve patolojik süreçlerin etkin değerlendirilebilmesi ise vertebra biyomekanikği ilkelerinin bilinmesi ve klinik pratiklere uygulanması gerekir.

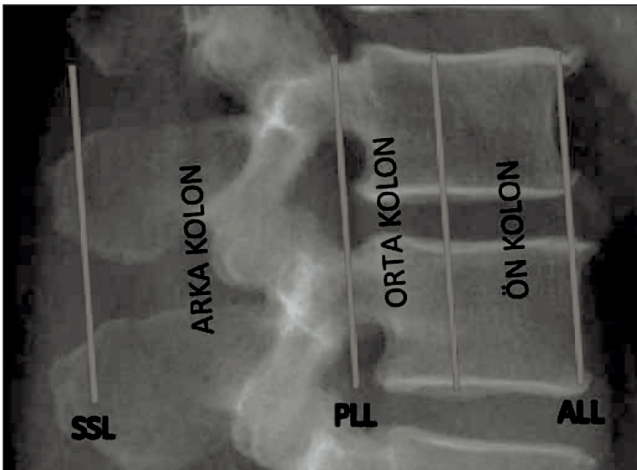
Spinal stabilite kavramı ilk olarak lumbosakral bölgedeki dejeneratif hastalıklar için 1923 yılında Von Lackum tarafından belirtilmiştir (22). Sonraki yıllarda White ve Panjabi tarafından klinik stabilite “fizyolojik yüklenme altında, vertebranın bütünlüğünü koruyabilmesi, nörolojik defisit ve şiddetli ağrı olmaması” olarak ifade edilmiştir (18,23). Daha sonraki yıllarda yapılan biyomekanik çalışmalar ile hareket yelpazesi ve nötral zonun önemine dikkat çekilmiş ve Panjabi tarafından stabilite “vertebranın stabilize edici sisteminin vertebrayı nötral zonda tutabilme, nörolojik defisit oluşmama ve inkapasite edici ağrı oluşmaması durumu” olarak ifade etmiştir (19,20).

İnstabilite durumu ise yukarıda açıklanan durumlarında fonksiyonların kaybolması olarak “fizyolojik yük altında vertebranın anormal yer değiştirme paternini koruyamaması ve bunun sonucunda oluşabilecek nörolojik defisit, majör deformite ve ağrıyı önleme yeteneğini kaybetmesi” olarak ifade edilir.

Amerikan Ortopedik Cerrahlar Derneği (AAOS) tarafından yapılan tanımlamada ise “vertebranın tüm fizyolojik hareketlerde, birbirine bağlı ve normal deplasman sınırlarında kalması” olarak ifade edilmiştir (11).

Kemik yapı, yumuşak doku ve ligamanların spinal stabiliteye katkıları ve travmanın bu yapılar üzerindeki etkilerini araştıran pek çok biyomekanik çalışmalar yapılmıştır. Holdsworth ve ark., spinal stabilite kavramını kolon teorisiyle açıklamaya çalıştılar. Vertebra cismi ve diskten oluşan, kompresif streslere dirençli anterior kolon ile streslere maruz kalan ve nöral kavislerin de bulunduğu arka kolondan oluşan ikili kolon modelini önerdiler. Holdsworth, posterior kolona “posterior bağ kompleksi” (PLC) tanımlamasında bulundu ve stabilite üzerinde rol aldığından bahsetti (6).

Daha sonraki yıllarda Denis, üç kolondan oluşan bir model tanımladı. Bu çalışmada vertebra cisminin ve diskin ön yarısı ile anterior longitudinal (ALL) bağdan oluşan ön kolon, cismin ve diskin arka yarısı ve posterior longitudinal bağdan oluşan orta kolon olarak ikiye ayırdı (Şekil 1). Posterior kolon ise Holdsworth’un tanımlamasında ki gibi nöral kanal, supraspinöz, interspinöz, lig. flavum ve faset eklem kapsüllerini içeren PLC’den meydana gelmektedir (6). Spinal stabilitenin belirlenmesinde en önemli görev orta kolona aittir. En az iki kolonun aynı zamanlı yetmezlikleri sonrası instabilite gelişir. Denis burst (patlama) kırıklarını eş zamanlı hem orta kolona hem de ön kolona verdiği eş zamanlı hasar nedeniyle instabil kırıklar olarak yeniden tanımladı. Denis’in belirlediği yeni model, hem yumuşak bağ dokusunu hem de kemik yapıyı ilgilendiren vertebra kırıkları sonrası gelişen instabiliteyi değerlendirmek için kullanışlıdır. Bugün en çok kabul edilen referanslardan biridir. Günümüzde yapılan histolojik ve biyomekanik çalışmalarla orta kolonun ayrı bir yapı olarak ele alınabileceği üzerinde durulmaktadır (1). Denis’ in üç kolon modeline göre ön kolon kırıkları



Şekil 1: Denis’in üç kolon modeli.

kompresyon (çökme) kırıkları, ön ve orta kolon kırıkları burst (patlama) kırıkları, üç kolon eş zamanlı kırıkları ise rotasyonel burst kırıkları olarak sınıflandırılır (2).

Mc Afee ve ark., Denis’in üç kolon modelini desteklemişlerdir, fakat orta kolonu daha küçük bir bölüm olarak PLL, vertebra cismi 1/3 posterioru ve anulus fibrosis 1/3 posterioru olarak tanımlamışlardır. Arka kolon ve orta kolon hasarı ile birlikte instabilite oluştuğunu iddia etmişlerdir. Burst kırıklarını ise ikiye ayırmışlardır:

- 1) Stabil burst kırığı: Sadece ön ve arka kolonun tutulduğu belirgin kanal darlığı oluşturmayan kırıklardır. Bu tipde; arka kolon hasarı olsa bile, kırık laminospinoz bileşkede vertikal tarzda ayrışma şeklindedir ve arka bağ yapıları sağlamdır.
- 2) İnstabil burst kırığı: Arka kolonunda hasar gördüğü hem kemik yapıların hem bağ dokuların zarar gördüğü büyük oranda nörolojik yaralanmanın eşlik ettiği burst kırıklarıdır (15).

Kostuik ise klinik ve anatomik olarak instabiliteyi iki gruba ayırmıştır. L4-5 vertebra ve T2-9 arası vertebra kırıklarını stabil kırık kabul etmiştir. L4-5 arası kırıklar daha geniş spinal kanala sahip olmaları, T2-9 arası kırıkları ise çevresindeki toraks nedeniyle torakolomber bölgeye göre daha stabil kabul etmiştir (12). Dunn, Denis’ in üç kolon teorisine göre orta kolon sağlığını esas almıştır. Ayrıca;

1. T8 vertebra üzerindeki kırıklarda orta kolon hasarı olsa dahi toraks sağlam ise stabil kabul edilir. Göğüs duvarı instabil ise vertebra kırığı da instabildir.
2. L4 ve L5 vertebralarda orta kolon hasarına rağmen posterior elemanlar sağlam ve sadece vertikal kırık varsa stabildir.
3. *Chance kırığı* karşı taraftaki yumuşak doku yaralanmaları nedeni ile instabildir.
4. Kompresyon kırıklarında, vertebra yükseklik kaybı %50’den fazla ise instabil kabul edilir.
5. Tüm kırıklı çıkıklar instabildir (3).

Edwards ve Levine, bazı özel radyolojik bulgulara dayanarak instabilite kriterlerini bildirmişlerdir:

1. Lateral grafide vertebra cismindeki kollaps ile anterior-posterior (AP) grafide pediküller arası mesafenin artması

2. Tomografi kesitlerinde lomber bölgede kanal çapının 1/3'den daha fazla daralmaya neden olan kırıklar.
3. Herhangi bir planda vertebra 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. Vertebra cisminin anterior kolon çökmesinin %50'den fazla olduğu olgularda, spinöz çıkıntılar ve lamina arasında anormal açılanmanın varlığı instabiliteyi gösterir (4,25).

Farcy ve Weidenbaum, Denis'in üç kolon modelini revize ederek her üç kolondaki kemik ve yumuşak doku hasarını ayrı ayrı değerlendiren altı elemanlı bir sınıflandırma tasarlamışlardır. Buna göre; her kolondaki kemik yapı B (bone) ile yumuşak dokular ise L (ligament) ile gösterilir. Böylece, bir vertebra ve diskinden oluşan bir hareketli segment altı elemandan meydana gelir. Bu elemanların durumu manyetik rezonans (MR) görüntüleme ile tespit edilir. Üç ve üstünde elemanın hasarı instabiliteyi gösterir. Burst kırığı, genelde ön ve orta kolonların "B" ve "L"lerini kapsar ve bu yüzden dört elemanı tutar, instabildir. (2B+2L). Kompresyon kırığı ön kolonu (B+L), iki elemanı tutar, stabildir. Kırıklı-çıkıkta tüm kolon ve elemanlar hasarlanmıştır ve altı elemanı da tutan instabilite mevcuttur (5).

Kifune ve ark., kadavra vertebraasında yaptıkları çalışmalarda; yüksek hızlı travma gücü üretilmiş aksiyel ve kompresyon/ fleksiyon yüklerine cevap olarak, yüklenmeye oluşan deplasman ve esneme hareketleri sonrası, hareket aralığını (ROM), nötral zon (NZ), elastik zon (EZ) instabilitelerini değerlendirmişler; sırasıyla 57, 84 ve 104 Nm ortalama darbe enerjisi sonrası end-plate'lerde kama ve burst kırıklarını izlemişler; hareket modelleri üzerinde, endplate kırıkları belirgin bir farklılık oluşturmazken, ilk değişikliklerin kama kırıklarında meydana geldiğini göstermişlerdir. Burst kırıkları, instabilite üzerinde en büyük değişiklikleri göstermiştir. Burst kırıklarının instabiliteye etkisi kama kırıkları ile karşılaştırıldığında, aralarında yüksek oranda farklılık olduğunu belirtmişlerdir. Vertebrada ilk lezyonu oluşturabilmek için ciddi miktarda enerji gerekirken, bu enerjiye ek olarak uygulanacak nispeten küçük bir enerji, instabilite meydana getirmeye yeterlidir. Klinik bakış açısından, konservatif takip gerektiren stabil bir

kırığı cerrahi stabilizasyon gerektiren instabil kırığa dönüştürmek için, şiddeti sadece küçük bir miktarda artmış bir travma yeterlidir (10).

Son yıllarda, özellikle genç hastalarda, cerrahi morbiditeyi azaltmak ve daha az sayıda hareketli segmenti füzyon alanına dahil etmek için uygulanan kısa segment enstrümantasyon sonrasında, yüksek oranda kifoz ve enstrümantasyon yetmezliği gelişebileceği görülmüştür (13). McCormack ve ark., kırık hatlarının vertebra korpusuna ve komşu diske uzanımını değerlendirerek, anterior spinal kolonun rezidüel yük taşıma kapasitesinin tahmin edilebileceğini ve bunun sonucunda konservatif ve cerrahi yaklaşım sonuçlarının, enstrümantasyon (kısa ve uzun segment) yetmezliği riskinin de tahmin edilebilir olduğunu iddia etmişlerdir (16). McCormack ve ark.'na göre, uzun kemik kırıklarındaki kemik ile implant arasında doğru yük dağılımını sağlayıp, pseudarthrosis ve implant başarısızlığını engelleyen osteosentez prensibi, akut spinal kırıklarının tedavi yönetiminde de geçerlidir. McCormack ve ark. tarafından, toplam puanın üç ile dokuz arasında değiştiği, yük paylaşımı sınıflandırması (LSC) tanımlanmıştır. Bu skorlama, hasar görmüş vertebra gövdesi miktarı (bilgisayarlı tomografi [BT] sagittal rekonstrüksiyonunda), kırık parçalarının yatay dağılımı (aksiyel BT taramalarında) ve ameliyat sonrası anterior kolonda kifoz düzeltme derecesi öngörülerek yapılmıştır. Kırık parçalarının aşırı radyal deplasmanı, anterior kolonun yetersiz redüksiyonu halinde kifoz gelişiminin kaçınılmaz olduğunu ve mekanik stres altında anterior kolonun yük paylaşımı yeterince olmadığı için, bunun cerrahi başarısızlık için bir risk teşkil ettiğini belirtmişlerdir. Kısa segment posterior tespit uygulanan veya konservatif takip edilen yüksek skorlu hastalar, kifoz gelişimi ve enstrümantasyon yetmezliği meydana gelme eğilimindedir. Bunun yanı sıra, düşük skorlu hastaların, uzun segment enstrümantasyon uygulaması ile gereksiz morbiditeye maruz kalabileceklerini bildirmişlerdir.

McCormack sınıflandırması, redüksiyon kaybına yol açabilecek kırıkları saptamak için önemlidir, fakat vertebra stabilitesinin korunmasında başlıca etmen olan ligamanların bütünlüklerinin bozulmasını hesaba katmaz. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, posterior bağ yetmezliğinin geçmişte tahmin edilenden çok daha yaygın olduğu gösterilmiştir. Bir çalışmada, artmış interspinöz boşluk, 20° üzeri lokal kifoz, sagittal deplasman, %50'nin üzerinde bir yükseklik kaybı ve faset kırıkları, mekanik instabilitenin radyolojik özellikleri olarak öne sürülmüştür.

Ayrıca Magerl'in torakolomber kırık sınıflandırması, artan instabilite derecesine karşılık gelen A, B ve C tipleri olarak adlandırılan üç ana grup kırığı içerir. Daha stabil olan Magerl A'yı (kompresyon) Magerl B (distraksiyon) tip kırıklardan ayırt eden önemli bulgu, posterior bağların durumudur (14). Yaralanma sonrası posterior bağların durumu, kırık vertebra stabilitesi için büyük önem taşımaktadır. Burst kırıklarında instabilitenin değerlendirilmesinde, Denis'in yaklaşımında önemli bir bileşen olan orta sütundan ziyade, posterior kolonun durumunun daha iyi bir gösterge olduğunu ileri süren çalışmalar son yıllarda artmaktadır (9). Bu bağlardaki lezyona tanı konmaması ya da yanlış tedavi uygulandığı durumlarda, biyomekanik restorasyonun sağlanamaması nedeni ile progresif deformite, kronik ağrı ve kalıcı sakatlık benzeri komplikasyonlarla karşılaşılabilir.

Optimum spinal dizilim, kişi ayakta dururken kasların minimum enerji harcamasına olanak sağlar. Normalde bu durum vertebranın fizyolojik eğimleri, pelvis morfolojisi, aksiyel ve appendiküler iskelet kasları arasındaki kompleks ilişki ile sağlanır. Debousset'nin ekonomi konisi kavramı, spino-pelvik dengenin dik bir postür sağlama, yürüme ve dik durma sırasında enerji harcamasını minimize etmesinin önemini ortaya koyar (21). Global spinal dengeyi koruma yaklaşımı, vertebra travmaları sonrası izlenecek tedavi yaklaşımlarının hedefi olan biyomekanik restorasyonun sağlanmasında ana unsurlardan biridir. Sagittal spinal eğrilikler, vertikal yüklerle karşı, direnci 17 kata kadar artırmaktadır. Bunu, deformasyonları daha önceden belirlenmiş ve paravertebral kas kontraksiyonu ile hızlıca kontrol edilebilen alanlara yönlendirerek sağlar. Vertebranın fizyolojik eğrilikleri, travmatik güçlere verilen yanıtı etkiler. Torakal bölgede bulunan vertebra, kifozdan dolayı vücudun AP denge ekseninden uzaktır (dış odituar kanallardan geçen, C7-T1 ve L5-S1 aralığında olan femoral başların merkezi) ve eksentrik kuvvetlerle karşı karşıya kalır. Dorsal kifoz, doğumda mevcut olan tek sagittal spinal eğriliktir. Servikal ve lomber lordozlar sırasıyla, yürüme sonrasında gelişim gösterir. Hem normal bireylerde, hem de patolojik koşullarda sagittal vertebra eğrilikleri, pelvik insidans (PI), sakral eğim (SS) ve pelvik tilt (PT) gibi farklı parametrelerce sınırları çizilmiş, pelvik geometrik değerlerce düzenlenir (17,24).

KAYNAKLAR

1. Berk H: Sırt-bel omur kırıkları. TOTBİD Derg 7(1-2):20-34, 2008
2. Denis F: The three columns spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. Spine 8(8):817-831,1983
3. Dunn HK: Anterior spine stabilization and decompression for thoracolumbar injuries. Orthop Clin North Am 17(1):113-119, 1986
4. Edwards CC, Lewine AM: Early rod-sleeve stabilization of the injured thoracic and lumbar spine. Orthop Clin North Am 17(1):121-145, 1986
5. Farcy JP, Weidenbaum M, Glassman SD: Sagittal index in management of thoracolumbar burst fractures. Spine 15(9):958-965,1990
6. Holdsworth FW: Fracture, dislocation and fracture-dislocation of the spine. J Bone Joint Surg Br 45B:6-20, 1983
7. Izzo R, Guarnieri G, Guglielmi G, Muto M: Biomechanics of the spine. Part 1: Spinal stability. Eur J Radiol 82(1):118-126, 2013
8. Izzo R, Guarnieri G, Guglielmi G, Muto M: Biomechanics of the spine. Part 2: Spinal stability. Eur J Radiol 82(1):127-138, 2013
9. James KS, Wenger KH, Schlegel JD, Dunn HK: Biomechanical evaluation of the stability of thoracolumbar burst fractures. Spine 19(15):1731-1740, 1994
10. Kifune M, Panjabi MM, Arand M, Liu W: Fracture pattern and instability of thoracolumbar injuries. Eur Spine J 4(2):98-103, 1995
11. Kirkaldy-Willis WH: Presidential symposium on instability of the lumbar spine. Spine 10(3):254, 1985
12. Kostuik JP: Anterior fixation for fractures of the thoracic and lumbar spine with or without neurologic involvement. Clin Orthop Relat Res 189:103-115, 1984
13. Knop C, Bastian L, Lange U, Oeser M, Zdichavsky M, Blauth M: Complications in surgical treatment of thoracolumbar injuries. Eur Spine J 11(3):214-226, 2002
14. Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S: A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. Eur Spine J 3(4):184-201, 1994
15. McAfee PC, Yuan HA, Frederickson BE, Lubicky JP: The value of computed tomography in thoracolumbar fractures. J Bone Joint Surg 65(4):461-473, 1983
16. McCormack T, Karaikovic E, Gaines RW: The load sharing classification of spine fractures. Spine 19(15):1741-174, 1994

17. Morvan G, Wybier M, Mathieu P, Vuillemin V, Guerini H: Plain radiographs of the spine: Static and relationships between spine and pelvis. *J Radiol* 89(5 Pt 2):654-663, 2008
18. Panjabi MM, White AA: Basic biomechanics of the spine. *Neurosurgery* 7:76-93, 1980
19. Panjabi MM: The stabilizing system of the spine. Part I: Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord* 5:383-389, 1992
20. Panjabi MM: The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. *J Spinal Disord* 5:390-397, 1992
21. Schwab F, Patel A, Ungar B, Farcy JP, Lafage V: Adult spinal deformity-postoperative standing imbalance: How much can you tolerate? An overview of key parameters in 35 assessing alignment and planning corrective surgery. *Spine* 35(25):2224-2231, 2010
22. Von Lackum HL: The lumbosacral region. An anatomic study and some clinical observations. *JAMA* 82:1109-1114, 1924
23. White AA, Panjabi MM: *Clinical Biomechanics of the Spine*. 2nd ed. Philadelphia: Lipincott, 1990:1-125
24. Vialle R, Levassor N, Rillardon L, Templier A, Skalli W, Guigui P: Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects. *J Bone Joint Surg* 87(2):260-267, 2005
25. Yetis M: Torakolomber burst kırıklarında posterior enstrümantasyon ve füzyon sonuçlarımız (Tıpta Uzmanlık Tezi). İstanbul 2009:34-37