

**DANA OMURGASI MODELİNDE FARKLI ENSTRÜMANTASYON
TEKNİKLERİNİN ÖN KOLON AKSİYEL YÜKLENMESİNE ETKİLERİ:
BİYOMEKANİK ÇALIŞMA**

**EFFECTS OF DIFFERENT INSTRUMENTATION TECHNIQUES ON ANTERIOR
COLUMN AXIAL LOADING IN BOVINE SPINE MODEL:
A BIOMECHANICAL STUDY**

İbrahim Ekrem DEVSEREN*, Ömer AKÇALI,
Berivan ERİK***, İbrahim MUTLU***.**

ÖZET:

Amaç: Standart bir biyomekanik instabilite oluşturularak fizyolojik aksiyel yüklenme verilen dana omurgası modelinde, farklı enstrümantasyon tekniklerinin omur cisminde gelen yüklenmeye etkilerini araştırmaktır.

Gereç ve Yöntem: Altı adet dana omurgasına instabilite modeli oluşturmak amacıyla anterior total korpektomi uygulandı. Korpus defekti yerine yük hücresi yerleştirildi. Her örnek için; (1) anterior plak, (2) anterior çift rod, (3) posterior kısa segment transpediküler vida, (4) kombine anterior ve posterior enstrümantasyon olmak üzere dört farklı enstrümantasyon tekniği uygulandı. Örnekler aksiyel yüklenme verilerek 200, 400, 600 ve 800 Newton aksiyel yüklenmeler sırasında yük hücresinden alınan ölçüm değerleri kaydedildi. Verilerin toplanması ardından istatistiksel analiz Mann Whitney-U testi ile yapıldı.

Bulgular: Kombine anterior ve posterior fiksasyon yapılan örneklerde, anterior yük hücresinden ölçülen aksiyel yüklenme değerleri diğer fiksasyon yöntemlerinde elde edilen değerlerden anlamlı olarak düşük bulunmuştur ($p<0.05$).

Sonuç: Dana omurgası instabilite modeli üzerinde uygulanan kombine anterior ve posterior fiksasyon, çalışılan diğer fiksasyon tiplerine göre daha fazla aksiyel yük taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biyomekanik instabilite, omurga kırığı, enstrümantasyon.

Kanıt Düzeyi: Invitro Deneysel Çalışma, Düzey II

(*) Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, İzmir.

(**) Doç. Dr., Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, İzmir.

(***) Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Biyomekanik Anabilim Dalı, İZMİR

SUMMARY:

Objectives: *The aim of this study is investigate the axial loading on vertebral body with different instrumentation techniques in bovine spine model which has a standardized biomechanical instability.*

Materials and Method: *Anterior total corpectomy was performed to six bovine spine for standart instability model. A load cell placed at the defect site. Four different instrumentation techniques such as; (1) anterior corpus plate, (2) anterior double rod, (3) posterior short segment transpedicular screw, (4) combined anterior double rod and posterior short segment transpedicular screws were performed. Each specimen was axially loaded and the measurements of load cell at 200, 400, 600 and 800 Newton axial loads were recorded. Mann Whitney U test was used for statistical analysis.*

Results: *Anterior load cell measurements of combined anterior plate and posterior short segment transpedicular screw applications are significantly lower than the other instrumentation techniques ($p<0.05$).*

Conclusion: *Combined anterior and posterior fixation can resist more axial loads than the other instrumentation techniques in a bovine spine model.*

Key words: *Biomechanical instability, spinal fracture, instrumentation.*

Level of Evidence: *Invitro Experimental Study, Level II*

GİRİŞ:

Torakolomber omurga patlama kırıkları, günümüzde halen omurga cerrahisi literatürünün geniş bir alanını kaplamakla birlikte, tedavi algoritmaları konusunda net bir görüş birliği bulunmamaktadır. Torakolomber omurga patlama kırıklarında, tedavi temel olarak anterior enstrümantasyon, posterior enstrümantasyon, kombine anterior ve posterior enstrümantasyon olarak özetlenebilir. Uygulanan bu fiksasyon yöntemlerinde esas amaç spinal dizilimin sağlanması ve sürdürülmesi ile solid kemik füzyonu oluşturmaktır.

Klinik uygulamalarda, enstrümantasyon seçimi genellikle cerrahın deneyim ve tercihinin bağlıdır. Anterior ve posterior enstrümantasyon yöntemlerini ve klinik sonuçlarını karşılaştıran çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Ancak, bu çalışmalarda sonuçları etkileyebilecek bir çok değişken vardır. Hastaların bireysel özellikleri, kırıkların standart olmaması, tedavi süreci, iyileşmedeki bireysel farklılıklar gibi özellikler, bu tip klinik çalışmaların sonuçlarını etkilemektedir. Bu nedenle, enstrümantasyon tekniklerini karşılaştırmak için biyomekanik çalışmaların önemi ortaya çıkmaktadır. Yapılan biyomekanik çalışmalar da, genellikle implant sağlamlığı ve yorgunluk dayanımını kapsamaktadır. Literatürde, anterior kolon rekonstrüksiyonu için kullanılan kemik greftleri üzerine aksiyel yönde gelen yükler ile implant stabilitesi ve füzyon gelişimi arasında bağlantı kuran çok az sayıda çalışma vardır. Yapılan korpektomi ve torakolomber enstrümantasyon ile ilgili biyomekanik çalışmalarda kullanılan implant tipinin uygulanan destek greft üzerine gelen yükü ne derece etkilediğine dair direkt veri bulunmamaktadır.

Çalışmamızda, standart bir biyomekanik instabilite oluşturulan ve fizyolojik aksiyel

yüklenme verilen dana omurgası modelinde, farklı enstrümantasyon tekniklerinin anterior kolona gelen yüklenmeye etkilerini değerlendirilmiştir.

GEREÇ VE YÖNTEM:

Çalışmada altı adet dana omurgası (T12-L6) kullanıldı. Örneklerin proksimal ve distal uçlarındaki birer segment, polyester ile özel bir kalıp içine gömüldü. Daha sonra örneklerin her birine motorlu bıçak yardımıyla L4 korpektomi uygulandı. Korpektomi yapılırken önce pediküller kesildi. Daha sonra dura ve diğer yumuşak dokular cismin kemik yüzeyinden sıyrıldı. Böylece posterior ligamentöz kompleks, spinal kord ve dura korunmuş oldu. Korpektomi seviyesinin bir alt ve bir üst seviyesindeki intervertebral diskler eksize edildi. Bir üst seviyenin alt uç plağı ve bir alt seviyenin üst uç plağı, transvers düzleme paralel olacak şekilde düzelterek greftlemeye uygun hale getirildi. Örneklerin hazırlanması ve deneyler sırasında omurgaların kurumaması için belli aralıklarla % 0,9 NaCl solüsyonu ile ıslatıldı. Deneyler oda sıcaklığında gerçekleştirildi.

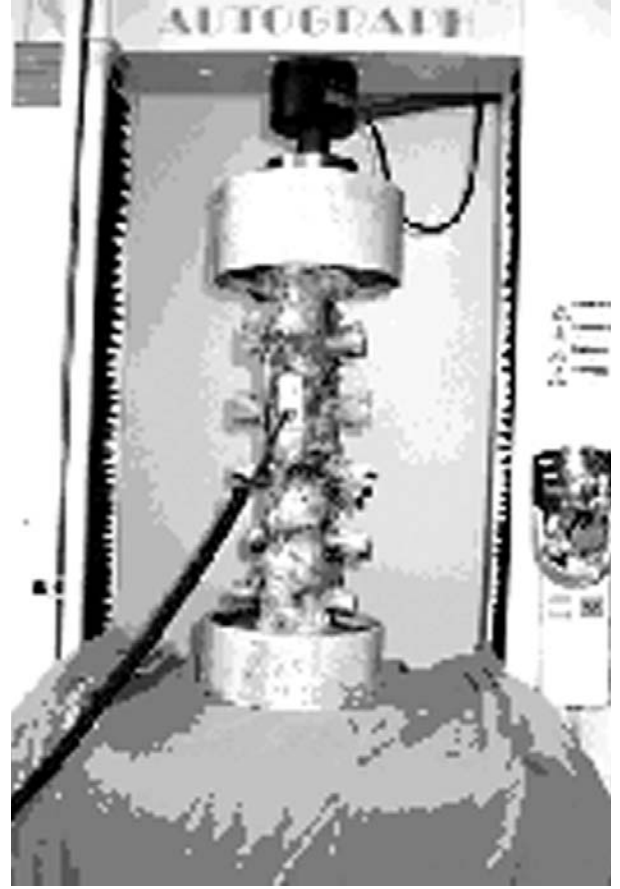
Deneyde basma aleti olarak SHIMADZU Autograph AG-5kNG basma ve çekme cihazı kullanıldı. Omurga ön kolonuna gelen aksiyel yüklerin ölçümü amacıyla Chatillon DFS Series Digital Force Gauge (AMETEK Inc.) aletine bağlanabilen ve maksimum 2500 Newton'a kadar dayanıklı kalibre edilmiş yük hücresi (load cell) anterior destek greft olarak korpektomi alanına yerleştirildi (Şekil-1). Deneyler sırası ile; (1) korpektomi, anterior yük hücresi, anterior plak enstrümantasyonu, (2) korpektomi, anterior yük hücresi, anterior çift rot enstrümantasyonu, (3) korpektomi, anterior yük hücresi, kombine anterior ve posterior enstrümantasyon, (4) korpektomi, anterior yük hücresi, posterior kısa segment enstrümantasyon olarak uygulandı.

Spinal implantlar olarak Yeni Spinal Sistemin (YSS- Hipokrat A.Ş. İzmir) titanyum olan versiyonu kullanıldı. Basma aletiyle 0'dan 800 Newton'a kadar sürekli artan şekilde ve basma hızı 1 mm/dak olacak şekilde aksiyel kompresyon uygulandı (Şekil-2). 200, 400, 600, ve 800 Newton yüklenmeler sırasında Chatillon DFS tipi ölçüm aletine bağlı ve anterior destek greft olarak uygulanmış yük hücresinden (load cell) alınan ölçüm sonuçları bilgisayara kaydedildi.

Deney verilerinin istatistiksel analizi non-parametrik yöntemlerden iki bağımsız örneklemeli Mann Whitney U testi kullanılarak yapıldı.



Şekil 1. Anterior çift rod uygulanmış ve yük hücresi yerleştirilmiş korpektomi modeli



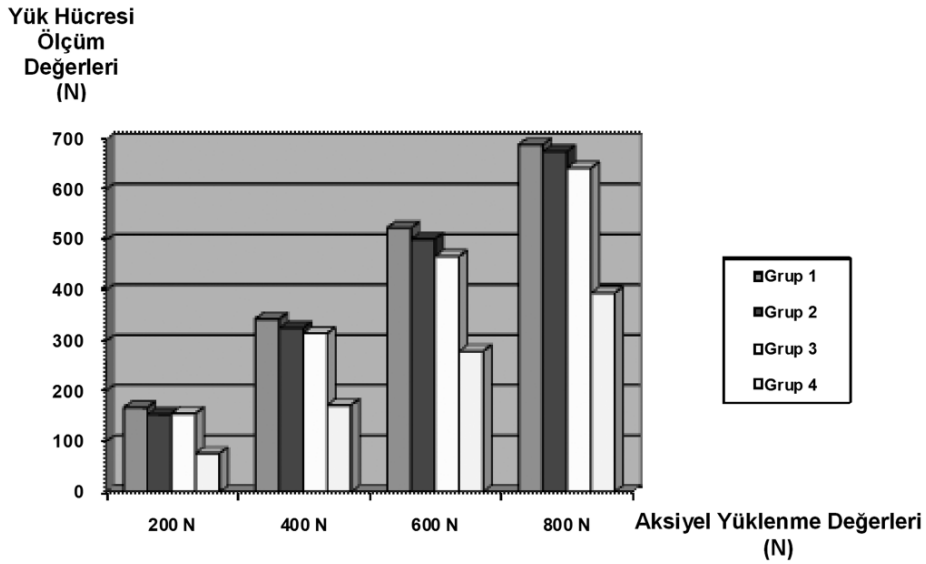
Şekil 2. Deney düzeneği. Korpektomi sonrası yük hücresi yerleştirilmiş ve enstrümantasyon yapılmış olan omurga modeli basma cihazına yerleştirilmiştir.

SONUÇLAR:

Korpektomi sonrasında, defekt alana yerleştirilen yük hücresi ölçüm değerleri ,karşılaştırıldığında anterior plak fiksasyonu, anterior çift rod fiksasyonu ve posterior kısa segment transpediküler vida fiksasyonu yapılan gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0.05$) (Tablo-1). Bununla birlikte anterior ve posterior kombine fiksasyon yapılan grupta ölçülen değerler diğer fiksasyon gruplarının değerlerine göre anlamlı olarak düşük bulunmuştur ($p<0.05$) (Şekil-3).

Tablo - 1. Tüm grupların ortalama ölçüm değerleri verilmiştir.

Fiksasyon grupları	200 N	400 N	600 N	800 N
Grup 1	167,34	343,71	524,99	690,48
Grup 2	154,06	325,93	503,04	676,75
Grup 3	156,06	315,42	468,59	644,21
Grup 4	76,43	172,41	280,05	395,07

**Şekil 2.** Grupların ortalama değerlerinin karşılaştırılması. 4. Grup olan anterior ve posterior enstrümantasyonda yük hüresine gelen değerler diğer gruplara göre belirgin düşük bulunmuştur.**TARTIŞMA:**

Torakolomber omurga kırıklarının tedavisinde uygulanan anterior, posterior ya da kombine yaklaşımla enstrümantasyon teknikleri arasında hangisinin daha başarılı olduğu konusunda net bir görüş birliği bulunmamaktadır. Anterior yaklaşımla spinal kanalın direkt olarak dekompresyonu, anterior kolon rekonstrüksiyonu ve bozulmuş olan spinal dizilimin düzeltilmesi amaçlanır. Buna karşın, posterior girişimlerle ligamentöz yapılar ulaşmak ve omurganın tensil güçlerini sağlamak mümkündür. Omurganın her üç kolonunu da içeren yaralanmalarda ise anterior

dekompresyonun ardından posterior enstrümantasyon önerilmektedir ⁽¹⁰⁾. Lomber omurgada medulla spinalisin olmaması ve spinal kanalın geniş olması nedeniyle posterior yaklaşım torasik ve torakolomber bileşkeye oranla nöral yaralanma açısından daha emniyetlidir.

Omurga cerrahisi ile ilgili olarak yapılan biyomekanik çalışmalarda kullanılan temel biyomekanik testler arasında katılık, direnç, yetmezlik enerjisi, implant stresi, intervertebral gerilim testleri yer alır ^(2,3,6). Katılık testleri, yüklenme ve deplasman ölçümü olarak yapılır ve bu testlerde omurganın fleksibilitesi

hakkında veriler toplanır. Torakal ve lomber omurganın biyomekanik testlerinde en sık uygulanan yüklenme tipi, aksiyel kompresyon yüklenmesidir. Tek eksenle yüklenme yapıldığı için daha standart bir testtir. Fakat, omurga, fonksiyonlarını çok yönlü yüklenmeler altında sürdürür. Bu yüzden yüklenme ve deplasmana olan cevabı doğrusal değildir. Bununla beraber, in vivo şartlarda, çok yönlü yüklenmelere yanıtını tahmin etmek zordur.

Spinal immobilizasyonun derecesi ve bunun füzyon dokusu üzerinde oluşturduğu gerilim, iyileşme süreci açısından önemli bir faktördür. İyileşme dokusunun karşı koyabileceğinden daha fazla gerilim oluşması veya zaman içerisinde değişmesi iyileşme sürecini olumsuz yönde etkiler. Bu açıdan iyileşme süresince uygun biyomekanik koşulların yaratılması ve gerilimin yeterli kontrolü iyileşme ve cerrahi başarı açısından daha iyi sonuçların alınmasını sağlayacaktır. Fakat, bununla beraber seçilen cerrahi yöntemlerde yerleştirilen implantlarda en uygun rijiditeyi belirlemek güçtür. Laboratuvar kaynaklı çalışmalarda Johnston, sıkı fiksasyonun iyileşme dokusunda füzyonu indüklediğini ve hızlandırdığını ve bunun sonucunda da füzyon oranının ve dayanıklılığının daha fazla olduğunu göstermiştir ⁽⁴⁾. Ek olarak, aşırı sıkı fiksasyonla stres zırhı oluşumu ve füzyon alanında osteopeni gelişebileceğini gösteren çalışmalar da mevcuttur ^(1,7).

Destek greft üzerine gelen yüklerle ilgili olarak Schultheiss ve arkadaşları, 2003'de bir çalışma yapmışlardır ⁽⁹⁾. Bu çalışmada, altı insan kadavrasında, T12 korpektomi sonrasında greft olarak anterior yük hücresi uygulamışlar ve anterior, posterior ve kombine anterior ve posterior kısa segment sistemleri karşılaştırmışlardır. Sonuçta, yüklenme verilmediği durumlarda, anterior

enstrümantasyon ve anterior ile posterior kombine enstrümantasyonun yükler üzerinde daha etkili olduğu, ekstansiyonda ise posterior enstrümantasyonun etkin olduğu bulunmuştur. Bizim çalışmamıza birçok yönden benzemekle birlikte, temelde yüklenme değerlerinde farklılıklar vardır. Schultheiss ve arkadaşları, hareket momentleri sırasında oluşan yüklenmeleri simüle etmişlerdir. Aksiyel yüklenmenin enstrümantasyon tipine göre greft üzerinde farklı yüklenme yaratmayacağını öne sürmüşlerdir. Bizim çalışmamızda ise sadece aksiyel yüklenme verilmiş ve enstrümantasyon şeklinin grefte ve dolayısı ile omur cisminde gelen yükleri etkilediği bulunmuştur.

Lim ve arkadaşları, instabilite oluşturulmuş 15 dana omurgası modelinde anterior ve posterior sistemlerin stabilitesini karşılaştırdıkları bir çalışma yapmışlardır ⁽⁵⁾. Bu çalışmada dana omurgalarında L3-L4 intervertebral diskektomi, uç plakların rezeksiyonu ve 1,5 cm'lik anterior ve orta kolon defekti yaratılarak instabilite oluşturulmuştur. Anterior destek greft olarak polimetilmetakrilat (PMMA) blok kullanılmıştır. Sağlam omurga ile anterior destek greftiyle beraber enstrümantate edilen instabil omurga ve anterior destek grefti olmadan enstrümantate edilen instabil omurgalarda anterior plak, anterior rot ve posterior segmental vida sistemleri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, kısa segment posterior enstrümantasyon, anterior destek grefti olmadan daha az stabil fiksasyon sağlarken, anterior rod ve plak sistemleri ile birlikte destek grefti kullanıldığında tüm testlerde yeterli stabilite sağlanmıştır. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde, dana omurgası kullanılarak instabilite modeli oluşturulmuş, fakat bu model korpektomi modeli olarak seçilmiştir. Farklı olarak kombine anterior ve posterior fiksasyon yöntemi de

değerlendirilmiştir. İnstabilite modeli oluşturulduğundan her iki çalışmada da destek grefti gereksinimi doğmuştur. Değerlendirmede ölçüm yöntemimizin farklı olması ve direkt olarak yük değeri elde edilmesi bizim çalışmamızın önemli avantajıdır. Bununla beraber ölçümlerimizin sadece aksiyel yüklenme altında yapılması ve fleksibilite ölçümlerinin olmaması bizim çalışmamızın eksik yönleridir. Bizim çalışmamızda test edilen kombine anterior ve posterior fiksasyon yöntemi, diğer enstrümantasyon yöntemlerine göre anlamlı oranda daha stabil bulunmuştur.

Oda ve arkadaşları 1999'da yayınladıkları bir çalışmalarında, spondilektomi yapılmış sekiz adet insan kadavrası modeli üzerinde beş farklı enstrümantasyon tekniğini biyomekanik olarak değerlendirmişlerdir⁽⁶⁾. L2 total spondilektomi yapılmış omurga modelinde omur cisimleri arasına titanyum kafes yerleştirmişler ve sonrasında da örnekleri beş gruba ayırmışlardır. Bu gruplara anterior vida-rod sistemi, posterior kısa segment transpediküler enstrümantasyon, posterior uzun segment transpediküler enstrümantasyon, anterior vida-rod sistemi ile posterior kısa ve uzun segment transpediküler enstrümantasyonların kombinasyonlarını uygulamışlardır. Bir grup örnekte de sağlam omurgaya yüklenme verilmiştir. Sonuçta tüm testlerde sadece anterior ve posterior kombine sistemlerin sağlam omurgaya göre daha stabil olduğu bulunmuştur. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde anterior ve posterior kombine fiksasyonun daha fazla yük taşıdığı bulunmuştur. Oda ve arkadaşlarının çalışmasında, yüklenmeler sırasında oluşan eklem hareketleri ekstansiyometre ile ölçülmüş ve buna göre stabil-instabil ayrımı yapılmıştır. Ancak, bizim çalışmamızda

korpektomi alanına yük hücresi yerleştirilmiş, böylece yüklenme sırasında omur cismine gelen aksiyel yükler direkt olarak ölçülmüştür. Burada uygulanan aksiyel yüklenme miktarı ile bu sırada yük hücresinden ölçülen yüklenme miktarı arasındaki fark enstrümanın stabilitesini belirlemektedir. Bununla birlikte bizim çalışmamızın dana omurga modelinde yapılmış olması, en önemli eksikliğidir. Ülkemizde insan kadavrası üzerinde çalışmanın zorlukları nedeniyle hayvan omurga modelleri üzerinde çalışmalar, daha çok tercih edilmektedir.

Özetle, çalışmamızda torakolomber instabil patlama kırıklarında uygulanan dört farklı internal fiksasyon yöntemi, primer implant stabilitesi yönünden birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma, omurga ön kolonuna destek greft olarak yerleştirilen yük hücresi üzerine aksiyel kompresyon uygulaması altında gelen yüklerin ölçümüyle yapılmıştır. Greftte binen yüklerin değerlendirilmesi sonucunda, anterior ve posterior kombine enstrümantasyon yönteminin, sadece anterior veya sadece posterior enstrümantasyona göre omurga ön kolonuna gelen yükleri daha fazla karşıladığı ve dolayısı ile daha stabil olduğu bulunmuştur. Anterior plak uygulaması ile posterior kısa segment enstrümantasyon arasında, omurga ön kolonuna gelen yükleri karşılama açısından farklılık gösterilememiştir. Bu çalışmanın insan kadavra omurgası üzerinde yapılması ile klinik uygulamalara daha iyi ışık tutulabilir. İleride yapılabilecek biyomekanik çalışmalarda, internal fiksasyon yöntemleri arasındaki farklar araştırılırken, aksiyel kompresyon yüklenmelerinin yanında fleksibilite ölçüm testlerinin de yapılması klinik uygulamalar açısından değerli sonuçlar verebilir.

KAYNAKLAR

1. Edwards WT, Yuan HA. General considerations, evaluation, and testing. In: Bridwell, K.H., DeWald, R.L., eds. *The Text Book of Spinal Surgery*, Vol. 1, Chapter 12, Philadelphia, Lippincott - Raven Publishers, 1997; pp: 141-174.
2. Flamme CH, Hirschler C, Heymann C, Heide N. Comparative biomechanical testing of anterior and posterior stabilization procedures. *Spine* 2005; 30: E352-E362.
3. Goel VK. Basic science of spinal instrumentation. *Clin Orthop Rel Res* 1997; 335: 10-31.
4. Johnston CE, Ashman RB, Baird AM, Allard RN. Effect of spinal construct stiffness on early fusion mass incorporation. Experimental study. *Spine* 1990; 15: 908-912.
5. Lim TH, Howard S, Jung H, You JW et al. Biomechanical evaluation of anterior and posterior fixations in an unstable calf spine model. *Spine* 1997; 22: 261-266.
6. Mark R. Foster MR. A functional classification of spinal instrumentation. *Spine J* 2005; 5: 682-694.
7. McAfee P, Farey ID, Sutterlin CE, Gurr KE et al. Device-related osteoporosis with spinal instrumentation. *Spine* 1989; 14: 919.
8. Oda I, Cunningham BW, Abumi K, Kaneda K. The stability of reconstruction methods after thoracolumbar total spondylectomy. An in vitro investigation. *Spine* 1999; 24: 1634-1638.
9. Schultheiss M, Hartwig E, Kinzl L, Claes L ve ark. Axial compression force measurement acting across the strut graft in thoracolumbar instrumentation testing. *Clin Biomech* 2003; 18: 631-636.
10. Vaccaro AR, Lim MR, Hurlbert RJ, Lehman RA ve ark. Surgical decision making for unstable thoracolumbar spine injuries results of a consensus panel review by the spine trauma study group. *J Spinal Disord Tech* 2006; 19: 1-10.