

Servikal diskoligamentöz yaralanmada anterior fiksasyonun yeri: Biyomekanik analiz

Mustafa Uzan⁽¹⁾, Murat Hancı⁽²⁾, Fatma Özlen⁽¹⁾, Hatice Kalava⁽³⁾, Ali Çetin Sarioğlu⁽⁴⁾
Cengiz Kудay⁽⁴⁾

Servikal bölgenin komplet diskoligamentöz yaralanmaları, ortaya çıkardığı instabilite ve potansiyel riskleri nedeniyle cerrahi tedaviyi gerektirmekle birlikte, varış yolu ve kullanılan fiksasyon teknikleri konusunda tartışmalar sürmektedir. Servikal diskoligamentöz yaralanmaların cerrahi tedavisinde tartışılan seçeneklerden biri olan anterior enstrümantasyon ile sağlanan stabilitenin değerlendirilmesi amacıyla yapılan bu çalışmada, dana servikal vertebrasından elde edilen C4-C5 fonksiyonel spinal üniti (FSÜ) kullanılmıştır. Aksiyel, fleksiyon, ekstansiyon ve lateral bending yüklem testlerinin non-destrüktif olarak uygulandığı deneklerde, tüm ölçümlerde kontrol grubundan elde edilen değerler anterior enstrümantasyon grubundan daha iyi olmasına rağmen bu farklar istatistiksel olarak anlam ifade etmemektedir. İntakt deneklerin korunmuş stabilitesine eşdeğer anlamındaki bu sonuçlardan hareketle, servikal bölgenin komplet diskoligamentöz yaralanmalarında anterior enstrümantasyonun gerekli stabiliteyi sağladığı; bu nedenle de cerrahi tedavi de kullanılabilecek bir seçenek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Anterior enstrümantasyon, diskoligamentöz yaralanma, spinal stabilite

The role of anterior instrumentation on stabilization of cervical discoligamentous injuries: A biomechanical analysis

In this study, using calf cervical vertebral column, the efficacy of anterior stabilization in the treatment of discoligamentous injuries was studied. A method that's widely used in clinical practice. There were three groups which included lesion, control (intact) and anterior stabilization groups. We applied non-destructive flexion, extension, lateral flexion and axial loading to each group and observed its effects. As a result there was no statistically significant difference between control and anterior stabilization groups although the quantitative values of the control group was better than anterior stabilization group. In conclusion anterior stabilization although not as much as normal, provides an optimal degree of stabilization

Keywords: Anterior instrumentation, discoligamentous injury, spinal stability

İnstabil kolumna vertebralisin gerekli şekilde tedavi edilmediği olgularda progressif nörolojik defisit ve kifozis ile beraber yaralanmanın olduğu bölgede füzyonun oluşması için gereken vasküler yapılanmanın mikrotravmalar sebebiyle engellenmesi pseudoartroza yol açar (11, 29). Bu komplikasyonların engellenmesi amacıyla instabil servikal vertebra yaralanmalarının tedavisinde anterior ve/veya posterior yaklaşımla uygulanan internal stabilizasyon yöntemlerinin kullanılması geniş kitleler tarafından kabul görmüştür (20). Bu tedavi yöntemlerinde kullanılan enstrümanların hastalara zarar vermeksizin doğru kullanılabilmesi amacıyla servikal vertebraların normal fonksiyonlarını bilmenin gerekliliği kadar (12), uygulama yapılan deneklerin biyomekanik testlere tabi tutulması da gerekmektedir (1).

Biz de bu çalışmada dana servikal kolumna vertebralisinden elde edilen fonksiyonel spinal ünitelerde (FSÜ), gerçekleştirilen diskoligamentöz yaralanma üzerinde anterior enstrümantasyonun sağladığı stabiliteyi biyomekanik olarak test ettik.

Gereç ve yöntem

Denekler ve yaralanma modeli:

Sakrifiye edilmiş 15 adet, yaklaşık 100 kg ağırlığında 6 aylık danalardan elde edilen C₁-C₇ vertebralar adale katları alınarak -20°C'lik derin dondurucuda saklandı. Çalışma sırasında üstte C₃ vertebrasının 2/3 alt bölümünden, altta da C₆ vertebra 1/3 üst kısmından kesilerek tek bir FSÜ elde etmek amacıyla C₃ ile C₄ vertebra korpusu ve C₆ ile de C₅ vertebra korpusu birbirleri ile vidalandı.

Ölçüm aygıtı:

Deneklere uygulanan kuvveti ve bu sırada ölçme noktalarında ortaya çıkan yer değiştirmeleri ölçmek için Strain-gage tekniğinden yararlanılmamıştır.

Deneklere kuvvet uygulaması:

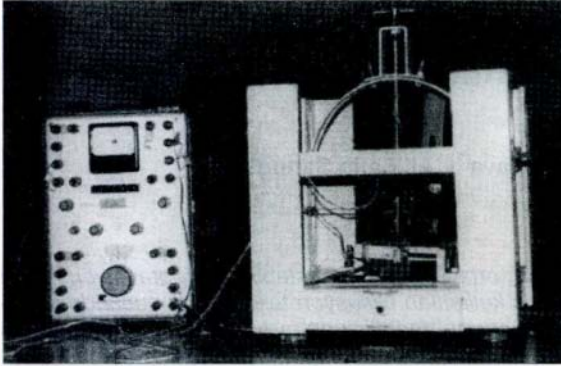
Kontrol grubunu oluşturan denekler ölçüm çerçevesine tespit edildi. C₄ vertebra transvers prosesi ile spinöz prosesi altına yer değiştirme ölçme kırımları yerleştirilerek HBM-MK statik köprüsüne bağlandı (Şekil 1). Aksiyel yüklem uygulamaları için toplam

(1) İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Nöroşirurji Anabilim Dalı, Uzman Dr.

(2) İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Nöroşirurji Anabilim Dalı, Yard. Doç. Dr.

(3) İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Mukavemet Birimi, Mühendis

(4) İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Nöroşirurji Anabilim Dalı, Prof. Dr.



Şekil 1: Kuvvet Uygulama çerçevesi ile bağlantıları yapılmış HBM-MK statik köprüsü görülmektedir

Kontrol grubu/lezyon grubu karşılaştırması				
	Kontrol	Lezyon	F	P
Axial	2.01	2.56	1.916	0.204
Lateral	-	-	-	-
Fleksiyon	607.67	70	52.488	0.0001
Ekstansiyon	470.30	51.50	32.533	0.0001

Tablo 1: Kontrol ve lezyon grubundan elde edilen değerlerin karşılaştırması

300 Newton'luk kuvvet vertebra'nın ağırlık merkezine saniyede 50 Newton artacak şekilde uygulandı, yük boşaltıldıktan 20 saniye sonra ölçüm kirşileri üzerinden yer değiştirmeler belirlendi. Bu uygulama her bir denek için 5 kez tekrarlandı ve en son elde edilen sonuç değerlendirmeye alındı.

Lateral bending yüklemelerinde aynı yüklemeye şekli vertebra ağırlık merkezinin 2 cm sağ lateralinden dik olarak uygulandı. Ekstansiyon yüklemeye deneyinde kuvvet uygulama kalemi vertebra'nın ağırlık merkezinin 2 cm arkasına yerleştirilerek aynı tip kuvvet uygulandı.

Fleksiyon uygulamasında ise posteriordaki ölçüm kirşisi C₄ spinöz prosesi üzerine alındıktan sonra kuvvet uygulama kalemi vertebra'nın ağırlık merkezinin 2 cm önüne yerleştirilerek yüklemeler yapıldı. Her kuvvet uygulaması sonrasında yapılan boşaltmalardan sonra C₄₋₅ fonksiyonel spinal ünitenin elastik deformasyon sınırları içinde kaldığı gözlemlendi. Bu deneyler sonrasında elde edilen epsilon değerleri kalibrasyon katsayıları ile çarpılarak yer değiştirmeler milimetre, kuvvet ise Newton cinsine çevrilmiştir.

Lezyon grubundaki deneklerde supraspinöz ligament, interspinöz ligament, ligamentum flavum, kapsüler ligament, anulus fibrosus, posterior longitudinal ligament ve anterior longitudinal ligamentler bistüri ile kesildikten sonra kontrol grubundaki uygulamalar bu gruptaki denekler için gerçekleştirildi. Anterior fiksasyon uygulanan tedavi grubu deneklerde önce aynı tip lezyon oluşturuldu; sonra disk mesafesine trikortikal kemik grefti yerleştirildi (metakarp plağı, C₄ ve C₅ korpuslarına birer adet kortikal vida ile bikortikal olarak tutturuldu). Bu uygulama sonrasında tüm deneklerin servikal grafileri çekilerek plağın ve vidanın konumları kontrol edildi. Deneklerin ölçüm çerçevesine oturtulmaları ve ölçümlerin yapılması kontrol grubun-

Lezyon grubu/anterior stabilizasyon grubu karşılaştırması				
	Lezyon	Stabilite	F	p
Axial	2.56	1.27	41.895	0.0001
Lateral	-	-	-	-
Fleksiyon	70	425	46.590	0.0001
Ekstansiyon	51.50	372.80	45.267	0.0001

Tablo 2: Lezyon ve anterior stabilizasyon grubundan elde edilen değerlerin karşılaştırması

Kontrol grubu/anterior stabilizasyon grubu karşılaştırması				
	Kontrol	Stabilize	F	p
Axial	2.01	1.27	2.731	0.137
Lateral	5.71	7.27	0.417	0.536
Fleksiyon	607.67	425.20	4.335	0.071
Ekstansiyon	470.30	372.80	1.301	0.287

Tablo 3: Kontrol ve anterior stabilizasyon grubundan elde edilen değerlerin karşılaştırması

da olduğu şekilde gerçekleştirildi. Her bir denek için maksimum olarak 6 saati geçmeyen bütün bu uygulamalar sırasında boyunlar %0.9 NaCl ile ıslatıldı.

Bulgular

Deney sonuçları kontrol lezyon ve tedavi gruplarına ayrılarak incelendi. Her grupta 5 deneye ait ölçüm sonuçları SPSS PC + istatistik paketi kullanılarak değerlendirildi. İstatistik anlamlılığı Anova yöntemi kullanılarak saptanan farkların anlamlılık sınırı p<0.05 olarak kabul edildi.

Kontrol ve lezyon gruplarından elde edilen karşılaştırılmalı sonuçlar Tablo 1 'de, lezyon ve tedavi grubundan elde edilenler Tablo 2'de, kontrol ve tedavi grubundan elde edilenler ise Tablo 3'de gösterilmiştir. Lezyon grubunun lateral bending ölçümlerinde öngörülen 300 Newton'luk yüklemeye uygulanamadı. 100 Newton'luk yüklemeye sonra sistem ölçüm sınırlarının dışına taşacak şekilde deplasman gösterdiği için elde edilen sonuçlar değerlendirmeye alınmadı.

Tartışma

İnternal stabilizasyon için kullanılan materyallerin etkinliğinin araştırılması amacıyla yapılan biyomekanik testlerde denek olarak taze insan kadavrası (1, 4, 13, 14, 17, 18, 19, 21, 24, 26), siğir (7), köpek (30), koyun (28) gibi farklı canlılardan elde edilen servikal vertebra kullanılmıştır. Siğir vertebra'ları torakolomber bölgenin biyomekanikliğinin araştırılması amacıyla yoğun bir şekilde kullanılırken (10), servikal vertebra biyomekanikliğinde ilk olarak 1988 yılında Sutterlin ve ark. (25) tarafından kullanılmıştır. İnsan ve siğir vertebra'ları arasında bazı anatomik farklılıklar (5, 9, 22, 25) nedeniyle testlerde taze insan kadavrası kullanılması önerilmiş ise de dejenerasyonu ve osteoporozu olmayan, metabolik hastalığı bulunmayan genç yaş grubundan çok sayıda kadavra bulmak olanaksız gibidir (13, 15, 31). Genç siğirlardan elde edilen servikal omurgalar yapısal biyomekanik testler için uygundur (23). Coe ve ark. (4) yaptıkları bu çalışmada in vitro biyomekanik testlerde siğir ve insan servikal omurga modellerinin hem avantajları hem de dezavantajları

olduğunu, biyomekanik implant testleri insan kadavra ve sığır denekleri arasında birbiri ile tutarlı olduğu ve servikal omurga implantlarının biyomekanik testleri için sığır modelinin kullanılabilir olduğunu saptamışlardır. Tüm bu bulgular ışığında biz de çalışmamızda taze genç sığır vertebralalarını kullandık.

Yaralanma mekanizmalarının araştırılmasında en uygun yöntem distraksiyon ve fleksiyon ile oluşturulan servikal fraktür-dislokasyonlardır. En yaygın görülen servikal yaralanma tipi Allen ve arkadaşlarına göre (2) distraktif fleksiyon, stage 3 veya bilateral faset dislokasyondur. Bu yaralanma tipinde her üç kolonda da instabilite mevcuttur. Biz de çalışmamızda interspinoz, supraspinoz ligamentleri, faset eklemlerini, ligamentum flavumu, posterior longitudinal ligamenti ve anulus fibrosusu kesip anterior longitudinal ligamenti de C₄ ve C₅ vertebralari önünden sıyrarak instabiliteyi sağladık. Bu tip yaralanmaların tedavisinde anterior veya posterior fiksasyon girişimlerinin seçimi konusunda tartışmalar mevcuttur. Bazı yazarlara göre sadece posteriordan yapılacak fiksasyon ile gerekli stabilizasyonun sağlanabileceği bildirilmesine karşın bazı yazarlar da anteriordan yapılacak plak-vida uygulamasının yeterli olabileceğini bildirmişlerdir. Anterior yaklaşım ile daha kolay ve kısa sürede vertebralara ulaşılabilmesi, minimal doku hasarı oluşması, çok az kan kaybına sebep olması, medulla spinalis ve sinir köklerinin dekompresyonu için uygun bir ortam sağlaması ile birlikte tek girişimle stabilizasyona da olanak sağlaması sebebiyle çalışmamızda bu tekniği kullandık (16, 32). Diskoligamentöz yaralanma sonrası oluşan instabilitenin tedavisi amacıyla uygulanan anterior plak-vida tekniği özellikle fleksiyon ve torsiyon yüklemeleri sırasında yeterli stabilizasyonu tek başına sağlayamamakta bu sebeple de eksternal ortotikler ile belli bir süre mutlaka desteklenmeleri gerekmektedir (6).

Çalışmamızda kullanıma girişi metakarp kırıklarının onarımı ile başlayan plakları ve korteks vidalarını kullandı; plak lezyonun bir üstüne ve bir altına birer vida ile tespit edildi. Anterior servikal stabilizasyonda genellikle yanyana iki vida ile tespit yapılarak yüklenmelerinin kontrol edilmesine çalışılmış olmasına karşın klinik deneyimimiz bu deneylerde kullandığımız plaklarında etkin stabilizasyonu sağlayabildiğini göstermiştir (16).

Servikal koruma vertebralisinin üç kolon yaralanmalarının biyomekanik prensipleri ve tedavisi tartışılmalıdır. Bir çok araştırmacıya göre posterior ve orta kolon travmalarının stabilizasyonu için posterior fiksasyon yöntemleri uygun bir yöntem iken anterior ve orta kolon yaralanmalarının olduğu durumlarda da anterior fiksasyon metodları yeterli olmaktadır. Ancak her üç kolonun yaralandığı durumlarda ne anterior fiksasyon ne de posterior fiksasyon tek başına yeterli stabilizasyonu sağlayabilmektedir.

Ulrich ve ark. (26) kadavra modelinde oluşturulan C5-6 FSU diskoligamentöz yaralanmanın tedavisinde anterior stabilizasyonun yeterli olduğunu; posteriordan yapılan stabilizasyonun ise anteriordan daha güçlü olduğunu göstermişlerdir. Coe ve ark. (4), üç kolon instabilitesi olan deneklerde çeşitli anterior ve

posterior stabilizasyon tekniklerini çalışmış ve bütün gruplar arasında fleksiyonda ve torsiyonda stabilite açısından istatistiksel boyutta anlamlı farklılık saptamamakla beraber aksiyel yüklenme ve fleksiyon sırasında posteriordan elde edilen gerilmelerin anterior stabilizasyon uygulanan grupta daha fazla olduğunu saptayarak posterior stabilizasyon tekniklerinin bu olgularda daha iyi sonuçlar vereceği kanısına varmıştır. Komplet diskoligamentöz yaralanmalı olgularda anterior fiksasyonun, fleksiyon sırasında hareketin IAR'ının çok uzağında olması sebebiyle etkisiz kalacağı görüşü yaygındır. Smith yaptığı çalışmada deneklerde anterior stabilizasyonun fleksiyonda stabiliteyi sağladığını ancak sağlanan bu stabilitenin kontrol grubundan daha az olduğunu ortaya koymuştur (24). Benzer sonuçlar Casper (3) ve Goel (8) tarafından da bulunmuştur. Tüm bu çalışmalarda ortaya çıkan bir diğer sonuç da anterior fiksasyonun ekstansiyonda yeterli derecede stabiliteyi sağladığı, posterior fiksasyonun ise yetersiz kaldığıdır. Tüm bu sebeplerle bazı araştırmacılar komplet diskoligamentöz yaralanmalarda kombine (anterior+posterior fiksasyon) girişimlerini sağlayabileceği fikrini ortaya atmışlardır. Coe ve ark.'nın (4, 27) yaptıkları biyomekanik bir çalışmada diskoligamentöz yaralanmaların tedavisinde stabiliteyi sağlayıcı en etkili yöntemin anterior ve posterior kombine fiksasyon olduğu ortaya konmuştur. Ancak bu yöntem uygulamasının zor olması sebebiyle pek taraftar bulmamıştır.

Kontrol grubunda fleksiyon 1 cm'lik yer değiştirmeye sebep olan kuvvet 607.67 N iken bu değer anterior stabilizasyon sonrası 425.20 N'a düşmüştür. Bu değerler arasındaki fark istatistiksel boyutta bir anlam taşımamaktadır ($p < 0.07$). Bir başka deyişle anterior stabilizasyon normal servikal vertebralardan daha az olmakla beraber fleksiyonda yeterli stabiliteyi sağlamaktadır. Aynı değerler ekstansiyonda 470.30 N ve 372.80 N olup istatistiksel farklılık mevcut değildir. Bu değerler komplet diskoligamentöz yaralanma tedavisinde kullanılan anterior stabilizasyonun ekstansiyonda fleksiyona oranla daha güçlü bir stabilite sağladığını göstermektedir. 300 N'luk aksiyel yüklemelerde kontrol grubunda 2.01 mm yer değiştirme saptanırken anterior stabilizasyon uygulanan grupta bu değerler 2.731 mm'ye düşmüş ancak aradaki farkın istatistik anlam taşımaması ($p < 0.137$) da gerekli stabilizasyonu sağladığını göstermiştir.

300 N'luk lateral fleksiyon yüklemelerinde kontrol grubunda 5.71 mm olan yer değiştirme, anterior fiksasyon uygulanan grupta 4.27 mm olarak bulunmuştur. Uyguladığımız anterior fiksasyon yönteminde plak her bir seviyeye tek bir vida ile tutturulduğundan dolayı bu uygulama sırasında daha fazla yer değiştirme beklememize rağmen elde ettiğimiz sonuçlar umulandan daha iyi olmuş ve gerekli stabilizasyon sağlanmıştır. Bizim çalışmamızda ulaştığımız sonuçlar da yukarıda bahsettiğimiz yazarların sonuçları ile uyum içerisindedir.

Tüm yüklemeler boyunca elde edilen değerler gözönüne alındığında anterior stabilizasyon uygulanan gruptaki direnç kontrol grubundan daha düşük olduğu dikkati çekmekte; ancak istatistiksel boyutta bir anlam ifade etmemektedir. Bu da bize anterior fik-

sasyonun normal bir servikal kolumna vertebralis kadar olmasa bile gerekli olan stabilizasyonu sağladığını göstermektedir.

Sonuç

Bir çok düşüncenin aksine, komplet diskoligamentöz yaralanması olan olguların tedavisinde kullanılan anterior plak+vida fiksasyon gerekli stabiliteyi sağlamakta ancak sağlanan stabilitenin intakt vertebradan daha az olması sebebiyle kemik füzyon oluşuncaya kadar bu olgularda eksternal ortotik (Philadelphia kolar, Minerva kolar, SOM! brace, vb.) desteği gerekmektedir.

Kaynaklar

- Adams MA, Hutton WC.: The effect of fatigue on the lumbar intervertebral disc. J Bone Joint Surg 65-B: 199, 1983.
- Allen BL, Ferguson RL, Lehmann TR, O'Brien RP.: A mechanistic classification of closed, indirect fractures and dislocations of lower cervical spine. Spine 7: 1-27, 1982.
- Caspar W.: Advances in cervical spine surgery: first experiences with the trapezoidal osteosynthetic plate and a new surgical instrumentation for anterior interbody tabilization. Orthop News 4: 7-8, 1982.
- Coe JD, Warden KE, Sutterlin CE, McAfee PC.: Biomechanical evaluation of cervical spinal stabilization methods in a human cadaver model. Spine 14: 1122-1131, 1989.
- Cotterill PC, Kostuik JP, D'Angelo G, Fernie GR, Maki BE.: An anatomical comparison of the human and bovine spine. Journal Orthopaedic Research 4: 298-303, 1986.
- Cybulski GR, Douglas RA, Meyer PR, Rovin RA.: Complications in three-column cervical spine injuries requiring anterior-posterior stabilization. Spine 17: 253-256, 1992.
- Gaines RW, Munson G, Satterlee C, Lising A, Betten R.: Harrington rods supplemented with sublaminar wires for thoracolumbar fracture dislocation: Experimental and clinical investigation. Orthopaedic Transactions 7: 15, 1983.
- Goel VK, Clark CR, Harris KG, Schulte KR.: Kinematics of the cervical spine: effects of multiple total laminectomy and facet wiring. J Orthop Res 6: 611-619, 1988.
- Gurr KR, McAfee PC, Shih CM.: Biomechanical analysis of anterior and posterior instrumentation system following corpectomy: a calf model. J Bone Joint Surg 70-A: 1182-1192, 1988.
- Gurr KR, McAfee PC, Shih CM.: Biomechanical analysis of posterior instrumentation system following decompressive laminectomy. An unstable calf spine model. J Bone Joint Surg 70-A: 680-691, 1988.
- Kaufman HH, Jones E.: The principles of bony fusion. Neurosurgery 24: 264-270, 1989.
- Lysell E.: Motion in the cervical spine. Acta Orthop Scand Suppl 123: 1-61, 1969.
- Maiman DJ, Sances Jr A, Myklebust JB.: Compression injuries of the cervical spine: a biomechanical analysis. Neurosurgery 13: 254-260, 1983.
- McLain RF, Aretakis A, Moseley TA, Ser P, Benson DR.: Subaxial cervical dissociation. Anatomic and biomechanical principles of stabilization. Spine 19: 653-659, 1994.
- Nusholtz GS, Melvin JW, Huelke DF, Alem NM, Blank JG.: Response of the cervical spine to superior-inferior head impact. Proceedings of the 25th Stapp Car Crash Conference of the Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA, 197-237, 1981.
- Özyurt E, Canbaz B, Akar Z, Hancı M, Kuday C.: Servikal vertebra yaralanmalarında plak-vida ile rijit internal fiksasyon. Türk Nöroşirurji Dergisi 2: 41-45, 1991.
- Panjabi MM, Krag M, Summers DJ.: Biomechanical time tolerance of fresh cadaveric human spine specimens. J Orthop Res 3: 292-300, 1985.
- Panjabi MM, Summers DJ, Pelker RR, Videman T, Friedlaender GE, Southwick WO.: Three-dimensional load displacement curves of the cervical spine. J Orthop Res 4: 152, 1986.
- Pelker RR, Duranceau JS, Panjabi MM.: Cervical spine stabilization. A three-dimensional, biomechanical evaluation of rotational stability, strength, and failure mechanisms. Spine 16: 117-122, 1991.
- Schneider JR, Bright RW.: Anterior cervical fusion using preserved bone allografts. Transplant Proc 8 (Suppl 1): 73-76, 1976.
- Schulte K, Clark CR, Goel VK.: Kinematics of the cervical spine following discectomy and stabilization. Spine 14: 1116-1121, 1989.
- Shirado O, Zdeblick TA, McAfee PC, Warden KE.: Biomechanical evaluation of methods of posterior stabilization of the spine and posterior lumbar interbody arthrodesis for lumbosacral isthmic spondylolisthesis: a calf-spine model. J Bone Joint Surg 73-A: 518-526, 1991.
- Shono Y, McAfee PC, Cunningham BW.: The pathomechanics of compression injuries in the cervical spine: nondestructive and destructive investigative methods. Spine 18: 2009-2019, 1993.
- Smith SA, Lindsey RW, Doherty BJ, Alexander JW, Dickson JH.: Cervical spine locking plate: in vitro biomechanical testing. Eur Spine J 1: 222-225, 1993.
- Sutterlin CE, McAfee PC, Warden KE, Rey MR, Farey ID.: A biomechanical evaluation of cervical spinal stabilization methods in a bovine model. Static and cyclical loading. Spine 13: 795-802, 1988.
- Ulrich C, Woersdoerfer O, Claes L, Magerl F.: Comparative study of stability of anterior and posterior cervical spine fixation procedures. Arch Orthop Trauma Surg 106: 226-231, 1987.
- Ulrich C, Woersdoerfer O, Kalf R, Claes L, Wilke HJ.: Biomechanics of fixation systems to the cervical spine. Spine Suppl 16: 4-9, 1991.
- Vazquez-Seoane P, Yoo J, Zou D, Fay LA, Fredrickson BE, Handal JC, Yuan HA, Edwards WT.: Interference screw fixation of cervical grafts. Acombined in vitro biomechanical and in vivo animal study. Spine 18: 946-954, 1993.
- Weidner A, Chioe ST, Scumacher HW.: Indications and complications of cervical spine stabilization. Advances in Neurosurgery, Vol: 18, Bushe KA, Brock M, Klinger M (eds), 19-23, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1990.
- Whitehill R, Moran DJ, Fechner RE, Ruch WW, Drucker S, Hooper WE, McCoig JA.: Cervical ligamentous instability in a canine in vivo model. Spine 12: 959-963, 1987.
- Yoganandan N, Sances Jr A, Pintar F.: Injury biomechanics of the human cervical column. Spine 15: 1031-1039, 1990.
- Young PH.: Microsurgery of the cervical spine. W. Caspar, HL Harkel (ed): Anterior cervical fusion, Raven Press in New York, 109-142, 1991.

Yazışma adresi:

Uzman Dr. Mustafa Uzan

İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi

Nöroşirurji Anabilim Dalı

Kocamustafapaşa, İstanbul, Türkiye