

Araştırma Makalesi

Mersin Üniv Sağlık Bilim Derg 2019;12(3):367-377

doi:10.26559/mersinsbd.605225

Konik ve silindirik pedikül vidalarının sıyrma dirençleri ve direngenliklerinin karşılaştırmalı biyomekanik analizi

Ömer Polat¹, Ali Rıza Gezici², Özhan Merzuk Uçkun³, Osman Arıkan Nacar⁴

¹Dr. Öğr.Üy. Düzce Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Anabilim Dalı, Düzce

²Prof. Dr. Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Anabilim Dalı, Bolu

³Uzm. Dr. Sağ. Bil. Ü., Ankara Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Nöroşirürji Kliniği, Ankara

⁴Prof. Dr. Yüksek İhtisas Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Anabilim Dalı, Ankara

Öz

Amaç: Transpediküler enstrümantasyonda konik ve silindirik pedikül vidaları sık kullanılmaktadır. Vidaların mekanik performansı kemik-vida yüzeyinin biyomekanik özellikleri ve vidanın fiziksel yapısı ile ilişkilidir. Bu çalışmada, konik ve silindirik pedikül vidalarının biyomekanik açıdan farklarının olup olmadığının araştırılması amaçlandı. **Yöntem:** İskelet maturasyonunu tamamlamış, 400-600 kg ağırlığında 24-32 haftalık danalardan elde edilmiş taze lomber vertebrae kullanıldı. Toplam 24 vertebrae'nin her iki pedikülüne (48 pedikül) vida yerleştirilerek biyomekanik testler uygulandı. Vidaların maksimum giriş tork değerleri analog tork metre kullanılarak kaydedildi. Rijid tespitin sağlanması için polimetilmetakrilat içeren metal kutuların içerisine gömülü vertebraedeki pedikül vidaları mekanik test makinasına bağlanarak sıyrma direnci ölçüldü. **Bulgular:** Konik vidaların sıyrma dirençlerinin ve direngenliklerinin ilk atım ve tekrarlayan atımlarda silindirik vidalara göre yüksek olduğu, ancak aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edildi ($p>0.05$). Maksimum giriş tork değeri ise konik vidalarda silindirik vidalara göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek idi ($p=0.04$). Vidaların 180° ve 360°geri çekimli sıyrma direnci ve direngenlik verileri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı tespit edildi ($p>0.05$). **Sonuç:** Konik vidaların silindirik vidalara göre daha dirençli tutunma verilerine sahip olmalarının yanı sıra, aynı delikten yapılan çoklu vida atımlarında ya da geri çekilme işlemi sonucunda vidalar arasında sıyrılma verileri açısından belirgin bir fark izlenmemiş olması, konik vidaların gelecekte daha sık kullanılacaklarını düşündürmektedir.

Anahtar kelimeler: Transpediküler fiksasyon, konik vida, silindirik vida, biyomekanik analiz

Yazının geliş tarihi :13.08.2019 **Yazının kabul tarihi:** 18.09.2019

Not: Türk Nöroşirürji Derneği XX. Bilimsel Kongresi (Belek - Antalya, 28 Nisan - 02 Mayıs 2006) Belek - Antalya'da sözel sunum olmuştur.

Sorumlu yazar: Ömer Polat, Düzce Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Anabilim Dalı, Düzce; 0380 5421390, polatnrs@gmail.com

A comparative biomechanical analysis of pull-out resistance and stiffness of conical and cylindrical pedicle screws

Abstract

Aim: Conical and cylindrical pedicle screws are frequently used in transpedicular instrumentation. The mechanical performance of screws is associated with the biomechanical properties of the bone-screw surface and the physical structure of the screw. The purpose of this study was to investigate whether conical and cylindrical pedicle screws differ in their biomechanical properties. **Methods:** Fresh lumbar vertebrae were obtained from 24-32-week-old calves that completed skeletal maturation and weighed 400-600 kg. Screws were placed on both pedicles (48 pedicles) of total 24 vertebrae, and biomechanical tests were performed. The maximum input torque values of the screws were recorded using an analog torque meter. Pull-out resistance was measured by attaching pedicle screws in the vertebra. The vertebral pedicle screws were embedded into metal boxes containing polymethyl-methacrylate to provide rigid fixation to a mechanical tester. **Results:** Pull-out resistance and stiffness were higher in conical screws than in cylindrical screws in the first and repetitive insertions; however, the difference was not statistically significant ($p>0.05$). The maximum input torque was significantly higher ($p=0.04$) in conical screws than in cylindrical screws. No significant difference ($p>0.05$) was observed between pull-out resistance and stiffness values of the screws with 180° and 360° back-outs. **Conclusion:** Conical screws had more resistant fixation data than cylindrical screws, and there was no significant difference between the screws in terms of pull-out resistance data due to multiple screw insertions performed from the same hole or due to the back-out procedure; this indicates that conical screws are likely to be used more frequently in the future.

Keywords: Transpedicular fixation, conical screw, cylindrical screw, biomechanical analysis

Giriş

Transpediküler enstrümantasyon vertebral füzyon için yaygın olarak tercih edilen bir cerrahi tekniktir. Enstrümantasyondaki pedikül vidalarının mekanik performansı kemik-vida yüzeyinin biyomekanik özellikleri ve vidanın fiziksel yapısı ile ilişkilidir. Kemiğin vidayı kavramasının kalitesi kemik mineral dansitesine, cerrahi teknik ve vidanın uyumuna bağlı olduğu kadar vida uzunluğuna, çapına, yiv yüksekliğine ve vida shaftının tasarımına da bağlıdır.^{1,2}

Pedikül vidası uygulamalarında sık görülen komplikasyonlar tespit özelliğinin kaybı, uygunsuz yerleştirme, metal yorgunluğu, dural yırtıklar, BOS kaçaqları, sinir kökü yaralanmaları ve enfeksiyonlardır.³⁻⁸ En sık görülen implant yetmezliği ise pedikül vidasındaki bükülme ve kırılmadır.⁹ Bükülme ve kırılma vidanın minör çapı, uzunluğu, atım derinliği, oryantasyonu ve transvers bağlantı kullanımı ile ilişkilendirilebilir.^{5,10,11} Pedikül vidasında bükülme ve kırılma sıklıkla vida-shaft bileşkesinin biraz distalinde, vidanın

pedikül içerisindeki (interpediküler) kısmında gerçekleşmektedir.^{9,12,13}

Pedikül vidalarında iki temel tasarım şekli mevcuttur. Konik vidalar, vida başından ucuna kadar çapın azaldığı; silindirik vidalar ise vida başından ucuna kadar çapın sabit kaldığı vidalar olarak tanımlanır. Konik vidalar, bükülme ve kırılma direncini arttırmak ve vidanın pediküle daha iyi tutunmasını sağlamak amacıyla üretilmişlerdir.^{6,14,15} Biyomekanik çalışmalarda pedikül vidası tespit kuvvetini en iyi değerlendiren testin sıyırma direnci testi olduğu ve kemik mineral yoğunluğu, kortikal tespit, pedikül morfolojisi, vida oryantasyonu ve vida atım bölgesi gibi birçok değişkenin sıyırma direncini etkilediği ifade edilmiştir.¹⁶ Sıyırma direncinin analiz edildiği biyomekanik çalışmaların birçoğunda silindirik vidalar kullanılmıştır.^{1,5,17,18} Konik vidalarının analiz edildiği daha az sayıdaki çalışmada ise konik vidaların sıyırma direnci, giriş tork ve direngenlik değerlerinde üstün oldukları ifade edilmiştir.^{1,5}

Transpediküler enstrümantasyonda konik vida kullanımına karşı bir endişe vardır. Klinik uygulamalarda ilk atılan vidanın küçük olması, vida-rod bağlantısında yaşanan güçlükler, mono-multiaksiyel vida değişiminin yapılma gereksinimi, ilk vida gönderilirken yeterli giriş vida sıklığının elde edilememesi gibi nedenlerle aynı giriş deliğinden birden fazla vida gönderimi yapmak zorunda kalılabilmektedir. Konik vidaların ilk yerleştirme işlemi ardından kısmen geri çekildiklerinde tespit kuvvetlerini kaybedebilecekleri düşünülmektedir.^{6,15} Ne şiddette böyle bir düşüşün gerçekleşeceği ve bunun klinik olarak anlam taşıyıp taşımadığı net olarak ortaya koyulamamıştır.

Bu çalışmada yaygın olarak kullanılan titanyum konik ve silindirik pedikül vidaları, dana vertebra modelinde bir dizi aksiyel sıyırma testine tabi tutularak biyomekanik açıdan değerlendirildi. Sıyırma direnci, direngenlik ve giriş tork değerlerinin konik ve silindirik vidalar arasında karşılaştırılması, aynı noktadan tekrarlanmış vida atımı ve vida geri çekme işlemlerinin vidaların tespit kuvvetleri üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi amaçlandı.

Yöntem

Transpediküler vidalara uygulanacak biyomekanik testler için iskelet maturasyonunu tamamlamış, 400-600 kg ağırlığında 24-32 haftalık mezbahada kesilmiş 8 danadan elde edilmiş taze lomber vertebra kullanıldı. Vertebra intervertebral eklemlerinden kesilerek ve tüm yumuşak dokularından sıyrılarak tek bir vertebra haline getirildi ve pedikül vidası tespiti öncesinde (-) 16 °C'de dondurularak depolandı. Test için toplam 30 adet dana vertebra hazırlandı. Hazırlanan vertebra altısında vida yerleştirilmesi sırasında kortikal zedelenme olduğu için çalışma dışı bırakıldı. Toplam 24 vertebra L1, L2, L3 ve L4 vertebralarının her iki pedikülüne (toplam 48 pedikül) vida yerleştirilerek biyomekanik testler uygulandı. Test sonrasında hiçbir vertebra çalışma dışı bırakılmadı.

Pedikül vidası seçimi

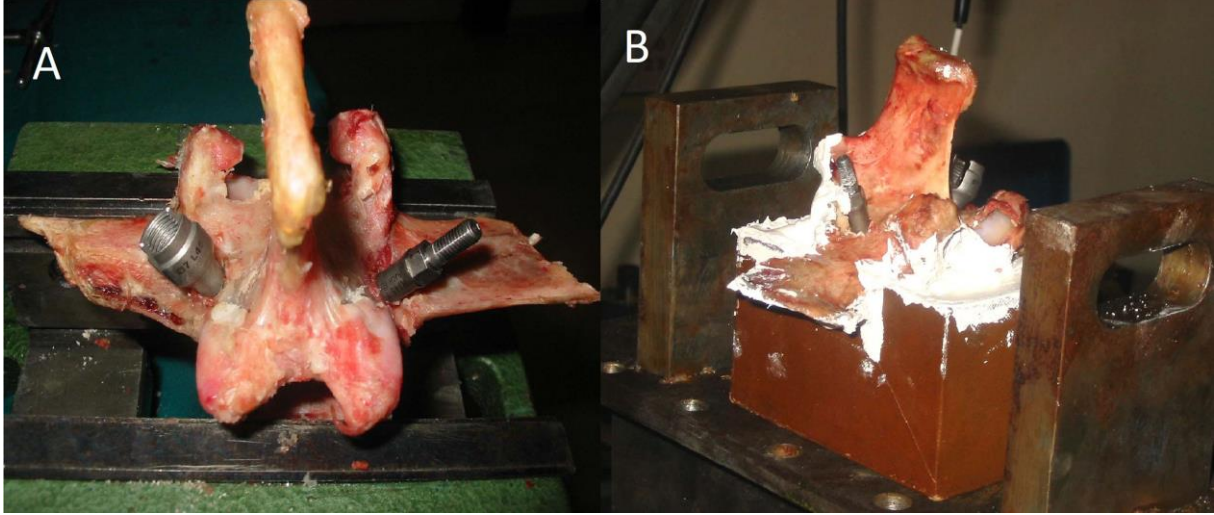
Çalışmada kullanılan test vidaları iki farklı firma (Tasarımmed Tıbbi Mamüller San. Tic. Ltd. Şti. İstanbul, Türkiye; Medikon Ltd. Sti. Ankara, Türkiye) tarafından üretilen konik ve silindirik pedikül vidaları idi. Konik vidaların çap değişkenliği nedeniyle vida boyutları dijital kalibremetre ile ölçüldü. Konik vidaların çapları vida başından ucuna kadar %35.7 incelmeye ile 7.0 mm'den 4.5 mm'ye inmekte idi. Yiv yükseklikleri her bir vida için 2.8 mm, yiv derinlikleri 1 mm, yiv konturları tescilli ve her bir vida için aynı idi. Klinik olarak karşılaştırılabilir test sonuçları elde edebilmek için vida boyutu tespitinde; dana vertebralarının pediküllerinin istmus seviyesindeki ortalama majör transvers çapın 8.1 mm (dağılım; 7.8-8.6 mm) olduğu tespit edildi. İstmus seviyesi lamina içerisinde vidanın giriş noktasının 1.2-1.6 cm distalinde yer almakta idi. Tespit edilen bu değerler nedeniyle 7 mm çaplı, 45 mm uzunluğundaki vidalar (7/45 mm) test vidaları olarak seçildi.

Pedikül vidası yerleştirme işlemi

Her bir vertebra tek bir cerrah tarafından bir pediküle konik, diğer pediküle ise silindirik vida yerleştirildi (Şekil 1A). Pilot-hol'ün hazırlanmasından önce bitişik fasetin küçük bir kısmı, vida başının fasete dayanmasını engellemek için ronger kullanılarak eksizye edildi. Vida giriş noktası Weinstein ve ark.⁴ tarafından tanımlanan parametrelere göre belirlendi. Korteks; transvers çıkıntı, superior fasetin inferior kenarı ve pars interartikularis bileşkesinde awl kullanılarak delindi. Pediküle girişim kranio-kaudal ve medio-lateral açılanmalara dikkat edilerek doğrudan gözlem ile gerçekleştirildi. Her bir pedikül 4,5 mm genişlik ve 40 mm derinlik oluşturacak şekilde drillendi. Awl ve dril çapları vidaların minör çapından daha küçüktü. Test vidalarının self-taping olmaları nedeni ile tepleme yapılmadı. Vidanın başlangıçta üç yivi ile tutunmasının ardından analog tork metre kullanılarak (Sturtevant Richmond, Franklin, IL, USA) (Şekil 2A) her tam bir dönüş için vidaların giriş tork değerleri kaydedildi. Her bir vida tüm yivler kemik içine girinceye kadar gönderildi ve pedikül kenarları ile vertebra anterior

korteksinin zedelenmediğinden emin olarak vida yerleşiminin düzgünlüğü kontrol edildi. Rijid tespitin sağlanması için her bir vertebra pedikül uçları dışarıda

kalacak şekilde polimetilmetakrilat (PMMA) içeren metal kutuların içerisine gömüldü (Şekil 1B).¹⁹



Şekil 1. A. Vertebra pedikülü içinde konik ve silindirik vidalar. **B.** Pedikül uçları dışarıda kalacak şekilde polimetilmetakrilat içeren metal kutuların içerisine gömülü vertebra.

Biyomekanik analiz

Kutular içine gömülü vertebralar üç düzlemde hareket edebilen oynar başlığa sahip ve jigle olarak adlandırılan ara bir mekanizmanın yuvasına tespit edildi. Gömülü vertebranın pedikül vida başları DARTEC marka (Zwick GmbH & Co. KG, Ulm, Almanya) servohidrolik 600 kN kapasiteli universal mekanik test makinasının (MTS) hidrolik koluna universal eklem aracılığı ile vidayla aynı ekseninde sıyırma direnci sağlayacak şekilde bağlandı (Şekil 2B). Aksiyel sıyırma direnci 2 mm/dakika hız ile çekilerek sağlandı. Sıyırma direnci yüklenme ve geri çekilme 0.02sn'lik aralıklarla kaydedildi. Çekme kuvveti uygulaması vida yetmezlik noktasında (vidanın pedikülden tamamen ayrıldığı nokta) sonlandırıldı. Tepe-yük değeri (sıyırma direnci) kemik-vida yüzeyinin direnebildiği en yüksek yük olarak saptandı. Her yük-yer değiştirme eğrisinden direnç hesaplandı. Her vida için dirençlik vida yetmezlik noktasından önce eğrinin en lineer kısmının eğimi olarak kabul edildi.

Toplam 24 adet vertebra dört gruba ayrılarak dört farklı biyomekanik analize tabi tutuldu. Analizin birinci kısmında (Test

1) tam yerleşimli konik ve silindirik vida karşılaştırması yapıldı. Vidaların sıyırma direnci, dirençlik ve maksimum giriş tork değerleri test edildi. Analizin ikinci kısmında (Test 2) aynı giriş deliğinden birden fazla vida atımı yapılan tam yerleşimli konik ve silindirik vida karşılaştırılması yapıldı. Bu gruptaki her vertebraya önce 6/40 mm'lik vidalar, ardından da aynı holden 7/45 mm'lik vidalar enstrümente edildi. Ardından 7/45 mm'lik vidaların sıyırma direnci, dirençlik ve maksimum giriş tork değerleri test edildi. Test 1 ve 2'deki tam yerleşimli vidaların Libre/İnch (lb/inch) olarak ölçülen maksimum giriş tork değerleri N/m birimine çevrilerek kaydedildi (1 lb/inch = 0.113 N/m).

Analizin üçüncü (Test 3) ve dördüncü (Test 4) kısımlarında sırasıyla 180° ve 360° geri çekilmiş konik ve silindirik vidalar karşılaştırıldı. Bu gruptaki vertebralarda konik ve silindirik vidalar tam yerleştirme işlemi ardından 180° ve 360°geri çevrilerek değerlendirme yapıldı ve sıyırma direnci ile dirençlik değerleri test edildi.

İstatistiksel değerlendirme

İstatistiksel değerlendirmede ortalama ve standart sapma gibi tanımlayıcı

istatistiksel yöntemlerin yanında, sıyırma direnci verileri Mann-Whitney-U testi kullanılarak analiz edildi. Direngelik, maksimum giriş tork değerleri ile konik ve silindirik vidaların direnç ve tepe-yük

(peakload) değerleri arasındaki istatistiksel ilişki Pearson korelasyon testi ile karşılaştırıldı. Çoklu karşılaştırma yapıldığı için anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edildi.



Şekil 2.A. Analog tork metre. **B.** Servohidrolik 600kN kapasiteli üniversal mekanik test makinası

Bulgular

Test 1: Tam yerleşimli konik ve silindirik vida karşılaştırması (Tablo 1)

Konik vidaların silindirik vidalara göre sıyırma dirençlerinin %24.6, direngeliklerinin %19.7 oranında yüksek olduğu, ancak aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edildi ($p > 0.05$). Maksimum giriş tork değeri ise

konik vidalarda silindirik vidalara göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek idi ($p = 0.04$). Maksimum giriş tork değerleri ile konik ve silindirik vidaların direnç ve tepe-yük değerleri arasında istatistiksel anlamlı bir fark yoktu ($p > 0.05$).

Test 2: Aynı giriş deliğinden birden fazla vida atımı yapılan tam yerleşimli konik ve silindirik vida karşılaştırması (Tablo 2)

Tablo 1. Tam yerleşimli konik ve silindirik vida karşılaştırması (Test 1).

	Konik vida (ort±ss)	Silindirik vida (ort±ss)	p
Sıyırma direnci (kN)	2.72 ±0.77	2.05±0.57	0.94
Direngelik (kN)	2.08±0.81	1.67 ±0.49	1.00
Maksimum tork (N/m)	14.91±2.83	9.43±2.12	0.04

Tablo 2. Aynı giriş deliğinden birden fazla vida atımı yapılan tam yerleşimli konik ve silindirik vida karşılaştırması (Test 2).

	Konik vida (ort±ss)	Silindirik vida (ort±ss)	p
Sıyırma direnci (kN)	2.85±0.49	2.82±0.89	0.13
Direngelik (kN)	2.28±0.42	2.37±0.71	0.39
Maksimum tork (N/m)	17.42±3.08	8.56±0.65	0.03

Konik vidaların silindirik vidalara göre sıyırma dirençlerinin %1.05 oranında yüksek, direngeliklerinin ise %3.94 oranında düşük olduğu, ancak aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edildi ($p>0.05$). Maksimum giriş tork değerinin ise konik vidalarda silindirik vidalara göre %104 oranında artmış olduğu tespit edildi ($p=0.03$).

Test 1 ve Test 2'deki konik vidalar karşılaştırıldıklarında Test 2'deki konik vidaların sıyırma dirençlerinin %4.56, direngeliklerinin %8.77 ve maksimum giriş tork değerlerinin %16.7 oranında yüksek olduğu, ancak aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edildi (sıyırma direnci için $p=0.94$, direngelik için $p=0.59$, maksimum giriş tork değeri için $p=0.36$). İki test grubundaki silindirik vidalar karşılaştırıldıklarında Test 2'deki silindirik vidaların sıyırma dirençlerinin %9.5, direngeliklerinin %27.3 oranında arttığı, maksimum giriş tork değerlerinin %9,6 oranında azaldığı, ancak aradaki farkın

istatistiksel anlamlılık taşımadığı saptandı (sıyırma direnci için $p=0.18$, direngelik için $p=0.07$, maksimum giriş tork değeri için $p=0.06$).

Test 3: 180° geri çekilmiş konik ve silindirik vida karşılaştırması (Tablo 3)

Konik vidaların silindirik vidalar göre sıyırma dirençlerinin %12.6, direngeliklerinin ise %14.6 oranında olduğu, ancak farkın istatistiksel bir anlamlılık taşımadığı tespit edildi ($p>0.05$). Çalışmada 180° geri çekimli konik ve silindirik vidaların sıyırma direnci ve direngelik verilerinde Test 1'de elde edilen verilere göre daha düşük değerler elde edildi. Konik vidaların sıyırma dirençlerinde %18.7, direngeliklerinde %8.1 oranında (sıyırma direnci için $p=0.07$, direngelik için $p=0.24$); silindirik vidaların ise sıyırma dirençlerinde %5.85, direngeliklerinde %2.3 oranında düşme (sıyırma direnci için $p=0.07$, direngelik için $p=0.05$) saptandı. Ancak istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmedi.

Test 4: 360° geri çekilmiş konik ve silindirik vida karşılaştırması (Tablo 4)

Konik vidaların silindirik vidalara göre sıyırma dirençlerinin %12.6, direngenliklerinin ise %14.6 oranında yüksek olduğu, ancak aradaki farkın istatistiksel bir anlamlılık taşımadığı tespit edildi ($p>0.05$). Ayrıca 360° geri çekimli konik ve silindirik vidaların sıyırma direnci ve direngenlik verilerinde Test 1'de elde

edilen verilerle kıyaslandığında minimal bir artış saptandı. Konik vidaların sıyırma dirençlerinde %9, direngenliklerinde %22.2 oranında (sıyırma direnci için $p=0.49$, direngenlik için $p=0.7$); silindirik vidaların ise sıyırma dirençlerinde %17.3, direngenliklerinde %26.7 oranında artma (sıyırma direnci için $p=0.59$, direngenlik için $p=0.94$) saptandı. İstatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

Tablo 3. 180° geri çekilmiş konik ve silindirik vida karşılaştırması (Test 3)

	Konik vida (ort±ss)	Silindirik vida (ort±ss)	p
Sıyırma direnci (kN)	2.21±0.65	1.93±0.57	0.39
Direngenlik (kN)	1.91±0.52	1.63±0.78	0.13

Tablo 4. 360° geri çekilmiş konik ve silindirik vida karşılaştırması (Test 4)

	Konik vida (ort±ss)	Silindirik vida (ort±ss)	p
Sıyırma direnci (kN)	2.99±0.49	2.48±0.65	0.24
Direngenlik (kN)	2.70±0.61	2.28±0.67	0.70

Tartışma

Transpediküler enstrümantasyonda pedikül vidası yerleştirilirken zaman zaman minör ayarlamalara ihtiyaç duyulmakta, bu nedenle vidalar geri çekilebilmekte ya da değiştirilebilmektedir. Bu işlemlerin pedikül vidalarının tespit kuvveti üzerindeki etkileri omurga cerrahları açısından vida seçiminde önemli bir endişe kaynağıdır. Bugüne kadar pedikül vidası tespiti üzerine yapılmış çok sayıdaki biyomekanik çalışmada sıklıkla silindirik vidalar kullanılmıştır.²⁰ Tam yerleşimli konik ve silindirik vidaların karşılaştırıldıkları çalışmalarda ise konik vidaların silindirik vidalara kıyasla daha fazla sıyırma direncine sahip oldukları vurgulanmıştır.^{5,21}

Çalışmamızdaki dördü biyomekanik test modelinin ilk aşamasında tam yerleşimli silindirik ve konik vidalar karşılaştırıldığında, elde edilen sonuçların

literatürde yapılmış benzer çalışmaların sonuçları ile uyumlu olduğu saptandı.^{1,17,18} Konik vidaların sıyırma kuvvetlerinin ve direngenliklerinin istatistiksel olarak anlamlılık taşımasa da silindirik vidalara göre daha yüksek olduğu; maksimum giriş tork değerlerindeki yüksekliğin ise istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edildi. Konik vidalarda artmış sıyırma direnci, direngenlik ve giriş tork değerlerinin, konik vidaların pedikülün dorsal segmentine daha iyi uyum sağlamasına ve böylece pedikül içinde kortiko-kansellöz bileşke ile birlikte pediküler kortekse de sıkı tutunup daha fazla kemik alanı işgal etmesine bağlı olduğu söylenebilir.

Çalışmamızın ilk aşamasında maksimum giriş tork değerleri ile konik ve silindirik vidaların sıyırma direnci ve direngenlik kuvvetleri arasında belirgin bir

korelasyon tespit edilmedi. Literatürde yapılmış diğer çalışmalarda da maksimum giriş torku ile vida sıyırma ve direngenlik kuvvetleri arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı, bu nedenle de vida giriş torku üzerinden sıyırma, dolayısıyla mekanik yetmezlik ile ilişkili bir yorum yapılamayacağı ifade edilmiştir.^{5,18} Bu durumun kemiğin anizotropik özelliği ile ilişkili olduğu, vida yiviyle kemik arasındaki sürtünme direncinin ve trabeküllerin radial olarak sıkışmasının bu sonuçta etkili olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte, sıyırma aksiyel yönde gerçekleşen ve trabeküllerin yırtılması ile oluşan yetmezliğin bir sonucudur.^{15,22} Giriş torku ve sıyırma kuvvetini aynı zamanda etkileyebilecek seçilmiş parametreler arasında bazı korelasyonlar olabilmekle beraber, giriş torkunun sıyırma kuvvetinin bir göstergesi olarak kabul edilmemesi gerekir.

Çalışmamızın ikinci aşamasında klinik uygulamalarda sıklıkla yapılan, aynı delikten birden fazla vida atım işleminin vida sıyırma direnci, direngenliği ve giriş torkuna etkileri araştırıldı. Literatürde bu konuda daha önce yapılmış bir çalışmaya rastlanmadı. Aynı delikten birden fazla vida atımı yapıldığında konik vidaların silindirik vidalara göre istatistiksel olarak anlamlılık taşımaya da sıyırma dirençlerinin daha yüksek, direngenliklerinin ise daha düşük olduğu tespit edildi. Maksimum giriş tork değerinin ise konik vidalarda %104 oranında daha yüksek olduğu saptandı. Çalışmanın bu aşamasında birinci aşamadaki tam yerleşimli vidalar ile karşılaştırma da yapıldı. Konik ve silindirik vidaların birinci aşamada değerlendirilen vidalara göre istatistiksel anlamlılık taşımaya da sıyırma direnci ve direngenlik verilerinde artış tespit edildi. Konik vidaların maksimum giriş tork değeri artma sergilerken, silindirik vidalarda ise bir azalma söz konusu idi. Bu konuda daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğunu düşünmekteyiz.

Konik vidalar bükülme ve kırılma olasılığını azaltmak ve kemiğe tutunma sıklığını artırmak amacıyla üretilmişlerdir. Yiv-şaft bileşkesinde ve interpediküler bölgede daha geniş minör çapa sahip olmaları nedeniyle kırılma ve bükülme açısından riskli bölgede daha az stres yüklenmesine maruz kalırlar. Konik vidalar,

pedikülün normal çan şekline daha iyi uyacak ve pedikülün kortiko-kansellöz aralığında normalden daha fazla yiv yerleşimi sağlayacak şekilde tasarlanmışlardır. Teorik olarak konik vidalar pedikülün dorsal kısmına 'daha iyi uy ve doldur' mantığı ile yerleştikleri için çekme ve başlangıç tespit kuvvetlerini de arttırmaktadırlar.¹⁵ Tüm bu avantajlarına karşın, gönderildikten sonra geri çekildiklerinde tespit kuvvetlerini kaybedebildikleri ve bir süre sonra gevşeyebilecekleri öngörülmektedir.^{6,15} Bu nedenle çalışmamızdaki biyomekanik testlerin üçüncü ve dördüncü aşamasında 180° ve 360° geri çekilmiş vidalarda değerlendirmeler yapıldı.

Çalışmamızda 180° geri çekimli konik ve silindirik vidalar karşılaştırıldıkların da teorik olarak beklenenin tersine, konik vidaların sıyırma direnci ve direngenlik verilerinin istatistiksel anlamlılık taşımayan düzeyde daha yüksek olduğu tespit edildi. Ayrıca bu gruptaki konik ve silindirik vidalar tam yerleşimli vidalarla kıyaslandıklarında sıyırma direnci ve direngenlik verilerinde istatistiksel anlamlılık taşımayan bir düşme söz konusu idi. 360° geri çekimli konik ve silindirik vidalar karşılaştırıldıklarında da benzer bir şekilde konik vidaların sıyırma direnci ve direngenlik verilerinin istatistiksel anlamlılık taşımayan düzeyde daha yüksek olduğu tespit edildi. Tam yerleşimli vidaların uygulandığı birinci aşama test grubu ile kıyaslandığında ise anlam veremediğimiz bir şekilde hem konik, hem de silindirik vidalarda sıyırma direnci ve direngenlik verileri daha yüksek idi. Sonuç olarak konik ve silindirik vidalar 180° ve 360° geri çekilmelerine rağmen pedikül içerisinde tatminkar bir tutunma kuvveti sağlayabildiler ve test verilerinde anlamlı bir değişiklik göstermediler.

Çalışmamızda vida geri çekimi sonrası hem konik, hem de silindirik pedikül vidalarının tespit kuvvetlerini kaybetmemeleri, zaman içerisinde klinik olarak bu özelliklerini kaybetmeyecekleri anlamına gelmez. Ancak burada pedikül vidası ile pedikül içerisindeki trabeküler kemik arasındaki mekanik yüzeyin kortikal kemik tespitinden farklı olduğunu

unutmamak gerekir. Bu konuya ilişkin Abshire ve ark.¹'nin yaptıkları benzer bir çalışmada 180° ve 360° geri çekilmiş konik ve silindirik vidalar ile tam yerleştirilmiş vidalar arasında vida sıyrılması için harcanması gereken total enerjinin anlamlı bir farklılık göstermediği bildirilmiştir. Aynı çalışmada geri çekilmiş vida grubunda sıyrılmaya dirençli tespit kuvvetinde üç faktörün etkili olduğu vurgulanmıştır. Birinci faktör pedikül korteksi ve vida shaftı arasına sıkışmış trabeküler kemiğin bir noktaya kadar elastik olarak deforme olması ve vida geri çekilirken kemik-yiv temasını devam ettirmek için re-ekspanse olmasıdır. İkinci faktör olarak pedikülün konik vida yerleştirilirken hafifçe genişleyebilmesi ve vida geri çekildiğinde kontrakte olarak vida-yiv ilişkisini devam ettirmesi gösterilmiştir. Üçüncü faktör ise daha dar minör çap ve daha küçük yiv alanına sahip olan konik vida dizaynında geniş vida çaplarının çok miktarda kansellöz kemiği parçalamadan bası altında tutabilmesi olduğu belirtilmiştir.¹ Çalışmamızdan elde ettiğimiz veriler ışığında biz de bu mekanizmalar tarafından vida geri çekilmesinden kaynaklanan vida boyutlarındaki küçük azalmaları kompanse etmek için pedikül içinde kemik-vida yüzeyinde yeterli elastik deformasyonların olduğunu ileri sürmekteyiz.

Çalışmamızda elde edilen verilerden klinik uygulamalara ilişkin sonuçlar çıkarırken dikkatli olmak gerekir. Dana vertebra spesmenleri sağlıklı insan vertebraına göre daha dens trabeküler matrikse sahip olup osteoporotik hastalara göre test verileri açısından farklılık gösterebilirler. Çalışmamızda test edilen veriler aksiyel sıyrma yetmezlik verileri olup siklik çekme testi sonuçlarını yansıtmamaktadır. Trabeküler yetmezlik veya bilinmeyen diğer mekanizmalar nedeniyle konik vidalar diğer test modellerinde silindirik vidalardan daha az performans gösteriyor olabilirler.

Kemik mineral yoğunluğu pedikül vidası tespitinin biyomekanik özelliklerini etkilemektedir. Soshi ve ark.²³ pedikül vidasının aksiyel sıyrma kuvvetinde kemik yoğunluğunun önemli bir rol onadığını, Hirano ve ark.²⁴ ise pedikülün farklı

bölgelerinde farklı kemik mineral yoğunlukları olabileceğini ifade etmişlerdir. Biyomedikal araştırmalarda araştırmacılar kemik yoğunluğunun olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için sıklıkla sentetik ya da hayvan modellerini tercih etmekte, böylece farklı tedavi yöntemlerini güvenilir bir şekilde karşılaştırabilmektedirler.^{12,16} Bu nedenle çalışmamızda bireyler arası değişkenliği sınırlamak ve uniform bir biyomekanik özellik sağlamak amacıyla dana vertebraı modeli seçilmiş, kontrolsüz değişkenler olarak kemik dansitesinin ve pedikül morfolojisinin bireysel değişkenlik gösteren etkilerini sınırlamak için; çiftli vida test tekniği (aynı vertebra üzerinde her iki vida tasarımının kullanılması) uygulanmıştır. Yine aksiyel sıyrma testi üzerindeki vidaya ait değişkenleri dışlamak için vida derinlik ve yüzey alanı eşit olarak seçilmiştir. Klinik uygulamalarda vida seçimini belirleyecek en önemli değişkenin istmus bölgesinde pedikül çapı olması nedeniyle, test öncesi dana vertebraında yapılan ölçümler sonucunda pedikül istmusunda korteksi penetre ya da ekspanse etmeksizin kansellöz alanı dolduracak en geniş vida tercih edilmiştir.

Sonuç olarak; elde ettiğimiz veriler ışığında konik vidaların, klinik uygulamalarda daha sık tercih edilen silindirik vidalara göre daha dirençli tutunma verilerine sahip olduklarını; aynı delikten yapılan çoklu vida atımlarında ya da 180° ve 360° vida geri çekilme işlemi sonrasında konik ve silindirik vidaların sıyrılma verileri açısından beklenenin aksine belirgin bir olumsuzluk içermediklerini düşünmekteyiz.

Çıkar çatışması: Her hangi bir çıkar çatışması yoktur.

Yazar katkıları:

Hipotezinin oluşturulması: Ömer Polat, Ali Rıza Gezici

Tasarım: Ömer Polat, Ali Rıza Gezici

Veri toplama ve İşleme: Ömer Polat, Ali Rıza Gezici, Özhan Merzuk Uçkun, Osman Arıkan Nacar

Yorumlama: Ömer Polat, Ali Rıza Gezici

Makalenin Yazımı: Ömer Polat, Ali Rıza Gezici, Özhan Merzuk Uçkun, Osman Arıkan Nacar

Kaynaklar

1. Abshire BB, McLain RF, Valdevit A, Kambic HE. Characteristic of pullout failure in conical and cylindrical screws after full insertion and back-out. *Spine J* 2001;1(6):408-414.
2. Skinner R, Maybee J, Transfeldt E, Venter R, Chalmers W. Experimental pullout testing and comparison of variable in transpedicular screw fixation. *Spine* 1990;15:195-201.
3. Esses SI, Sachs BL, Dryzin V. Complications associated with the technique of pedicle screw fixation. A selected survey of ABS Members. *Spine* 1993;18(15):2231-2238.
4. Weinstein JN, Spratt KF, Spengler D, Brick C, Reid S. Spinal pedicle fixation: reliability and validity of roentgenogram-based assessment and surgical factors on successful screw placement. *Spine* 1988;13(19):1012-1018.
5. Kwok AWL, Finklestein JA, Woodside T, Hearn TC, Hu RW. Insertional torque and pull-out strengths of conical and cylindrical pedicle screw in cadaveric bone. *Spine* 1996;21(21):2429-2434.
6. Ransom N, La Rocca SH, Thalgott J. The case for pedicle fixation of the lumbar spine. *Spine* 1994;19(23):2702-2706.
7. Schwab FJ, Nazarian DG, Mahmut F, Michelsen CB. Effects of spinal instrumentation on fusion of the lumbosacral spine. *Spine* 1995;20(18):2023-2028.
8. Dicman CA, Fessler RG, Macmillan M, Haid RW. Transpedicular screw-rod fixation of the lumbar spine: operative technique and outcome in 104 cases. *J Neurosurgery* 1992;77:860-870.
9. McLain R, Sparling E, Benson D. Early failure of the short segment pedicle instrumentation for thoracolumbar fractures: a preliminary report. *J Bone Joint Surg* 1993;75A:162-167.
10. Pfeifer M, Hoffman H, Goel VK, Weinstein JN, Griss P. In vitro testing of a new transpedicular stabilization technique. *Eur Spine J* 1997;6(4):249-255.
11. Davne SH, Myers SL. Complications of lumbar spinal fusion with transpedicular instrumentation. *Spine* 1992;17(suppl):S184-189.
12. McKinley TO, McLain RF, Yerby SA, Sarigül- Klijn N, Smith TS. The effect of pedicle morphometry on pedicle screw loading in unstable burst fractures: a synthetic model. *Spine* 1997;22(3):246-252.
13. Yerby SA, Ehteshami JR, McLain RF. Loading of pedicle screws within the vertebra. *J Biomechanics* 1997;30(9):951-954.
14. Yamagata M, Kitahara H, Minami S, et al. Mechanical stability of pedicle screw systems for the lumbar spine. *Spine* 1992;17(suppl):S51-54.
15. Daftari DK, Horton WC, Hutton WC. Correlations between screw hole preparation, torque of insertion, and pullout strength for spinal screws. *J Spinal Disord* 1994;7(2):139-145.
16. Pfeifer M, Gilbertson LG, Goel VK, et al. Effect of specimen fixation method on pull-out tests of pedicle screws. *Spine* 1996;21:1037-1044.
17. Kılınçer C, İnceoğlu S, Çaylı S, Zileli M, Ferrara L. Biomechanical analysis of a Turkish-Made posterior spinal instrumentation system. *Turkish Neurosurgery* 2005;15(2):58-63.
18. İnceoğlu S, Ferrara L, McLain RF. Pedicle screw fixation strength: pullout versus insertional torque. *Spine J* 2004;4:513-518.
19. McLain RF, Fry MF, Moseley TA, Sharkey NA. Lumbar pedicle screw salvage: pull-out testing of three different pedicle screw designs. *J Spinal Disord* 1995;8(1):62-68.
20. Ashman RB, Galpin RD, Corin JD, Johnston CE. Biomechanical analysis of pedicle screw instrumentation systems in a corpectomy model. *Spine* 1989;14:1398-1405.
21. Zindrick MR, Wiltse LL, Widell EH, Thomas JC, Holland WR, Field BT, Spencer CW. A biomechanical study of intrapedicular screw fixation in the lumbosacral spine. *Clin Orthop Relat Res* 1986;203:99-112.

22. Myers B, Belmont P, Richardson w, Yu J, Harper K, Nightingale R. The role of imaging and in situ biomechanical testing in assessing pedicle screw pullout strenght. *Spine* 1996;21:1962-1968.

23. Soshi S, Shiba R, Kondo H, Murato K. An experimental study on transpedicular screw fixation in relation to osteoporosis of the lumbar spine. *Spine* 1991;16(11):1335-1341.

24. Hirano T, Hasegava K, Takahashi HE, Uchiyama S, Hara T, Washio T, Sugiura T, Yokaichiya M, Ikeda M. Structurel characteristics of the pedicle and its role in screw stabilty. *Spine* 1997;22:2504-2509.