

Dalgalı plağın (wave plate) primer stabilitesi* (DeneySEL Çalışma)

Emre Çullu⁽¹⁾, İlhan Özkan⁽¹⁾, Sami Aksoy⁽²⁾, Bülent Alparlan⁽³⁾

Düz plak ile tesbit edilen femur cisim kırıklarında, aksiyel yüklenmelerde kemiğin iç korteksinde kompresyon, dış korteksinde ise gerilme kuvvetleri oluşur. Kırık ya da nonunionun dalgalı bir plak ile (wave plate) tesbitinde, kemiğin lateralinde de medialde olduğu gibi kompresif kuvvetlerin oluşturulabileceği açıklanmıştır. Ayrıca kemik ile plağın dalgası arasına ilave greft yerleştirilebileceği ve dalgalı plak tesbitinde nonunion bölgesinde dolaşımın daha iyi korunduğu bildirilmiştir. Oluşturulan dalga şekli ile plağın primer stabilitesi arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla bu deneySEL çalışma düzenlendi. Yirmi adet koyunun sağ ve sol femurlarında defektli kırık oluşturularak sağ tarafa dalgalı plak, sol tarafa düz plak uygulandı. On koyun femurunda yüksekliği 5 mm. olan dalga, on femurda ise yüksekliği 10 mm. olan dalga oluşturuldu. Gittikçe artan aksiyel yüklenme kuvvetlerine karşı oluşturulan tesbit sistemlerinin dirençleri incelendi. Defekt açıklığını kapatan yüklenme değerleri F1, plak vida tesbitini deforme eden yüklenme değerleri F2 olarak tanımlandı. Beş mm.'lik dalgalı plak ile düz plakla yapılan tesbit sistemleri arasında F1 ve F2 değerlerinde anlamlı bir fark olmadığı gözlemlendi. On mm. dalga oluşturulan plak tesbitinin F1 yüklenme değerlerinde daha dayanıklı olduğu, F2 değerlerinde ise dirençte sistemler arasında bir fark olmadığı saptandı. Bu deneySEL çalışmada kemik diafizinin 1/3' ü kadar olan bir dalga yüksekliğinin plakta stabiliteyi bozmadığı, bundan daha fazla dalga yüksekliğinde ise primer stabilitenin azaldığı görüldü.

Anahtar kelimeler: Dalgalı plak , internal fiksasyon, femur kırığı

Primary stability of wave plate (Experimental study)

Axial loading produces compression force on medial cortex and tension on lateral cortex at femoral fractures fixed by plate. The wave in the plate could have an adverse effect by increasing the moment arm, but lateral cortex would support the compressive force. Wave plate would allow grafting on lateral cortex and also preserve blood supply. This experimental study is designed to search primary stability of wave plate. Defected fractures on twenty sheep's femurs were fixed with wave plate on the right and with standard small fragment plate on the left. Five mm. wave was made on ten right femurs and ten mm. wave was made on the other ten right femurs. Accelerated axial loading was applied to all femurs and the results were recorded. Loading which closed the defect was accepted as primary loading value (F1) and also loading which deformed the plate screw complex was accepted as maximum loading value (F2). There were not any significant differences between 5 mm. wave plate and standard plate on F1 and F2. Ten mm. wave plate was less stable than standard plate on primary loading value (F1) but stable on maximum loading value (F2). We concluded that the wave plate application is stable while wave's height is 1/3 diameter of femoral shaft as standard plate. Higher waves would decrease the primary stability of the wave plate.

Keywords: Wave plate, internal fixation, femoral fracture

Femur cisim nonunionlarında, kaynamayı sağlamak ortopedik cerrahlar için halen büyük sorundur (8,11). Eşlik eden enfeksiyon ve/veya önceki cerrahi girişimler kaynamayı daha da güçleştirir. Nonunion bölgesinde bozulmuş olan endosteal dolaşımın intramedüller tesbit ile daha da bozulma olasılığı araştırmacıları çeşitli arayışlar içine sokmuştur (6). Klasik plak vida tesbitinde aksiyel yüklenmelerde kemiğin iç korteksinde kompresyon kuvvetleri dış korteksinde ise gerilme (tension) kuvvetleri olduğu bilinmektedir. Nonunion seviyesinde dalga şekli verilmiş plakla yapılan tesbitte ise kemiğin iç ve dış kortekslerinde kompresif kuvvetlerin olduğu saptanarak bu yöntemin biyolojik ve mekanik yönden kaynamayı olumlu etkilediği gösterilmiştir (1, 2, 8).

Kemiğin lokal kanlanmasının korunması, plak kemik temas yüzeyinin daha az olması ve aynı zamanda dış kortekse kemik greftlerinin yerleştirilebilmesi bu yöntemin klinik uygulamalardaki başarısını arttıran diğer etkenler

olarak tanımlanmıştır. Literatürde bu konu ile ilgili yayınlardan esinlenerek dalgalı plak ile tedavi ettiğimiz bir femur nonunion olgusunda aldığımız iyi sonuç üzerine klasik plak vida tesbitine göre, bu yöntemin biyomekanik özelliklerini ve primer stabilitesini araştırmayı amaçladık.

Gereç ve yöntem

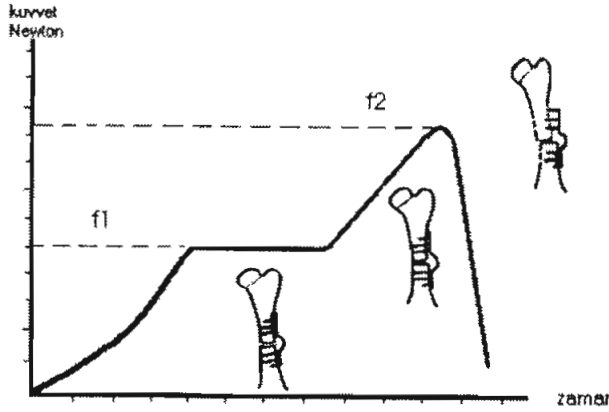
Her bir koyuna bir sayı verilerek numaralandırılan 20 çift koyun femurunun boy, çap ve ağırlıkları ölçüldü. Sağ femurlarda dalgalı plak sol femurlarda ise düz plakla tesbit yapıldıktan sonra plakların orta kısmına gelen kemik bölgesinde 5 mm'lik defekt oluşturuldu. Plak olarak 68x8x2,5 mm'lik küçük fragman plağı seçildi. Hidrolik pres ile on adet plağın orta bölgesinde 5 mm, bir diğer on plakta ise 10 mm'lik dalga oluşturuldu. Karşılaştırma grubu olarak kabul edilen 20 sol femurda ise plakta hiçbir işlem yapılmadan tesbit sağlandı. Kırıkların tümünde aynı

(1) Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Yard. Doç. Dr.

(2) Dokuz Eylül Üniversitesi, Makine Müh. Fakültesi, Biomekanik Bilim Dalı, Prof.

(3) Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Prof. Dr.

* Bu çalışma BIOMED 5 Sempozyumunda sunulmuştur. 16-18 Aralık 1998 ODTÜ, Ankara.



Şekil 1: Defektin kapanmasına yol açan yüklenme değerleri (F1) ve plak vida tesbitini deforme eden değerlerin (F2) şematik görünümü (Newton)

Plak	5mm'lik dalgalı plak (SD) n.	10mm'lik dalgalı plak (SD) n.	Düz plak (kontrol) (SD) n.
F 1	334.3 (360)	242 (56)	451.8 (90)
F 2	555.7 (360)	572.3 (173.5)	642 (325.4)

Tablo 1: Beş milimetre, 10mm dalga verilmiş ve düz olarak yerleştirilmiş plakların aksiyel yüklenmede defekt kapatan yüklenme değerleri (F1) ve plak, vida tesbitini deforme eden yüklenme değerleri (F2) ve standart sapmaları (SD). Aksiyel yükler newton (n) olarak verilmiştir.

tip ve sayıda vida kullanıldı. Kemiklerde oluşan defektif kırıklar dalgalı ve düz plaklarla tesbit edildikten sonra kemikler dik pozisyonda duracak şekilde alt uçlarından polyestere (Marshall Poliester 3522) gömülerek sabitlendi ve Instron (Model 114, Dokuz Eylül Üniv. Makine Mühendisliği Fak.) cihazında aksiyel yüklenme uygulandı. Dalgalı plakların aksiyel yüklenmelerdeki direnci ve davranışı düz plaklarla karşılaştırıldı. Instron cihazında git-tikçe artan aksiyel yüklenme kuvvetlerinin, iç kısımda defektin kapanarak kemiğin temas etmesini sağladığı yüklenme değerleri F1 olarak belirlendi. Aksiyel yüklenmeye devam edilerek kemik ve plakta deformasyon oluşturan yüklenme değerleri ise F2 olarak kabul edildi (Şekil 1, 2, 3, 4). Düz ve dalgalı plakla elde edilen sonuçlar eşleştirilmiş t testi ($p < 0,05$) ve Pearson korelasyon katsayısı ile değerlendirildi.

Sonuçlar

Koyun femurlarında ortalama ağırlık 108 gram (en az 81, en fazla 136 gr.), ortalama boy 159 mm. (en az 145, en fazla 175 mm.), ortalama çap 14,9 mm. (en az 13, en fazla 16,9 mm.) olarak saptanmıştır. Çalışmada kullanılan kemik çiftlerinin boy, çap ve uzunlukları ile yüklenme sonucu ulaşılan F1 ve F2 kuvvet değerleri arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Düz plak ile 5 milimetre dalgalı plak tesbitleri arasında yüklenmedeki F1 ve F2 değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır. Düz plak ile 10 mm. dalgalı plak arasında F1 değerlerinde $p < 0,05$ düzeyinde anlamlı fark oluşmuştur. Dalgalı plak tesbiti aksiyel yüklenmelere karşı düz plağa göre daha düşük bir eğilme



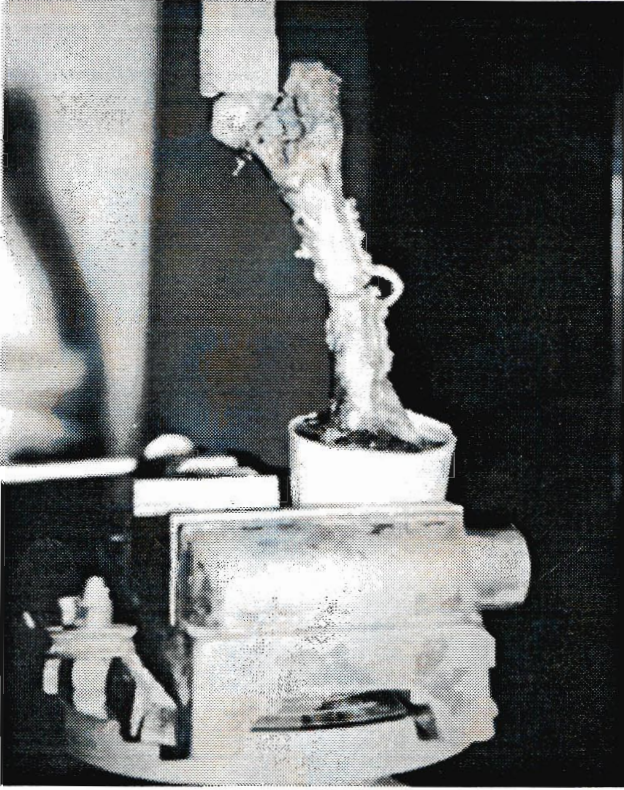
Şekil 2: 10 mm dalgalı plak vida tesbitinin aksiyel yüklenmenin başladığı andaki görünümü

direnci göstermiştir. Ancak F2 değerlerinde bu iki tesbit sistemi arasında bir fark saptanmamıştır (Tablo 1).

Tartışma

İnsanda mekanik eksen femurun medialinden geçtiğinden yüklenme sırasında oluşan eğici (bending) kuvvetler, iç kortekste kompresyona, dış kortekste ise gerilmeye yol açar. Eğici kuvvetler en çok küçük trokanterde yoğunlaşmıştır. Femur anatomik ekseni ile mekanik eksen arasındaki uzaklık bu bölgede en fazladır. Diz ortasında bu uzaklık sıfıra iner ve femurun anatomik ekseni ile mekanik eksen kesişir (5).

Femur kırıklarında dışa yerleştirilen plak, dıştaki gerilme ve içteki kompresyon kuvvetlerine karşı koyar. Kemik defektli nedeni ile içte yeterli destek olmadığından, sıklıkla eğilme kuvvetleri metale yorgunluk yaparak plakta kırılmaya yol açar (5). Defektif bölgede plakta dalga oluşturularak bu komplikasyonun önlenebileceği öne sürülmüştür (1, 2, 8, 11). Defektif bölgede dalgalı plağın yaptığı eğim nedeni ile eğilme moment kolu kemikten daha dışa taşındığından, kemiğin dışından da içinde olduğu gibi kompresyon kuvvetlerinin oluşacağı, gerilme kuvvetlerinin ise plağın dalgalı kısmında yer alacağı düşünülmüştür. Sıklıkla yüklenmelerin düz plağa göre dalgalı plakta daha iyi dağılacağı ve metal yorgunluğunun daha geç ortaya çıkacağı bildirilmiştir.



Şekil 3: 10 mm dalgali plak vida tesbitinde defektin kapandığı an (F1)



Şekil 4: 10 mm dalgali plak vida tesbitinin deforme olduğu, vida tesbitlerinin bozulduğu an (F2).

Weber ve Brunner 1982 yılında intemal fiksasyondaki değişik yöntemlere değindikleri kitaplarında ilk kez dalgali plak tesbitini bildirmişlerdir. Tibia nonunionlarında arka yüze yerleştirdikleri dalgali plak ile gergi bandı oluşturduklarını öne sürdükleri bu yayında plağın biyomekanik etkisini açıklamışlardır (11). Magerl ve ark. (1979) erişkin femur kırıklarda plakla tesbit ettikleri olguların sonuçlarını sunmuşlardır. Bir olguda kaynama gecikmesi ve enfeksiyon nedeniyle daha fazla greft yerleştirmek amacıyla plakta curve yaptıklarını ve bu olguda başarılı sonuç aldıklarını açıklamışlardır. Bu olguda plağın biyomekanik özelliğine değinmeyen araştırmacılar rastlantı olarak bu sistemin ilk uygulayıcılarından olmuşlardır (4).

Dalgali plağın biyomekanik özelliklerini vurgulayarak klinik uygulamaya sokan Blatter, bu yöntemi femur nonunionlarında kurtarıcı bir operasyon olarak bildirmiştir (1, 2). Ring ve ark. ise 42 kompleks femur nonunion olgusunda dalgali plak uygulayarak başarılı sonuçlar aldıklarını açıklamışlardır (8).

Terjesen ve ark. farklı sertlik derecesindeki plaklar kullanarak kemik iyileşmesi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Tavşanlarda yaptıkları bu deneysel çalışmada plakların sertliği azaldıkça kırığa binen siklik yüklerin arttığını bunun da kallus oluşumunu arttırdığını açıklamışlardır (10). Tavşanlar üzerinde benzer bir çalışmada Matsushita ve Kurokawa (1998) tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar aksiyel siklik hareketlerin kemik iyileşmesini uyardığını bildirmişlerdir (3). Reimer ve ark. (1994) ve Rozburch ve ark. (1998) titanyumdan yapılan LCDCP plaklarında metalin özelliği nedeniyle daha fazla siklik yüklenmeler oluştuğunu, bu nedenle de kırık hattında çe-

lik plaklara göre daha çok kallus geliştiğini bildirmişlerdir (7, 9). Dalga oluşturularak yapılan plak tesbitlerinde plağın şeklinin daha fazla siklik yüklenmelere izin vereceği, böylece kemiğe yük bindirerek callus oluşumunu ve iyileşmeyi hızlandıracakı düşünülmüştür. Plağın dalgası ile dış korteks arasında bulunan 0,5-1 cm. açıklığa yerleştirilen kemik greftlerinin üzerine de aksiyel kompresif güçlerin bindiğini açıklayan Ring ve ark. ayrıca dış kortekse tam oturan konvansiyonel plak tesbitlerinde kemiğe yaslanan bölgelerde görülen dolaşım bozukluğunun ve osteonekrozun dalgali plak tesbitinde görülmediğini bildirmişlerdir (8). Femur kırıklarında kaynama üzerine olumlu biyomekanik özellikleri bildirilen dalgali plak tesbitinde, plağa verilen dalga şekli ile mekanik özellikler arasındaki ilişkileri gösteren bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Bu amaçla yaptığımız deneysel çalışmada kemik cisminin 1/3'ü kadar olan bir dalga yüksekliğinin plakta stabiliteyi bozmadığı, dalga yüksekliğinin kemik çapının 2/3'üne ulaştığında ise primer stabilitenin azalmaya başladığı görülmüştür. Ancak bu sistem üzerinde çeşitli dalga boylarında iç ve dış kortekste oluşan kuvvetlerin kantitatif ölçümlerinin yapılabileceği, daha ileri biyomekanik çalışmalara gereksinim olduğu kanı-sındayız.

Kaynaklar

1. Blatter G, Weber BG: Wave plate osteosynthesis as a salvage procedure. *Arch Orthop Trauma Surg* 109 : 330-333, 1990.
2. Blatter G, Fiechter T, Magerl F: Periprothetische frakturen bei hüfttotalendoprothesen. *Orthopäde* 18, 545-551, 1989.
3. Matsushita T, Kurokawa T: Comparison of cyclic compression, cyclic distraction and rigid fixation. *Acta Orthop Scand* 69 (1): 95-98, 1998.

4. Magerl F, Wyss A, Brunner CH, Binder W: Plate osteosynthesis of shaft fractures in adults. *Clin Orthop* 138 : 62-7, 1979.
5. Müller ME, Allgöwer M, Schneider R, Willenegger H: *Manual of internal fixation*. Heilderberg, etc; Springer Verlag, 1991.
6. O'Sullivan ME, Chao EYS, Kelly PJ: The effects of fixation on fracture-healing. Current concepts review. *J Bone Joint Surg* 71 (A) (2) 306-310, 1989.
7. Riemer BL, Foglestong ME, Miranda MA: Femoral plating. *Orthop Clin North Am* 25 (4): 625-633, 1994.
8. Ring D, Jupiter, Sanders RA ve ark.: Complex nonunion of fractures of the femoral shaft treated by wave plate osteosynthesis. *J Bone Joint Surg* 79 (B) 289-294, 1997.
9. Rozbruch SR, Müller U, Gautier E, Ganz R: The evaluation of femoral shaft plating technique. *Clin Orthop* 194: 195-208, 1998.
10. Terjesen T, Apalset K: The influence of different degrees of stiffness of fixation plates on experimental bone healing. *J Orthop* 6 (2): 293-299, 1988.
11. Weber BG, Brunner C: *Special techniques in internal fixation*. Berlin: Springer- Verlag, 1982.

Yazışma adresi:
Yard. Doç. Dr. Emre Çullu
Efeler Mah. Atatürk Bulvarı
18. Sok. No; 25 / 2
09020 Aydın, Türkiye
E-Mail; ecullu@superonline.com