

Kirschner tellerinin değişik konfigürasyonlu stoplarının dayanıklılık düzeylerinin incelenmesi

(DeneySEL ÇALIŞMA)

Mehmet Kocaoğlu⁽¹⁾, Cüneyt Şar⁽¹⁾, Önder Kılıçoğlu⁽²⁾, Mehmet Aşık⁽¹⁾, Mehmet Çakmak⁽³⁾

Stopları değişik konfigürasyonda hazırlanan beş stoplu Kirschner telinin (K-teli) stoplarının dayanıklılıkları deneysel model üzerinde, Instron cihazı ile kantitatif olarak değerlendirildi. Normal boğumlu boncuklu stoplu (Tip 1), dolma boğumlu boncuklu stoplu (Tip 2), kapalı halkalı stoplu (Tip 3), açık halkalı stoplu (Tip 4) ve çift halkalı stoplu (Tip 5) K-tellerine, herbirine 7 kez olmak üzere çekme deneyleri yapıldı. Sonuçlar "student's-t testi" ile değerlendirildi. Klinik çalışmalarda kullanılan tip 1 K- teli en yüksek, tip 5 K-teli ise düşük dayanıklılık değerleri gösterdi. Plastik deformasyon fazında tip 2 K- teli en yüksek dayanıklılık düzeylerini gösterdi. Bu kantitatif ölçümlere göre normal kortikal yapıya sahip hastalarda tip 2, osteoporoz gibi korteksin zayıf olduğu hastalarda tip 5 stoplu K- teli kullanılmasının uygun olacağı düşünüldü.

Anahtar kelimeler : Kirschner teli, İlizarov tekniği, stop

Predeformation loading capacity of various stopper types of Kirschner wires

The predeformation loading capacity of five different stopper configurations of Kirschner wires are evaluated quantitatively on an experimental model by using the Instron device. Traction forces were applied to Kirschner wires with normal beaded stoppers (Type 1), filled beaded stoppers (Type 2), closed loop stoppers (Type 3), open loop stoppers (Type 4) and double loop stoppers (Type 5), 7 times for each type. Results were evaluated by the Student's-t test. Type 1 Kirschner wires demonstrated the highest and Type 4 the lowest level of resistance to traction. Predeformation loading capacity during the plastic deformation phase was largest for Type 2 Kirschner wires. These quantitative evaluations infer that Type 2 wires should be preferred for patients having a normal cortical bone quality, while Type 5 wires should be reserved for those in whom cortical bone quality is poor, e. g. osteoporosis patients.

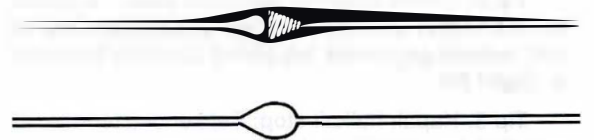
Keywords: Kirschner - wire, Ilizarov technique, stopper

Kirschner telleri (K- teli) özellikle minimal girişimlerde sık kullanılan bir osteosentez materyelidir. 1950'li yıllarda İlizarov çember fiksatorünü geliştirmiş ve osteosentez için K- tellerini kullanmış ve bu K- tellerine germe uygulamıştır. Yazar bu şekilde kırık fragmanlarının daha yüksek bir kapasite ile siklik aksiyel yüklenmeye maruz kalacağını, bunun da kırık iyileşmesini hızlandıracağını belirtmiştir (8, 2, 3). Zira germe tansiyonu uygulanmış çelik halatların, dik olarak gelen yüklenmelere dayanıklılıklarının anlamlı olarak arttığı eskiden beri bilinmekte ve asma köprü mimarisinin ana prensibini oluşturmaktadır (1).

İlizarov çap olarak 1.5, 1.8 ve 2.0 mm' lik K- tellerini kullanmıştır. Bunlardan bazıları düz iken, bazılarında da telin ortasına kemikte migrasyonu önleyecek şekilde ek (stop) konulmuştur. Stoplu teller fiksator sisteminin kemik üzerinde yer değiştirmesini engellemekte ve gereğinde bu teller yardımı ile kemik fragmanları sistemin içerisinde kaydırılmakta veya diğer fragmanlarla sıkıştırılmaktadır (6, 7, 9). K- teline eklenen stop şekilleri damla, konik veya halkalı olmak üzere başlıca üç çeşittir. Damla şekilli olanın kemiğe dayanma yüzeyi yuvarlak, konik stoplu olanın düzdür (Şekil 1). Konik stoplu K-telinin geçirilmesi sırasında ortaya çıkabilecek yumuşak doku hasarını azaltmak için konik stop'un taban kısmı jelatinden yapılmış bir kaplama ile örtülmektedir. Bu jelatin kaplama düz yü-

zey kemiğe dayandığında kırılmaktadır. Halkalı stop, telin bir ucu kemiğe girdikten sonra ince uçlu kerpeten ile bükülerek oluşturulur. İlizarov yayınlarında iki tip stoplu K- teli kullandığını belirtmektedir (5, 7). Konik stoplu telleri kemiğe aşırı yüklerin bindiği durumlarda (180-200 kg), halka stoplu teller ise daha az yüklenme (50-60 kg) gerektiğinde kullanılmaktadır. Yazar özellikle osteoporotik kemikte tırbüşon şeklinde halka stoplu K- tellerinin kullanılmasını önermektedir (7).

Bu çalışmada farklı stoplu K- tellerinin stoplarında deformasyon olmadan önce taşıyabildikleri maksimum yüklerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Halen klinik uygulamada kullanılan stopların ve geliştirdiğimiz değişik konfigürasyonlardaki stopların deformasyon öncesi en yüksek dayanıklılık düzeyleri deney modeli üzerinde incelenmiştir.

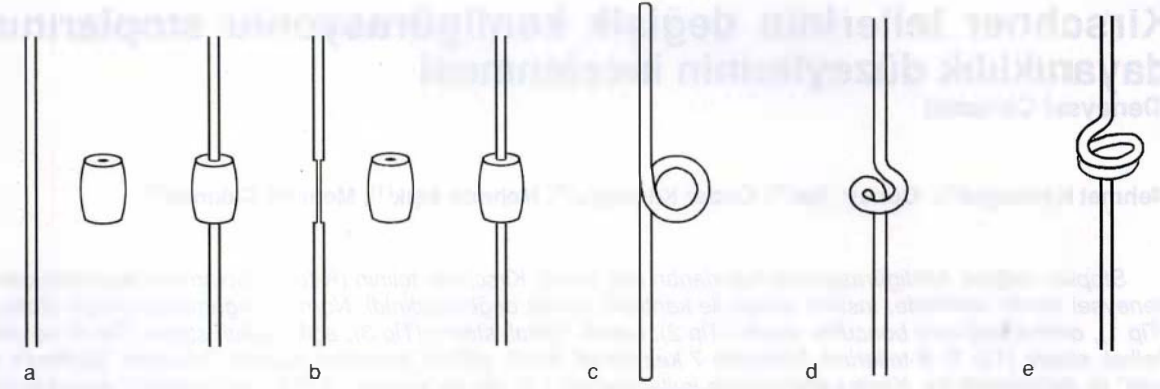


Şekil 1: a. Konik şekilli boncuk; koninin düz yüzeyi jelatin ile kaplanmış; b. Damla şekilli boncuk

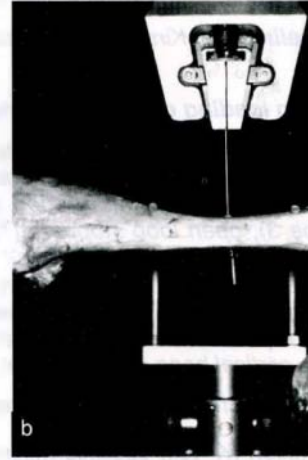
(1) İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Uzman Dr.

(2) İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Araştırma Görevlisi

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



Şekil 2: a. Normal boğumlu boncuklu stop; b. Dolma boğumlu boncuklu stop; c. Kapalı halkalı stop; d. Açık halkalı stop; e. Çift halkalı (tirbüşon) stop.



Şekil 3: a. Deney setini gösterir fotoğraf. b. Telin çekme yönüne dik olduğuna dikkat ediniz.

Gereç ve yöntem

Çalışma İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya Metalurji Fakültesi'nin Fiziksel Metalurji Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarda, klinik uygulamamızda kullandığımız teller ile aynı hammaddeden üretilen (cerrahi paslanmaz çelik, ISO 5832/1) 1.8 mm çapındaki ikisi boncuklu, üçü bükülmüş beş değişik toplu K- teli kullanılmıştır. Bunlardan yalnızca tip 1 klinik uygulamalarda kullanılmaktadır, diğer tiplerin stop şekilleri tarafımızdan geliştirilmiştir. Stop türlerinin ayrıntıları şöyledir:

Tip 1, Normal boğumlu boncuklu stop: Düz telin üzerine geçirilen 2.5 mm çaplı boncuğun dışarıdan basılarak sıkılması ile tespit edilir (Şekil 2a).

Tip 2, Dolma boğumlu boncuklu stop: Tel üzerinde hazırlanan yuvaya (tel çapı yuva hizasında 1.3 mm) boncuk geçirilerek sıkıştırma usulü ile tespit edildi. (Şekil 2b)

Tip 3, Kapalı halkalı stop: Tel kendi üzerinde, ek-seni telin eksenine paralel 4 mm çaplı tam bir halka oluşturacak şekilde bükülerek hazırlandı. Tip 3'de tel tam bir daire şeklini almaktadır (Şekil 2c).

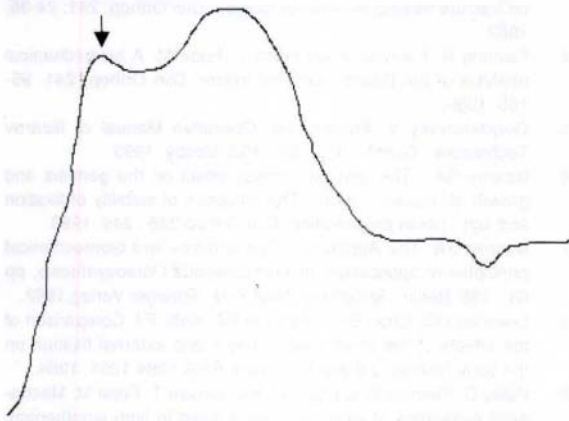
Tip 4, Açık halkalı stop: Tel kendi üzerinde, ek-seni telin eksenine paralel 4 mm çaplı açık bir halka oluşturacak şekilde bükülerek hazırlandı (Şekil 2d).

Tip 5, Çift halkalı (tirbüşon) stop: Tel kendi üzerinde bükülerek, ek-seni telin eksenine dik, 4 mm çaplı, bitişik iki halka oluşturuldu (Şekil 2e).

Deney için 2 yaşındaki sığırların tibiaları, sakrifiye edildikten ortalama 24 saat sonra kullanıldı. K- telleri tibiaların orta 5 cm' lik diafiz bölümüne el perforatörü ile kemik yüzeyine 90° açı yapacak şekilde gönderildi. Tibia Instron cihazı tablasına yerleştirildi ve sabitlendi. K- teli Instron'un çenesine sıkıştırılarak tibia, çene ve K- telinin 90° oluşturmasına dikkat edildi. Böylece bending kuvvetlere bağlı olarak K- telinin kemikten çıktığı noktada deformasyonuna izin verilmedi (Şekil 3). Deney sırasında Instron 1195 Universal test cihazı ile 5 mm / dak. sabit hızda çekme kuvveti uygulandı. Sistemdeki yüklenme 500 mm / dak. hızlı şerit üzerine 200 veya 500 kg'lık skala kullanılarak kaydedildi. Her tel çeşidi ile 7 kere çekme deneyi tekrarlandı. Her toplu K-teline çekme uygulandığında önce elastik, daha sonra stopun sıyrılmaya başladığı plastik deformasyon gözlemlendi (Şekil 4). Stopun dayanıklılık düzeyi olarak, çekme deneyi sırasında çizilen zaman-yük eğrisinde, yükteki ani azalmanın olduğu nokta kabul edildi. Çalışmada beş tip stopun dayanıklılıkları kantitatif olarak değerlendirildi ve elde edilen "kg" cinsinden sonuçlar 'Student's-t' testi ile tipler arasında karşılaştırıldı.

	Normal boğumlu	Dolma boğumlu	Kapalı halkalı	Açık halkalı	Çift halkalı
Deney 1 (kg)	306	256	124	124	132
Deney 2 (kg)	266	250	130	120	118
Deney 3 (kg)	300	260	118	112	144
Deney 4 (kg)	294	246	126	116	128
Deney 5 (kg)	280	234	132	128	136
Deney 6 (kg)	298	264	128	108	148
Deney 7 (kg)	302	254	130	120	136
Ortalama	292.3	251.9	126.9	118.3	134.6

Tablo 1: Değerlerin ve ortalamalarının tiplere göre dökümü

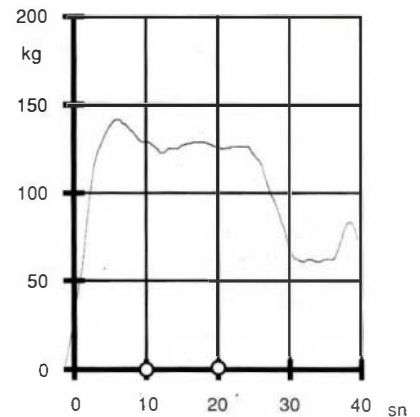
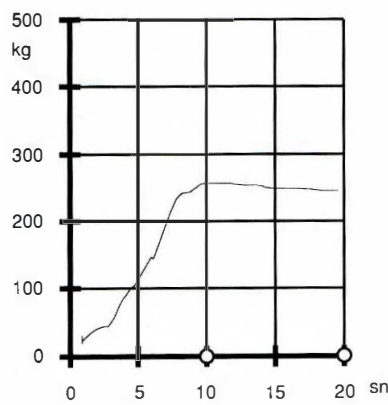
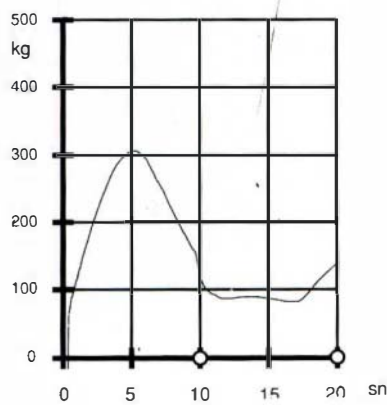


Şekil 4: Stop üzerine çekme kuvveti uygulandığında elde edilen zaman-yük eğrilerinde elastik ve plastik deformasyon fazlarının örnek gösterimi. Ok plastik deformasyonun başlangıcıdır.

Bulgular

Deney sonuçları, tiplere göre ayrılarak sunulmuştur. Tellerin çekme kuvvetine verdikleri yanıtı tarif edilmiş, dayanıklılık düzeyleri Tablo 1'de bildirilmiştir.

Tip 1 K- telinde ortalama 293 kg seviyesinde stopun tellerden kurtulduğu ve tel üzerinde rahatça kaydığı tespit edildi (Şekil 5a).



Şekil 5: Deneyde elde edilen zaman (x) ve yük (y) eğrilerinin örnekleri: a. Normal boğumlu boncuklu stop, b. Dolma boğumlu boncuklu stop, c. Çift halkalı (tirbuşon) stop

Tip 2 K- telinde ortalama 251 kg yük seviyesinde stop telden sıyrıldı; ancak boncuğun deliği telin çapından dar olduğu için, ortalama 250 kg'lık bir yük ile ilerlemesine devam etti. Bu esnada telin çapı da sıyırma sureti ile incelidi (Şekil 5b).

Tip 3 ve 4 K-telinde kullanılan halkalı stopun, artan çekme kuvveti ile önce gerginliği arttı; elastik deformasyonu takiben plastik deformasyon fazı başladı, yani halkanın dairesel şekli bozuldu. Açık halka için en yüksek dayanma gücü ortalama 118 kg, tam halka için 127 kg idi.

Tip 5 K- telinde ortalama 137 kg'lık yük seviyesinde halkada plastik deformasyon başladı (Şekil 5c). Tiplerin ortalamaları istatistiksel olarak karşılaştırıldığında Tip 4 ve 5 arası hariç olmak üzere ($p > 0.05$) tüm ikili karşılaştırmalar anlamlı olarak farklı sonuçlar verdi. Tip 3 ile 4 ve Tip 3 ile 5 arası inceleme anlamlı ($p < 0.05$), bunların dışındaki grupların karşılaştırması çok anlamlı ($p < 0.005$) olarak bulundu.

Tartışma

Çeşitli eksternal fiksatorlerin prensibi, mekanik stabilite ve kontrollü harekete dayanmaktadır. İlizarov'un da gösterdiği gibi yetersiz stabilite fragmanların kaymasına, dolayısıyla ossöz doku yerine fibröz karakterde doku gelişimine sebep olmaktadır (6, 2, 3). Bu yetersiz stabiliteyi önlemek için İlizarov stoplu K- tellerini geliştirmiş ve özellikle metafizer bölgedeki uygulamalarda kullanılmasını önermiştir (5, 7). Paley ve ark. 4 değişik eksternal fiksator üzerinde yaptıkları mekanik stabilite araştırmalarında osteotomi alanına gelen makaslama kuvvetleri açısından en rijid modelin stoplu K- telleri ile oluşturulmuş bir İlizarov fiksatorü olduğunu belirtmektedirler (9, 4).

Bilindiği gibi tel dayanıklılığı telin çapı ve tel malzemesinin elastisite modülü ile orantılıdır. Telin çapı stabiliteyi artırmak amacı ile büyütülebilir; ancak bu uygulama da yumuşak doku hasarı, enfeksiyon gibi dezavantajları beraberinde getirmektedir (1). Klinik uygulamada tercih edilen optimum tel kalınlığı 1.5 ve 1.8 mm'dir. Bu tellerin özellikle metafizer bölgede stabilitesini artırmak ilave stoplar ile mümkün olacaktır.

Stopları değişik şekillerde hazırlanan K- telleri çekme ile önce elastik, sonra da plastik deformasyon eğrisi çizmektedirler. Bulgular gözden geçirildiğinde elastik deformasyon fazındaki maksimum yüklenme Tip 3, 4 ve 5' de Tip 1 ve 2' ye göre daha düşük seviyelerdedir. Tip 1'de yalnızca elastik deformasyon fazı gözlenmekte, plastik deformasyonda ise stop sıyrıldığından teldeki gerginlik birden azalmaktadır. Bu özellik klinik uygulamada, diğer tiplere göre avantaj oluşturmaktadır, zira germe esnasında gerginliğin birden azalması hissedildiğinde, plastik deformasyon oluşturulmuş tel yenisi ile değiştirilebilir.

Tip 1 K-tellerinin tip 2 K- tellerine göre daha dayanıklı olduğu gözlenmiştir. Ancak tip1 telde stop bir kere serbestlendikten sonra, normal telde rahatlıkla ilerlemektedir; buna karşın tip 2 K- telinde stop, plastik deformasyon fazında sıyırma suretiyle güçlükle kaymaktadır. Bu tipde, tel çapının (1.8 mm) stop bölgesindeki telin çapından (1.3 mm) büyük, boncuğun iç çapının da daha dar olması ile stop'un bir kere kaysa da yine fonksiyon görmesini sağladığından klinik uygulamalarda tercih nedeni olabilir.

Kendinden stoplu tiplerde (tip 3, 4 ve 5) plastik deformasyon başladıktan sonra telin boyu uzamaktadır. Dolayısıyla telin gerginliği azalmakta ve gergin tel prensibinden uzaklaşmaktadır. Yüksek düzeyde yüklerin bineceği tahmin edilen sistemlerde mümkün ise bu tür stopların kullanılmasından kaçınılmalıdır.

Tüm K- teli konfigürasyonları stopun kemiğe teması yönünden incelendiğinde; Tip 1 ve 2'de tel 2.5 mm çaplı stop yüzeyi ile kemiğe dayanmaktadır. Buna karşın Tip 3 ve 4' deki stoplar telin eksenine paralel olduğundan kemik temas kalınlığı 1.8 mm' dir. Tip 5 K- telinde ise eksene dik olan 4 mm çaplı halkanın geniş yüzeyi ile kemiğe temas etmektedir. 'Basınç = Kuvvet / Alan' formülünden hareket ile eşit kuvvet uygulanmış K- telleri içerisinde kemik yüzeyine en az basınç Tip 5' de olacaktır. Bu ise özellikle osteoporoz gibi kemiğin korteksinin zayıflamasına yol açan durumlarda göz önüne alınmalıdır.

Sonuç olarak çember fiksatorlerde kemiğin stabilitesini artırmak ve fragman kaydırmak amacıyla de-

şik şekilli stoplu K- telleri kullanılmalıdır. Yapılan kantitatif ölçümlere göre normal kortikal yapıya sahip hastalarda tele yuva açılarak hazırlanan dolma boşumlu stoplu (Tip 2), osteoporoz gibi korteksin zayıf olduğu hastalarda ise en geniş temas yüzeyine sahip olan tırbüşon stoplu K- teli (Tip 5) tercih edilmelidir.

Kaynaklar

1. Aronson J, Harp JH: Mechanical considerations in using tensioned wires in a transosseous external fixation system. Clin Orthop 280: 23, 1992.
2. Aronson J, Harrison B, Cannon DJ, Lubansky HJ: Mechanical induction of osteogenesis. The importance of pin rigidity. J Pediatr Orthop 8: 396, 1988.
3. Chao EYS, Aro HT, Lewallen DG, Kelly PJ: The effect of rigidity on fracture healing in external fixation. Clin Orthop, 241: 24-35, 1989.
4. Fleming B, Paley D, Kristiansen T, Pope M: A biomechanical analysis of the Ilizarov external fixator. Clin Orthop, 241: 95-105, 1989.
5. Golyakhovsky V, Frankel VH: Operative Manual of Ilizarov Techniques, Chapter 4, pp 65 - 102, Mosby, 1993.
6. Ilizarov GA : The tension - stress effect on the genesis and growth of tissues : Part I. The influence of stability of fixation and soft - tissue preservation. Clin Orthop 238 : 249, 1989.
7. Ilizarov GA: The Apparatus: Components and biomechanical principles of application. In Transosseous Osteosynthesis, pp 63 - 136, Berlin, Heidelberg, New York, Springer Verlag,1992.
8. Lewallen DG, Chao EYS, Kasman RA, Kelly PJ: Comparison of the effects of the compression plates and external fixation on the bone healing. J Bone Joint Surg, 66-A:1084-1091, 1984.
9. Paley D, Fleming B, Catagni M, Kristiansen T, Pope M: Mechanical evaluation of external fixators used in limb lengthening. Clin Orthop, 250: 50, 1990.

Bu çalışmadaki yardımlarından dolayı Prof. Dr. Hikmet Üçışık ve laboratuvar sorumlusu Mızrap Canı beyaz'a teşekkür ederiz.

Yazışma adresi:
Uzman Dr. Mehmet Kocaoğlu
İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi
Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı
34390 Çapa, İstanbul, Türkiye