

# Eksternal fiksatorde mekanik verim Matematiksel bir modelin bilgisayarlı analizi

Mahir Gülşen<sup>(1)</sup>, Hüseyin Bayram<sup>(2)</sup>, İsmet Tan<sup>(3)</sup>, Gürbüz Baytok<sup>(4)</sup>

Eksternal fiksatorlerin mekanik verimini etkileyen birçok faktör vardır. Sistemde kullanılan çivi ve çubukların boy ve çaplarının mekanik verime etkilerini göstermek amacıyla, unilateral-uniplanar eksternal fiksator için geliştirilmiş bir matematiksel modelin bilgisayarlı analizi yapılmıştır. Daha kalın ve kısa çubuklar kullanılarak daha rijid bir tesbit yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

*Mechanical performance of the external fixation system  
A computerized analysis of a mathematical model*

*Mechanical performance of an external fixator depends on many variables. Of these, diameters and lengths of the pins and rods which are used in the fixation system are important. A Computerized analysis of a mathematical model which was developed for a unilateral uniplanar external fixator was made for determining the effects of these variables on the mechanical performance of the system. It has been concluded that, more rigid fixation could be obtained by using larger diameter and shorter pins and rods.*

## Giriş

Eksternal fiksator kullanan cerrah, aynı fiksator sisteminde değişik çerçeve modelleri ile farklı mekanik verim elde edebilir. Sistemin mekanik verimini etkileyen değişkenlerden, özellikle kullanılan çubuk ve çivilerin çap ve uzunlukları önemlidir (1, 5, 7). Bu değişkenlerin, eksternal fiksatorün mekanik verimini nasıl etkilediğini objektif olarak göstermek amacıyla, unilateral, uniplanar sistem için geliştirilen bir matematiksel modelin bilgisayarlı analizi yapılarak elde edilen bulgular sunulmuştur.

## Gereç ve yöntem

Bu çalışmada, Burny ve arkadaşlarının (3), unilateral-uniplanar eksternal fiksasyon sistemi için geliştirdikleri matematiksel model kullanılmıştır. Bu modelde:

- Kemik ve fiksasyon sisteminin elastik olduğu,
  - Sistemin değişik bölgelerinde tesbitin mükemmel olduğu,
  - Kuvvet altında, fragmanlar arasında temas oluşmayacağı,
  - Her fragmanda 1 çivi kullanıldığı varsayılmaktadır.
- Modelin şematik görünümü, değişkenler ve kullanılan formüller Şekil 1'de gösterilmiştir (3, 6, 7).

Her birim kuvvet aksiyel yüklenme için yer değiştirme miktarı:

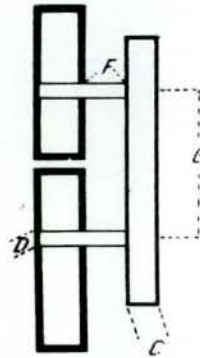
$$AK = (2/3.R_2 + R_3).F^2 \text{ (milimetre)}$$

Her birim yan ve ön-arka bükme momentleri için açılma miktarları:

$$YN = 2.R_2 + R_3 \quad (\text{Yan, radyan})$$

$$AP = 2.S_2 + R_3 \quad (\text{ön-arka, radyan})$$

formülleri ile hesaplanmaktadır (3).



$$I_2 = 1/64 * \pi * D^4$$
$$I_3 = 1/64 * \pi * C^4$$
$$IP_2 = 1/32 * \pi * D^4$$
$$R_2 = F/E * I_2$$
$$R_3 = G/E * I_3$$
$$S_2 = G/G_2 * IP_2$$

Şekil 1: Model, değişkenler ve formüller.

- D= Çivi çapı, C= Çubuk çapı, F= Çivi uzunluğu,  
G= Çubuk uzunluğu, Pi= Pi sayısı (3.141593)  
E= Paslanmaz çeliğin Young modulus'u ( $2 \times 10^5$  N/mm<sup>2</sup>)  
G<sub>2</sub>= Paslanmaz çeliğin shear modulus'u ( $8 \times 10^4$  N/mm<sup>2</sup>)  
I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub> = Moment of inertia (2-çivi, 3-çubuk)  
IP<sub>2</sub> = Polar moment of inertia (çivi)  
R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> = Eğilme sıklığı katsayısı (2-çivi, 3-çubuk)  
S<sub>2</sub> = Burulma sıklığı katsayısı (çivi)

Sistemde çivi ve çubuklar için aynı materyal (paslanmaz çelik) kullanıldığında, kuvvet altında yer değiştirme ve açılma miktarları, çivi çapı (D), çivi uzunluğu (F), çubuk çapı (C) ve çubuk uzunluğunun (G) fonksiyonları olmaktadır. Bu değişkenlerin, sistemin mekanik verimi-

(1) Yardımcı Doçent Dr. Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim dalı, ADANA

(2) Doçent Dr.

(3) Uzman Dr.

(4) Profesör Dr.

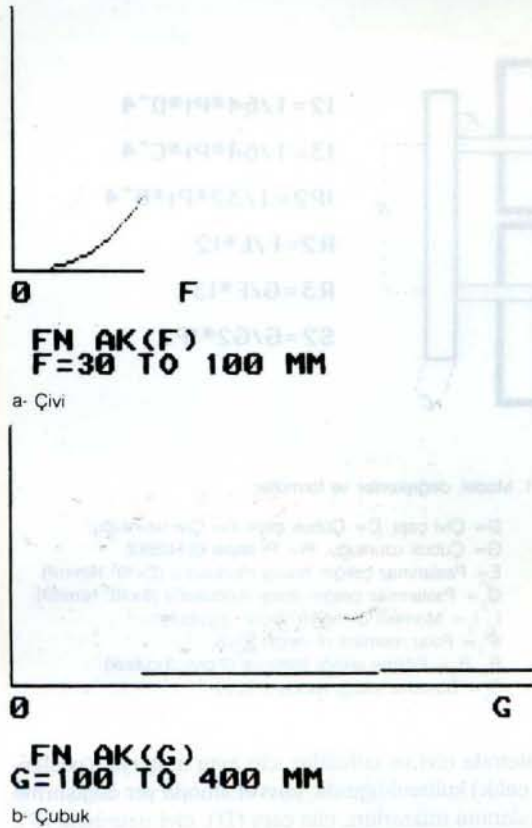
FN AK (D)	FN AK (C)	FN AK (F)	FN AK (G)
FN AP (D)	FN AP (C)	FN AP (F)	FN AP (G)
FN YN (D)	FN YN (C)	FN YN (F)	FN YN (G)
F= 50 mm	F= 50 mm	G= 200 mm	F= 50 mm
G= 200 mm	G= 200 mm	C= 12 mm	C= 12 mm
C= 12 mm	D= 6 mm	D= 6 mm	D= 6 mm
D= 2-6 mm	C= 5-12 mm	F= 30-100 mm	G= 100-400 mm

Tablo 1: Değişkenlerin fonksiyonlarındaki değerleri.

ne etkilerinin hesaplanması ve fonksiyon grafiklerinin çizdirilmesi için veriler, Mikrosoft Basic A ile kodlanmış ve Acer Multitech bilgisayarına yüklenmiş, ekran çıktılarının fotoğrafları çekilmiştir (Tablo 1).

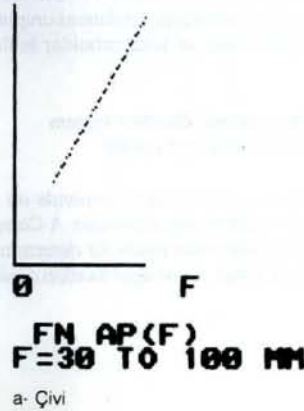
### Bulgular

Fonksiyonların grafikleri şekil 2-7'de gösterilmiştir. Çivi çapı ve çubuk çapı, sistemin verimini her yüklenme şeklinde geometrik olarak etkilemektedir (Şekil 2-4). Çivi çapı 4 mm altında, çubuk çapı 8 mm altında ise verim daha da azalmakta, sistemin sıklığı düşmektedir.

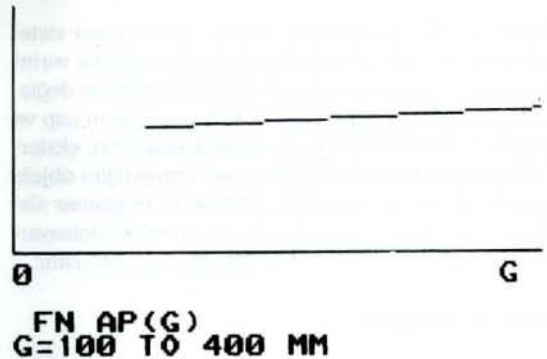


Şekil 2: Aksiyel yüklemde çivi ve çubuk çaplarının mekanik verime etkileri.

Çivi uzunluğu, aksiyel yüklemde sistemi geometrik olarak etkilemektedir (Şekil 5). Bu uzunluk 60 mm'yi geçince verim daha da azalmaktadır. Çivi uzunluğu ile ön-arka ve yan bükme sonucu dönme miktarları arasında doğru orantılı bir ilişki vardır (Şekil 6-7). Çubuk uzunlu-



a- Çivi



b- Çubuk

Şekil 3: Ön-arka yüklemde çivi ve çubuk çaplarının mekanik verime etkileri.

ğunun sistemdeki etkileri, çivi uzunluğu kadar fazla olmasa da, verimi doğrusal olarak azaltmaktadır (Şekil 5-7).

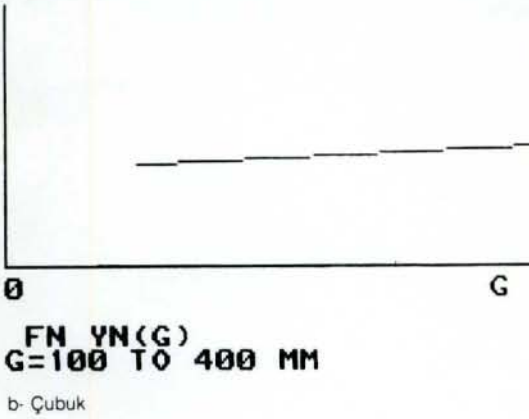
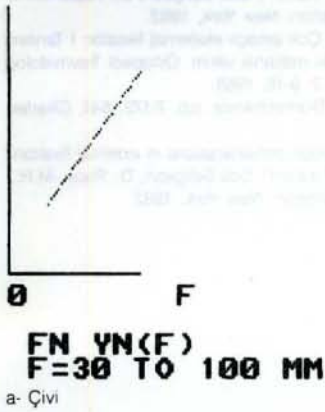
### Tartışma

Unilateral-uniplanar eksternal fiksasyon sistemi, bilateral ve multiplanar sistemlere göre daha az rijiditeye sahiptir (1, 2, 4, 5, 7). Ancak, iyi bir planlama ile biyomekanik verilerin ışığında bilinçli bir unilateral-uniplanar sistem kurulması ile amaca uygun sıklıkta tesbit elde edilebilir (7). Çivi ve çubukların çapları ile boylarını değiştirerek farklı sıklıkta sistemler kurulabilir. Çivi ve çubukların çapları artıp boyları kısaltıldıkça bükülme ve burulmaya dayanıklılıkları artar (6, 7). Özellikle, çivi çapı 4 mm, çubuk çapı 8 mm üzerinde, çivi uzunluğu 60 mm altında olmalı; çiviler, mümkün olan en kısa çubuk boyunu kullanabilecek şekilde yerleştirilmelidir. Bu bulgular, deneysel çalışmalarda elde edilenlerle uyumludur (2, 3, 4).

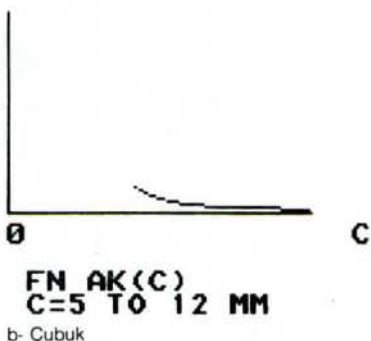
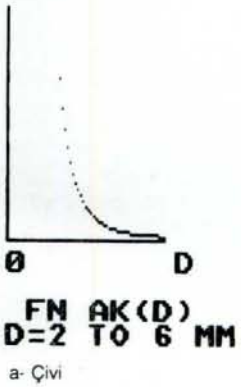
Sonuç olarak, daha kısa ve kalın çivi ve çubuklar kullanılması ile sıkı bir tesbit elde edilebilir. Çivi ve çubukların çapları değiştirilemiyorsa, bunların boylarının mümkün



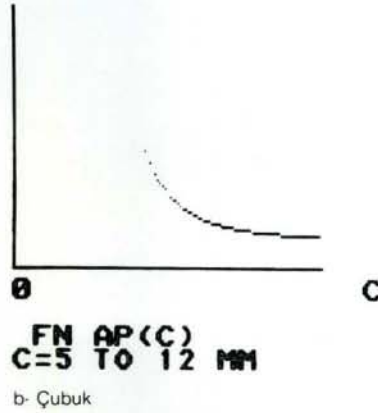
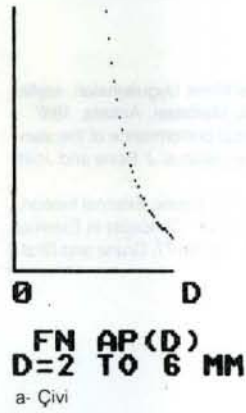
olduğu kadar kısa olmasını sağlayacak şekilde bir sistem kurulmaya çalışılmalıdır.



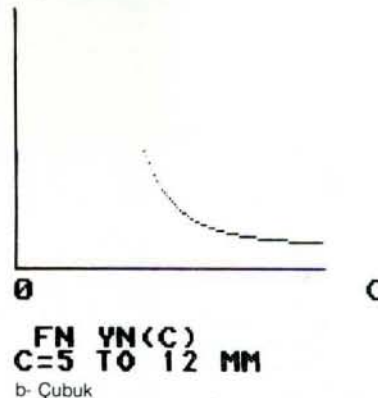
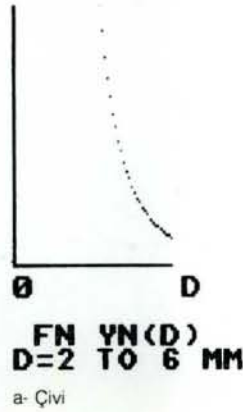
Şekil 4: Yan yüklenmede çivi-çubuk çaplarının mekanik verime etkileri.



Şekil 5: Aksiyel yüklenmede çivi ve çubuk boylarının mekanik verime etkileri.



Şekil 6: Ön-arka yüklenmede çivi ve çubuk boylarının mekanik verime etkileri.



Şekil 7: Yan yüklenmede çivi ve çubuk boylarının mekanik verime etkileri.

## Kaynaklar

- 1- Aslanoğlu, O.: Eksternal Fiksatorler ve Klinik Uygulamaları, sayfa: 30-39, G.Ü. Basın Yayın Yüksek Okulu Matbaası, Ankara, 1987.
- 2- Briggs, B.T., Chao, E.Y.S.: The mechanical performance of the standard Hoffmann-Vidal external fixation apparatus. *J. Bone and Joint Surg.* 64 A: 566-573, 1982.
- 3- Burny, F., Bourgois, R., Donkerwolcke, M.: Elastic external fixation: A biomechanical study of the half frame. In "Concepts in External Fixation", Eds Seligson, D., Pope, M.H., pp: 66-77, Grune and Stratton, New York, 1982.
- 4- Chao, E.Y.S, Pope, M.H.: The mechanical basis of external fixation, In "Concepts in External Fixation", Eds Seligson, D., Pope, M.H., pp: 13-39, Grune and Stratton; New York, 1982.
- 5- Gülşen, M., Karakaş, E.S.: Çok amaçlı eksternal fiksator: I Tanıtım ve uzun kemik kırıklarındaki mekanik verim. *Ortopedi Travmatoloji ve Rehabilitasyon Dergisi.* 2: 8-15, 1988.
- 6- Frost, H.M.: *Orthopaedic Biomechanics*, pp: 7-172, 541, Charles Thomas, Springfield, 1973.
- 7- Pope, M.H., Evans, M.: Design considerations in external fixation, In "Concepts in External Fixation", Eds Seligson, D., Pope, M.H., pp: 109-135, Grune and Stratton, New York, 1982.