

# METİL METAKRİLAT VEYA POLİESTER İLE OLUŞTURULAN BASİT EKSTERNAL FİKSASYON SİSTEMİ VE BİOMEKANİK ÖZELLİKLERİ

Dr. Güven YÜCETÜRK\*  
Dr. Halit ÖZYALÇIN\*\*  
Dr. Ediz ULUSOY\*\*\*  
Dr. Ünal EVCİM\*\*\*\*

Bu çalışmada basit bir eksternal fiksasyon sistemi oluşturmak için kullanılan Metil Metakrilat yerine, Poliesterin güvenli bir düğüm materyeli olup olmadığı araştırılmış, sonuçlar ve teknik özellikler verilmiştir.

## GİRİŞ :

Eksternal fiksatorlerin pratik uygulamaya girmesi ile kırık sağıtımı yeni ve olumlu boyutlar kazanmıştır. Eksternal fiksasyon özellikle internal fiksasyon araçlarının kullanılmadığı infekte geniş doku kayıplı veya çok parçalı kırıklarda geniş uygulama alanı bulmaktadır. Günümüzde çok gelişmiş eksternal fiksasyon cihazları bulunmakla birlikte bu tip cihazların hasta üzerinde uzun süreli tutulma zorunluluğu, yöntemin pahalı ve az kullanılabilir olması sonucunu getirmektedir. Bu nedenle, basit eksternal fiksasyon sistemlerinin yeterli olabileceği kırık olgularında kullanılmak üzere değişik uygulamalar geliştirilmeğe çalışılmıştır. 1971 de İNOU (2), Metil Metakrilatı eksternal fiksasyon için geniş olarak uygulamaya sokmuştur. Literatürde az sayıda benzer çalışmalara raslanmaktadır (1).

Bu çalışmanın ilk amacı, ülkemizde çok pahalı olan Metil Metakrilat yerine kullanılabilen, daha ucuz bir materyelin bulunması ve bu maddenin özelliklerinin araştırılmasıdır. Bunun dışında bu tip bir eksternal fiksasyon sisteminde ortaya çıkabilecek biomekanik problemler gözlenmiştir.

## BASİT BİR EKSTERNAL FİKSASYON SİSTEMİNDE BİOMEKANİK PROBLEMLER

Eksternal fiksasyonda, kırık fragmanlarının kaymasını önlemek amacı ile stabil bir sistem oluşturulması amaçlanmaktadır. Ancak,

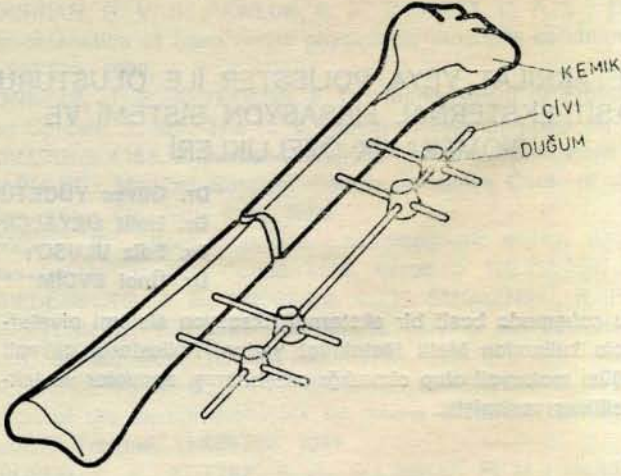
\* Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği Doçenti

\*\* Aynı Klinik Asistanı.

\*\*\* Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Makinaları Bölümü Doçenti

\*\*\*\* Aynı Bölüm Doçenti.

(Şekil : 1) de görüldüğü gibi bu uygulamada kullanılan stabil sistem



Şekil : 1

mekanik olarak güvenli kabul edilen kafes kiriş sistemi değildir. Bu nedenle stabilitenin korunabilmesi için düğüm noktalarının herbirinin moment taşıyabilmesi gerekir.

Basit eksternal fiksasyon sistemi dış veya iç kuvvetlerle yüklendiğinde;

- a — Kemik kayar veya kemik delik yerinden ezilebilir.
- b — Çivi eğrilebilir.
- c — Düğüm kopabilir.

Kemiğin kayması veya ezilmesi istenmediğine göre, kemik, çivi ve düğümden oluşan bu sistemde düğümün kuvvete en az dirençli bölüm olması gerekir. Çivi eğildiğinde, bu eğilme gözle görülmeyecek derecede bile olsa daha sonra fragmanların kaymasına neden olabilecek biçimde yüklenmenin değişmesine yol açabilir. Buna karşılık eğer düğüm koparsa sistem tümüyle özelliğini yitireceğinden uygulayıcı açısından sistemi yenileme yönünden uyarıcı olmaktadır. Ancak, düğümün çok küçük yüklenmelerde kopması da sistemi amaç dışı bırakacağı için istenmemektedir. Bu nedenle düğümün kopması, kemiğin kayma ve ezilmesi ve çivinin eğilmesinden önce gerçekleşmelidir.

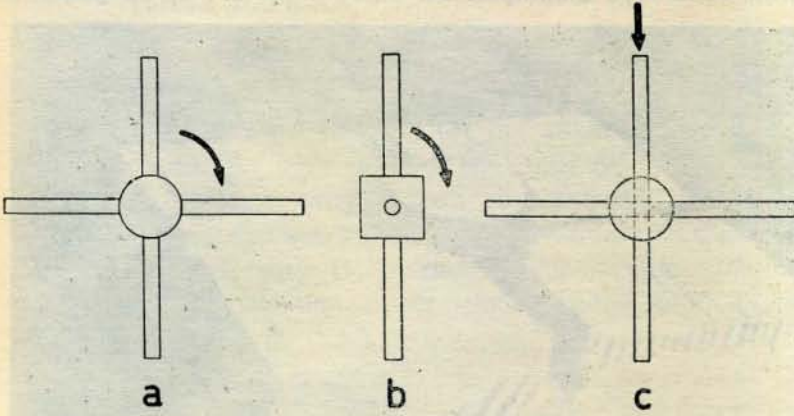
Sistem stabilitesini sağlayan düğümlere gelebilecek kuvvet ve momentler;

a — Yatay düzlemde çivinin eğilmeye çalışılması sonucunda düğümün kəsilmeye zorlanması (Şekil : 2-a).

b — Düşey düzlemde çivinin eğilmeye çalışılması sonucunda düğümün ç ekme ve basmaya zorlanması (Şekil : 2-b).

c — Çiviye gelen aksenal kuvvetler sonucunda, çivinin düğüm içinde kayması (Şekil : 2-c).

(a) durumunda düğümün dayanımı, doğrudan doğruya düğüm için kullanılan materyelin kesme gücüne dayanım özelliğine bağlıdır. (b) durumunda düğümün dayanımı, doğrudan doğruya düğüm için kullanılan materyelin çekme ve basma dayanımı özelliğine bağlıdır. (c) durumunda ise düğümün dayanımı, çivi materyeli ile düğüm materyeli arasındaki adezyon gücüne bağlı olmaktadır.



Şekil : 2

Bunlar arasında sistemin biomekanik özelliği nedeni ile en önemli görüleni (a) durumu ile tanımlanan zorlama şekli olduğundan, düğüm özelliklerini belirlemede bu zorlama şeklini yaratan bir deneme düzeni kullanılmıştır. Ancak denemeler sırasında (a) tipi yüklenme uygulandığında yeterli adezyon bazı düğüm malzemelerinde (c) tipi zorlanmaların da ortaya çıktığı gözlenmiştir.

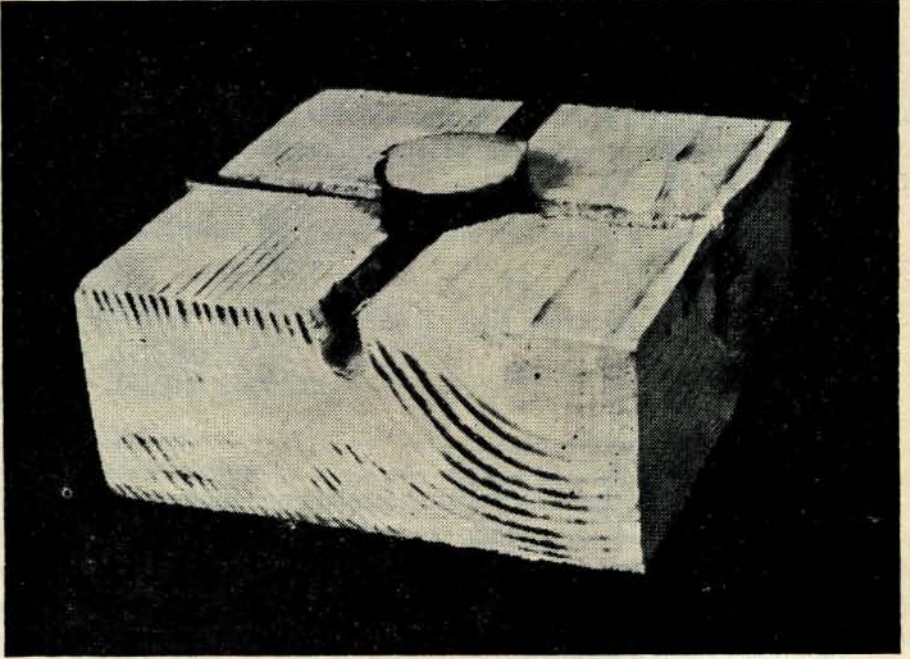
#### MATERYEL VE METOD:

Düğüm materyelleri olarak Metil Metakrilat ve Poliester kullanılmıştır.

CMW Firmasının "Orthopaedic Bone Cement Type 1"inde Metil Metakrilat'ın karıştırılmadan başlayarak donma süresi 23 derece Santigradda yaklaşık 3½ dakikadır.

Seçtiğimiz Poliester derivesi ise, RHODIUS (Batı Alman) Firmasınca "Stone Glue" ismi ile üretilen bir metalik yapıştırıcı olup içine konulan sertleştiricinin miktarı ile donma süresi ayarlanabilmektedir. Bu süre 4 ile 20 dakika arasında değiştirilebilir. Sıvı halde iken bir kalıp içinde uygulanabileceği gibi, cam elyafına emdirilerek doğrudan çiviler üzerine sarılarak kullanılabilir. Eşit hacimdeki bir düğümü ülkemizdeki fiyatları ile Metil Metakrilata oranla yaklaşık 50 defa daha ucuza mâl etmek olasıdır.

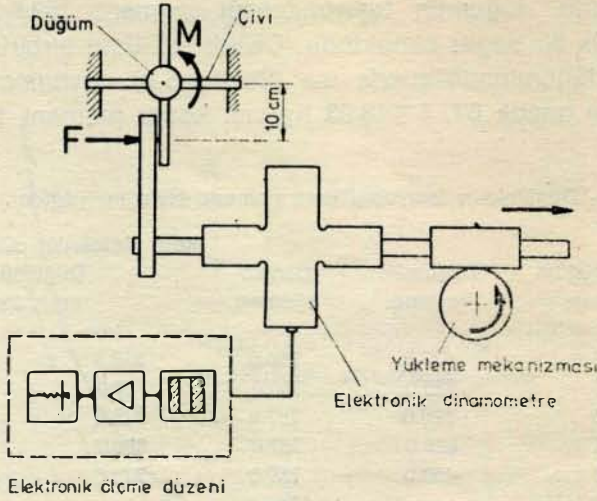
Bu materyellerin basit eksternal fiksator uygulamasındaki biomekaniğini araştırmak üzere, eşit hacim ve şekildeki düğümleri hazırlanarak denemeye alınmıştır. Bu amaçla (Şekil : 3) de gösterilen



Şekil : 3

tahta yatak ve plastik kalıp içerisine ve 5 mm. çaplı Steimann çivileri dik açıda üst üste yerleştirilmiştir. Aynı kalıp kullanılarak her iki materyelden onar adet düğüm hazırlanmıştır.

Örnekler (Şekil : 4) de görüldüğü gibi, düğümlenen çivilerden birinin serbest uçlarından deneme düzenine bağlanmıştır. Bu çiviye



Şekil : 4

dik konumdaki diğer çiviye düğüm merkezinden 10 cm. uzaklıkta kuvvet uygulanarak sistemin (a) tipi yüklenmesi (Bak Şekil : 2-a) sağlanmıştır. Bir dişli yükleme mekanizması ile sürekli olarak yapılan bu yükleme, araya konan ve elektronik dinamometre ve buna bağlı olan elektronik ölçme düzeni yardımı ile algılanarak analog olarak kaydedilmiştir. Daha sonra, kaydedilen bu eğrilerden moment değerleri hesaplanmış ve sonuçlar üzerinde istatistik analiz yapılmıştır.

#### DENEME SONUÇLARI :

Her iki materyel ile oluşturulan düğümlerin taşıyabildikleri moment değerleri (Tablo : 1) de toplu olarak gösterilmiştir.

Poliester ile oluşturulan düğümlerin, deneme koşullarında taşıyabildikleri moment  $486.87 \pm 12.65$  Kgfc. olarak bulunmuştur.

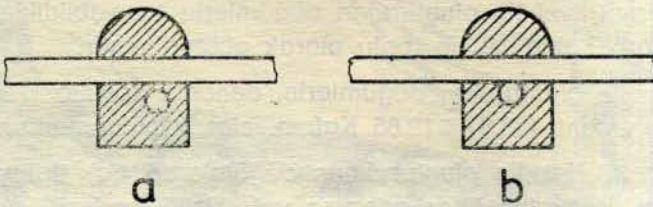
Metil Metakrilat ile oluşturulmuş düğümlerde, (a) tipi yüklenmede düğüm kırılmadan önce adezyon yetersizliği nedeni ile çivinin düğüm içinde kaymakta olduğu izlenmiştir. Kaymanın başladığı andaki moment denemelerin ortalaması olarak  $629.0 \pm 50.28$  Kgfc. olarak bulunmuştur. Adezyon olayı çok çeşitli diğer faktörlerin etkisi altında bulunduğundan varyasyon fazladır (% c.v.17.88). Bir dayanakla kayma engellenerek yüklenmeye devam edildiğinde, düğüm kırılmadan önce, çelik de eğildikleri saptanmıştır. Düğümün taşıyabileceği moment ise çivilerin düğüm içindeki konumuna bağlı olarak değişmektedir (Şe-

kil : 5). Çiviler aralarında sement bulunacak şekilde (Şekil : 5-a) düğümlendiklerinde, düğümün taşıyabileceği moment  $782.5 \pm 10.89$  Kg/cm. gibi büyük bir değer olmaktadır. Çiviler üst üste birbirine değecek biçimde düğümlendiklerinde ise (Şekil : 5-b) dayanma azalmakta ve düğüm ancak  $677.5 \pm 18.98$  Kg/cm. kadar moment taşıyabilmektedir.

TABLO : I -- Düğümlerin taşıyabildikleri moment değerleri (Kg/cm.)

Örnek No.	Poliester düğüm kırılması	Düğümün kayması	Çivinin eğilmesi	Metil Metakrilat düğümde	
				Düğümün kırılması (a)	Düğümün kırılması (b)
$n_1$	481.2	620.0	750.0	812.5	710.0
$n_2$	487.5	725.0	750.0	750.0	700.0
$n_3$	512.5	725.0	787.0	775.0	675.0
$n_4$	512.5	625.0	787.0	800.0	625.0
$n_5$	525.0	450.0	750.0	775.0	
$n_6$	525.0		787.0		
$n_7$	437.5		780.0		
$n_8$	437.5		780.0		
$n_9$	425.0		725.0		
$n_{10}$	525.0				
Tekerrür (n)	10	5	9	5	4
Ortalama (x)	486.87	629.0	766.22	782.5	677.5
Standart sapma	40.01	112.44	22.81	24.37	37.97
% c.v.	8.21	17.88	2.98	3.11	5.60

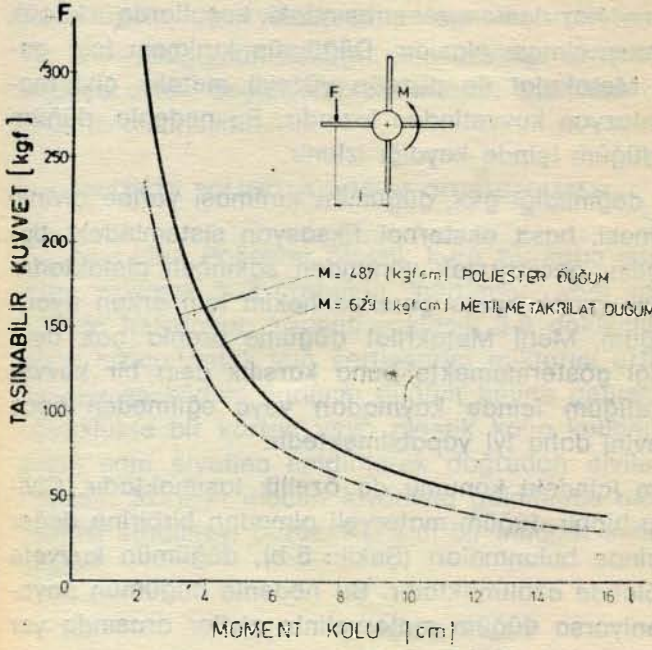
Yöntem bölümünde açıklandığı gibi, denemelerin yapılışında, düğümlerin taşıyabileceği moment saptanırken sisteme düğüm mer-



Şekil : 5

kezinden 10 cm. uzaklıkta bir kuvvet uygulanmıştır. Düğümlerin taşıyabilecekleri momentlerin yanısıra, dış kuvvetlerin büyüklüğü ve hangi noktadan uygulandıkları da önem taşıdığından, aynı bulguları düğüm noktasının kemikten (en yakın diğer dayanaktan) uzaklıklarına göre değerlendirilmesi de anlamlı olabilir. Bu amaçla (Şekil : 6) daki grafik çizilmiştir. Grafik üzerindeki eğrilerden de anlaşılabilir-

çeği gibi düğümün taşıyabileceği yük, düğüm noktası kemiğe yaklaştıkça artan bir oranda büyümektedir.



Şekil : 6

#### TARTIŞMA VE SONUÇ :

Fazla özellik göstermeyen oğularda kemikten geçen çivileri pahalı eksternal fiksasyon araçları yerine bir metal çubukla stabil hale getirerek, basit bir eksternal fiksasyon sistemi geliştirmek olasıdır. Son 10 yılda uygulanmaya başlanılan bu sistemle çivilerin bağlantısını sağlamak üzere Metil Metakrilat, düğüm materyeli olarak kullanılmaktadır (1,2). Ancak, ülkemizde Metil Metakrilatın ucuz bir madde olduğu söylenemez. Bu madde yerine kullanılacak ucuz, dayanıklı ve güvenli bir düğüm materyeli bulmayı amaçlayan çalışmamızda Poliesterin yukarıda sayılan özelliklere sahip olup olmadığı araştırılmıştır.

Deneyde kullanılan Poliester ile Metil Metakrilat'ın deney sonuçlarına dayanılarak yapılan karşılaştırmalarında görülmüştür ki;

1 — Poliesterin dayanımı, Metil Metakrilata oranla nisbeten düşük, ancak alınan sonuçlar birbirine çok yakın ve güvenlidir.

2 — Metil Metakrilat'ın dayanımı yüksek, ancak örnekler arasında alınan sonuçlar birbirinden farklıdır. Bunun ortam ısısından fazla etkilenme ve oldukça çabuk donma özelliğine sahip bu maddenin, onu kullanıma hazırlamamız sırasındaki koşullarda küçük farklılıklardan doğmuş olması olasıdır. Düğümün kırılması için gerekli kuvvet, Metil Metakrilat ile düzgün yüzeyli metalik çivi materyeli arasındaki adezyon kuvvetinden fazladır. Bu nedenle, düğüm kırılmadan çivinin düğüm içinde kaydığı izlenir.

Daha önce de değinildiği gibi, düğümün kırılması yerine çivinin kayması veya eğilmesi, basit eksternal fiksasyon sistemindeki bozukluğun anlaşılmasını geciktirmek yönünden sokıncalı olmaktadır. Kırılan bir düğüm ise gerek hasta gerekse hekim için erken uyarıcıdır. Poliester düğüm, Metil Metakrilat düğümüne oranla çok aşırı bir dayanım eksikliği göstermemekte buna karşılık aşırı bir kuvvet karşısında çiviler düğüm içinde kaymadan veya eğilmeden önce kırılarak uyarı görevini daha iyi yapabilmektedir.

Çivilerin düğüm içindeki konumu da özellik taşımaktadır. Çivilerin üst üste arada hiçbir düğüm materyeli olmadan birbirine değer durumda düğüm içinde bulunmaları (Şekil : 5-b), düğümün kuvvete dayanımını büyük ölçüde azaltmaktadır. Bu nedenle düğümün dayanımı artırılmak isteniyorsa düğüm materyelinin çiviler arasında yer almasına özen göstermelidir (Şekil : 5-a).

(Şekil : 6) daki grafikte belirgin olarak görüldüğü gibi düğümün kemiğe uzaklığı oranında yük taşıma gücü gittikçe artan değerlerde azalmaktadır. Örneğin kemiğe 5 cm. uzaklıkta Poliester bir düğüm 97.4 Kgf. yük taşıyabilir iken, 10 cm. de bu, 48.7 Kgf. değerinde olmaktadır. Bu kuroldan faydalanılarak kemiğin direnç özelliğine bağlı olarak düğüm yeri değiştirilerek en ideal sistem kurulabilir.

Sonuç olarak;

1 — Basit bir eksternal fiksasyon sistemi yapmak için, çivileri birbirine bağla

düğüm materyeli olarak kullanılabilir.

2 — Poliester düğüm, Metil Metakrilat düğümüne oranla daha az dayanıklıdır. Ancak donma süresinin ayarlanabilmesi, ucuz olması ve sistemin aşırı yük altında kaldığı durumda çivinin düğüm içinde kayması veya eğilmesinden önce kırılarak bir uyarı mekanizması oluşturması yönünden avantaj sağlamaktadır. Bu nedenle başarılı bir düğüm materyelidir.

3 — Metil Metakrilat ile düzgün metalik çivi materyeli arasındaki adezyon, düğümün kırılma dayanımından az olduğu için, çivinin



düğüm içinde kaymasını önlemek için yivli çivi kullanılması uygun olacaktır.

4 — Düğümün dayanımını artırmak için bağlanan çivilerin arasına düğüm materyelinin girmesine özen göstermelidir.

5 — Düğümün kemiğe olan uzaklığı arttıkça taşıyabileceği yük gittikçe artan değerde azalmaktadır. Sistemin oluşturulmasında bu dikkate alınmalıdır.

### **PRATİKTE POLİESTER DÜĞÜM OLUŞTURULMASI**

Sıvı olan Poliester plastik kuru bir kaba istenilen ölçüde alınır. İçine yaklaşık % 3 oranında "hardener" yani sertleştirici katılır. Bu şekilde hazırlanan karışım yaklaşık 5-8 dakikalık bir sürede donar. Bunu hızlandırmak için sertleştirici miktarını artırmak gerekir. Akıcı bir sıvı şeklindeki karışımı düğüm haline getirebilmek için istenilen büyüklükte bir karton veya plastik kalıp kullanılabilceği gibi karışımın cam elyafına emdirilerek doğrudan çiviler etrafına sarılması olasıdır. Karışım macun kıvamına geldiğinde modele edilmeye çalışılması stabilizeyi bozar. Karışım bir müddet sonra ısı vererek donacaktır.

### **SUMMARY**

#### **Simple external fixation system formed with Methyl Methacrylate or Polyester and its biomechanical aspects**

In this study, Polyester resin was experimented for to obtain a simple external fixation system. It was found that, Polyester resin is a secure and unexpensive material for making a simple external fixation system.

The comparative biomechanical results between Methyl Methacrylate and Polyester resin were given.

### **KAYNAKLAR**

- 1 — ARON, J. D. : Using Methylmethacrylate to Make External Fixation Splints, J.B.J.S. 58-A:151, Jan. 1976.
- 2 — INOU, S., OHASHI, T., IMAI, R., ICHIDA, M., YASUDA, I. : The Electrical Induction of Callus Formation and External Skeletal Fixation Using Methyl Methacrylate for Delayed Union of Open Tibial Fracture with Segmental Loss, Clinical Orthopaedics and Related Research, 124:92-96, May 1977.