

Greft alınan uzun kemiklerin torsiyonel dirençleri

Halit Özyalçın⁽¹⁾, Erhan Sesli⁽²⁾, Ünal Evcim⁽³⁾, Gürbüz Çelebi⁽⁴⁾

Greft alınan tibianın torsiyonel direncinin ne kadar azaldığını araştırılması amacı ile bu deneysel biomekanik çalışma yapılmıştır. 80 çift koyun tibiasının sağ teklerinden kare ve daire şeklinde 1 ve 1.5 cm² lik greftler çıkarılmıştır. Bu kemikler sol tekleri ile karşılaştırmalı olarak kırılmıştır. Darbeli torsiyonel kırma, kemiği bütün uzun eksenini boyunca etkileyebilmesi ve klinik kırılmaya benzer bir kırık oluşturduğu için tercih edilmiştir.

Deneyde Burstein ve Frankel'in geliştirdiği düzeneğin benzeri kullanılmış ve yüklemde aynı prensipler uygulanmıştır. Maksimum kırılma torku (Nm) ve açı (derece) büyüklükleri elektronik olarak algılanıp, grafik üzerine kaydedilmiş ve bilgisayarla digitalize edilerek değerlendirilmiştir.

Greft alınması genel olarak tibianın burulma kapasitesinde azalmaya neden olmaktadır. Bu azalma 1 ve 1.5 cm² greftlerde sağlam karşılarına oranla sırasıyla 11.28 (Nm) (Yüzde 51.5) ve 12.65 (Nm) (Yüzde 60-25) düzeyindedir. Aynı büyüklükte daire şeklindeki greftlerin yol açtığı azalma ise ortalama 4.51 (Nm) (Yüzde 19.66) ve 4.71 (Nm) (Yüzde 20.96) kadar olup, kemiğin burulma dayanımını daha az etkilemektedir.

Torsional strenght of graft removed long bones

It's important to know decreasing the torsional strength of graft removed bones which is frequently use for bone grafting.

In this experimental and biomechanical research it is aimed determining the maximum torque force and energy to find the maximum area and shape of graft in secur limits.

Circular and rectangular cortical grafts were removed from the right tibiae of 80 pairs of sheep bones. The area of the grafts were one cm², and one and half cm². Each pairs were broken comparingly by applying torque force. Sudden and strong torsional fractures were preferred because loading configuration effects to every section alongs its length and similar is encountered in clinical fractures.

In experiment, the standard test machine of Burstein and Frankel's principles were used. The curve of maximum torque and degree for the fractures were obtained electronically and the results were digitalised by the computer.

Torsional strength of the bones were compared with the contralateral samples. Average torsional strength loss are 11.28 (Nm) (yüzde 51.5) and 12.65 (Nm) (Yüzde 60.2) for rectangular graft, removing with one, and one and half square centimeters. Subsequently, the values of 4.51 (Nm) (Yüzde 19.66) and 4.71 (Nm) (Yüzde 20.96) are measured as an average differences for the circular shape grafts removing with the same areas. The decrease of strength less in circular grafts.

İskelet sistemi hastalıklarında başlıca greft alınan kemikler iliak, tibia ve fibuladır (2, 11). Sıklıkla tercih edilen yer iliak kemik olmasına karşın, kortikal greftin gerekli olduğu durumlarda yaklaşımın kolay olması ve genel anestezi gerektirmemesi nedeniyle tibial kortikal greftler kullanılmaktadır. Greft alınan kemiğin direncinin azalması özellikle uzun kemiklerde kırık riskini arttırmaktadır (2). Kemiğin mekanik özelliklerinin bilinmesinde direnç ve rijidite önemlidir (1, 3, 6, 10).

Direnç, yüklenme kapasitesi ile enerji toplama kapasitesi öğelerinden oluşmaktadır. Torsiyonel yüklenme kapasitesi kemiğin önemli bir özelliğidir ve kırılmadan önce uygulanan maksimum torktur. Birimi kgfm. dir (Yeni birim sisteminde Nm). Enerji toplama kapasitesi ise uygulanan tork ile oluşan açısız deformitedir (1, 6, 8). Bu iki parametreyi elde etmek için kırılma anını gösterebilen açısız değişme ve maksimum tork grafik halinde gösterilebilir. Ve böylece kemiğin burulma direnci tanımlanmış olur (7, 9).

Uzun kemiklerin torsiyonel direncini ölçmek için Burstein ve Frankel 1971'de eksternal kuvvet gerektirmeyen bir metod tarif etmişlerdir. Strömberg ve Dalen ise köpek kemiklerinin maksimum kırılma tork ve açısını ölçmek

için benzer bir cihaz geliştirmişlerdir (1, 10). Biz uzun kemiklerin torsiyonel mekanik özelliklerini ölçmek için bu araştırmalarınkine benzer bir cihaz kullandık.

Bu deneysel biomekanik araştırmada değişik biçim ve büyüklüklerde greft alınmasının, tibianın taşıyabileceği maksimum torsiyonel yük ve enerjide meydana getirdiği azalmaların belirlenmesi ve buradan hareket ile hangi greft şeklinin daha uygun olacağını saptanması amaçlanmıştır.

Materyal ve metod

Bu araştırma Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Ana Bilim Dalı Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Greft alma ve kırma işlemi koyunların kesilmesinden itibaren ortalama 24 saatlik süre içinde yapılmıştır. Çalışmada 80 koyuna ait 160 tibia; sağ (greft alınmış) ve sol (kontrol) karşılaştırmalı olarak kırılmıştır. 20 çift kemikten oluşan dört grupta sırası ile bir ve bir buçuk santimetre kare büyüklüklerde dikdörtgen ve yuvarlak şekilli greftler çıkarılmıştır. Dikdörtgen greftler önce köşelerinden 3.2 mm'lik matkap ile delinerek osteotom ile çıkarılmıştır. Bu metod bizim operasyonlarda da kul-

(1) E.Ü. Tıp Fak. Ortopedi ve Trav. A.B.D. Uzmanı

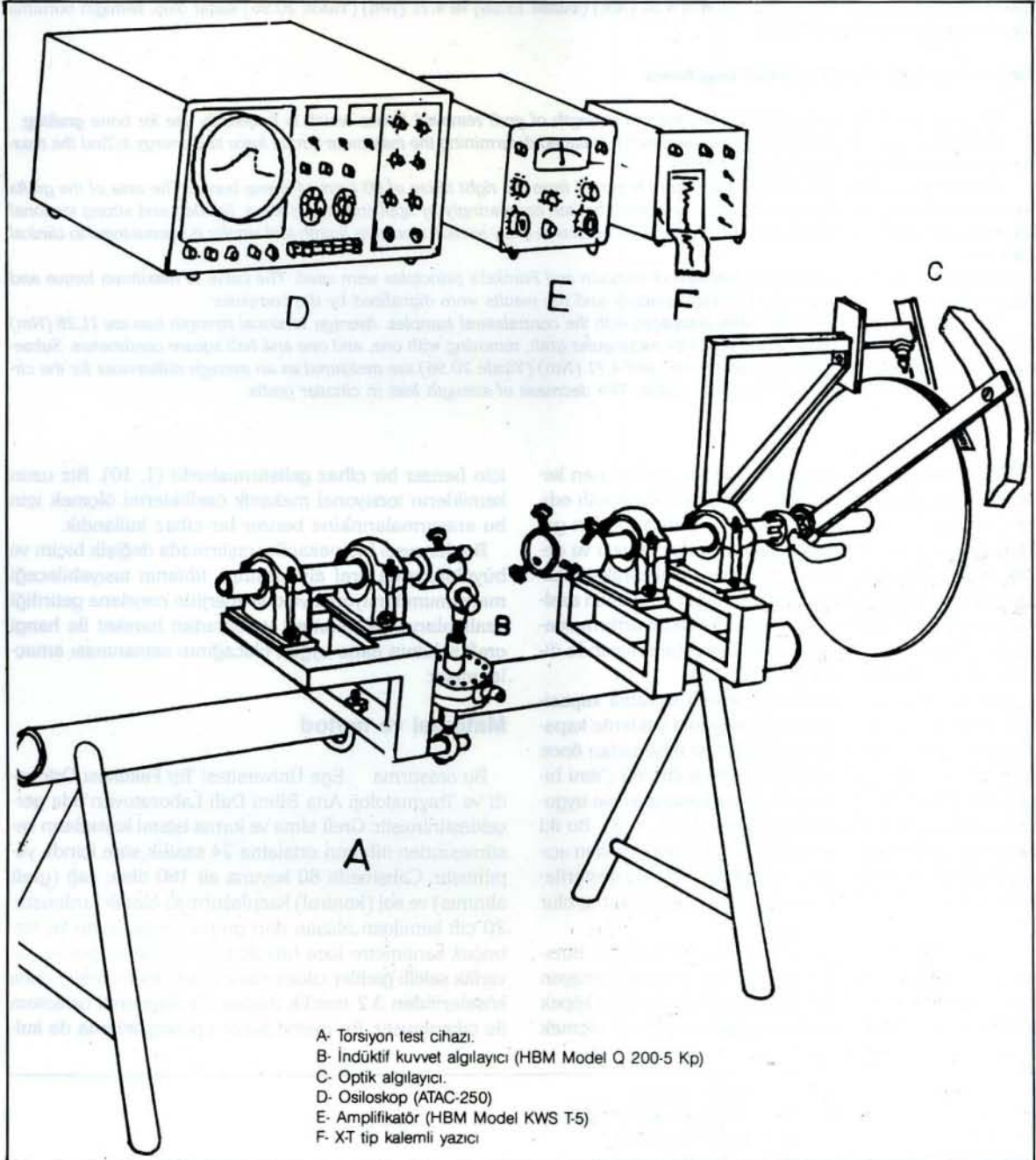
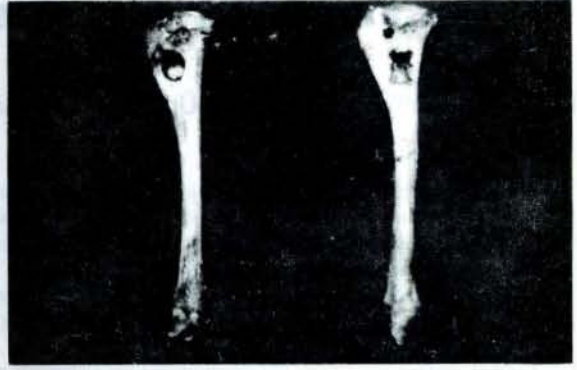
(2) E.Ü. Tıp Fak. Ortopedi ve Trav. A.B.D. Uzmanlık Öğr.

(3) E.Ü. Ziraat Fak. Tarımsal Mek. A.B.D. Profesörü

(4) E.Ü. Tıp Fak. Fizyoloji A.B.D. Profesörü

landığımız greft alma tekniğidir. Yuvarlak greftler ise uygun çaptaki matkap ile bir defada delinerek çıkarılmıştır (Şekil 1).

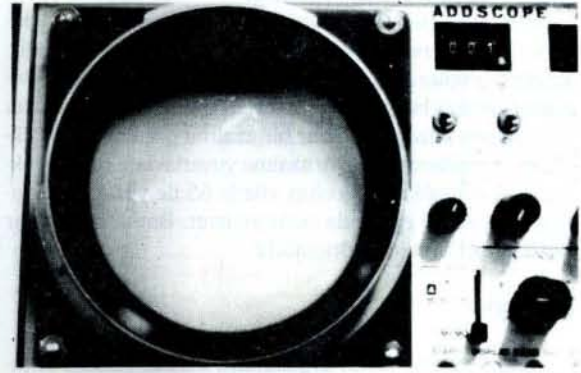
Tibiaların ortalama ağırlıkları 85.6 gr'dır (min. 54 gr, maks. 108 gr). Çıkarılan greftler tartılarak 1 cm² olanlar ortalama 2.3 gr (min. 2 gr, maks. 3 gr), 1.5 cm² olanlar ise ortalama 3.2 gr (min. 3 gr., maks. 6 gr). Greft alınan bölgede ortalama tibia çevresi 7.45 cm'dir (min. 6.3 cm., maks. 8.5 cm)'dir. Kemikler torsiyonel olarak ani ve çarpma şeklinde yükleme ile kırılmıştır. Kırılma kuvveti ve açısı elektronik olarak algılanıp, grafik üzerine kaydedilmiştir. Kırma işlemi için kullandığımız cihaz Burstein ve Frankel'in geliştirdiği standart düzenin benzeridir (Şekil 2).



- A- Torsiyon test cihazı.
 B- İndüktif kuvvet algılayıcı (HBM Model Q 200-5 Kp)
 C- Optik algılayıcı.
 D- Osiloskop (ATAC-250)
 E- Amplifikatör (HBM Model KWS T-5)
 F- X-T tip kalemli yazıcı

Deney düzeninde kemikler her iki uçlarından açıklıkları ayarlanabilir iki bağlantı yuvasına beşer adet vidalı saplamalar ile sabitlenmektedir. Bağlantı çenelerinden biri, bir mil aracılığı ile ucunda 9.5 kg. ağırlığında kütle bulunan 50 cm. yarıçapında dairesel bir yörünge izleyen pandül sistemine bağlıdır. Diğer çene ise yine bir mil aracılığı ile dönebilecek şekilde yataklanmış olup, bu milin dönüşü lineer kuvvet algılayıcısı (HBM model Q, 200-5 Kp kapasiteli indüktif kuvvet algılayıcısı) ile sınırlanmaktadır. Böylece pandülün dairesel serbest düşme hareketi, kazanılan kinetik enerji ile iki çene arasına bağlı kemiği burulmaya zorlamakta ve bu zorlama uçtaki kuvvet algılayıcısı yardımı ile ölçülmektedir. Kırılma, pandül yaklaşık çeyrek dönüş yaptığında başlamaktadır. Pandülün o andaki kinetik enerjisi yaklaşık 746 (kgfcm) düzeyinde olup, sağlam kemiklerin (kontrol) kırılmasında bu enerjinin yüzde 0.14 gibi çok az bölümü yeterli olabilmektedir. Yutulan enerji ise zorlama sırasındaki hız azalmasının karesi ile orantılı olduğundan, pandül hızının deney süresince ortalama değerinden sapma miktarı çok önemsizdir. Böylece homojen bir yükleme, dolayısı ile de büyük oranda sabit bir gerilme yaratılabilmektedir. Kemik uçlarının bağlanmasında kullanılan vidalı saplama sistemi daha önceleri kullanılan epoksi ile aynı stabiliteyi sağlamış, buna karşılık daha pratik olduğu için tercih edilmiştir. Vida uçları iç bükey olup korteksin içine kısmen penetre olması sağlanmıştır. Kırılan örneklerin hiç birisinde kırık çizgisi bu bölgeden geçmemiştir.

Kuvvet algılayıcısından alınan sinyaller "carrier frequency" tip bir amplifikatörden (HBM model (KWS T5) geçirilerek bellekli tip katod ışınlı bir osiloskopun ordinat eksenine taşınmıştır (Nihon-Kohden addscope ATAC-250). Diğer yandan pandülün düşme hareketi sırasında katedilen yol optik algılayıcısı ile osiloskopun apsis eksenine taşınmıştır (Şekil 3). Böylece kemiğin burulma kapasitesi ve açısı grafik olarak elde edilmiş, daha sonra bu grafikler XT tip kalemli yazıcı ile kâğıda geçirilmiştir. Deney düzeni, ilki deneyler öncesinde, ikincisi ise deneyler tamamlandıktan sonra olmak üzere iki kez standart yüklemeler ile kalibre edilmiştir. Her iki kalibrasyon değerleri arasında herhangi bir fark oluşmamıştır. Standart yüklemelerde lineer burulma değerleri elde edilmiştir.



Değerlendirme aşamasında burulma momenti-burulma açısı ve eğrileri bilgisayar destekli digitizer (Hewlett-Packard model 85 computer, Hewlett-Packard 7470 A model graphics tablet) ile analiz edilmiş ve maksimum kırılma torqu (kgfm), burulma açısı (derece) ve yutulan enerji değerleri bulunmuştur. Daha sonra da bu değerler üzerinde istatistiksel testler yapılmıştır.

Sonuçlar

Deney ve değerlendirme sonuçları Tablo 1'de özetlenmiştir.

Kontrol grubunda yaklaşık ortalama 2 (kgfm) dolayında bulunan maksimum torqu kapasitesi: 1 cm²'lik dikdörtgen greftlerde ortalama yüzde 53.78, yuvarlak greftlerde ise ortalama yüzde 19.66 oranında azalmıştır. Birbuçuk santimetre karelik greftlerde ise aynı azalma dikdörtgen için yüzde 59.06, yuvarlak şekil için ise yüzde 20.96 düzeyinde olmuştur. 1 cm²'lik yuvarlak greftin neden olduğu maksimum torqu kapasitesindeki azalma istatistiksel anlamda (alfa = 0.01) önemsiz bulunmuştur. Diğer tüm farklar anlamlıdır.

Kontrol grubunda 44-62 derece sınırları arasında oldukça büyük değişiklik gösteren açılal deformasyon değerlerinde, greft çıkarma nedeni ile meydana gelen azalma nisbeten daha düşük düzeydedir. Bu bakımdan sadece 1.5 cm²'lik dikdörtgen greftlerde istatistiksel anlamda

GREFT	DENEY SAYISI	GREFTSİZ K. (Kontrol)	GREFTLİ K.	FARK (%) -Azalma +Artma	İSTATİSTİK (=0.01)
A. MAKSİMUM TORK KAPASİTESİ (kgfm)					
1 cm ² KARE	24	2.25 + 0.775	1.04 + 0.445	-53.78	ÖNEMLİ
1 cm ² YUVARLAK	19	2.34 + 0.892	1.88 + 0.874	-19.66	ÖNEMSİZ
1.5 cm ² DİKDÖRTGEN	18	2.1 + 0.938	0.876 + 0.431	-59.06	ÖNEMLİ
1.5 cm ² YUVARLAK	19	2.29 + 0.523	1.81 + 0.419	-20.96	ÖNEMLİ
B. BURULMA AÇISI (Derece)					
1 cm ² KARE	24	44.72 + 16.23	39.96 + 27.79	-10.64	ÖNEMSİZ
1 cm ² YUVARLAK	19	58.26 + 18.48	54.43 + 24.25	- 6.57	ÖNEMSİZ
1.5 cm ² DİKDÖRTGEN	18	47.20 + 25.78	24.50 + 15.83	-45.97	ÖNEMLİ
1.5 cm ² YUVARLAK	19	61.87 + 22.38	45.86 + 24.30	-25.87	ÖNEMSİZ
C. KIRILMA ENERJİSİ (kgfm)					
1 cm ² KARE	24	66.13 + 30.6	22.72 + 23.3	-65.64	ÖNEMLİ
1 cm ² YUVARLAK	19	84.22 + 43.92	52.86 + 30.06	-37.24	ÖNEMLİ
1.5 cm ² DİKDÖRTGEN	18	57.28 + 34.28	11.80 + 7.92	-73.40	ÖNEMLİ
1.5 cm ² YUVARLAK	19	73.65 + 31.75	46.26 + 21.60	-37.19	ÖNEMLİ

TABLO 1:

önemli bir azalma bulunmuştur.

Bu iki değerlendirme ölçütünün etkilerini birlikte yansıtan kırılma enerjisi (kgfm) bakımından durum şöyledir: Kontrol gruplarında 57 ile 73 (kgfm) ortalama sınır değerleri arasında değişen, yuvarlak greftlerde ise kırılma enerjisinde yüzde 37 kadar bir azalma görülmüştür. Dikdörtgen greftlerde ise aynı azalma yuvarlaklara oranla yaklaşık iki kat kadar fazla olup, yüzde 65 ile yüzde 73 ortalama değerleri arasında bulunmuştur. Bütün bu farklar istatistiksel anlamda önemlidir.

Tartışma

Alınan greftler, klinik uygulamaya benzer şekilde ve kırıkların daha çok metafizer bölgede olduğu düşünülerek tibia proksimalinden alınmıştır (4).

Kemiğin burulma direncini en iyi şekilde tanımlayabilmek amacı ile ani kırma şekli tercih edilmiştir (1, 5, 6). Bu yükleme şekli klinik kırıklara benzer kırılma meydana getirmektedir (8). Aksiyel kompresyon veya traksiyon kuvvetleri ile oluşan kırıklar ise bu özellikleri kapsamaktadır. Uzun kemikler devamlı olarak aksiyel yük altında kalmasına karşın bu kuvvet ile nadiren kırılmaktadır (1). Bu nedenle deneylerde torsiyonel zorlanma ile kırma şekli tercih edilmiştir.

Genel olarak greft çıkarılması kırığın maksimum tork kapasitesinde önemli azalmalara yol açarken kırılma açısı bakımından aynı önemde azalma meydana getirmemektedir. Aynı şekilde greft çıkarma kemiğin kırılma enerji-

sinde de önemli azalmalara neden olmaktadır. Dikdörtgen greft çıkarmanın olumsuz etkileri yuvarlak greftlere göre çok daha fazladır. Bu kanımızca daha çok greft çıkarma yönteminden kaynaklanmaktadır. Çünkü dikdörtgen greft çıkarma sırasında uygulanan yöntem mikro kırılmalar nedeniyle kemiğin mekanik özelliklerinde olumsuz değişmelere yol açmaktadır (8). Bu durumda yuvarlak greft çıkarmanın tercih edilmesi gereken yöntem olduğu söylenebilir. 1 cm² lik yuvarlak greft çıkarılmış kemiğin sağlam karşısına oranla önemsiz düzeyde maksimum tork kapasitesi azalmasına neden olması bunun belirtisidir.

Greft büyüklüğünün maksimum tork kapasitesi ve kırılma enerjisi bakımından önemli olumsuz etkileri olmadığı dikkati çekmektedir. Ancak greft büyüklüğü parametresinin kırılma açısında önemli azalmalara neden olduğu dikkati çekmektedir. Örneğin: Kare greftlerde 1 cm² lik büyüklük burulma açısında yüzde 10.64 oranında azalmaya neden olurken, greft büyüklüğü 1.5 cm² ye çıktığında aynı azalma yüzde 45.97 gibi yaklaşık beş kat fazla olmaktadır.

Sonuç olarak greft şekli maksimum tork kapasitesine, greft büyüklüğü ise daha çok kırılma açısına etki etmektedir. Öte yandan aynı torsiyonel yük altında kalan kemiklerde daha büyük greft çıkarılması ile kemiğin elastikiyetinin azalması ve daha az açısız deformasyonla kırılması beklenmelidir. Buna göre dikdörtgen greft çıkarılmış kemiklerde yuvarlak greft çıkarılanlara oranla daha düşük torsiyonel zorlamalarla kırılma olacaktır.

Kaynaklar

- 1- Burstein A.H, Frankel V.H, A Standard test for laboratory animal bone. *Journal of Biomechanics* 4: 155-158, 1971.
- 2- Crenshaw A.C. *Campbell's operative orthopaedics*: Mosby 14-15: 1987.
- 3- Evans F.G. The mechanical properties of bone. *Artificial Limbs*. Vol 13, No 1: 37-48, 1969.
- 4- Hille E., Schultz K.P., Gipperich J., Dettmann B. Experimental Stress-Induced changes in growing long bones. *International Orthopaedics (SICOT)* 12:309-315, 1988.
- 5- Jonsson U., Strömberg L. Torsional Test of long bones with computerized equipment. *J. Biomed. Eng.* Vol 7:251-255, 1985.
- 6- Kohler P., Kneiberss A, Lennort S. Physical properties of autoclaved bone. *Acta Orthop. Scand.* 57:141-145, 1986.
- 7- Lewallen D.G., Edmund Y.S., Chao, Roberta A. Kasman M.S., Patrick J.K. Comparison of the effects of compression plates and external fixators on early bone healing. *J.B.J.S.* 66-A: 1084-1091, 1984.
- 8- Netz P. The diaphyseal bone under torque. *Acta Orthop. Scand. Supplementum*. 176:5-27, 1979.
- 9- Northmore-Ball M.B., Wood M.R., Meggitt B.F.A. Biomechanical study of the effects of growth hormone in experimental fracture healing. *J.B.J.S.* 62-B: 391-396, 1980.
- 10- Strömberg L., Dalen N. Experimental measurement of maximum torque capacity of long bones. *Acta Orthop. Scand.* 47:257-263, 1976.
- 11- Turek S.L. *Orthopaedics*: Lippincott Company, Philadelphia 59: 1977.