

# İnsan femur başı spongeous kemik dokusunda mikro-sertlik ölçümü ile anizotropi etüdü

M.Yıldız <sup>(1)</sup>, G.Çakır <sup>(2)</sup>, A.H.Üçışık <sup>(3)</sup>

İki ayrı insana ait iki adet femur başı kesitlerinde mikrosertlik ölçümleri yapıldı. Her iki femur başında çok sayıda alınan ölçümler farklılıklar göstermiştir. Spongeous kemiğin sertliği insandan insana farklılık gösterdiği gibi aynı bir kemikte, birbirlerine yakın dahi olsa farklı bölgeler farklı sertlik göstermektedir. Bu farklılıkların belirli bir formüle bağlanması çok sayıda değişik numunelerin denenmesine bağlıdır. Bunun sonucunda ise femur başı biyomekaniği daha iyi anlaşılacak ve böylece, kullanılan ortopedik implantların dizaynına ışık tutacaktır.

*A study of anisotropy made by microhardness measurements on cancellous bone of human femoral head.*

*Microhardness measurements have been carried out on the sections of two femoral heads belonging two different persons. On each section hardness values were not constant. Therefore it was concluded that it is extremely difficult to suggest any mathematical formulae or hypothesis representing the law of anisotropy of spongeous bone. In order to achieve constitutive equations explaining biomechanical behavior, it is necessary to run several mechanical and microstructural experiments on the various sections.*

İnsan vücudunun en hareketli-eklemlerinden biri kalça eklemidir. Femur başını kavrayan kırıldak tabakası, bu eklemeye gelen yükleri sırasıyla korteks ve subkortikal spongeous kemik dokusuna intikal ettirir. Spongeous karakterdeki kemik dokusu femur başı içerisinde büyük bir hacim işgal eder. Sıvı ve katı fazlardan meydana gelen kırıldak dokusunun biyomekanik özellikleri ile ilgili çok sayıda araştırma olmasına rağmen (2,3,5,6,7,8) spongeous kemik yapısı ve özelliğini tanıttığı yeterli çalışma yoktur.

Spongeous karakterdeki kemik dokusu, çevresindeki korteks tabakasından, işgal ettiği hacmi tamamen doldurması ile bariz bir şekilde ayrılır. Spongeous kemik dokusuyla çevrili hacim ünitelerinin yan yana gelişi, gelen yüklerle karşı davranışı ve yükleri transfer ettiği bir hayli ilgi çekicidir. Bütün spongeous kemik yapısı ve özelliklerini tek bir çalışma ile inceleyebilmek ve sonuçları da kısa bir yazı ile verebilmek imkânsızdır. Bu çalışmada, hazırladığımız uzun programın bir parçası olarak, insan femur başı spongeous kemiğinde, alınan kesitler üzerinde yapılan mekanik deneylere anizotropi etüdü verilmiştir.

## Materyel Metod

Deney materyeli olarak, sıhhatli insan femur başı kullanıldı. Femur başlarından birisi 55 yaşında, diğeri ise 61 yaşında olmak üzere iki kadın hastaya aitti. Collum femoris kırığı dolayısıyla parsiyel protez nedeniyle çıkarılmış iki adet femur başı serum fizyolojik içerisinde derin soğutucuda saklandı. Deney öncesi derin soğutucudan alınan femur başları, baş boyun hattına vertikal olarak kesildi ve kesilen yüzey yukarıda kalacak şekilde şeffaf epoxy içine monte edildi. Bu suretle hazırlanan numüne yüzeyi, klâsik metalografi metodu ile kabadan-inceye doğru su zımparaları kullanılarak parlatıldı. Pürüzsüz hâle getirilen numüne yüzeyi üzerinde farklı bölgelerde çok sayıda mikrosertlik ölçümleri alınmıştır. Esas itibarıyla mikroskop altında sertlik ölçümünden ibaret olan mikrosertlik, çok düşük bir yükün (birkaç gramdan 1 kg'a

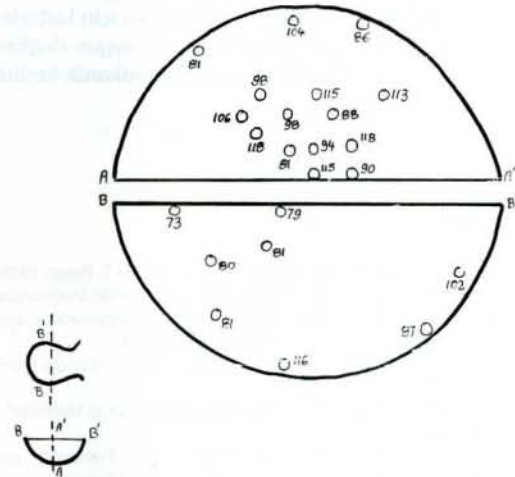
kadar) elmas bir dalıcı uç vasıtasıyla malzemeye tatbiki ve numüne üzerinde meydana gelen ize bağlı olarak sertliğin ifadesinden ibarettir (4). Deneylerde, kare tabanlı ve karşılıklı yüzeyleri arasında 136°'lik açı bulunan elmas dalıcı uç vasıtasıyla spongeous kemik üzerine 300 gr'lık yük uygulandı. Bilindiği gibi, bu tür deney, "Malzeme Bilimi"nde "Vickers Sertlik Deneyi" adı ile anılmakta ve uygulanan yükün, hâsıl olan yük alanına bölümü (kg/mm<sup>2</sup> cinsinden) ile ifade edilmektedir. Şayet iz köşegeni d(mm cinsinden), yük P(kg cinsinden) ise;

$$\text{Vickers Sertliği} = 1,8544 \times 10^{-3} \frac{P}{d^2} \text{ dir. (7)}$$

Mekanik deneylerde Vickers Sertliği ölçülmüştür.

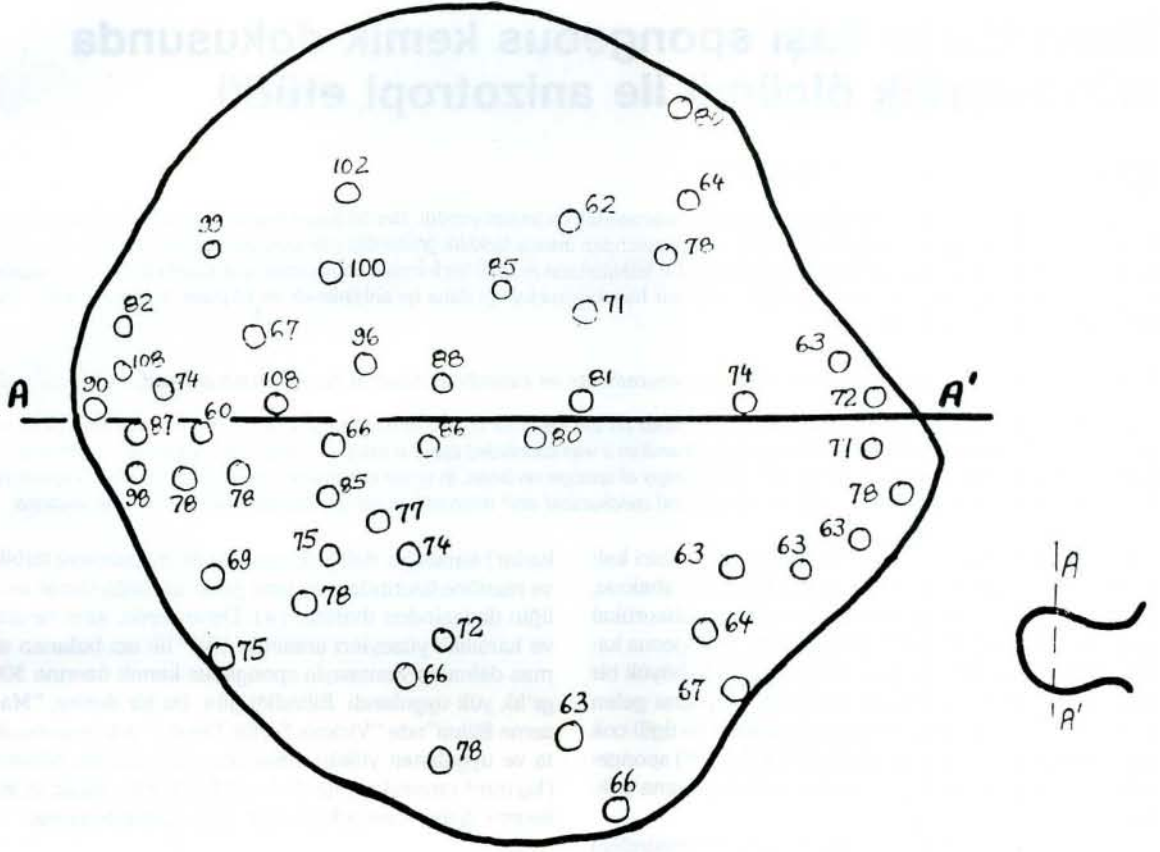
## Deney Sonuçları ve Tartışma

Şekil 1, birbirine dik iki kesit üzerinde alınan Vickers sertlik değerlerini, şematik olarak çizilen kesit üzerinde göstermektedir; farklı bölgelerde alınan 23 adet



Şekil 1: Birinci deney numunesinde bir birine dik iki kesitte alınan Vickers sertlikleri.

(1) Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Bahariye Cd.22, Kadıköy-İSTANBUL  
(2) İ.T.Ü.Biyomühendislik Araştırma Merkezi, 80626 Maslak-İSTANBUL  
(3) B.Ü. Biyomedikal Mühendisliği Enstitüsü, 80815 Bebek-İSTANBUL



Şekil 2: İkinci deney numûnesinde bir kesitte alınan Vickers sertlikleri.

ölçüm, sertliğin  $73 \text{ kg/mm}^2$  ile  $118 \text{ kg/mm}^2$  arasında değiştiğini gösterdiği gibi, bu değişimi, deney numûnesi için bir kaideye bağlamak da mümkün görünmemektedir. Benzer sonuçlar, diğer bir başka spongeous kemik dokusu üzerinde 48 ayrı bölge üzerinde alınan sertlik ölçümlerinde de görülmüştür (Şekil 2); bu ikinci numûnede sertlik değerleri  $60\text{-}108 \text{ kg/mm}^2$  arasında değişmektedir. Bu iki kemiğin, farklı insanlara ait oldukları için birbirleri ile kantitatif olarak mukayese edilmesi uygun değilse de, her ikisinin de mekanik ve/veya biyomekanik özellik

bakımından homojensizlik gösterdiği açıktır. Spongeous kemikteki anisotropinin matematik denklemlerle ifade sine çok ayrıntılı mekanik deneyler ve mikroyapı etüdüleri sonunda ulaşmak mümkün olabilir (1). Bunun ise, uzun zamanı gerektirdiği kanaatindeyiz. Böylece femur başı biyomekanik özelliklerinin anlaşılmasına ışık tutulabileceği gibi, vücuda implante edilen sunî malzemelerin dizaynındaki hatalar da minimum seviyeye indirilebilecektir.

## Kaynaklar

1. Argon, A.S. "Constitutive Equations in Plasticity", M.I.T. Press, 1975.
2. Armstrong, C.G., Mow, V.C., "Variations in the Intrinsic Mechanical Properties of Human Articular Cartilage with age, Degeneration and Water Content", J.B.J.S. (Am) 1982; 64-A; 88-94.
3. Freeman, M.A.R. "Adult Articular Cartilage", Pitman Medical Kent, England, 1979.
4. McClintock, F.A., Argon, A.S. "Mechanical Behavior of Materials", Addison Wesley, 1966.
5. Mow, V.C., Holmes, M.H., Lai, W.M. "Fluid Transport and Mechanical Properties of Articular Cartilage", J. of Biomechanics, Vol.17, No: 5, 1984; 377-394.
6. Mow, V.C., Roth, W., Armstrong, C.G. "Biomechanics of Joint Cartilage in Biomechanics of the Skeletal System", Lea and Febiger, Philadelphia, 1980.
7. Parsons, V.R. "Viscoelastic Behavior of Rabbit Articular Cartilage", Ph.D. Thesis University of Pennsylvania, 1977.
8. Zeytin, S., Uçışık, A.H. "The Effect of Sudden Strain Rate Changes on the Human Hip Cartilage",  
a- XV th Symposium of ESOA, Finland; June 1986.  
b- Scandinavian Journal of Rheumatology, Supplement 60, S.31, 1986.