



Sağlık, Fen ve Mühendislik Bilimlerinde Mikro-Bilgisayarlı Tomografinin (Mikro-CT) Önemi

Importance of Micro-Computed Tomography (Micro-CT) in health, Science and Engineering Sciences

M.Eyyuphan Yakıncı¹, Kübra Onar², Tolga Depci³, Kaan Orhan⁴, Caner Cengiz Turan⁵

¹Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, İnönü Üniversitesi, Malatya, Türkiye

eyyuphan.yakinci@inonu.edu.tr

² Fizik Bölümü, İnönü Üniversitesi, Malatya, Türkiye

kubra.onar@inonu.edu.tr

¹Maden Mühendisliği Bölümü, İnönü Üniversitesi, Malatya, Türkiye

tolga.depci@inonu.edu.tr

⁴Diş Hek. Fakültesi, Ağız, Diş, Çene Radyolojisi ABD, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

⁵Gözde Hastanesi, Malatya, Türkiye

ccturan@hotmail.com

Özetçe— Bilgisayarlı micro-tomografi (micro-CT) sistemi günümüzde bir çok bilim dalında önemli kullanım alanına sahiptir. Bu bağlamda çalışmanın genelinde cihaz ve temel bileşenleri ve bazı uygulamaları hakkında genel bilgiler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler — Micro-CT, kemik ve diş yapısı, bilgisayar destekli tomografi

Abstract— Nowadays, Computer assisted micro-tomography (micro-CT) system has important application area in the many scientific fields. Thus, in this paper, the general knowledge about the machine, its components and some application area was presented.

Keywords — Micro-CT, bone and tooth structure, computer aided tomography

I. GİRİŞ

Bilgisayarlı micro-tomografi (micro-CT) özellikle son 20 yıl içerisinde oldukça popüler bir test ve analiz cihazı olarak karşımıza çıkmaktadır. Mikro-CT sadece sağlık bilimlerinde değil aynı zamanda tüm fen ve mühendislik

bilimlerinde malzeme kusurlarının tespitinde ve belirlenmesinde önemli ve yeni bilgileri bilim insanlarımıza sunmaktadır. X-ışınlarını kullanarak fiziksel bir nesnenin kesit görüntüleri oluşturabilmektedir. Oluşturulan bu kesit görüntüleri bilgisayar ortamında uygun yazılımlar aracılığı ile işlenerek, taraması yapılan nesnenin 3 boyutlu modeli dijital ortamda oluşturulur. Mikro-CT ile elde edilen 2 veya 3 boyutlu kesit görüntülerini oluşturan pikseller, mikro boyutta olduğundan bir malzemenin iç yapısını tahribatsız biçimde üç boyutta görüntülenmesine ve buna bağlı ölçümlerin yapılmasına imkan sağlamaktadır. Ayrıca Mikro-CT hem canlı hem de değişik özelliklerde katı veya sıvı örneklerin incelenmesinde etkin bir şekilde kullanılmaktadır [1,2]. Özellikle Mikro-CT'lerin yumuşak doku ve kemik dokuların görüntülenmesi, kompozit malzemelerin, metal ve alaşımlarının incelenmesi gibi önemli konularda kullanım alanlarının olduğu bilinmektedir.

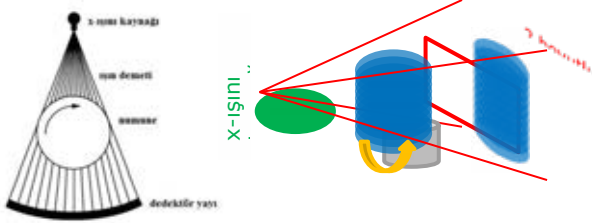


İnteraktif Sunumlar

2. Gün / 28 Ekim 2016, Cuma

II. BILGISAYARLI MIKRO-TOMOĞRAFI (MICRO-CT) GENEL YAPISI

Micro-CT teknik olarak aslında bir "Konik Işıklı Bilgisayarlı Tomografi, KIBT" tekniği olup, bu sistemde tomografik düzenlemelerde ve back-projeksiyon işlemi için konik geometriye sahip x-ışınları kullanılmaktadır. Tarama işlemi görüntülenmek istenilen alan etrafında 180° veya 360° lik rotasyon ile gerçekleştirilmektedir [2]. Bu projeksiyonlar ile oluşturulan dijital veriler, yeniden yapılandırma algoritması ile görüntüye çevrilmiştir [3,4]. Micro-CT'lerin voksel aralığı (sinyalin alındığı bölgenin hacmi) neredeyse hacimsel olarak normal tomografilere göre 1 milyon kat daha küçük olup, 1-50 µm'dur. Bu küçük voksel aralığı sayesinde micro-CT'ler kesitsel olarak çok iyi bir çözünürlüğe sahiptir ve nesnelerin detayları ve iç kusurları hakkında bize daha net bir inceleme olanağı sağlamaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. X-ışını kaynağınca aydınlatılan numune ve dedektör yayı.

Micro-CT'nin çalışma prensibinde X ışını sağlayan mikrofokal spot ve yüksek çözünürlüğe sahip dedektörler ile görüntüsü alınacak nesne etrafında dönerek nesnenin 3 boyutlu görüntüsünü elde eder. Bu görüntüler bilgisayar ortamına aktarılır ve ilgili programlar vasıtasıyla 3D modellemeler oluşturulmaktadır [2,5]. Micro-CT cihazının ana parçaları, 90-150 kVA gücünde X-ışını tüpü, belirli basamaklarda döndürebilen bilgisayar kontrollü bir elektrik motor, görüntü yoğunlaştırıcı aparatlar, X-ışınlarını görüntü verisini çeviren bir CCD kamera, görüntüyü dijital olarak toplayıcısı ve bunları kontrol eden bir bilgisayardan oluşmaktadır [2,6]. Görüntülenecek olan malzeme bir yuvada dönerken, sistem bu objenin farklı açılardan birden fazla X-ışını gölge geçiş görüntüsünü alır. Bu gölge görüntüler kullanılarak, objenin kesit görüntülerinin yeniden yapılandırılması gerçekleştirilir ve geçiş görüntülerinde seçilen yükseklik aralığındaki iç mikro yapı ve yoğunluğun üç boyutlu modeli oluşturulur. Yeniden yapılandırma ile iç morfolojik parametreler hesaplanabilir.

Günümüzde Micro-CT biyomedikal araştırmalar, malzeme bilimi, farmasötik ilaç geliştirme ve üretimi, kompozitler, dental araştırmalar, elektronik bileşenler, jeoloji, maden, metalürji, zooloji, botanik, inşaat malzemeleri, kâğıt üretimi ve birçok farklı alanda kullanılmaktadır.

III. 3 BOYUTLU MICRO-CT GENEL KULLANIM ÖRNEKLERİ

Yukarıda da belirtildiği gibi geniş bir kullanım alanına sahip olan micro-CT'nin değişik örnekleri ilerleyen bölümlerde verilmektedir. Önemli örneklerden biri de doku mühendisliğindeki incelemelerdir (Şekil 2). Doku mühendisliği kaybedilmiş bir dokunun ya da organın tekrar oluşturularak fonksiyon görmesini amaçlayan multidisipliner bir yaklaşımdır. 3 boyutlu mikro-bilgisayarlı tomografiler esas olarak; doku iskeletini oluşturan materyalin yapısının incelenmesinde, polimerik ve kalsiyum fosfat gibi materyallerin içerisindeki kemik büyüme miktarının *in-vitro* olarak değerlendirilmesinde kullanılmaktadır [7]. Mikro-bilgisayarlı tomografiler, kazanılmış dokuların araştırılmasına olanak sağlamakla birlikte, kaybedilen doku iskeleti malzemesi hakkında da bilgi elde etmeye imkan tanımaktadır [8].

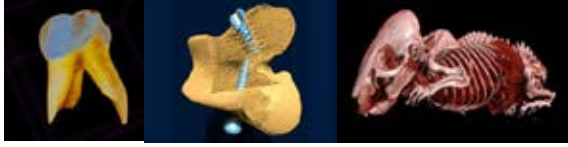


Şekil 2. Doku örneklerinin 2 boyutta farklı amaçlar için alınmış micro-CT görüntüleri.

Micro-CT ile diş ve kemik gibi mineralize dokuları, ya da biyomateryalleri direkt olarak incelemek mümkündür (Şekil 3). Aynı zamanda küçük hayvanların canlı olarak *in-vivo* ortamda incelenmesine de imkan tanımıştır. Mikro bilgisayarlı tomografilerin yumuşak doku kontrastı düşüktür, ancak osmium, altın, gümüş ve iodin gibi problemler kullanılmasıyla bu problemin önüne geçilmiştir [9]. Son yıllarda diş hekimliğinde; kök kanal morfolojisinin analizi, kök-kanal şekillendirmesinin değerlendirilmesi, kök-kanal dolgusunun değerlendirilmesi, tedavi sonrasında kök kanalında kalan dolgu materyallerinin incelenmesi [2,9], implant ve çevresindeki trabeküler kemiğin mikro yapısının değerlendirilmesi, kafa-yüz kemiklerinin gelişimlerinin değerlendirilmesi ve mine kalınlığının ölçülmesi alanlarda kullanılmaktadır [2,10].

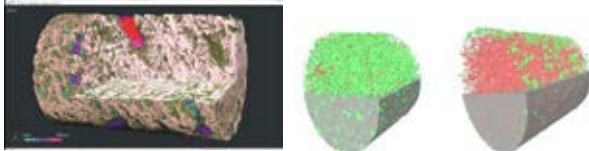
İnteraktif Sunumlar

2. Gün / 28 Ekim 2016, Cuma

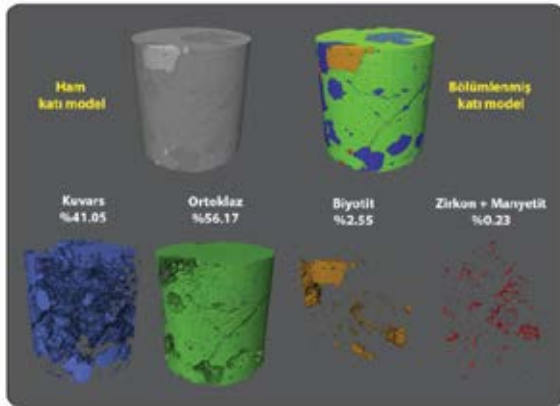


Şekil 3. Diş ve kemik gibi mineralize dokuların micro-CT görüntüleri.

Kristal, gözenek, çatlak vb. gibi birbirinden farklı kaya bileşenlerinin geometrileri ve dizilimleri X-ışını Micro-CT yöntemiyle analiz edilebilir (Şekil 4). Micro-CT, prensipleri gereği, jeolojik numuneyi oluşturan bazı minerallerin tanımlanması/karakterizasyonu için yeteri kadar hassas olamamasına rağmen, bileşenlerin numune içindeki kantitatif uzamsal dağılımını saptamakta son derece etkindir (Şekil 5).



Şekil 4. Farklı malzemelerin micro-CT görüntüleri.



Şekil 1: Her bir mineral fazına ait alt veriselerinden elde edilen katı modeller ve inceleme hacmindeki oranları. Derinlik kayacı bu modal bileşime göre "alkali-feldispat granit" olarak adlandırılmıştır.

Micro-CT ile analiz sadece malzeme üretimi sonrası kalite kontrolünde değil aynı zamanda servis şartları altında malzemelerin uğradıkları hasarları tespit ve analiz etmekte de yapılan çalışmalarla kanıtlamaktadır [11].

IV. SONUÇ

Genel olarak bakıldığında günümüzde başta canlı örneklerin araştırılması, katı veya sıvı birçok örnek micro-CT analiz yöntemi ile değerlendirilebilmektedir. Hemen hemen tüm bilim dallarında oldukça faydalı çözümler öneren micro-CT'nin bundan sonraki çalışmalarda da önemli bir yer tutması beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Leyla TÜRKER ŞENER, Ulusal micro-CT yaz okulu, 30 Haziran 2016, İnönü Üniversitesi, Malatya .
- [2] Kaan ORHAN, Ulusal micro-CT yaz okulu, 30 Haziran 2016, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- [3] Weber. A.L. "History of head and neck radiology: past, present, and future". *Radiology. (2001) 218(1), 15-24.*
- [4] Arai, Y. et. al. "Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use." *Dentomaxillofac. Radiol. (1999) 28, 245-248.*
- [5] Feldkamp, LA et al. "The direct examination of three-dimensional bone architecture in vitro by computed tomography." *J. Bone. Miner. Res. (1989) 4(1), 3-11.*