



TIPTEKNO'17

TIP TEKNOLOJİLERİ KONGRESİ

12-14 Ekim 2017 / TRABZON

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Prof.Dr. Osman Turan Kongre Merkezi



Biyomedikal ve Klinik
Mühendisliği Derneği



Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Tıbbi Görüntüleme Sistemleri

12 Ekim 2017 - 17.15-18.45 - Salon C

Doku Benzeri Fantom İçindeki Farklı Cisimlerin Görüntü Ölçüm Doğrulama Çalışmaları Image Measurement Verification Studies of Different Objects In Tissue-Mimicking Fantom

Baki Karaböce¹, Emel Çetin¹, Mithat Özdingiş¹, Hüseyin Okan Durmuş¹

¹TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME), Medikal Metroloji Laboratuvarı, Kocaeli, Türkiye
{baki.karaboce, emel.cetin, mithat.ozdingis, huseyinokan.durmus}@tubitak.gov.tr,

Özetçe — TÜBİTAK UME Medikal Metroloji Laboratuvarı, radyoloji çalışmaları hariç ulusal düzeyde üst düzey medikal sistemlere ait ölçüm altyapısını geliştirmeye yönelik araştırmalar yapmaktadır. Bu kapsamda, ultrasonik görüntüleme sistemlerinin test ve kalite kontrolünü yapmak üzere ulusal fantomlar geliştirmekte ve bu fantomlar üzerinden ölçüm çalışmaları ve referans standartları oluşturmaya çalışmaktadır. Bu çalışmada, araştırma amaçlı geliştirilen "Sonix Touch Q+" ultrason cihazına ait farklı tipte problemler kullanılarak, karaciğer dokusunun akustik özelliklerini taklit eden bir fantom içerisinde bulunan değişik boyutlardaki cisimlerin konumlarının tespit edilmesine yönelik görüntü işleme ve ölçüm doğrulama çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler — Ultrasonografi, Ultrasonik Görüntüleme, Doku Benzeri Fantom, Ultrasonik Prop, Görüntü Modları

Abstract — TÜBİTAK UME Medical Metrology Laboratory has been doing researches to develop measurement infrastructure of high level medical systems at nationwide except for radiology studies. In this context, the laboratory has been developing national phantoms for testing and quality control of ultrasonic imaging systems and has been operating to establish measurement studies and reference standards over these phantoms. In this study, image processing and measurement verification studies were carried out to detect the positions of objects in different sizes within a phantom that mimics the acoustic properties of the liver tissue using different types of probes of the "Sonix Touch Q +" ultrasonic device developed for research purpose.

Keywords — Ultrasonography, Ultrasonic Imaging, Tissue-Mimicking Phantom, Ultrasonic Probe, Imaging Modes

I. GİRİŞ

Ultrasonik görüntüleme, teknolojinin gelişmesiyle özellikle tıpta, biyomedikal görüntüleme alanında olmak üzere, endüstriyel çalışmalarda ve tahribatsız muayenelerde yaygın ve etkin bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Ultrasonik görüntüleme cihazları, günümüzde tıp biliminin; tanı/teşhis ve tedavide en büyük yardımcılarından biridir.

Ultrason cihazları hastayla birebir ilişkili olduğundan AR-GE aşamasından, üretimine ve üretim sonrası teknik servis çalışmalarına kadar son derece yoğun özen ve dikkat gerektiren cihazlardır. Ultrasonografi, yankı temelinde çalışması nedeniyle röntgen, tomografi ve manyetik rezonansla aynı prensiple çalışır. Fakat bu inceleme yönteminde X ışını kullanılmaz. Ultrasonografi, insan kulağının işitemeyeceği kadar yüksek frekanslı ses dalgalarını kullanarak iç organların görüntülenmesini sağlayan bir yöntemdir. Cihazdan gönderilen ses dalgaları, hasta vücudundan yansıdıktan sonra yine aynı cihaz tarafından algılanır. Yansıdığı dokuya göre farklılık gösteren ses dalgaları, prob vasıtasıyla hasta vücudunda gezdirildiğinde ekranda farklı görüntülerin oluşmasını ve böylece hastaya tanı konulmasını sağlar.

Ultrasonik görüntüleme, girişimsel olmayan (noninvazif), güvenli ve ağrısız bir tekniktir ve ses dalgalarını kullanarak vücudun resimlerini çekmektedir. Ultrasonik görüntüleme, aynı zamanda ultrasonik tarama veya sonografi olarak da adlandırılmakta ve doğrudan cilde temas eden küçük bir dönüştürücü (transdüser ya da prob) yardımıyla çalışmaktadır. Yüksek frekanslı ses dalgaları probdan geçerek dokuya gönderilir ve dokudan geri yansıyan dalgalar tekrar dönüştürücüye iletilir. Dönüştürücü tarafından toplanan ses dalgaları bir bilgisayar işlemcisi vasıtasıyla işlenerek ekranda bir görüntü oluşur. Ultrason muayenelerinde (x-ışınlarında olduğu gibi) iyonlaştırıcı bir radyasyon kullanılmaz, bu nedenle hastanın radyasyona maruz kalması söz konusu değildir. Ultrason görüntüleri gerçek zamanlı olarak yakalanabildiğinden, vücudun iç organlarının yapısı, hareketi ve kan damarlarında akan kan ultrason cihazları ile kolay bir şekilde görülebilir [1].

Bu çalışmada, araştırma amaçlı geliştirilen Ultrasonix marka "Sonix Touch Q+" ultrasonik görüntüleme cihazı kullanılarak, önceden tasarlanıp üretilen karaciğer fantomları üzerinde, farklı görüntüleme modlarında (B, M, PW, CW) o moda uygun problemler kullanılarak görüntüleme

Tıbbi Görüntüleme Sistemleri

12 Ekim 2017 - 17.15-18.45 - Salon C

çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Daha sonra alınan bu görüntüler üzerinde görüntü kalitesi ve boyut ölçüm çalışmaları yapılmıştır.

II. KULLANILAN YÖNTEM

Çalışmamızda araştırma amaçlı kullanılan Ultrasonix marka "Sonix Touch Q+" ultrasonografi cihazı ile önceden hazırlanmış olan fantomlar üzerinden ölçümler alınmıştır. Cihaz ile yapılan boyut ölçümleri ile kap içerisine yerleştirilmeden önce belirlenen boyut ölçümleri kıyaslanarak, cihazın ölçüm aralığının gerçeğe yakınlığı test edilmiştir. Ölçümler sırasında lineer L14-5/38 ultrason probu kullanılmıştır. Uygulama tipi olarak da abdomen tipi (karın bölgesine uygun prob) seçilmiştir.

A. Görüntüleme Cihazı ve Dönüştürücüler

Aşağıda Şekil 1'de de görüldüğü gibi görüntüleme çalışmaları Ultrasonix marka "Sonix Touch Q+" ultrasonografi cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Söz konusu sistem araştırma amaçlı olarak üretilmiş olup "Doppler" ve "Renkli Doppler" dahil birçok görüntüleme moduna sahip gelişmiş bir ultrasonografi cihazıdır. Sistemle beraber C7-3/50 konveks, L14-5/38 lineer ve SA4-2/24 sektör dönüştürücüler kullanılmaktadır. Ultrasonix Sonix Touch Q+ sistemi; kullanımı kolay, taşınabilir bir ultrasonik görüntüleme cihazıdır. Sistem; LCD ekran, dokunmatik ekranlı operatör konsolu, ana kart ve çeşitli tipte takılıp çıkarılabilir dönüştürücülerden oluşmaktadır. Ultrasonografik görüntüleme görüntü kalitesini en çok etkileyen kısım, hastayla da arayüz oluşturan dönüştürücü kısmıdır.



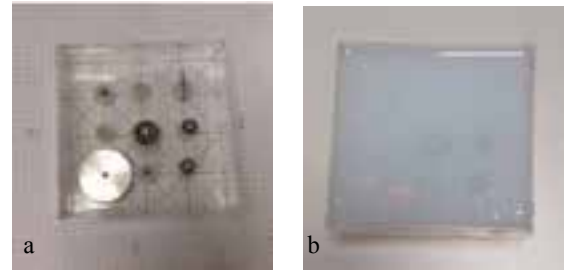
Şekil 1. Ultrasonix Sonix Touch Q+ Ultrasonografi Sistemi ve Ölçümlerde Kullanılan Çeşitli Tiplerdeki (Sektör, Konveks, Lineer) Dönüştürücüler

B. Doku Benzeri Fantom Tasarımı ve Üretimi

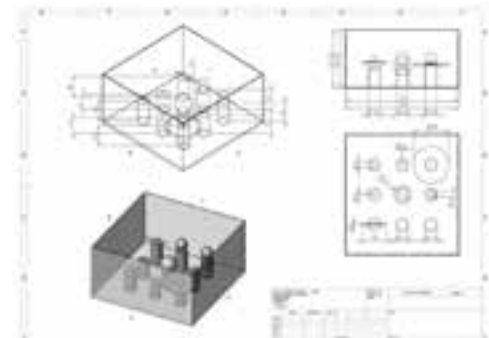
Biyolojik yumuşak dokuları simüle etme kabiliyetleri nedeniyle, doku benzeri fantomlar medikal ultrasonografi araştırmalarında kritik bir rol oynamaktadır [2]. Agar, Agarose tarafından temel olarak oluşturulmuş iyi bilinen bir polisakarittir [3]. Oda sıcaklığında suda çözünmezken,

kaynar suda çözünebilir Agar, (30-40) °C sıcaklık aralığına soğutulduğunda jel formuna geçmektedir. Hipertermi uygulamalarında ve ultrasonik görüntüleme yaygın bir şekilde fantom malzemesi olarak kullanılmaktadır [4,5]. Çalışmamızda kullandığımız karaciğer dokusunu taklit eden doku benzeri fantom Şekil 2'de görülmektedir. Doku benzeri fantom, 102 mm en, 102 mm boy ve 42 mm yüksekliğe sahip dikdörtgen prizma bir kap içerisinde, 0,4 M ZnCl₂ ve ağırlıkça % 2 Agar ile çözelti oluşturularak hazırlanmıştır. Hazırlanan çözelti, Agar tamamen çözülene kadar mikrodalga fırın içerisinde ısıtılmıştır. Kullandığımız bu doku benzeri fantomun bazı temel parametreleri şu şekildedir. Yoğunluk; 1060 kg/m³, Faz Hızı; 1600 m/s ve Zayıflatma Katsayısı; 0,6 dB/cm.MHz [5].

Hazırlanan fantom malzeme, Şekil 3'de görüldüğü gibi, tasarlanan deney kabının içerisine dökülmüştür. Deney kabı içine plaka, tel çubuk ve farklı boyutlarda bilyeler yerleştirilmiş ve bunların konumları ve boyutları fantom dökülmeden önce ölçülmüş ve kaydedilmiştir.



Şekil 2. Fantom için tasarlanan kap (a) ve fantomun son hali (b)



Şekil 3. Tasarlanan fantom kabının teknik çizimi

C. Görüntüleme Modları

Ultrasonografi sistemlerinde beş ana görüntü modu bulunmaktadır. Bunlar A, B, M, PW ve C modlarıdır. Alınan görüntü veri dizileri, Ultrasonix Sonix Touch Q+ ultrason sistemi üzerinden sinyal işleme fonksiyonlarıyla işlenip iyileştirilerek istenilen görüntüler elde edilmektedir [6,7].

Tıbbi Görüntüleme Sistemleri

12 Ekim 2017 - 17.15-18.45 - Salon C

III. SONUÇLAR

Görüntü kalitesi ölçümleri, fantomdaki boyutsal ölçümler ve derinlik ölçümlerine ait sonuçlar aşağıdaki gibidir.

A. Görüntü Kalitesi Ölçümleri

Fantom içerisindeki bilyenin görüntüsü L14-5/38 probu kullanılarak alınmıştır. Fantom yüzeyi düz olduğu için lineer prop kullanılmıştır. Derinlik aralığı (Depth Range), geometrik odak uzaklığı ve uygulama tipine en uygun olduğu için diğer lineer problar yerine L14-5/38 probu tercih edilmiştir. Bu probun teknik özellikleri ise aşağıdaki gibidir [6].

1. Bant Genişliği (Bandwith)=14-5 MHz
2. Derinlik Aralığı (Depth Range)=2-9 cm
3. Geometrik Odak=16 mm

Bu ölçümleri yapmaktaki amacımız belirlediğimiz değerlendirme ölçütleri olan; frekans, derinlik ve kazanç değişimlerinin ultrasonografi üzerindeki etkisini incelemek ve ideale en yakın görüntüleme değerlerini tespit etmektir.

Frekansın görüntüye ve histograma etkisine baktığımızda en iyi görüntü için derinliğin 5 cm, Dyn 30 dB, P (power) 0 ve %50 kazançta bir görüntü alınmıştır.

Kazanç ayarının görüntüye ve histograma etkisinde, en iyi görüntü için frekansın 6.6 MHz derinliğin 5 cm, Dyn 30 dB, P (power) 0 olduğu değerlerde görüntü alınmıştır.

Derinliğin görüntüye ve histograma etkisinde ise en iyi görüntü için frekansın 6.6 MHz, Dyn 30 dB, P (power) 0, %50 kazanç olduğu değerlerde görüntü alınmıştır.

B. Fantomdaki Boyutsal Ölçümler

Boyutsal ölçümlerde içine farklı boyut ve şekillerde bilye, tel çubuk ve plaka yerleştirilmiş olan 42 mm derinliğindeki fantom kullanılmıştır. Gerçek boyutları bilinen cisimlerin, ultrasonik görüntüleme cihazı ile (görüntü üzerinden) yeniden ölçülerek elde edilen değerlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Bunu yapmamızdaki amaç, ultrasonik görüntüleme cihazının ölçüm değerlerinin gerçek değerlere ne kadar yakın olduğunu tespit etmektir. Fantomdaki cisimlerin bilinen boyutlarıyla yapılan matematiksel hesapları ve ultrasonik görüntüleme cihazı ile alınan ölçüm sonuçları aşağıda Tablo 1'de verilmiştir. Alınan görüntüdeki gürültü oranına ve işaretçinin konumlandırılma hassasiyetine bağlı olarak sonuçlarda farklılıkların olduğu görülmüştür. Şekil 4'te 15 mm çaplı bilye için alınan ölçümlere ait bir ekran görüntüsü verilmiştir.



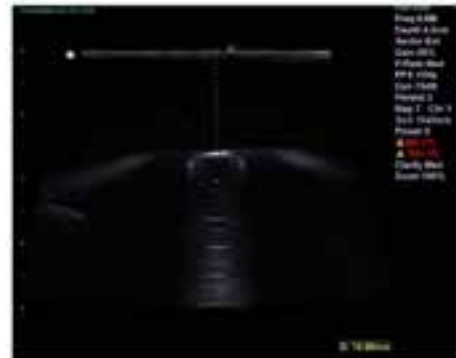
Şekil 4. 15mm'lik Bilye için Yapılan Ölçümler

Tablo 1. Boyut Karşılaştırma Tablosu

Nesneler	Matematiksel Olarak Hesaplanan Ölçümler				Ultrason Cihazı ile Hesaplanan Ölçümler			
	Uzunluk (Çap) (mm)	Yarıçap (mm)	Alan (cm ²)	Cevre (mm)	Uzunluk (Çap) (mm)	Yarıçap (mm)	Alan (cm ²)	Cevre (mm)
Bilye	2	1	0,03	6,28	2	1,03	0,03	6,53
Bilye	4	2	0,12	12,56	4	1,98	0,13	12,61
Bilye	5	2,5	0,19	15,70	5,04	2,50	0,20	15,98
Bilye	10	5	0,78	31,41	10,01	4,97	0,78	31,33
Bilye	15	7,5	1,76	47,12	14,96	7,48	1,76	47,01
Tel Çubuk	20,1	-	-	-	20,18	-	-	-
Plaka	30	-	-	-	30,10	-	-	-

C. Fantomdaki Derinlik Ölçümleri

Fantom yüzeyinden cisme kadar olan derinlikler ultrasonik görüntüleme cihazı ile ölçülmüştür. Ölçümler şekil görüntüsünün başladığı parlak noktanın sınırından alınmıştır. Bazı küçük şekillerin yerini tam olarak tespit edebilmek için zoom özelliğinden faydalanılmıştır. Zoom yapmak şeklin derinliğini etkilememekte ancak gereğinden fazla yapıldığında görüntüyü bulanıklaştırmaktadır. Şekil 5'te 15 mm çaplı bilye için alınan ölçümlere ait bir ekran görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5. 15mm'lik Bilyenin Yüze Olan Uzaklığı



Tıbbi Görüntüleme Sistemleri

12 Ekim 2017 - 17.15-18.45 - Salon C

Şekillerin kumpas yardımıyla önceden ölçülen derinlikleri ve ultrason cihazıyla bulunan derinlikleri aşağıda Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Derinlik Karşılaştırma Tablosu

Nesneler	Matematiksel Olarak Hesaplanan Ölçümler	Ultrason Cihazı ile Hesaplanan Ölçümler	Hata Oranı (%)
	Derinlik (mm)	Derinlik (mm)	
2 mm çaplı bilye (1)	23,60	22,05	6,6
2 mm çaplı bilye (2)	23,60	22,24	5,8
4 mm çaplı bilye	17,60	15,71	10,7
5 mm çaplı bilye	15,60	14,62	6,3
10 mm çaplı bilye (1)	11,60	10,61	8,5
10 mm çaplı bilye (2)	12,60	10,79	14,4
15 mm çaplı bilye	15,60	15,66	-0,4
20,1 mm uzunluğundaki tel çubuk	20,60	19,23	6,7
30 mm uzunluğundaki plaka	18,60	18,01	3,2

IV. TARTIŞMA

Günümüzde ultrasonografi sistemleri görüntüleme yapan cihazlar arasında ulaşılabilirlik, kullanım kolaylığı ve kişiye verdiği zarar miktarı bakımından daha avantajlı bir konuma gelmektedir. Görüntülemenin doktor tarafından direk hastaya uygulanan ve uygulama esnasında tanının konulduğu bir inceleme olması, yapılan tetkiki tamamen sistemi kullanmakta olan kişilerin de bilgi ve becerilerine bağlı bir hale getirmektedir.

Bu bildiride, ultrasonik görüntü oluşumları, özel olarak tasarlanan doku benzeri fantom malzemeler üzerinde, frekans, derinlik, kazanç değişimleri gibi görüntü kalitesi ile boyut ve derinlik yönünden karşılaştırmalı ölçümler olarak incelenmiştir.

Bundan sonraki çalışmalarda, görüntüyü oluşturan sinyal dosyalarına (.rf, .b32, .crf, .bpr, .pw vb.) ulaşılarak MATLAB programı aracılığıyla çeşitli görüntü iyileştirme analizleri üzerinde durulacak ve bu sinyal analizlerinden de daha optimum görüntüler elde edilmesine çalışılacaktır.

Günümüzde ultrasonik alanındaki çalışmalarda en popüler konulardan biri de ultrasonik enerjinin görüntüleme teknikleri ile birlikte etkin bir şekilde klinik çalışmalarda kullanılmasıdır. Bu çalışmalar ileride laboratuvarımızda, kanser tedavisinde ucuz, invazif olmayan ve etkin bir yöntem olan HIFU tedavisi ile de birleştirilecektir. Bu şekilde, ultrasonik görüntüleme ve HIFU kombinasyonu da sağlıklı dokulara zarar verilmeden sadece kanserli dokulara etki ederek, kanserli dokuları yok edecek

etkin görüntüleme ve güç sistemleri tasarlanmasına odaklanılacaktır.

TEŞEKKÜR

Ölçüm doğrulama çalışmalarına yapmış oldukları katkılardan dolayı Kocaeli Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Biyomedikal Mühendisliği'nden stajyer öğrencilerimiz Medine Açar ve Ahmet Tel'e teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- [1] Havlice, James F., and Jon C. Taenzer. "Medical ultrasonic imaging: An overview of principles and instrumentation." Proceedings of the IEEE 67.4 (1979): 620-641.
- [2] Zhu, Haijiang, et al. "Ultrasound images of gray contrast tissue-mimicking phantom." Control and Decision Conference (CCDC), 2016 Chinese. IEEE, 2016.
- [3] Nayar, V.T., et al., "Elastic and viscoelastic characterization of agar." J Mech Behav Biomed Mater, 2012. 7: p. 60-8
- [4] Culjat, M.O., et al., "A Review of Tissue Substitutes for Ultrasound Imaging." Ultrasound in Medicine & Biology, 2010. 36(6): p. 861-873.
- [5] Karaböce, Baki, Emel Çetin, and Hüseyin Okan Durmuş. "Investigation of temperature rise in tissue—Mimicking material induced by a HIFU transducer." Medical Measurements and Applications (MeMeA), 2016 IEEE International Symposium on. IEEE, 2016
- [6] Ali, Murtaza, Dave Magee, and Udayan Dasgupta. "Signal processing overview of ultrasound systems for medical imaging." SPRAB12, Texas Instruments, Texas (2008).
- [7] http://www.ultrasonix.com/wikisonix/index.php/Ultrasound_Image_Computation, Erişim Tarihi:10.08.2017