

ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİNDE BIYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ ÇALIŞMALARI

Kısa Tarihçe

ORTA DOĞU Teknik Üniversitesi'nde biyomedikal mühendisliği çalışmaları, üniversitelerde uygulamalı bilimlerin teknolojiden ve toplumdaki kopuk olduğu eleştirilerinin en yoğunlaştığı döneme rastlar. ODTÜ'de bu alanda ilk yüksek lisans dersleri 1974 yılında verilmeye başlanmış ve her geçen yıl öğrencilerin artan bir ilgi ile izlediği dersler olarak devam etmiştir. O dönemde Elektrik Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'nı da yapan Prof. Dr. Halil Bengi ile Doç. Dr. Cahit Gürkök ve Doç. Dr. Halil Özcan Gülçür, bu programı düzenli olarak sürdürmüşlerdir. Bu süreç içerisinde fizyolojik parametrelerin ölçümünün yapılabildiği bir laboratuvar kurulmuştur. ODTÜ Elektrik Mühendisliği Bölümü'nde, biyomedikal mühendisliği gibi çok geniş spektrumu olan bir alanda "Fizyolojik sinyaller: algılama ve işleme" ve "Görüntüleme sistemleri" alanlarında uzmanlaşma için ilk adımlar bu şekilde atılmıştır. (ODTÜ'deki çalışmaların bu ilk dönemi ile ilgili ayrıntılı bilgi için Prof. Dr. Y. Ziya İder'in *Elektrik Mühendisliği* dergisindeki makalesine¹ bakılabilir).

1980'lere gelindiğinde, hızla ilerleyen tıp teknolojisi, ülkemizde sağlık sektörünün teknoloji ile uyum sağlamama özelliğini tüm çıplaklığıyla ortaya çıkardı. Tıbbi aygıt yatırımlarının % 70'ine varan kısmının atıl kalması bu dönemlere rastlamaktadır. Bu sorunları kendi kurumu içerisinde somut çözümlere ulaştırma çabasını, ilk defa, Türkiye Yüksek İhtisas Hastanesi (TYİH) Başhekimisi Dr. Kemal Beyazıt gösterdi. Mevcut ve ulaşılabilir teknolojinin doğru ve etkin kullanımını için TYİH'de bir "Klinik Mühendisliği Merkezi" kurmak üzere çeşitli girişimlerde bulunduktan sonra, 1981 yılında ODTÜ ile TYİH arasında bir protokol imzalandı. Protokolün süresi bir yıldır ve karşılıklı yükümlülükleri belirliyordu. Ülkemizde ilk örneği olması nedeniyle çok önemli bir belge olduğu tartışılmaz olan bu protokol ile bir yıl içerisinde her türlü bozukluğun düzelmesi doğal olarak mümkün değildi. Bir yılın sonunda Sağlık Bakanlığı'nın isteği ile bu çalışma sonlandırıldı ve sözleşme uzatılmadı. Sekiz aylık bir aradan sonra 1 Eylül 1983'te yeniden imzalanan bir proje anlaşması ile TYİH'de Tıbbi Aygıtlar Bakım

Hayrettin Köymen*,
M. Serhat Özyar, Nevzat G. Gençer, Tugan Müftüler, M. Cem Şakı

*ODTÜ, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü,
'Bilkent Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü,*

390- ELEKTRİK 0 8 0
MÜHENDİSLİĞİ 0 D 0



Onarım Merkezi (TABOM) yeniden hayata geçirildi.

Bu dönemlerde ODTÜ Elektrik Mühendisliği Bölümü Başkanlığını yapan Prof. Dr. Özay Oral'ın biyomedikal mühendisliğine en üst düzeyde önem vermesi, daha sonraki gelişmeleri belirleyici bir tutum olmuştur. Dr. Ziya İder ve Dr. Hayrettin Köymen tarafından yönetilmekte olan yeni projenin ana özellikleri üç madde halinde özetlenebilir:

(1) TABOM TYH'nin tüm tıbbi elektronik ve elektromekanik aygıt altyapısının bakım, onarım ve kalibrasyonunu üstlenmekteydi.

(2) TABOM nitelikli mühendis personelin görevlendirilmesi için parasal esnekliği sağlamak ve sözleşmeli personel kullanımını olası kılmaktaydı.

(3) Tıbbi aygıt alımlarında teknik şartname hazırlama işleri bilgili teknik personelin sorumluluğuna bırakılmaktaydı.

Bu sözleşme ile başlayan TABOM'un yeni yaşantısı 1 Eylül 1990 tarihine kadar kesintisiz devam etti. Klinik mühendisliğinde profesyonel kadroların ne kadar önemli olduğu ortaya çıktı. TABOM'dan yetişen üst düzeyde bilgi ve beceri sahibi mühendisler şu anda sağlık sektörünün önde gelen kurumlarında en etkin görevlerde bulunmaktadır.

TABOM, ODTÜ'nün klinik mühendisliği alanında büyük bir birikime ulaşmasına olanak tanıdı. Bu çerçevede üstyapı finansmanı sağlanırken, bir yandan da 1984 yılında DPT'den alınan 39 milyon TL tutarında bir yatırım projesi kanalıyla ODTÜ'nün Biyome-

dikal Mühendisliği Laboratuvarları çağdaş bir düzeye getirildi. Aynı yıl İngiltere'deki Sheffield Üniversitesi Klinik Mühendisliği Bölümü ile, İngiliz Kültür Heyeti'nin (*British Council*) desteklediği bir işbirliği anlaşması yapıldı. Bu çerçevede karşılıklı araştırma öğrencisi ve öğretim üyesi değişimi yapıldı.

1986 yılında Birleşmiş Milletler tarafından desteklenen ve iki yıl süreli bir proje ile Biyomedikal Mühendisliği Laboratuvarları ve özellikle bilgisayar altyapısı geliştirildi. Yine bu proje çerçevesinde birimin dış ilişkileri desteklendi ve öğrencilerin ABD'de doktora yapmaları sağlandı.

1988 yılında aynı kaynaktan sağlanan destek ile ODTÜ'de bir *manyetik rezonans görüntüleme sistemi* tasarlandı ve geliştirildi. Bu proje aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

ODTÜ Biyomedikal Mühendisliği Laboratuvarları'nda halen aşağıdaki alanlarda çalışmalar yoğun olarak sürmektedir:

- (1) Kardiyak Elektrofizyoloji
- (2) Kalp Kapak Sesleri Analizi
- (3) Elektriksel Empedans Tomografisi
- (4) Yüksek Şiddetli Ultrasonik Dalgaların Terapi Amacıyla Kullanılması (*Hyperthermia*)
- (5) Manyetik Rezonans Görüntüleme

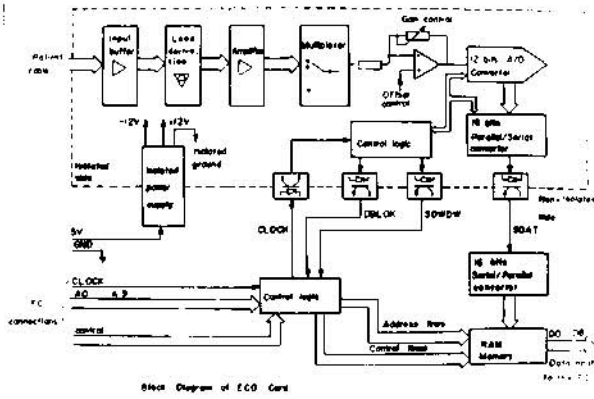
Beş başlık altında toplanan bu çalışmaların özet olarak içerikleri ise şöyle sıralanabilir.

(1) Kardiyak Elektrofizyoloji

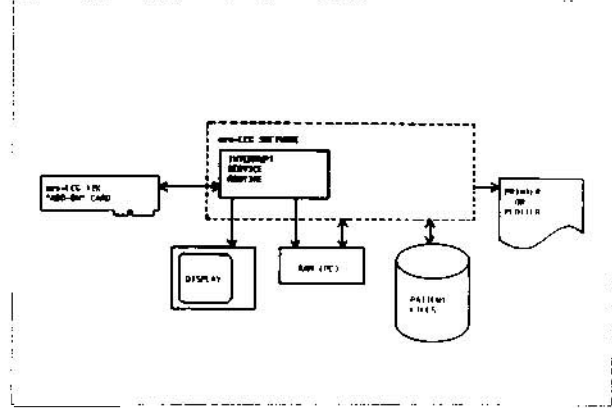
ODTÜ Biyomedikal Mühendisliği Laboratuvarlarında yürütülen kardiyak elektrofizyolojisi çalışmaları, araştırmaları yürütmek için bir elektrokardiyogram (EKG) aygıtı bulundurma gereksiniminin ortaya çıkmasıyla başlamıştır. Bu amaca uygun olarak, laboratuvarların bilgisayar olanakları gözönüne alınarak, mevcut kişisel bilgisayarların donanımı içerisinde (genişleme soketine) özel amaçlı bir A/D kart takılması yoluyla EKG aygıtı elde edilmesi planlandı ve kısa zaman içerisinde gerçekleştirildi². Böyle bir yöntem, bilgisayarın bulunduğu olanaklardan yararlanmak için varolan EKG aygıtları içerisinde mikro işlemcilerin yerleştirilmesi yoluyla elde edilen "bilgisayarlı EKG aygıtları"ndan farklı ucuz bir yol sunuyordu. Nitekim, araştırma olanaklarının verimli kullanılması amacıyla hareketle geliştirilen ve IBM uyumlu tüm kişisel bilgisayarlara takılabilecek böyle bir EKG kartı, günümüzde özgün bir tasarım olarak ticari kanallardan pazarlanmakta, ülkemizdeki kişisel bilgisayara sahip yüzü aşkın sağlık kurumunda yıllardır kullanımının yanı sıra, Batı Avrupa'da da ikiyüzden fazla birimde hizmet vermektedir.

EKG donanımı kapsamındaki kişisel bilgisayar tabanlı (*PC-based*) bu EKG kartı tasarımı çalışmalarının yanı sıra, ODTÜ Biyomedikal Mühendisliği Laboratuvarlarında Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Kardiyoloji Bölümü ile birlikte, vücut yüzeyinden kaydedilen elektrokardiyak sinyallerin elektrik mühendisliğinde yaygın olarak bilinen sinyal işleme yöntemleri kullanılarak işlenmesi yoluyla kalp aritmilerinin (ritim bozukluklarının) tanısına yönelik kriter geliştirilmesi çalışmaları sürdürülmektedir.

EKG sinyallerinin yüksek kazançla kaydedildikten sonra sinyal ortalama, süzme, Fourier Dönüşümü'nü hesaplama (*FFT*) gibi mühendislik teknikleri kullanılarak işlenmesine Yüksek Rezolüsyonlu EKG (YR-EKG) adı verilmektedir. YR-EKG son onbeş yılda özellikle His potansiyellerinin ve geç potansiyellerin (*late potentials*) analizinde uygulama alanı bulmuştur. Geç potansiyellerin analizi enfarktüs geçiren hastalarda, enfarktüs sonrası ventrikül taşikardisi oluşma riskini belirlemesi açısından



ODTÜ Biyomedikal Mühendisliği Laboratuvarlarında Gerçekleştirilen EKG Kartının Devre Blok Diyagramı



Kişisel Bilgisayar Tabanlı EKG Sistemi Şeması

önem taşımaktadır. Bu çalışmalara paralel olarak ayrıca P dalgalarının yüksek rezolüsyonlu analizi de gerçekleştirilmekte ve Paroksizmal Atriyal Fibrilasyon (PAF) hastalarının vücut yüzeyinden tanısına yönelik olarak kriter geliştirilmesine çalışılmaktadır^{3,4,5}.

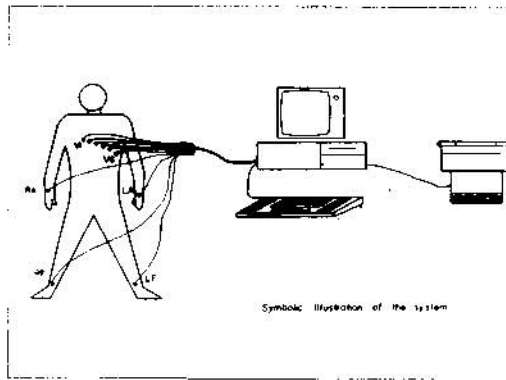
YR-EKG çalışmalarında kullanılan matematiksel işlemlerin verimli ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi için hızlı ve yüksek kapasiteli kişisel bilgisayarlara gereksinim vardır. Bu amaçla TÜBİTAK tarafından desteklenen "YR-EKG Projesi" kapsamında Biyomedikal Mühendisliği Araştırma Laboratuvarları'nın bilgisayar altyapısı geliştirilmiştir. Aynı proje kapsamında fiber optik teknolojisinden yararlanarak hasta yatağına taşınabilir bir kayıt aygıtı yapılması tasarlanmaktadır.

Kardiyak elektrofizyoloji başlığı altındaki bir başka araştırma da anne karnındaki bebeğin (*fetus*) EKG sinyalini (*fetal ECG*) annenin EKG sinyalinden ayırarak bilgisayarlı bir sistem için donanım ve yazılım geliştirme çalışmalarıdır⁶.

YR-EKG ve F-EKG çalışmalarında da yukarıda tanımlanan EKG kartının takılı bulunduğu IBM uyumlu kişisel bilgisayar tabanlı sistemler kullanılmaktadır.

(2) Kalp Kapak Sesleri Analizi

Kalp kapağı hastalarının izlenmesinde en eski yöntemlerden birisi kapak seslerinin dinlenmesidir. Doğası gereği, başarısı subjektif yargıya ve klinik deneyime dayanan bu yöntemin, daha ayrıntılı ve daha tekrarlanabilir sonuçlar verebilmesi için, ses analiz-



T EKG Sisteminin Sembolik Gösterimi

lerinin bilgisayar kullanılarak yapılması özellikle 1980'den başlayarak ilgi çeken bir konu olmuştur.

Kalp kapak seslerinin modellenerek uygun sinyal işleme yöntemleriyle analiz edilmesi, ODTÜ Biyomedikal Mühendisliği Laboratuvarları'nda 1984 yılından beri sürdürülmekte olan bir araştırmadır. Kapak seslerinin sönümlü sinüzoidler olarak modellendikten sonra buna uygun tekrarlamalı (*iterative*) yöntemler ile bileşen sinüzoid değişkenlerinin belirlenmesi alanında önemli bulgular elde edilmiştir^{7,8}. ODTÜ'deki ekip, bu alanda dünyanın önde gelen birkaç araştırma grubundan birisidir.

(3) Elektriksel Empedans Tomografisi

Tıbbi görüntüleme sistemleri, insan vücudundaki dokuların değişik fiziksel özelliklerinin belirli bir kesit üzerindeki dağılımını görüntülemektedir. Görüntülenen özelliğin farklı organ dokularında farklı sayısal değere sahip olması ile organ tanımı yapıla-

bilmektedir. Sağlıksız bir dokunun sağlıklıya oranla farklı değerlere dönüşmesi ile de sağlıksız bölgenin yeri ve büyüklüğü konusunda bilgi edinilmektedir. Her görüntüleme sistemi vücudun farklı bir özelliğini görüntülediğinden biri diğeri için ek bir bilgi oluşturmaktadır.

Son on yıl içerisinde yeni bir görüntüleme yöntemi üzerinde çok sayıda araştırmacı çalışmalar yapmaktadır. Elektriksel Empedans Tomografisi adı verilen bu yöntemde, vücudun belirli bir kesidindeki elektriksel iletkenlik dağılımının görüntülenmesine çalışılmaktadır. Bu amaçla, görüntülenmesi istenen kesidin çevresine eşit aralıklarla bir dizi elektrod (genelde 16, 32, 64 veya 128) yerleştirilmekte ve çoğunlukla ardışık bir elektrod çiftinden 50 kHz-1 mA'lık akım uygulanmaktadır. Uygulanan akımın ortamdaki elektriksel iletkenlik dağılımı iletkileşimi sonucu kesit yüzeyinde belirli bir potansiyel dağılımı oluşmaktadır. Akım uygulanan elektrod çifti dışındaki diğer ardışık elektrod çiftlerinden potansiyel farkı verisi ölçülmekte ve akım uygulama çifti değiştirilerek elektrod sayısına bağlı olarak belirli sayıda (104, 464, 1952 veya 8000) bağımsız ölçüm elde edilmektedir⁹. Bu ölçüm seti kullanılarak değişik görüntüleme algoritmaları ile kesitteki elektriksel iletkenlik dağılımının görüntülenmesine çalışılmaktadır.

Elektriksel Empedans Tomografisi'nin klinik amaçlı kullanılabilmesi için araştırma grupları genelde iki ana konu üzerinde çalışmaktadırlar. Bunlardan ilki, görüntü oluşturulabilmesi



**"ODTÜ
Biyomedikal
Mühendisliği
Eğitim ve
Araştırma**

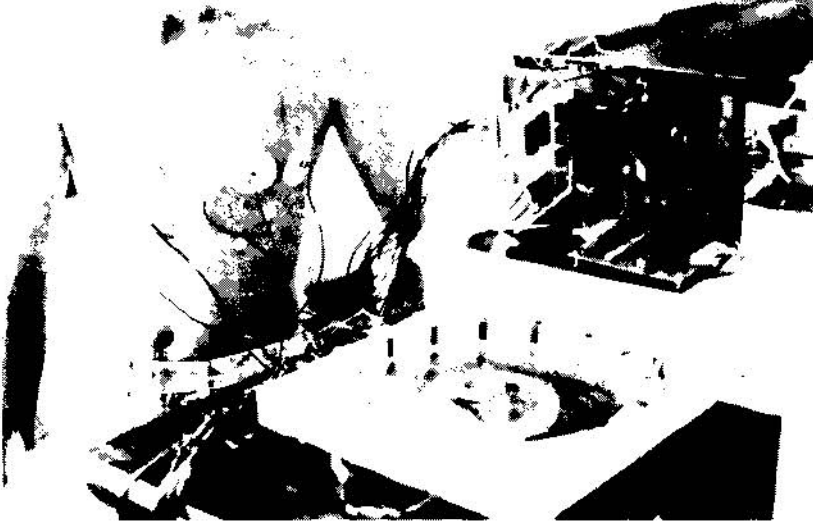
***La bora tu varları 'nda
Elektriksel Empedans
Tomografisi'nin
geliştirilmesi amacıyla
yaklaşık yedi yıldır
etkin bir çalışma
yürütülmektedir."***

ve yöneme özgü daha hızlı ve ayırdediciliği yüksek görüntü algoritmalarının geliştirilmesi için problemin bilgisayar yardımı ile modellendirilmesidir. Diğer araştırma konusu ise daha hızlı ve daha güvenilir veri toplanabilmesi amacıyla veri toplama sisteminin geliştirilmesi ile ilgilidir.

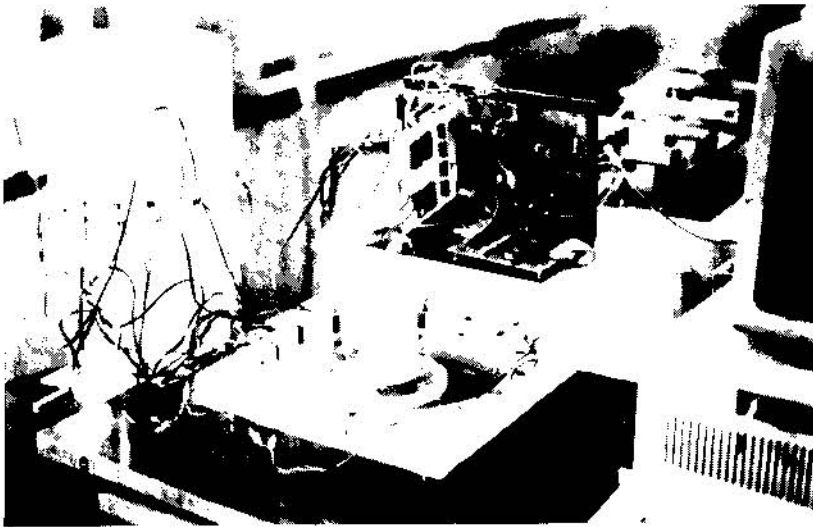
ODTÜ Biyomedikal Mühendisliği Eğitim ve Araştırma Laboratuvarları'nda Elektriksel Empedans Tomografisinin geliştirilmesi amacıyla yaklaşık yedi yıldır etkin bir çalışma yürütülmektedir. Öncelikle iki boyutlu, iletkenlik dağılımı bilinen cisimler için belirli bir akım uygulama durumunda yüzey potansiyel dağılımının çözümü konusunda sorulu elemanlar yöntemi

kullanılarak model geliştirilmiştir¹⁰. Veri toplama sistemi gerçekleştirilmiş, iki boyutlu cisimlerden alınan gerçek verilerle Tekrarlamalı Geri izdüşüm ve Cebirsel Görüntü Oluşturma algoritmaları kullanılarak görüntüler elde edilmiş, görüntüleme algoritmaları hız ve ayırdedicilik yöntemlerinden karşılaştırmıştır 10.11. Daha sonra üç boyutlu, iletkenlik dağılımı bilinen silindirik cisimlerde belirli bir akım uygulama durumunda yüzey potansiyellerinin çözümü sonlu elemanlar yöntemiyle gerçekleştirilmiştir¹¹. Silindirik ve silindir ekseninde iletkenliğin değişmediği cisimler için potansiyel dağılımının çözümü bir dizi iki boyutlu çözüme indirgenmiştir¹² ve çözümler ile gerçek veriler karşılaştırılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, silindirik ve silindir ekseninde boyunca iletkenliği değişmeyen cisimlerden elde edilen veriler kullanılarak veri toplanan kesidin iletkenlik dağılımının iki boyutlu görüntüleme algoritmalarıyla görüntülenebilmesi sağlanmıştır¹². Gerçekleştirilen veri toplama sistemi ile kol kesidi görüntüleri elde edilmiş, İngiliz Sheffield Üniversitesi, İngiliz Kültür Heyeti ve ODTÜ'nün işbirliği ile "hızlı Sheffield veri toplama sistemi" kullanılarak göğüs kesidi iletkenlik dağılımı görüntülerinin oluşturulabilmesi sağlanmıştır.

Görüntü oluşturma algoritmaları genelde bilinen bir iletkenlik dağılımı için çözülen potansiyel farkı verileri ile iletkenlik dağılımının görüntülenmesi istenen cisimden elde edilen verilerin karşılaştırılması temeline dayanır. Bu nedenle, modeldeki elektrod pozisyonları ile cisim üzerindeki elektrodların pozisyonlarının uyumlu olması gerekmektedir. Herhangi bir cismin yüzeyine yerleştirilen elektrodların pozisyonlarını bulmak için şimdiye kadar pratik bir yöntem geliştirilememiştir. Bu sorunun çözümü için, görüntülenecek cismin, içinde iletkenliği ayarlanabilir bir kap içerisine yerleştirilmesi ve verilen kap yüzeyine yerleştirilmiş pozisyonları bilinen elektrodlardan toplanması önerilmiştir^{13, 14}. Sıvı iletkenliğinin görüntülere olan etkisi incelenmiş, kap içerisine batırılan cismin sınır şeklinin bulunabilmesi ve bu ek bilginin görüntü kalitesini artırması için bir yöntem önerilmiştir¹⁴. Yüzeiden uygulanan akımlar sonucu elde edilen yüzey potansiyel farkı



Elektriksel Empedans İmnoğrafisi, (EET) Sistemiyle Göğüs Hizasından Gereci? Veri Toplarken



Belirli Bir Fantamdan Görüntü Elde Eden Elektriksel Empedans Tomografisi Sistemi

verilerini kullanarak iletken görüntüsü oluşturma yöntemine alternatif olarak son yıllarda yeni bir yöntem denenmektedir¹⁵. Bu yöntemde yüzeyden akım uygulamak yerine cisim çevresine yerleştirilmiş dairesel sargılardan 50 kHz'lik akım uygulayarak cisim içine akım indüklenmesi önerilmektedir. Son birkaç yıldır bu konu üzerinde çalışan araştırma grubumuz, uzayda dağılımı bilinen, zamanda değişen manyetik akımların cisim üzerine indüklediği akımların yüzeyde yarattığı potansiyel verilerin çözümü amacıyla sonlu elemanlar yöntemini kullanarak bir model geliştirmiştir¹⁶. Yapılan çalışmalar sonucunda, bu yöntemle kullanılabilecek yeni bir görüntüleme algoritması önerilmiş, simülasyon verileri ile görüntüler oluşturulmuştur. Halen önerilen bu yeni görüntüleme yönteminin geliştirilebilmesi için hem veri toplama sistemi hem de görüntü oluşturma algoritmaları üzerinde çalışmalar yapılmaktadır.

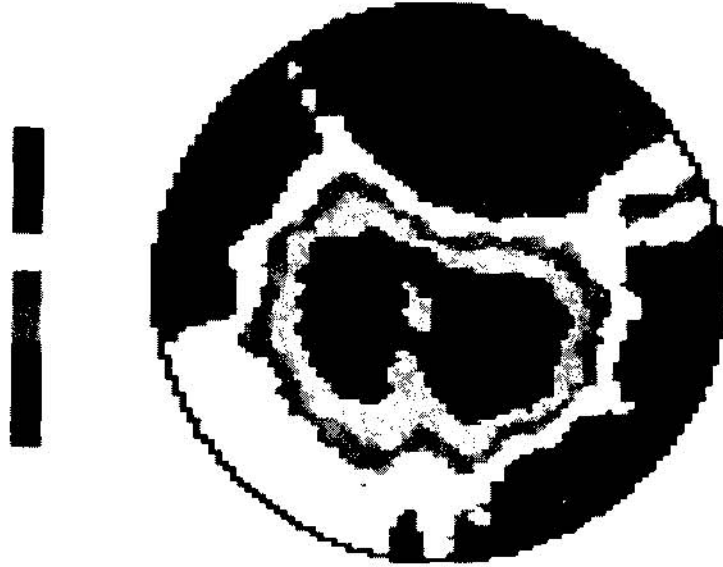
(4) Yüksek Şiddetli Ultrasonik Dalgaların Terapi Amacıyla Kullanılması

Yüksek şiddetli ultrasonik dalgalar insan vücudu içerisine nüfuz edebilme ve kolaylıkla odaklanabilme özelliklerinden ötürü kanserli dokuların tedavisi amacıyla kullanılmaktadırlar. Vücut içindeki dokulara zarar vermeden odaklanan ultrasonik dalgalar, 1 mm civarındaki dalgaboyuyla çok küçük hacimlerde çok yüksek enerjilerin depo edilmesini olası kılmaktadır. Açığa çıkan bu enerji hedefteki kanserli dokunun ısısını vücut ısısının üzerine çıkarmakta, böylece ısı yükselmesine karşı duyarlılığı sağlıklı dokuya göre daha fazla olan kanserli dokuların aktivitelerinin sona ererek vücut tarafından yokedilmeleri, ilaç tedavisinin de yardımıyla sağlanabilmektedir¹⁷.

ODTÜ Biyomedikal Mühendisliği Ultrasonik Laboratuvarı'nda ultrasonik aşırı ısıtma (*hyperthermia*) yönteminin uygulanabileceği sistemlerde kullanılabilecek yüksek şiddetli ultrasonik dalgaları üreterek odaklayan değiştirgeçlerin tasarımı çalışmaları 1986 yılında başlamıştır. Bu tür değiştirgeçleri kullanan sistemlerin tasarımının yanısıra, odaklanan enerjinin vücut ortamı içinde yaratacağı ısı dağılımının vücut dışından yapılacak



Yogus iltzusunuun Altınan hu l\,est Görüntüsü



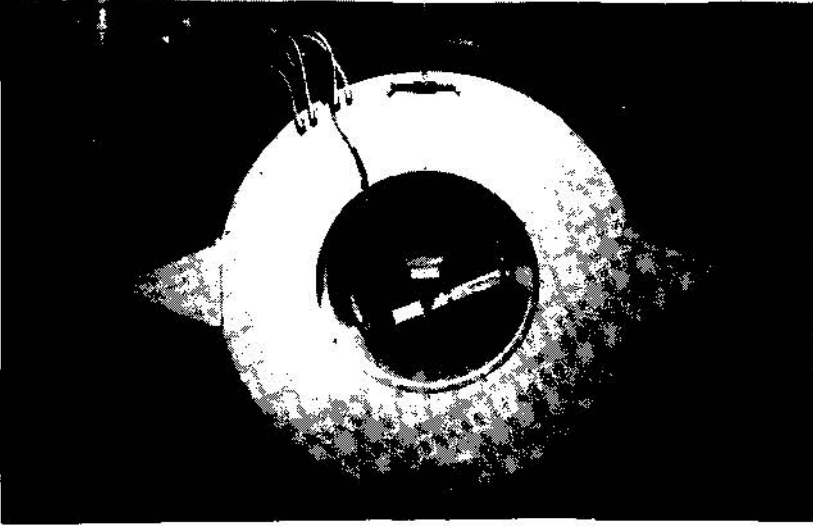
Kol Koulu l'uzui Hizasından Altınan \, u u n - Elde Edilen Bir Görüntü. <EET>

ultrasonik ölçümlerle tahmin edilmesini sağlayacak yeni bir yöntem geliştirme çalışmaları sürdürülmektedir. Söz konusu yeni yöntem, ortamda odaklanma oylumu içerisinde meydana çıkan yüksek şiddetli dalgaların yolaçtığı ses yayılımının doğrusallıktan sapma özelliğinden yararlanmaktadır¹⁸. Geliştirilen yöntemin özgün yanı hem ultrasonik dalgalarla aşırı ısıtmanın hem de ısıtma sonucu ortamda açığa çıkan sıcaklık yüksel-

mesinin kontrolünün vücut dışından yapılan ölçümlerle yapılmasına olanak tanınmasında yatmaktadır¹⁹.

(5) Manyetik Rezonans Görüntüleme

ODTÜ Biyomedikal Mühendisliği Grubu tarafından yürütülen, üniversitenin Sağlık ve Rehberlik Merkezi'nde bir Manyetik Rezonans Görüntüleme Sistemi kurma çalışmaları, Birleşmiş Milletler Örgütü, ODTÜ



Manyetik Rezonans (MR) Görüntüleme Aygıtının Mıknatısının Bulunduğu Kabin



MR Görüntüleme Aygıtının O ÜTÜ Biyomedikal Mühendisliği Laboratuvarları'nda Gerçekleştirilen Donanımı

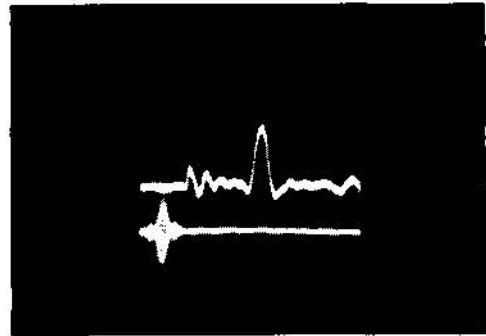
ve TÜBİTAK tarafından desteklenen projeler kapsamında sürdürülmektedir. Bu sistem insan vücudundan tomografik (kesit) görüntüleri almak için kullanılan ve son on yılda büyük gelişmeler gösteren bir sistemdir. Diğer tomografi sistemleriyle karşılaştırıldığında, insan vücuduna zarar veren radyasyon ışınları yerine zararsız manyetik alanları kullanması, istenilen açıda kesit alabilmesi ve istenilen ayırıcılıkta (*resolution*) görüntü alınabilmesi gibi özelliklerinden ötürü daha gelişmiş bir sistem olduğu görülebilir. Günümüzde bu sistemlerin değişik güçte sabit manyetik alan üreten çeşitli modelleri geliştirilmiştir. Genellikle düşük manyetik alan (0.1 -

0.2 Tesla) üreten sistemler dirençli (*resistive*) elektromıknatıslarla kurulurken daha yüksek alan üreten sistemler süper-iletken elektromıknatıslarla kurulmaktadır.

ODTÜ'de kurulmakta olan sistem, 0.15 Tesla sabit manyetik alanlı, dirençli bir elektromıknatısa sahiptir. Ancak, sistemin ileride daha yeni ve yüksek güçlü bir sisteme uyarlanması gözönüne alınarak mıknatıs dışındaki aygıtlar diğer sistemlere uyumlu modellerden seçilmiştir. Sistemde kullanılan aygıtlardan mıknatıs ve güç kaynağı, VAX 3500 bilgisayar

ve matris işlemcisi, *gradient* alanlarını üreten üç adet yükselteç, RF yükselteci ve bir adet PC-AT 'ile TMS320C25 işlemci kartı dışarıdan alınmıştır. Analog-Sayısal ve Sayısal-Analog dönüşümleri yapan bir kart, RF sinyallerini modüle ve demodüle eden bir MODEM ve önyükselteç ile *directional coupler* ise projede görev alan kişilerce gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, sistemde kullanılacak sinyallerin yüksek hızlı bir aritmetik işlemci olan TMS320C25 kartı ile üretilmesi planlanmış ve bunun için gerekli yazılımlar projede görev alanlar tarafından hazırlanmıştır. Üniversite, sistemin kurulması için Sağlık Merkezi'nin bir bölümünü ayırmış ve sistem için gerekli olan Faraday kafesi ve soğutma sistemi ile diğer altyapı çalışmalarının gerçekleştirilmesine katkıda bulunmuştur. Bunlara ek olarak TÜBİTAK da bu projede gereksinim duyulan elektronik malzeme ve bazı demirbaş malzemenin alımı için maddi destek sağlamıştır.

Proje ilk olarak Birleşmiş Milletler Örgütü'nün desteği ile başlamıştır. Araştırma ve geliştirme amacıyla ODTÜ'den iki, Bilkent Üniversitesi'nden ise bir araştırma görevlisi Güney Kore'de bulunan ve bu dünyada bu alandaki en gelişmiş araştırma enstitülerinden biri olan KAIST'da 9 haftalık bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu araştırma ekibi, G.Kore'deki laboratuvarında benzer bir sistem incelemiş ve yürüttükleri deneylerde başarılı sonuçlar almışlardır. Bu araştırmacılar daha sonra ODTÜ'deki sistemin kurulmasında görev olarak çalışmalarını sürdürmektedirler. 23 Kasım 1992 günü saat 11.30'da sistemde ilk FID (*free induction decay*) sinyali elde edilmiştir. Şu anda proje üzerinde çalışmakta olan ODTÜ'den



Sistemde elde edilen ilk FID sinyalinin osiloskop görüntüsü

ve Bilkent Üniversitesi'nden birer profesör ve ODTÜ'den dört araştırma görevlisi bulunmaktadır.

Sonuç

Tıbbi teknoloji çağdaş elektronik, bilgisayar ve bilişim teknolojilerinin en fazla kullanıldığı ve uygulandığı bir alandır. Genel kanının tersine, ülkemizin bu alanda etkin olarak mobilize edileceği mühendislik birikimi vardır.

Türkiye'nin sağlık teknolojisi konusunda sorunları basit ve ilkel değildir. Ülkemizde yeni olan her teknolojiye gereksinim duyulmakta, dolayısıyla bu gelişen teknoloji ürünleri sağlanarak kullanılmaktadır. Burada iki nokta ortaya çıkmaktadır:

(1) Sözkonusu teknolojinin doğru seçimi ve etkin kullanımı için klinik mühendisliği gereklidir.

(2) Tıp teknolojisine ve ülkenin gereksinimlerine, varolan biyomedikal mühendislik potansiyeli ile katkıda bulunmak zorunludur.

Her iki alanda da oluşturulacak etkinliğin Türkiye'deki sorunlara yönelik olması doğaldır. Ancak bu etkinliğin içeriğinin ve ulaşılabilecek sonucunun niteliğinin evrensel düzeyde ve çağdaş teknolojiye uygun olması gerekmektedir. Bir başka deyişle, "Türkiye koşullarına uygun teknoloji" tam anlamıyla çağdaş teknolojidir. Ekonomik olanı da etkin olanı da budur.

Üniversitelerin bu alanda önemli iki hizmeti ortaya çıkar. Birincisi, gerekli bilgi ve beceri ile donanmış insan gücü yetiştirilmesi, diğeri ise yeni bilgi üretme ortamlarının yaratılmasıdır, ikinci işlevi yerine getirmek için proje bazında yoğun araştırma programlarını uygulamak, bunların başarısını uluslararası dergilerde ve yayınlarda yapılan yayınlarla ölçmek, araştırma projelerinin finansmanını sağlamak, dünyanın önde gelen biyomedikal mühendisliği araştırma kurumlarıyla sürekli ilişki içinde olmak gerekir. Yukarıda özetlenmeye çalışılan araştırma etkinliklerinden de görülebileceği gibi ODTÜ Biyomedikal Mühendisliği grubu, özellikle son 10 yıldır tüm enerjisini bu işlevini pekiştirmek için kullanmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Y.Z. İder, "Biyomedikal Mühendislik Eğitimi ve Orta Doğu Teknik Üniversitesindeki Uygulama", Elektrik Mühendisliği, Sayı: 293, s.3-7, 1983.
2. O.Tanrısever, "Design and Construction of a 12-Channel IBM-PC/XT Based ECG", Y.Lisans Tezi, ODTÜ, Şubat 1987.
3. M.C.Şakı, "Use of High Resolution Electrocardiography Techniques in the Study of P Waves", Y.Lisans Tezi, ODTÜ, Şubat 1992.
4. M.C.Şakı, Y.Z.İder, B.Özin, A.Oto, "Effects of EMG and Respiration on Signal Averaging of the P Wave", Computers in Cardiology, 1992 (Basım aşamasında).
5. M.C.Şakı, İder Y.Z., H. Müderrisoğlu, B.Özin, A. Oto, "High Resolution Analysis of the P Wave", Computers in Cardiology, s.21-24, 1991.
6. H.Alpar, "On-Line Monitoring of Fetal ECG", Y.Lisans Tezi, ODTÜ, Nisan 1991.
7. H.Köymen, B.K. Altay, Y.Z. İder, "A Study of Prosthetic Heart Valve Sounds", IEEE Trans. on Biomedical Engineering, Vol.34, No.11, s. 853-863, 1987.
8. A.Baykal, "Model Based Analysis of Second Heart Sounds and Some Anatomical Correlates", Doktora Tezi, ODTÜ, Eylül 1992.
9. B.H.Brown, A.D. Seagar, "The Sheffield Data Collection System", Clin. Phys. Physiol. Meas., Vol.8, Suppl. A, s.91-97, 1987.
10. E.Atalar, "An Iterative Back-projection Algorithm for Electrical Impedance Imaging Using Finite Element Method", Y.Lisans Tezi, ODTÜ, Haziran 1987.
11. N.G.Gençer, "A Study of Algebraic Reconstruction Techniques for Electrical Impedance Tomography", Y. Lisans Tezi, ODTÜ, Şubat 1988.
12. Y.Z.İder, N.G. Gençer, E. Atalar, H. Tosun, "Electrical Impedance Tomography of Translationally Uniform Cylindrical Objects with General Cross Sectional Boundaries", IEEE Trans. on Medical Imaging, Vol.9, No.1, 1990.
13. B.Nakiboğlu, "Use of a Peripheral Layer of Known Conductivity for Electrical Impedance Tomography", Y.Lisans Tezi, ODTÜ, Mayıs 1991.
14. Y.Z. İder, B.Nakiboğlu, M. Kuzuoğlu, N.G.Gençer, "Determination of the Boundary of an Object Inserted into a Water Filled Cylinder", Clin. Phys. Physiol. Meas., Vol.13, Suppl. A, s.151-154, 1992.
15. W.R.Rivis, R.C.Tozer, I.L. Fresston, "Impedance Imaging Using Induced Currents", Proc. 12th Ann. Int. Conf. IEEE/EMBS, Vol.12, s.114-115, 1990.
16. N.G.Gençer, Y.Z.İder, M. Kuzuoğlu, "Electrical Impedance Tomography Using Induced and Injected Currents", Clin. Phys. Physiol. Meas., Vol. 13, Suppl. A, s. 95-99, 1992.
17. M.S.Özyar ve H.Köymen, "Aşırı Isıtma Yoluyla Kanserli Dokuların Tedavisinde Odaklayan Sesötesi Enerjinin Kullanılması", Elektrik Mühendisliği 4. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, s.582-585, İzmir, Eylül 1991.
18. M.S.Özyar, "Localizing the Focus of A converging Ultrasonic Beam Using Finite Amplitude Effects", Y.Lisans Tezi, ODTÜ, Eylül 1988.
19. M.S.Özyar, H.Köymen, "A Noninvasive Focal Field Intensity Estimation Method Using Finite Amplitude Effects in Ultrasound Hyperthermia", Proc. 1991 IEEE Ultrasonics Symposium, Vol.2, s. 1347-1350, 1991.