



1954

TMMOB ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI

BİLGİ BELGE MERKEZİ(BBM)

Döküman Bilgileri

| | |
|--|--|
| EMO BBM Yayın Kodu | : 26 |
| Bölüm başlığı'nın adı | : Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde Biyomedikal Mühendisliği Çalışmaları |
| Yayın Tarihi | : Aralık 1992 |
| Yayın Dili | : Türkçe |
| Yayın Konusu | : ODTÜ'de Biyomedikal Mühendisliği |
| Kitabın Adı | : Elektrik Mühendisliği Dergisi, sayı: 390, Aralık 1992 |
| Yayın Yeri | : Ankara |
| Anahtar Kelimeler | : Biyomedikal |
| Yazar 1 | : Hayrettin Köymen |
| Yazar 2 | : M.Serhat Özyar |
| Yazar 3 | : Nevzat G.Gencer- Tugan Müftüler-M.Cem Şakı |
| Yazarlar EMO üyesi ise Sicil No | : 20,14152 |

Açıklama

Bu doküman Elektrik Mühendisleri Odası tarafından açık arşiv niteliğinde olarak bilginin paylaşımı ve aktarımı amacı ile eklenmiştir.

Odamız üyeleri kendilerine ait her türlü çalışmayı EMOP/Üye alanında bulunan veri giriş formu aracılığı ile bilgi belge merkezinde yer almasını sağlayabileceklerdir. Ayrıca diğer kişiler çalışmalarını e-posta (bbm@emo.org.tr) yolu ile göndererek de bu işlemin gerçekleşmesini sağlayabileceklerdir. Herhangi bir dergide yayınlanmış akademik çalışmaların dergideki formatı ile aynen yer almaması koşulu ile telif hakları ihlali söz konusu değildir.

Elektrik Mühendisleri Odası Bilgi Belge Merkezi'nde yer alan tüm bilgilerden kaynağı gösterilerek yararlanılabilir.

Bilgi Belge Merkezi'nde bulunan çalışmalardan yararlanıldığında, kullanan kişinin kaynak göstermesi etik açısından gerekli ve zorunludur. Kaynak gösterilmesinde kullanılan çalışmanın adı ve yazarıyla birlikte belgenin URL adresi (http://bbm.emo.org.tr/genel/katalog_detay.php?katalog=7&kayit=26) verilmelidir.

İ Ç İ N D E K İ L E R

Elektrik Mühendisleri
Odası Adına

Sahibi

Kaya BOZOKLAR

Yazı İşleri Müdürü

Semra TUŞALP

Yayın Kurulu

Doç.Dr. Haluk TOSUN

Haluk ZONTUL

Hüseyin YAVUZ

EsfendiarHAGHVERDI

Prof. Dr. Metin DURGUT

Mehmet GENÇER

M.SerhatÖZYAR

Şimşek DEMİR

Tolga ÇILOĞLU

Lütfi VAROĞLU

Teknik Yönetmen

Erol TOKTA

Basım Tarihi

Ocak 1992

Basım Adedi

16.000

DİZGİ

GRAFİK DİZGİ

(4)434 03 31 -43416 67

Basıldığı Yer

Özyurt Ofset

(4) 230 76 31

Ankara Merkez ve

Yazışma Adresi

İzmir Cad. İhlamur Sok.

No: 10/1 Kızılay/ANKARA

Tel: (4) 425 32 72-73

Elektrik Mühendisliği

Dergisi

Tel: (4) 417 38 18

AYDA BİR YAYINLANIR

330 Yayın Kurulu'ndan

331 Biyomedikal Mühendisliği

Konuk Editör: Prof. Dr. Hayrettin KÖYMEN

"Biyomedikal Mühendisliği" Konulu Özel Sayımızı
Sunarken"

332

Türkiye'de İlk Basamak Sağlık Hizmetlerinde
Teknoloji: Kısa Bir Tarihçe / Caner FİDANER

333

SÖYLEŞİ: Dr. İrfan GÖKÇAY "Türkiye'de Teknolojik
Anarşi Söz Konusu"

336

Türkiye'de Tıbbi Görüntüleme Cihazları Sektörü / Serhat CAN

338

Tıbbi Görüntüleme Teknikleri / Ertuğrul YAZGAN

341

Biyomedikal Mühendisliği Eğitimi

Dünü, Bugünü ve Yarını / Necmi TANYOLAÇ

359

ODTÜ Biyomedikal Mühendisliği Çalışmaları

Hayrettin KÖYMEN M. Serhat OZYAR, Nevzat G. GENÇER,
Tugan MÜFTÜLER, M. Cem ŞAKI

363

Tıbbi Aygıt Endüstrisi ve Biyomedikal Mühendisi

Günümüzdeki Durumu ve Gelecekteki Eğilimleri

Brian E. FARLEY,

Çeviri: Gökhan KAHRAMAN, M. Serhat ÖZYAR

371

380 Matematik

Necah BÜYÜKDURA ve M. Serhat ÖZYAR

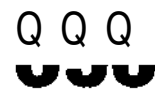
380

386 Oda Tarihinden

Beyin Çekimi Ya da Beyin Göçü / Ersin TULLUNAY

386

390 Oda'dan Haberler



EMO:

Merkez, Şubeler, Temsilcilikler
ve Kontrol Büroları

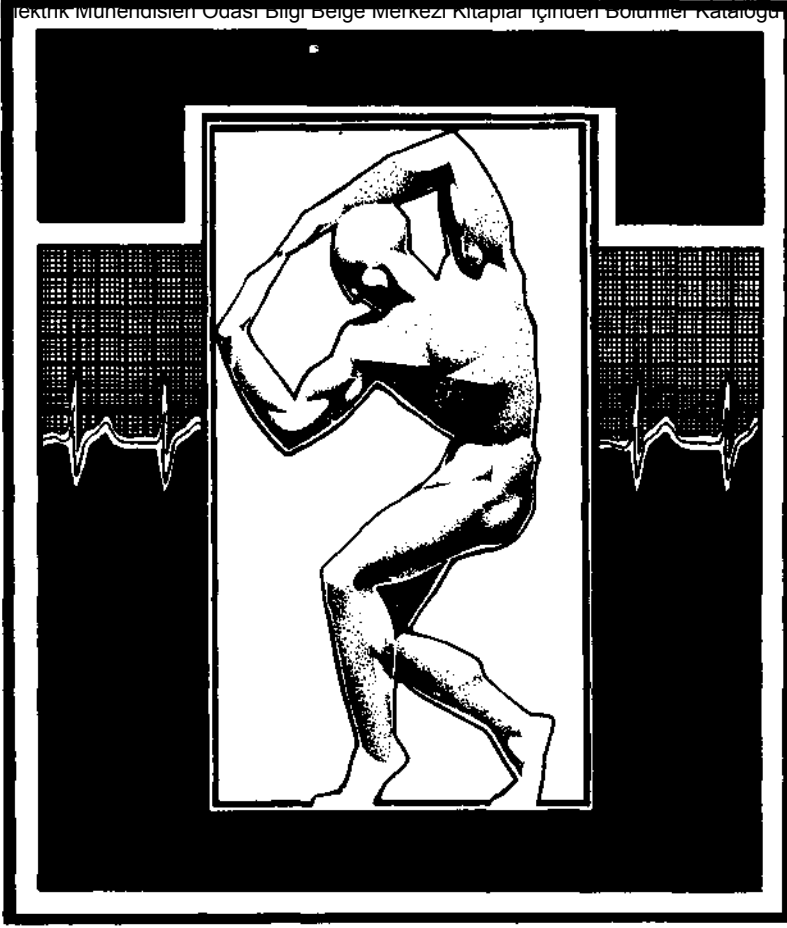
Değerli üyelerimiz,

Sizlere iki yıldan beri elektrik mühendisliğinin ilgi alanına giren özel bir konuda bütünlüğü olan dergiler hazırlama ve sunma çabalarımızı, bu ay **Biyomedikal Mühendisliği** konulu özel sayımızla sürdürüyoruz.



Biyomedikal mühendisliğinin elektrik, elektronik ve bilgisayar mühendislerinin bilgi birikiminin ve yeni teknolojilerin çok yoğun olarak kullanıldığı bir alan olması özelliği son yıllarda iyice belirginleşmiş ve pekişmiş durumda. Elektrik Mühendisliği dergisinin bugüne kadarki sayılarında biyomedikal mühendisliği ile ilgili değişik birkaç yazı yayınlanmış olmasına karşın, başlıbaşına bir **özel sayı** bütünlüğüne sahip bir dergi ilk kez hazırlanıyor. Gerek son derece yeni teknolojilerin doğrudan uygulama alanı bulması gerekse insan sağlığıyla doğrudan ilgili olması nedeniyle biyomedikal mühendisliğinin toplum yaşantısında diğer mühendislik disiplinleriyle karşılaştırılmayacak kadar popülerlik kazanması bizleri **Yayın Kurulu** olarak böyle bir çalışmaya yöneltti.

Bir sayıya sığdırılabilmesi popülerliği oranında zor olan bu konudaki özel sayımızın hazırlanması için **konuk editörlük** önerimizi kabul eden, ülkemizde biyomedikal mühendisliği eğitim ve araştırma potansiyelinin artırılması ve verimli kullanımı için yıllardır uğraş vermiş, bu kapsamda birçok özgün çalışmanın başında yer almış olan Sn. **Prof. Dr. Hayrettin KÖYMEN**'e bu sayfada **Yayın Kurulu** olarak bir kez daha teşekkür ediyoruz.



BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ

Ö Z E L S A Y I

Konuk Editör: Prof. Dr. Hayrettin KÖYMEN

"BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ"

TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Bilgi Belge-Merkezi Kitaplar İçinden Bölümler Kataloğu Kayıt No: 26

KONULU ÖZEL SAYIMIZI

SUNARKEN

Prof. Dr. Metin Durgut bana Elektrik Mühendisliği Dergisi için konuk editörlük yapmamı önerdiği zaman, aslında bunun ülkemizdeki tıp teknolojisinin durumuyla ilgili tartışma için iyi bir ortam olacağını tam kestirememiştim. Elinizdeki Biyomedikal Mühendisliği konulu Özel Sayı için talep ettiğimiz yazılar geldikçe böyle bir tartışma ortamına ne kadar gereksinim olduğu da ortaya çıktı. Doğal ki konuyla ilgili olarak kişi ve kuruluşlar değişik görüşler taşımakta, bu görüşler doğrultusunda eylem içine girmektedirler. Bu durum, bundan sonraki sayfalara dağılmış bulunan yazılarda da gözlenebilir.

Bu sayının sayfalarına konu ile ilgili, beş tanesi özgün bir tanesi çeviri olmak üzere, altı yazı ve bir söyleşi sığdırabildik. Sayın Doç. Dr. Caner Fidaner'in "Türkiye'de İlk Basamak Sağlık Hizmetlerinde Teknoloji: Kısa Bir Tarihçe" başlıklı yazısında, ülkemizde sağlık hizmetlerinin verilmesi ve özellikle temel sağlık hizmetleri açısından teknoloji kullanımı ile ilgili tartışma irdelenmektedir. Sayın Dr. İrfan GÖKÇAY ise bu sayımıza bir hekimler örgütü yöneticisi olarak görüşleriyle katkıda bulundu. Sayın Serhat Can ise "Türkiye'de Tıbbi Görüntüleme Aygıtları Sektörü" başlıklı yazısında, ülkemizde tıp teknolojisinin görüntüleme uygulamalarında kullanımını ve bunun gerektirdiği teknik servis desteğini sektördeki firmalar açısından irdelenmektedir. Bu hizmetler için gereksinimin ve finansmanın iyi tanımlanmış olduğunu, ancak kalite kontrolü ve denetim eksikliğinin bu alandaki etkinliği engellediğini ifade etmektedir. Gerek Elektrik Mühendisleri Odası gerekse Türk Tabipler Birliği'nin bu konuda profesyonel bir çözüm sunabilecekleri koşullar tartışılmaktadır.

Sayın Prof. Dr. Ertuğrul Yazgan "Tıbbi Görüntüleme Teknikleri" başlıklı yazısında, günümüzün tıbbi görüntüleme sistemlerini tanıtmakta ve bazılarını analitik düzeyde irdelenmektedir. Sayın Prof. Dr. Necmettin Tanyolaç ise "Biyomedikal Mühendisliği Eğitimi: Dünü, Bugünü ve Yarını" başlıklı yazısında, ülkemizde biyomedikal mühendisliği eğitimi veren kurumları tanıtmakta ve Boğaziçi Üniversitesi'neki eğitimi ayrıntılı olarak tartışmaktadır.

Benim ve arkadaşlarımla kaleme aldığı "Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde Biyomedikal Mühendisliği Çalışmaları" başlıklı yazıda ODTÜ'de biyomedikal mühendisliği konusunda, özellikle araştırma ve geliştirme alanında yapılan, 1974 yılında başlamış olan ve günümüzde tüm hızıyla devam eden bir yürüyüşü anlatmaya çalıştık.

Brian E. Farley tarafından yazılmış olan "Tıbbi Aygıt Endüstrisi ve Biyomedikal Mühendisi: Günümüzdeki Durum ve Gelecekteki Eğilimler" başlıklı yazıda, sağlık sektörü içinde mühendislik hizmetlerinin önemi ve biyomedikal mühendisliğinin teknolojinin etkin kullanımı ve geliştirilmesi açısından rolü irdelenmektedir.

Bu sayıda özellikle biyomedikal mühendisliği alanında ülkemizde yapılan çalışmaları ve bu alandaki kurumları tanıtmaya çalıştık. Aslında, bilişim teknolojilerinin en yoğun kullanıldığı bu alanda, özellikle Türkiye'nin pazar nitelikleri, varolan mevzuat, teknoloji üretimi ve teknoloji kullanımı konularının enine boyuna tartışılması gereklidir. Yeni bir Sağlık Yasası'nın hazırlandığı bu dönemde, bu tartışma özellikle önemlidir. Önümüzdeki sayılarımızda öncelikle Sağlık Bakanlığı, özel sektör temsilcileri, Türk Tabipler Birliği ve Elektrik Mühendisleri Odası'nın katkılarıyla bu tartışmayı gerçekleştirebileceğimizi umut ediyoruz.

Konuyla bir tanışma niteliği taşıyan bu sayının tüm okuyucularımızın ilgisini çekeceğini umuyorum.

Saygılarımla.

Prof. Dr. Hayrettin KÖYMEN

Bilkent Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü,

ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİNDE BIYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ ÇALIŞMALARI

TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Bilgi Başçe Merkezi Kitaplar İçinden Bölümler Kataloğu Kayıt No: 26

Kısa Tarihçe

ORTA DOĞU Teknik Üniversitesi'nde biyomedikal mühendisliği çalışmaları, üniversite-lerde uygulamalı bilimlerin teknolojidene ve toplumdan kopuk olduğu eleştirilerinin en yoğunlaştığı döneme rastlar. ODTÜ'de bu alanda ilk yüksek lisans dersleri 1974 yılında vermeye 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 sağlayamama 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 Bakanlığının isteği ile bu çalışma sonlandırıldı ve sözleşme uzatılmadı. Sekiz aylık bir aradan sonra 1 Eylül 1983'te yeniden imzalanana 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 Başkanlığı'nı 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 TYİH'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 Tomografi-si
- (4) Yüksek Şiddetli Ultrasonik Dalgaların Terapi Amacıyla Kullanılması (*Hyperthermia*)
- (5) Manyetik Rezonans Görüntüleme

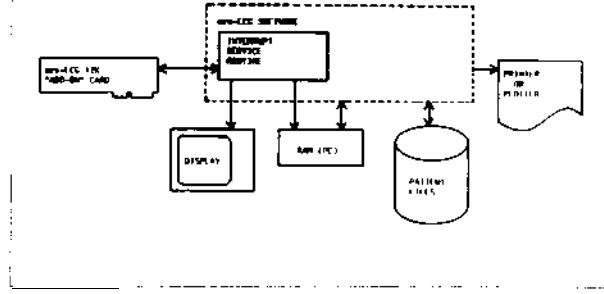
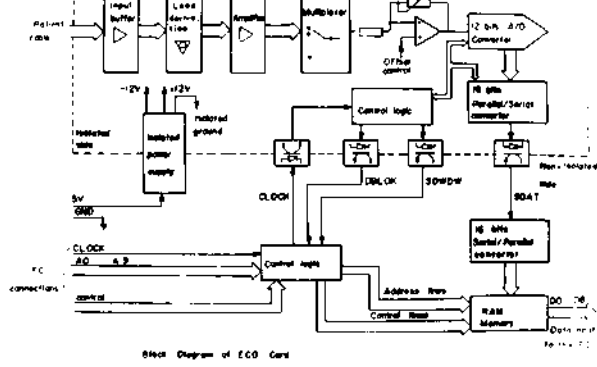
Beş başlık altında toplanan bu çalışmaların özet olarak içerikleri ise şöyle sıralanabilir.

(1) Kardiyak Elektrofizyoloji Bölümler Kataloğu Kayıt No: 26

ODTÜ Biyomedikal Mühendisliği Laboratuvarlarında yürütülen kardiyak elektrofizyolojisi çalışmaları, araştırmaları yürütebilmek için bir elektrokardiyogram (EKG) aygıtı bulundurma gereksiniminin ortaya çıkmasıyla başlamıştır. Bu amaca uygun olarak, laboratuvarların bilgisayar olanakları gözönüne alınarak, mevcut kişisel bilgisayarların donanımı içerisine (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 içerisine mikroişlemcilerin yerleştirilmesi yoluyla elde edilen "bilgisayarlı EKG aygıtları"ndan farklı ucuz bir yol sunuyordu. Nitekim, araştırma olanaklarının verimli kullanılması amacından 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 kullanılmalarının yanısıra, Batı Avrupa'da da ikiyüzden fazla birimde hizmet vermektedir.

EKG donanımı kapsamındaki kişisel bilgisayar tabanlı (*PC-based*) bu EKG kartı tasarımı çalışmalarının yanısıra, 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.

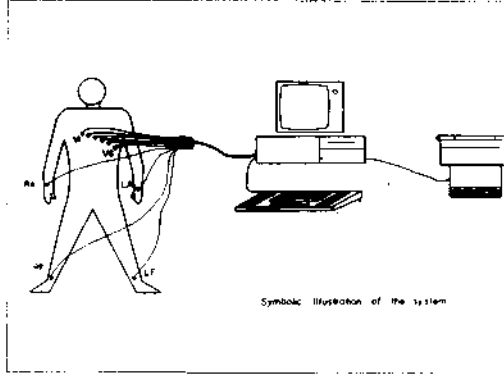
YR-EKG çalışmalarında kullanılan matematiksel işlemlerin verimli ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi için hızlı ve yüksek kapasiteli kişisel bilgisayarlara gereksinim vardır. Bu amaçla TÜBİTAK tarafından desteklenen "YR-EKG Projesi" kapsamında Biyomedikal Mühendisliği Araştırma Laboratuvarları'nın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

Kardiyak elektrofizyoloji başlığı altındaki bir başka araştırma da anne karnındaki bebeğin (*fetus*) EKG sinyalini (*fetal ECG*) annenin vücut yüzeyinden ayıracak 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 verilebilmesi 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 çalışmadır. 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. Sağlıklı bir dokunun sağlıklıya oranla farklı değerlere dönüşmesi ile de sağlıklı 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 akım 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."***

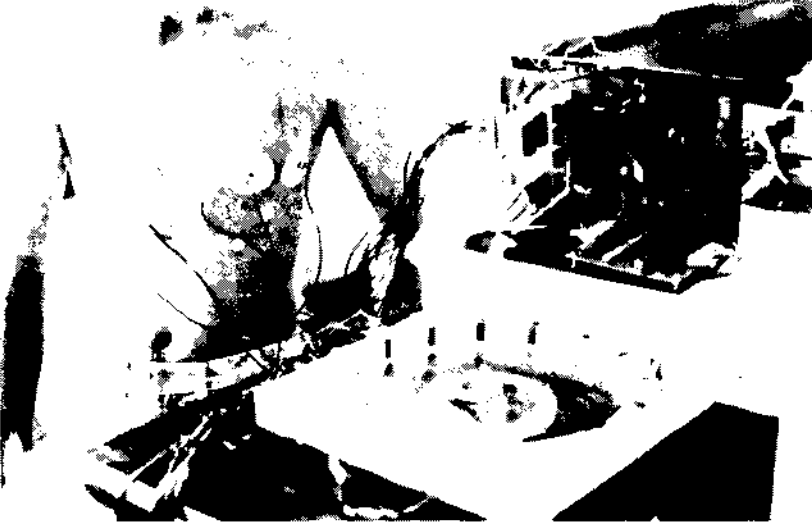
ve yönteme özü daha hızlı ve avir-
dediciliği yüksek görüntü algoritmala-
rının geliştirilmesi için problemin bil-
gisayar yardımı ile
modellendirilmesidir. Diğer araştırma
konusu ise daha hızlı ve daha güve-
nilir veri toplanabilmesi amacıyla veri
toplama sisteminin geliştirilmesi ile il-
gilidir.

ODTÜ Biyomedikal Mühendisliği Eği-
tim ve Araştırma Laboratuvarları'nda
Elektriksel Empedans Tomografi-
sinin geliştirilmesi amacıyla yaklaşık
yedi yıldır etkin bir çalışma yürütül-
mektedir. Öncelikle iki boyutlu, ilet-
kenlik dağılımı bilinen cisimler için
belirli bir akım uygulama durumunda
yüzey potansiyel dağılımının çözümü
konusunda sor.lu elemanlar yöntemi

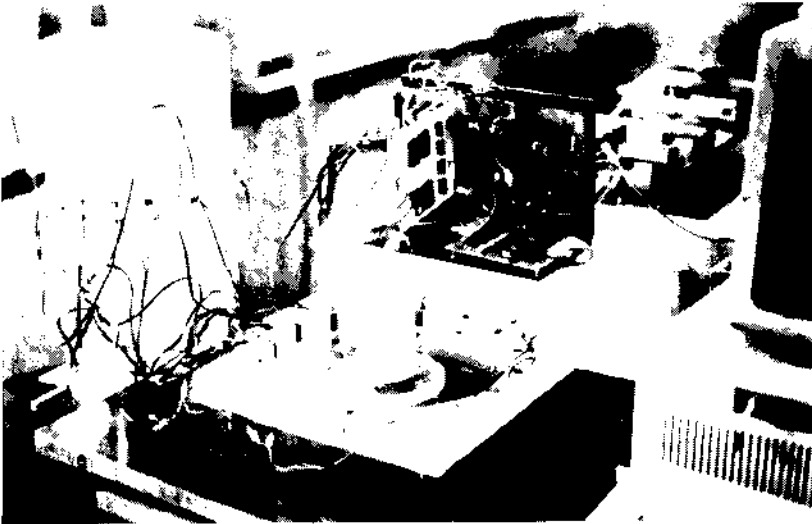
kullanılarak model geliştirilmiştir¹⁰.
Veri toplama sistemi gerçekleştiril-
miş, iki boyutlu cisimlerden alınan
gerçek verilerle Tekrarlamalı Geri iz-
düşüm ve Cebirsel Görüntü Oluştur-
ma algoritmaları kullanılarak görün-
tüler elde edilmiş, görüntüleme
algoritmaları hız ve ayırdedicilik yön-
temlerinden karşılaştırmıştır 10.11.
Daha sonra üç boyutlu, iletkenlik da-
ğılımı bilinen silindirik cisimlerde be-
lirli bir akım uygulama durumunda
yüzey potansiyellerinin çözümü sonlu
elemanlar yöntemiyle gerçekleştiril-
miştir¹¹. Silindirik ve silindir eksenli
yönünde iletkenliğin değişmediği ci-
simler için potansiyel dağılımının çö-
zümü bir dizi iki boyutlu çözüme in-
dirgenmiştir² ve çözümler ile gerçek
veriler karşılaştırılmıştır. Bu çalışma-
lar sonucunda, silindirik ve silindir ek-
seni boyunca iletkenliği değişmeyen
cisimlerden elde edilen veriler kulla-
nılarak veri toplanan kesidin iletkenlik
dağılımının iki boyutlu görüntüleme
algoritmalarıyla görüntülenebil-mesi
sağlanmıştır². Gerçekleştirilen veri
toplama sistemi ile kol kesidi görün-
tüler elde edilmiş, ingiliz Sheffield
Üniversitesi, ingiliz Kültür Heyeti ve
ODTÜ'nün işbirliği ile "hızlı Sheffield
veri toplama sistemi" kullanılarak
göğüs kesidi iletkenlik dağılımı gö-
rüntülerinin oluşturulabilmesi sağlan-
mıştır.

Görüntü oluşturma algoritmaları ge-
nelde bilinen bir iletkenlik dağılımı
için çözülen potansiyel farkı verileri
ile iletkenlik dağılımının görüntülen-
mesi istenen cisimden elde edilen
verilerin karşılaştırılması temeline
dayanır. Bu nedenle, modeldeki
elektrod pozisyonları ile cisim üzerin-
deki elektrodların pozisyonlarının
uyumlu olması gerekmektedir. Her-
hangi bir cismin yüzeyine yerleştirilen
elektrodların pozisyonlarını bulmak
için şimdiye kadar pratik bir yöntem
geliştirilememiştir. Bu sorunun çözü-
mü için, görüntülenecek cismin, için-
de iletkenliği ayarlanabilir bir kap içe-
risine 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 bilgi-
nin görüntü kalitesini artırması için
bir yöntem önerilmiştir¹⁴.

Yüzeyden uygulanan akımlar sonucu
elde edilen yüzey potansiyel farkı



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



Belirli Bir Fantamdan Görüntü Elde Eden Elektriksel Empedans Tomografisi Sistemi

(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 kullanılacak 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

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

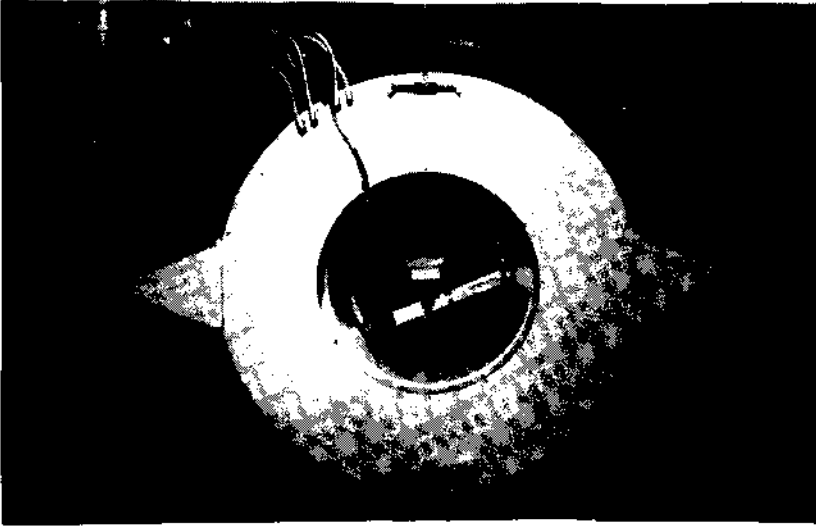
ODTÜ Biyomedikal Mühendisliği Grubu tarafından yürütülen, üniversitenin Sağlık ve Rehberlik Merkezi'nde bir Manyetik Rezonans Görüntüleme Sistemi kurma çalışmaları, Birleşmiş Milletler Örgütü, ODTÜ



Yüksek şiddetli ultrasonik dalgaların terapevütik amaçla kullanılması için geliştirilen görüntüleme yönteminin sonucu olarak elde edilen bir görüntü. <EET>



Kol Kolu, Uzun Hızından Alınan, Uzun - Elde Edilen Bir Görüntü. <EET>



Manyetik Rezonans (MR) Görüntüleme Aygıtının Mıknatısının Bulunduğu Kabin



MR Görüntüleme Aygıtının O ÜTÜ Biyomedikal Mühendisliği Laboratuvarlarında Gerçekleştirilen Donanımı

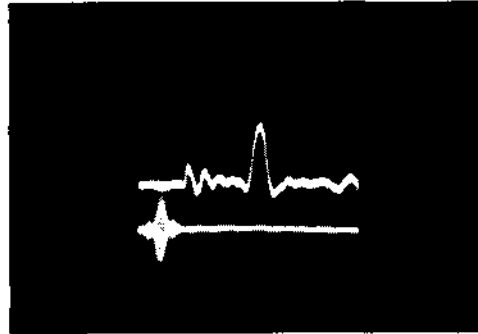
ve TÜBİTAK tarafından desteklenen projeler kapsamında sürdürülmektedir. Bu sistem insan vücudundan tomografik (kesit) görüntüleri almak için kullanılan ve son on yılda büyük gelişmeler gösteren bir sistemdir. Diğer tomografi sistemleriyle karşılaştırıldığında, insan vücuduna zarar veren radyasyon ışınları yerine zararsız manyetik alanları kullanması, istenilen açıda kesit alabilmesi ve istenilen ayırdedicilikte (*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 işlemci, 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 sistemi incelemiş ve yürüttükleri deneylerde başarılı sonuçlar almışlardır. Bu araştırmacılar daha sonra ODTÜ'deki sistemin kurulmasında görev alarak 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 edebileceği 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 sonucun 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.Rirvis, 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 Kansерli 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.