

BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİ (DÜNÜ, BUGÜNÜ VE YARINI)



Necmi Tanyolaç(*)

(*)Prof. Dr., Boğaziçi Üniversitesi, Biyomedikal Mühendisliği Enstitüsü.

BİYOMEDİKAL mühendisliği ve hedeflerini açıklayalım. Dünyada 30 yıl kadar bir geçmiş olan biyomedikal mühendisliği, mühendislik ve fen bilimleri ihtisas dalları ile, tıp ve biyoloji bilimlerinin birleşiminden meydana gelen disiplinlerarası bir meslektir.

Biyomedikal mühendislerinin hedefleri:

1. Hastanelerde doktorlarla beraber çalışarak hastaların durumunun teşhis ve tedavisinde kullanılan cihaz ve metodların en etkin olarak uygulanmasını sağlamak,
2. Hastanelerde tıbbi cihazların normal standart ölçüde ve sürede çalışmasını temin etmek,
3. Yüksek teknolojinin getirdiği imkanları kullanarak, yeni cihaz ve tıbbi uygulamalara ait araştırmalarda doktorlara ve tıbbi cihaz endüstrisine katkıda bulunmaktır.

Son yirmi yılda, yüksek teknolojinin getirdiği yeni teşhis ve tedavi cihazlarının hastanelerde kullanımı eksponensial bir hızla artmış bulunuyor. Bugün, birçok hastanede klasik tıp cihazları arasına girmiş olan elektronik, elektromekanik ve bilgisayarlı cihazlar on sene evvel yok idi.

Bunlar arasında, otomatik üç kanallı EKG, değerlendirici EKG, yoğun bakımda kullanılan monitörler, kalp akciğer makinaları, otomatik defibrilatörler, televizyonlu röntgen cihazları, dijital anjiyografi, renkli ultrason teşhis cihazları, kompüterli ve videolu nükleer tıp cihazları, oto analizörler, fiber optik TV ve videolu endoskop, lazer cihazları, bilgisayarlı tomografi (CAT), Nükleer Manyetik Rezonans (NMR), Positron-Emisyon Tomografi (PET), gibi yüksek teknoloji kullanan cihazlar yer almaktadır. Bunlara yapay organlardan kalp kapakçıkları, yapay kalp, kalp pili, eklem, kalça protezleri ve böbrek diyalizörleri eklenebilir.

Bugün yüksek teknoloji tıp cihazlarının, alış fiyatı iki milyon ile iki milyar lira arasındadır. Bunların yıllık koruyucu bakım, ayar ve tamir ücreti de alış fiyatlarının % 5 ila %10'u arasındadır.

Yüksek teknolojinin getirdiği tıp cihazları olan 200 yataklı modern bir



"Doktorların hem doktorluk yapmak ve hem de yüksek teknoloji kullanan cihazların özelliklerini, çalışma prensiplerini, piyasada bulunan çeşitli tiplerini, yakında hangi tiplerin çıkacağını, normal fiyatlarının ne olduğunu, cihazların kullanım ve bakım problemlerini öğrenmelerini bekleyemeyiz."

hastanenin yıllık bütçesi 100.000.000 dolar civarındadır. Böyle bir hastanede mevcut tıbbi cihazların değeri 20.000.000 ile 40.000.000 dolar arasındadır. Cihaz yatırımı yüksek olan, yeni hastanelerde tıbbi etkinlik ve maliyet bakımından hastane başhekimisi ve servis şeflerinin en önemli görevi, bu cihazların durmaksızın doğru olarak çalışmasını sağlamaktır.

Bu da, cihaz alımında, kullanıcıların eğitiminde cihazların koruyucu bakımı, ayar ve tamirinde yeni yöntemleri gerektirmektedir.

Eselden doktorlar genellikle röntgen cihazı, EKG ve benzer cihazları seçerken bu cihazları kullanan meslektaşlarının ve kendilerinin tecrübeleri yeterli olabiliyordu. Doktorların hem doktorluk yapmak ve hem de yüksek teknoloji kullanan cihazların özelliklerini, çalışma prensiplerini, piyasada bulunan çeşitli tiplerini, yakında hangi tiplerin çıkacağını, normal fiyatlarının ne olduğunu, cihazların kullanım ve bakım problemlerini öğrenmelerini bekleyemeyiz. Yeni cihazlarla beraber, hızla gelişen teşhis ve tedavi metodlarını sürekli eğitimle (*continuous education*) öğrenme durumunda olan doktorlarımızın iki yıl özel bir eğitimle yüksek teknoloji öğrenmelerini düşünemeyiz.

Bu problemin çözümü, 1960 yılında Amerika'da Sağlık Bakanlığı'nın isteği ve yardımı ile üniversitelerde başlatılan biyomedikal mühendisliği eğitimi ile olmuştur.

Amerika'da Biyomedikal Mühendisliği Eğitimi:



ilk biyomedikal mühendisliği eğitimi, Amerika Birleşik Devletleri'nde 1961 yılında NASA (*National Aeronautical and Space Administration*)'da astronotların aya gidiş ve gelişte sağlık durumları ile ilgili olarak, mühendislerle doktorların müşterek çalışmaları ve araştırmaları neticesi elde edilen bilgi ve tecrübelerin değerlendirilmesi ile başlamıştır. Amerika'da 121 üniversite biyomedikal mühendisliği (BME) eğitimi vermektedir. 1981 yılında yüksek lisans BME eğitimi veren üniversite adedi 90 ve öğrenci adedi 4200 olmuştur. Biyo-



medikal mühendisliği eğitimi, genellikle elektrik mühendisliği eğitiminde özel bir yüksek lisans kolu olarak başlamıştır.

Avrupa'da Biyomedikal Mühendisliği Eğitimi:



Ewela İngiltere'de klinik mühendisliği olarak 3 üniversitede başlamıştır. Son 8 yılda Fransa, Almanya, Hollanda ve İtalya üniversitelerinde biyomedikal mühendisliği eğitimi başlamıştır. Bu gecikmenin başlıca nedeni, bu ülkelerde doktorların, genellikle ülkelerinde imal edilen tıbbi cihazları kullanmaları ve imalatçıların hastanelere etkin ve çabuk hizmet verebilmeleridir. Ancak, son yıllarda Ortak Pazar'ın getirdiği kolaylıklar ve hızla gelişen teknoloji nedeni ile Batı Avrupa'da, Amerika Birleşik Devletleri

ve Japonya'nın imal ettiği tıbbi cihazların kullanımı çok artmıştır. Bu durum, Avrupada'ki üniversiteleri biyomedikal mühendisliği eğitimine teşvik etmiştir.

Önümüzdeki yıllarda, Avrupa'da ve gelişmekte olan ülkelerde biyomedikal mühendisliğine olan ihtiyacı karşılamak için üniversitelerde yeni programların ilavesi beklenmektedir.

Türkiye'de Biyomedikal Mühendisliği Hizmeti:



İstanbul'da İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi'nin 1980 yılında Boğaziçi Üniversitesi'nden biyomedikal mühendislik hizmeti istemesi ve Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nde 1979 yılında kurulan Biyomedikal Mühendisliği Araştırma Enstitüsü ve Elektrik Mühendisliği Bölümü ile yaptığı anlaşma ile başlamıştır. Ankara'da ise 1981 yılında Yüksek İhtisas Hastanesi Başhekimisi Dr. Kemal Beyazıt'ın Ortadoğu Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü'yle yaptığı bir hizmet anlaşması ile başlamıştır.

Bu çalışmaları koordine etmek ve teşvik etmek üzere TÜBİTAK Tıp Araştırma Grubu, 1981 yılında DPT, SSYB, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, TÜBİTAK Marmara Enstitüsü, Sanayi Bakanlığı, MKE Genel Müdürlüğü ve ASELSAN temsilcileri ile bir toplantı yaptı. Komisyon 1981 yılında hazırladığı raporla Marmara Bölgesi'nde Boğaziçi Üniversitesi'nin ve Ankara bölgesinde ODTÜ'nün görev almasını önerdi.

Türkiye'de Biyomedikal Mühendisliği Eğitimi:

a) Boğaziçi Üniversitesi: Boğaziçi Üniversitesi'nde biyomedikal mühendisliği eğitimi, Mühendislik Fakültesi Elektrik Bölümü'nde 1977 yılında yüksek lisans öğrencilerine verilen "Biyolojik Kontrol Sistem Analizi" dersi ile başlamış ve Üniversite Senatosu'nun 19 Ocak 1978 tarihli kararı ile 1979 senesinde Elektrik Mühendisliği Bölümü'nde biyomedikal mühendisliği yüksek lisans programı 6 öğretim üyesi ile başlamıştır.

Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Bölümü'nde başlayan biyomedikal mühendisliği yüksek

lisans programı, 2547 sayılı YÖK Kanunu ve 41. sayılı Üniversiteler Teşkilat Kanunu ile 20.7.1982de kurulan Boğaziçi Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Enstitüsü'ne devredilmiştir. Bu enstitü 1984 yılında Sağlık Bakanlığı'na ve İstanbul'daki hastanelerine biyomedikal mühendisliği hizmetlerini vermeye başlamıştır.

Enstitü 1982 yılında Birleşmiş Milletlerin (UNDP) ve UNESCO'nun yardımı ile beş yılda yurtdışına 12 öğretim üyesini ihtisas ve etüd için yollamış, yurtdışından 12 öğretim üyesi ve uzman getirmiş, ayrıca Sağlık Bakanlığı üst kademe idarecilerinden dördüne ve tıp fakültelerinden iki öğretim üyesine ABD'deki hastanelerde biyomedikal mühendisliği teşkilatlarını inceleme imkanı sağlamıştır.

1982 yılında bir tam zamanlı ve üç kısmi zamanlı öğretim üyesi olan Enstitü'nün bugün 13 öğretim üyesi ve 46 yüksek lisans öğrencisi vardır. Her yıl ortalama 30 mezun verebilen bir eğitim ve araştırma programı vardır. Ayrıca, eğitim, araştırma ve müşavirlik hizmetleri için kullanılan dört laboratuvar, tıp cihazı kullananlara, araştırmacılara ve imalatçılara hizmet veren bir dökümantasyon servisi ve Biyomedikal Mühendisliği Bülteni adlı periyodik bir yayını vardır.

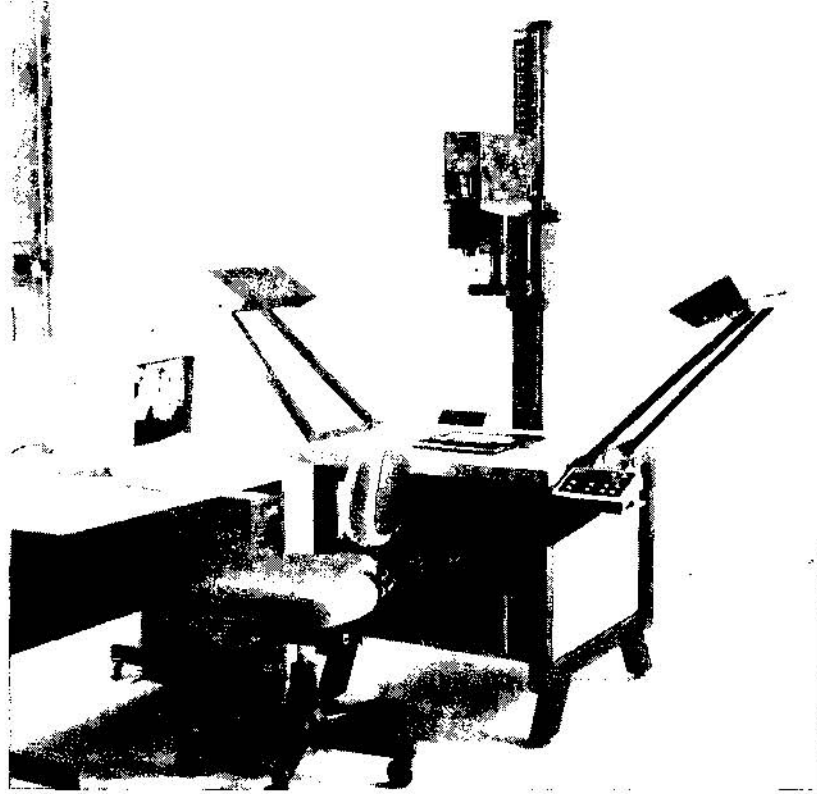
UNESCO'nun ve Birleşmiş Milletlerin yaptığı değerlendirmelere göre, Enstitü'nün eğitim programı ve imkanları ABD'de biyomedikal mühendisliği eğitimi veren üniversitelerin en önde olanlarıyla aynı duruma gelmiştir. 1990 yılında UNESCO ve UNDP'nin önerisi ve katkısıyla B.Ü. Biyomedikal Mühendisliği Enstitüsü'nün bölgesel bir enstitü olması kararlaştırılmıştır.

Enstitüye mühendislik ve fen bilimleri lisans diploması almış olanlarla tıp, biyoloji, eczacılık ve diş hekimliği diploması almış olanlar devam edebilmektedir.

Kökene mühendislik ve fen bilimleri olanlara, ağırlığı tıp ve biyoloji olan bir eğitim programı ve kökeni tıp, biyoloji, eczacılık ve diş hekimliği olanlara ağırlığı mühendislik olan bir program uygulanmaktadır.

Biyomedikal Mühendisliği Enstitüsü'nün üç anabilim dalı vardır:

1. Biyomedikal Elektronik



2. Biyomekanik ve Biyosibernetik

3. Protez Malzemeleri ve Yapay Organlar

Yüksek lisans programında, bir yıllık iki sömestr 24 kredi saatlik dersler ile 60 gün hastane stajı ve iki sömestr bir yüksek lisans tez ve araştırma çalışması mevcuttur.

Doktora programında, iki yıl 18 kredi saatlik ders, doktora yeterlilik sınavı ve doktora tez ve araştırma çalışması mevcuttur.

Biyomedikal yüksek lisans dersleri üç ihtisas grubunda toplanmıştır:

1. Biyoelektronik
2. Biyosistemler ve Biyosibernetik
3. Protez Malzemeler ve Yapay Organlar

Ders Konuları:

(i) Genel Alanlar:

- BM 500 Hastane Klinik Mühendisliği ve Yönetimi
 BM 501 Biyolojik Sistemlere Giriş
 BM 502 Fizyolojiye Giriş

BM 601 Özel Konular

BM 609 Biyomedikal Mühendisliği Master Tezi

BM 790 Biyomedikal Mühendisliği Doktora Tezi

(ii) Biyomedikal Elektronik Konuları:

BM 510 Biyomedikal Cihazlar Laboratuvarı I

BM 512 Biyomedikal Cihazlar Laboratuvarı II

BM 513 Biyo-Tıp için Elektronik

BM 514 Biyo-Tıp için Elektronik

EE 581 Biyomedikal Cihazlar ve Ölçme Tekniği I

EE 582 Biyomedikal Cihazlar ve Ölçme Tekniği II

BM 613 Biyotelemetri ve Kalp Enstrümantasyonu

BM 614 Bilgisayarlı Tomografi

EE 658 Tıbbi Cihazlar Tasarımı

EE 659 Ultrasonik Cihazlar

EE 681 Teşhis ve Tedavi Tıp Cihazları



Yaptığımız araştırmalara göre, Türkiye'nin 1988 yılındaki biyomedikal mühendisi ihtiyacı 190 ve biyomedikal teknisyeni ihtiyacı 1400'dür. Bu ihtiyacın gelecek 10 yılda 860 mühendis ve 3100 teknisyen şeklinde olacağı tahmin edilmektedir.

(iii) Biyomekanik ve Biyosiberetik:

- BM 521 Biyosistemler ve Biyomekanik
- BM 621 Doku Mekaniği
- EE 652 Biyolojik Kontrol Sistemleri
- BM 532 Biyomedikal Mühendisliği Ölçü Teknikleri
- BM 631 Klinik Tıpta Ölçü ve Veri İşlenmesi
- BM 632 Duyu Sistemleri
- BM 660 Sinir Sistemi Analizi

(iv) Protez ve Yapay Organlar:

- BM 541 Biyolojik Malzemeler
- BM 542 Protezler ve Yapay Organlar

b) Ortadoğu Teknik Üniversitesi:

ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü 1985 yılından beri biyomedikal mühendisliği Yüksek Lisans ve Doktora derecesi programına başlamıştır. Ayrıca, Elektrik Bölümü'nde biyomedikal mühendisliği dersleri ve tezleri verilmektedir.

c) İstanbul Teknik Üniversitesi:

İTÜ'de 1980 yılında Elektrik-Elektronik Fakültesi'nde yüksek lisans öğrencileri için seçmeli biyomedikal dersleri verilmeye başlanmış ve 1985 - 1986 yılında Elektrik ve Haberleşme Bölümü lisans öğrencileri için biyomedikal mühendisliği programı başlamıştır.

d) Hacettepe Üniversitesi:

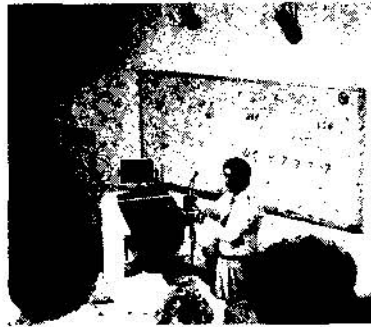
H.Ü. 1990 yılında, Biyomühendislik Yüksek Lisans ve doktora derecesi programına başlamıştır.

Biyomedikal Mühendisliği'nin Yarını:

Biyomedikal mühendisliği, yüksek teknolojinin gelişmesine ve tıbbi cihaz imalinin ve yeni tıbbi metodların uygulamasına paralel olarak gelişecektir.

Son 10 yılda tıp cihazlarındaki gelişme, bilhassa elektronik ve bilgisayar teknolojisinin tıbbi cihaz imalinde kullanımını nedeni ile tahminlerin üstünde olmuştur. 1970 yılında tıp cihazlarının adedi, röntgen, elektrokardiyogram, tansiyon ölçme aleti, anestezi cihazı, kan ve idrar tahlilinde kullanılan klasik kimya laboratuvarı cihazı olarak parmakla sayılacak kadar azdı. 1985 yılında tıp cihazlarının çeşidi 600'den fazla olmuştur. Her yıl ortalama 100 kadar yeni tıp cihazı piyasaya arz edilmektedir. Yalnız Amerika Birleşik Devletleri'nde imal edilen tıp cihazlarının yıllık tutarı 100 milyar doların üstündedir. Türkiye'nin ithal ettiği tıbbi cihazların tutarı 80 milyon doları aşmaktadır.

Yüksek teknolojinin getirdiği tıbbi cihazlar sayesinde, doktorlarımız teşhis ve tedavide daha çabuk ve daha etkin netice alabilmektedir. Bu cihazlar çok pahalı olmasına rağmen, satışı ve kullanımı her ülkede artmaktadır. Örnek olarak fiyatı 600.000 ABD doları olan NMR cihazının ABD'de adedi 1984 yılında 78 iken 1988 yılında 900 olmuştur. Ultrason cihazlarının dünyadaki yıllık satış tutarı 1982 yılında 403 milyon dolar iken 1987 yılında 876 milyon dolara çıkmıştır. 1992 yılında satışın bir milyar 757 milyon dolar olacağı tahmin edilmektedir.



Ancak, bu yüksek teknoloji tıp cihazları hem pahalı, hem komplike ve hem de çok çeşitlidir.

Bu cihazların, doğru olarak seçimi, uygun fiyatla satın alınması, ön ve kati kabul muayenesinin yapılması, kullanımının tam olarak öğrenilmesi, kullanım süresince gerekli olan periyodik ayar ve bilhassa koruyucu bakımın yapılması ve arızalandığında kısa zamanda tamiri biyomedikal mühendislerinin ve onlarla beraber çalışacak biyomedikal teknisyenlerinin yardımı ile olabilir.

Yaptığımız araştırmalara göre, Türkiye'nin 1988 yılındaki biyomedikal mühendisi ihtiyacı 190 ve biyomedikal teknisyeni ihtiyacı 1400'dür. Bu ihtiyacın gelecek 10 yılda 860 mühendis ve 3100 teknisyen şeklinde olacağı tahmin edilmektedir.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde insanlar kendi ülkelerinde daha etkin ve güncel teknolojiye uygun sağlık hizmetleri istemektedir. Bu arzu ve isteğin iki temel nedeni vardır:

Birincisi, Hayat standardının artması ile orantılı olarak insanların daha iyi sağlık hizmetini doktorlardan ve sağlık kuruluşlarından beklemesidir.

İkincisi, Yüksek teknolojinin getirdiği yeni tıbbi cihazlar sayesinde:

1. Teşhis ve tedavide hata azalmaktadır.
2. Teşhis ve tedavi süreleri asgariye inmektedir.
3. Teşhis ve tedavi cihazlarının hastaya olabilecek yan etkileri azalmaktadır.
4. Teşhisin ve tedavinin invaziv olmayan (*noninvasive*) metodlarla yapılma imkanı artmaktadır.
5. Mümkün olduğu kadar tedavide kan kaybı asgariye indirilmiştir.
6. Evde kullanılan tıp cihazlarının adedi artmaktadır.

Bu isteklerin karşılanmasında ve yeni tıp teknolojisinin gelişmesinde tıp doktorlarıyla biyomedikal mühendislerinin beraber katkıları her yıl artacaktır.