

**TÜRKİYE' DE VE DÜNYADA BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİK VE  
BİYOMEDİKAL CİHAZ TEKNOLOJİSİ EĞİTİMİ**

Yrd. Doç. Dr. A. Yılmaz Çamurcu(\*)  
Prof. Dr. Sezgin Alsan(\*)

**ÖZET**

Ülkemizdeki biyomedikal mühendislik ve tıp cihazları teknolojisi eğitimine ilişkin sorunlar ve yapılmış olan çalışmalar açıklanmaktadır. Ülkemizdeki ve yurtdışındaki biyomedikal mühendislik ve biyomedikal cihaz teknolojisi eğitim programlarının, bugünkü yapısı ve durumu değerlendirilmektedir.

**TÜRKİYE' DE TIP CİHAZLARI TEKNOLOJİSİNE İLİŞKİN İLK EĞİTİM  
ÇALIŞMALARI**

Biyomedikal mühendislik, günümüzde, sağlıkla ilgili sistemlerin en önemli katılımcılarından birisi durumundadır. Tıp cihazları teknolojisinin teşhis ve tedavi amaçlı kullanımının insan sağlığında ve ömrünün uzatılmasındaki etkilerini göz önünde tutan ülkeler, yapılan çalışmaları yakından takip ederek, mühendislik ve teknoloji eğitiminin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasına önem vermişlerdir (Schwan, September 1993: 25- 29, Brown, September 1986: 16-20, Boström, September 1993: 34-45). Türkiye'de de bu konudaki eğitime ilişkin ilk çalışmalar Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi ve TÜBİTAK tarafından başlatılmıştır. Bu alandaki en önemli eksiklik, Türkiye sağlık kuruluşlarında bulunan tıp cihazlarının bakım, onarım, test ve kalibrasyonlarının yapılamaması nedeniyle doğan sorunlarla ortaya çıkmıştır. Sağlık kurumlarındaki tıbbi cihazların teknik sorunlarını çözmek için gerekli mühendis, tekniker ve teknisyenlerin olmaması nedeniyle, sağlık personelinin şikayetleri olmuştur. Türkiye'de biyomedikal cihazlarla ilgili sorunları belirlemek için değişik kuruluşlarca yapılan araştırmaların **sonuçlarına göre:**

- a) Devlet Planlama Teşkilatının 1973 yılında, dördüncü beş yıllık kalkınma planı, özel ihtisas komisyonu tarafından sunulan rapora göre, ülkedeki sağlık kuruluşlarında 260 milyon Amerikan doları değerinde elektronik cihaz bulunduğu ve bunların %70-80'nin ya hiç çalışmadığı ya da beklenen biçimde çalışmadığı belirtilmiştir (Richter, 1985).

---

\* Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim fakültesi, Elektronik- Bilgisayar Eğitimi Bölümü Öğretim Üyesi, İstanbul

- b) 1976 yılında UNIDO araştırma raporlarına göre. Sağlık Bakanlığı hastanelerinde, 53 milyon Amerikan Doları değerinde tıbbi cihaz bulunduğu ve bunların %95' ne gerekli ve uygun bakım ve onarım servisi yapılmadığı belirtilmektedir (Richter, 1985).
- c) 1978 yılında TÜBİTAK Marmara Araştırma Enstitüsünde yapılan bir çalışmada da elektronik cihazların bakım ve onarımı için yaklaşık 2000 mühendis ve teknisyene ihtiyaç olduğu belirtilmiştir (Richter, 1985).
- d) Devlet Planlama teşkilatının VI. Beş yıllık kalkınma planı, özel ihtisas komisyonu raporlarına göre ise 1985 yılında Türkiye'deki mevcut tıbbi cihazların toplam rayiç bedeli 900.000.000 dolar olarak tahmin edilmektedir. Bu raporda, 2000 yılına kadar 860 Biyomedikal Mühendis ve 3100 Biyomedikal teknisyenine ihtiyaç olacağı belirtilmiştir (DPT, Eylül 1991).

Ülkemizde tıbbi cihaz teknolojisi alanında yetişmiş olan teknik eleman sıkıntısı uzun yıllar devam etmiş ve hala daha devam etmektedir. Sağlık kuruluşlarındaki tıbbi cihazlarda ortaya çıkan sorunların, hastanedeki tıbbi cihaz bakım, onarımları ile ilgilenen teknik elemanlardaki bilgi eksikliği ya da hiç teknik eleman olmaması gibi nedenlerden kaynaklandığı tespit edilerek, gerekli niteliklerde eleman yetiştirilmesi için eğitim çalışmaları başlatılmıştır. Biyomedikal mühendislik eğitimi ve biyomedikal cihaz teknolojisini bilen teknik elemanların yetiştirilmesi için başlatılan bu çalışmalar şöyle sıralanabilir;

- a. ) Tıbbi cihaz bakım ve onarımını yapacak teknik elemanların eğitimini verecek bir merkez oluşturulması amacıyla, 1979 yılında Tübitak-Unido ortaklaşa projesi, TÜBİTAK'ta başlatılmıştır. Kısa adı EBOEM olan bu projenin merkezi, Gebze<sup>1</sup> de çok iyi bir donanımla açılmıştır. Başlangıçta Sağlık Bakanlığı ve SSK da görevli olan elektronik teknisyenlerinin eğitimi yapılmıştır. Projenin bitiminde de bu merkez, Milli Eğitim Bakanlığına devredilmiştir. Bakanlık tarafından da burada Anadolu Teknik Lisesi bünyesinde, biyomedikal cihaz teknisyeni yetiştirilmesi için bir yıl İngilizce hazırlık okulundan sonra, 4 yıl süreli bir tıp elektroniği bölümü açılmıştır.
- b. ) Boğaziçi Üniversitesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü içerisinde 1979 yılında lisans öğrencilerine seçmeli ders olarak tıp cihazları eğitimi verilmeye başlanmıştır. 1980 yılında resmi olarak biyomedikal mühendisliği yüksek lisans programı başlatılmıştır. 1981 yılında da Biyomedikal Mühendisliği Enstitüsü kurularak, lisansüstü eğitim ve araştırma çalışmalarına başlanmıştır. Ayrıca 1980 yılında UNDP-UNESCO tarafından desteklenen bir proje de burada başlatılmıştır.

- c ) İstanbul Teknik Üniversitesinde, biyomedikal mühendisliği ile ilgili olarak ilk çalışmalar 1980 yılında yüksek lisans olarak başlatılmıştır. 1985 yılında Elektrik-Elektronik fakültesinde de lisans düzeyinde son sınıfta bir ders olarak verilmeye başlanmıştır. Daha sonra ise ders sayısı 6'ya çıkartılarak, biyomedikal mühendislik eğitimi lisans düzeyinde daha fazla ders ile desteklenmiştir. 1988 yılında da Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından lisansüstü düzeyde biyomedikal mühendislik eğitimi başlatılmıştır.
- d. ) Orta Doğu Teknik Üniversitesinde ise, tıp cihazları teknolojisi ile ilgili çalışmalar 1970' li yıllarda başlamıştır. 1983 yılında Sağlık Bakanlığı, Ankara Yüksek İhtisas hastanesi bünyesinde TABOM (Tıbbi Aygıtlar Bakım Onarım Merkezi) olarak, bir klinik mühendisliği bölümü kurulmuştur. ODTÜ tarafından yürütülen bu çalışma UNDP ve UNIDO tarafından da yardım görmüştür (UNDP/TUR/85/006, 1988). 1985 yılında Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından biyomedikal mühendislik yüksek lisans eğitimine başlanmıştır. Lisans düzeyinde 1985 yılından beri biyomedikal enstrumentasyon opsiyonu verilmektedir.
- e. ) Marmara Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu bünyesinde Biyomedikal Cihaz Teknolojisi programı 1988 yılında açılarak, ülkemizde ilk defa biyomedikal cihaz teknolojisi teknikeri eğitimine başlanmıştır.

#### **YURTDIŞINDA BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİK VE BİYOMEDİKAL CİHAZ**

##### **TEKNOLOJİSİ EĞİTİMİ**

Biyomedikal mühendislik alanında A.B.D.'de ilk resmi eğitim, 1959 yılında Drexel Üniversitesinde yüksek lisans düzeyinde verilmeye başlanmıştır (Sun, September 1991: 44-46). Kısa bir süre sonra da, Johns Hopkins ve Pennsylvania Üniversitelerinde Doktora programları başlatılmıştır (Schwan, September 1991: 47-49). Lisans programları ise, Lisans üstü programlardan elde edilen tecrübelerden sonra başlatılmıştır (Pilkington, September 1989: 9-17). Yüksek lisans ve doktora çalışmaları araştırmacı yetiştirmek üzere planlanmıştır. Lisans eğitimi de araştırma ve geliştirmeye yönelik endüstrinin de ihtiyacını karşılayacak mühendislik eğitimini amaçlamaktadır. Fakat, hastanelerdeki tıp cihazlarının sayısı arttıkça ve teknolojisi yükseldikçe sorunlar ortaya çıkmaya başlamıştır. En önemli sorun, bu cihazların bakım ve onarımını yapan kişiler ya teknik olarak bilgisiz ya da elektrik ve elektronik mühendisi ve teknisyeni olmasıydı. Bu kişilerin, gerekli tıp ve biyomedikal teknolojisi bilgisine sahip olmamaları nedeniyle cihazlarda önemli sorunlar ortaya çıkmıştır. Hastanelerde, bu eleman eksikliğini gidermek için biyomedikal mühendisin diğer bir tipi olan klinik mühendislerinin yetiştirilmesi için eğitim programları 1970'in başlarında açılmaya başlanmıştır (Engardio, September 1982: 14-16). 1967 yılında ise tekniker yetiştirmek için iki yıllık teknoloji okullarında biyomedikal cihaz

teknolojisi konusunda ilk eğitim programı başlatılmıştır (Torzyn, 1975: 145-149).

Yurt dışındaki biyomedikal mühendislik ve biyomedikal cihaz teknolojisi eğitimi veren 28 üniversitenin ilgili bölümlerine mektup yazılarak, doktora, yüksek lisans, lisans, iki ve dört yıllık teknoloji eğitimine ilişkin programlar, laboratuvar çalışmaları ve donanımları, okutulmakta olan ders kitapları ile ilgili bilgi ve yararlı olabilecek dokümanlar istenmiştir (Çamurcu, 1995). Cevap veren üniversitelerin ilgili bölümlerinde lisans, lisansüstü, doktora, iki ve dört yıllık teknoloji mühendisliği eğitim türleri Tablo 1' deki gibi olduğu tespit edilmiştir.

Tablo I. Yurtdışında biyomedikal mühendislik ve biyomedikal cihaz teknoloji mühendisliği eğitim türleri.

OKUL ADI	Lisans	Yüksek Lisans	Doktora	Biomedikal Teknolojisi. Yıllık	IT Teknolojisi. 42 Yıllık
New York Institute of Technology, Dept. of Biomedical Engineering Technology.	*			*	
Arizona State University, Dept. of Chemical, Bio. And Materials Engineering.	*	*	*		
Trinity College/ The Hartford Graduate Center, Biomedical Engineering Program.	*	*	*		
British Columbia Institute of Technology, Dept. Of Biomedical Engineering Technology.					*
Milwaukee School of Engineering, Biomedical Engineering Program.	*				
Rensselaer Polytechnic Institute. Biomedical Engineering Department.	*	*	*		
Case Western Reserve University, Department Of Biomedical Engineering.	*	*	*		
The Ohio State University, Biomedical Engineering Center.		*	*		
University Of Wisconsin, College of Engineering, Biomedical Engineering Dept.	*	*	*		
London City University, Electrical Engineering Department.	*				

Gerek cevap alınan üniversitelerin programlarında, gerekse biyomedikal mühendislik eğitimi ile ilgili" bilimsel yayınlar incelendiğinde, klinik mühendisliği, biomedikal mühendislik, biyo mühendislik, medikal mühendislik, biyomekanik mühendisliği rehabilitasyon mühendisliği, medikal bilgisayar mühendisliği, biyometaryel mühendisliği, anestezi mühendisliği ve medikal fizikçi gibi tıpla ilgili yeni mühendislik alanlarının doğduğu görülmektedir (Pacela, 1990). İki yıl süreli eğitim veren teknik kolejler ve teknoloji mühendisliği okullarında, biyomedikal teknoloji mühendisliği (Biomedical Engineering Technology), biyomedikal cihaz teknolojisi ("Biomedical Equipment Technology") ve biyomedikal elektronik teknolojisi (Biomedical Electronics Technology) gibi isimlerle ön lisans bölümleri bulunmaktadır. Teknoloji mühendisliği okullarının, biyomedikal teknoloji mühendisliği (Biomedical Engineering Technology) ve biyomedikal elektronik teknoloji mühendisliği (Biomedical Electronics Engineering Technology) bölümlerinde de dört yıl süreli lisans eğitimi verilmektedir (Torzyn, 1975: 145-149, Pacela, 1990). Bu okullardan, ön lisans diploması ile mezun olanlara teknolog ve dört yıllık süreli eğitimden mezun olanlara teknoloji mühendisi diploması verilmektedir. Bu okullardaki eğitim programları, tıp cihazlarının bakım, onarım, kalibrasyon ve testlerine ilişkin bilgi ve yetenek kazandırmaktadır. A.B.D. ve Kanada' da biyomedikal mühendislik ve teknolojisi ile ilgili eğitim ve diplomaların benzer özellikte olduğu görülmüştür (Pilkington, September 1989: 9-17, Torzyn, 1975: 145-149, Pacela, 1990).

#### **ÜLKEMİZDE BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİK VE BİYOMEDİKAL CİHAZ TEKNOLOJİSİ EĞİTİMİ**

Ülkemizde de daha önce belirtildiği gibi, 1980 yılının başlangıcında üniversitelerde biyomedikal mühendislik ile ilgili ilk dersler verilmeye başlanmış, daha sonra gerek lisansüstü gerekse lisans düzeyinde seçmeli ders ve bölüm olarak çalışmalar yapılmıştır. 1989 yılında da Marmara Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulunda, biyomedikal cihaz teknolojisi programı açılmıştır. Daha sonra da Milli Eğitim Bakanlığı bünyesinde de Gebze Anadolu Teknik Lisesi bünyesinde tıp elektronigi bölümü eğitime başlamıştır. Ülkemizde biyomedikal mühendislik eğitimi ile ilgili olarak bilgi toplamak amacıyla bir anket hazırlanarak, aşağıdaki üniversitelere gönderilmiş ve ayrıca ayrıntılı ders programları istenmiştir. Bu ankette ilgili üniversitede biyomedikal mühendislik eğitiminin lisans, yüksek lisans ve doktora düzeyinde bölüm, anabilim dalı veya bir opsiyon olup olmadığı, her düzeydeki mevcut öğrenci sayıları sorulmaktadır. Ayrıca, biyomedikal mühendislikle ilgili derslerde okutulacak kitap listesi hazırlanarak, bu kitapların hangilerini ders kitabı olarak kullandıkları sorulmuştur.

1. İTÜ. Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektronik Mühendisliği Bölüm Başkanlığına Ayazağa - İstanbul.

2. Yıldız Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik Mühendisliği Başkanlığına, Ayazağa-İstanbul.
3. Boğaziçi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik Mühendisliği Bölüm Başkanlığına, İstanbul.
4. Boğaziçi Üniversitesi, Biyomedikal Mühendislik Enstitüsü Müdürlüğüne, İstanbul.
5. ODTÜ, Mühendislik Fakültesi, Elektronik Mühendisliği Bölüm Başkanlığına, ANKARA.
6. Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik Mühendisliği Bölüm Başkanlığına, Beytepe, Ankara.
7. Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik Mühendisliği Bölüm Başkanlığına, İZMİR.
8. Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik Mühendisliği Bölüm Başkanlığına, Ankara.
9. Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik Mühendisliği Bölüm Başkanlığına, Bursa.

1995 yılında yapılan bu araştırmada(Çamurcu, 1995) anket gönderilen üniversitelerden, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Hacettepe Üniversitesi ve Uludağ Üniversitesi cevap vermiştir. Uludağ Üniversitesi Biyomedikal Mühendislik konusunda eğitim ve araştırma yapılmadığını belirtmiştir. Cevap alınamayan Boğaziçi Üniversitesi ve Ortadoğu Teknik Üniversitesi'nde biyomedikal mühendislik konusunda eğitim yapıldığı bilinmektedir, İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi verdiği anket cevabında lisans düzeyinde biyomedikal mühendislik opsiyonu, yüksek lisans ve doktora düzeyinde ise biyomedikal programları olduğunu belirtmiştir. Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği verdiği anket cevabında lisans, yüksek lisans ve doktora düzeyinde biyomedikal mühendislikle ilgili olarak seçmeli dersleri bulunduğunu belirtmiştir. Hacettepe Üniversitesi ise anket formunu göndermeyip yalnızca ders içeriklerinin fotokopisini göndermiştir. Bu nedenlerle ülkemizde biyomedikal mühendislik konusunda yapılan eğitim ile ilgili olarak bir anket değerlendirmesi ve sonuçları hakkında gerçek bir çalışma yapmak mümkün olamamıştır.

Ülkemizde, biyomedikal cihaz teknolojisi alanında çok sayıda tekniker ve teknisyene ihtiyaç vardır. Bu konudaki ihtiyacı karşılayacak sayıda elemanın yetiştirileceği eğitim kurumları hemen açılmamıştır. Bunun en önemli nedenleri;

• Bu konuda eğitim verecek yeterli «ayıda iyi yetiştirilmiş öğretmenin bulunmaması,

• Bu tür okulların açılması için gerekli maddi kaynak eksikliği, olmaktadır. Maddi kaynaklar yaratılsa bile, yine de öğretmen eksikliği bulunmaktadır. Bu konuda yurt dışındaki okullarda da sorunlar yaşanmaktadır, örneğin A.B.D. 'de Purdue Üniversitesi biyomedikal mühendislik bölümü, konusunda en iyi okullardan birisi durumunda iken 1982 yılında Prof. Freig ayrılınca bölüm kapatılmak zorunda kalmıştı, bu durum çeşitli bilimsel dergilerde yer alan makalelerde de önemle belirtilmiştir(Engardio, September 1982: 14- 16).

1998 yılı ÖSYM kılavuzundaki bilgiye göre, sekiz üniversitenin meslek yüksek okulunda biyomedikal cihaz teknolojisi dalında eğitim verilmektedir. Milli Eğitim Bakanlığı bünyesindeki iki Anadolu Teknik Lisesinde, tıp elektroniği dalında eğitim yapılmaktadır.

### **SONUÇ**

Tıp cihazları teknolojisi, tıpta yapılan araştırmaların ve tüm alanlarda teknolojinin hızla ilerleyişinden etkilenecek, yeni teknolojileri içeren modelleri sağlık kuruluşlarında kullanıma sunulmaktadır. Çok pahalı olan ve büyük çoğunluğu yurt dışından ithal edilen bu cihazların bakım, onarım ve kalibrasyon işlemlerinin yapılması, ülke ekonomisine ve sağlık hizmetlerinin verimli ve etkin olarak verilmesine katkısı ancak, bu alanda iyi eğitilmiş teknik elemanlarla sağlanabilir.

Bu konudaki mühendislik, teknikerlik ve teknisyenlik eğitiminin, ABD 'de daha alt dallara doğru yapıldığı görülmektedir. Ülkemizde 1980 yılından sonra başlayan eğitim faaliyetlerinin, 1990 yılından sonra okul sayısı itibariyle artış göstermesi sevindiricidir, ileri ülkelerde 1960 yıllarından sonra başlayan eğitim faaliyetlerinin 1970 yılından sonra hız kazandığı dikkat edilirse, ülkemizdeki eğitimde geç kalındığı görülmektedir. Bu teknik elemanların eğitiminde görev alacak öğretim elemanlarının eksikliği de çok önemli bir sorundur.

#### KAYNAKLAR

- Boström U., Bravar D., Kanai H., Karp P., Pallikarakis N., Smith J., Iberg P.A., "Clinical Engineering Worldwide" **IEEE Eng. in Med. and Bio.**, September 1993, Sayfa: 34-45.
- Brown B.H. "Biomedical Engineering and the Europeancommunity" **IEEE Eng. in Med. and Bio.**, September 1986, Sayfa: 16-20.
- Çamurcu, A. Yılmaz "Tıp Elektroniği Alanında Eğitim Modellerinin Araştırılması ve Geliştirilmesi" Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul: Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1995.
- DPT., VI. Beş Yıllık Kalkınma Planı ÖİK Raporu, Sosyal Güvenlik ve Sağlık Hizmetlerinin Rasyonalizasyonu, **DPT. Yayın No: 2274-ÖİK:391**, Eylül 1991.
- Engardio, P. "Clinical internships programs vary in scope, duration, and success" **IEEE Eng. in Med. and Bio. Magazine**, September 1982, Sayfa: 14-16.
- Pacela, A.F (ed.) **Bioengineering Education Directory**, Quest Publishing CO. Inc.,1990
- Pilkington T.C., Long F.M., Plonsey R., Webster J.G., Welkowitz W. "Status and Trends in Biomedical Engineering Education" **IEEE Eng. in Med. and Bio. Magazine**, September 1989, Sayfa: 9-17.
- Richter N. "Training and Support Services for Repair and Maintenance of Biomedical Equipment, Turkey", **DP/TUR/84/003/a/01/37, Project Findings and Recommendations**, June 1985.
- Schwan, H.P. "University of Pennsylvania, From research laboratory to a leader in educational institutions for bioengineering" **IEEE Eng. in Med. and Bio.**, September 1991 Sayfa: 47-49.
- Schwan H.P. "Early Organizations of Biomedical Engineering in the U.S." **IEEE Eng. in Med. and Bio.**, September 1993, Sayfa: 25-29.
- Sun H.H. "Drexel University, Pioneer in a formal M.S. degree training program for doctors" **IEEE Eng. in Med. and Bio.**, September 1991, Sayfa: 44-46.
- Torzyn N.T., McKinney W.D, Abbott E.L., Cook A.M, Gillott D.H. "Biomedical Engineering Program to Upgrade Biomedical Equipment Technicians" **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, March 1975, Vol. BME-22, No. 2, Sayfa: 145-149.
- UNDP/TUR/85/006, Terminal Report, "Assistance to the Electrical Engineering Department of METU in Establishing a Clinical Engineering Unit" **UNESCO-UNDP, 1988.**