

# Biyomedikal sektöründe nereye gidiyoruz?

**Mustafa Durna**



1982 yılında İstanbul'da doğdu. İstanbul Üniversitesi Biyomedikal Cihaz Teknolojisi Yüksekokulu'ndan 2003 yılında mezun oldu. İstanbul Üniversitesi hastanelerine biyomedikal-klinik mühendislik birimi kurulması projesini hazırladı ve birimin kurulmasında öncülük yaptı (2003). Özel bir şirkette görev aldıktan sonra Bağcılar Eğitim ve Araştırma Hastanesi Biyomedikal-Klinik Mühendislik ve Kalibrasyon Merkezi Kurucu Müdürü olarak görev yaptı (2005-2010). İstanbul ilinde başta olmak üzere birçok kamu hastanesine klinik mühendislik birimlerinin açılmasında görev aldı. Hâlen kurucusu olduğu özel bir şirkette çalışmaktadır.

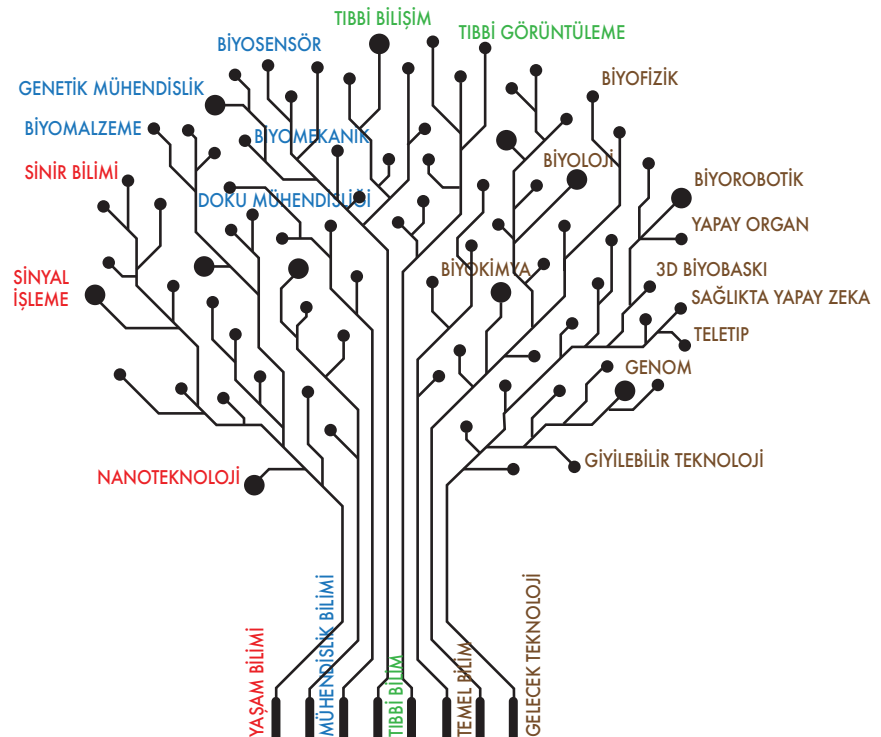
**B**iyomedikal mühendisliği uygulaması uzun bir tarihe sahiptir. Basit medikal cihazlar olan kırık kemikleri yerinde tutmak için yapılmış tahtalar veya derme çatma koltuk değnekleri, yazılı insanlık tarihinden de eskidir. En erken örneklerden biri, 3.000 yıllık Mısırlı bir mummyada bulunan ahşap ve deri protez ayaktır (1). Eski Mısır'da kullanılmış diş implantları arkeolojik kazılarda keşfedilmiştir. Daha gelişmiş mekanik ya da elektrikli medikal cihazların başlangıcı ise 1778'de Paris'te yaşamış Franz Aston Mesmer'e dayanabilir (2).

Sağlık teknolojilerinde insanlığın hizmetine sunulan ilk teknolojileri inceleyecek olursak, 1896 yılında X-Ray icadı ile görüntüleme sistemleri, 1906 yılında EKG ile elektriksel aktivitenin ölçümü, 1929'da ilk mekanik ventilatör cihazı ile dış destekli solunum, 1935 yılında kalp akciğer pompası cihazı ile eş zamanlı kalp ameliyatı, 1931'de elektron mikroskopu ile minimal görüntüleme, 1941'de radyopak madde ile yapılan anjiyografi işlemi, 1955 yılında pacemaker ile kalp ritim yönetimi gibi birçok teşhis ve tedavi amaçlı tıbbi cihaz sistemleri icat edilmiş ve yaşam kalitesine fayda sağlaması amacıyla değerlendirilmiştir. 1968 yılında dünyanın ilk biyomedikal mühendislik eğitimi Case Western Reserve University The Department of Biomedical Engineering ismiyle açılmıştır (3).

Hastanelerde klinik mühendislik birimlerinin kuruluşu ilk olarak 1946 yılında

ABD'de hayata geçmiştir, ancak klinik mühendisliği ifadesi ilk olarak 1969'da kullanılmıştır (4). Bu terime yapılan ilk referans, 1969'da Landoll ve Caceres tarafından yayımlanan bir makalede yer alır. Ülkemizdeki biyomedikal tarihine bakıldığında 1982 yılında Boğaziçi Üniversitesinde, 1985 yılındaysa ODTÜ'de biyomedikal yüksek lisans programları açıldığı görülmektedir. 2000 yılında Başkent Üniversitesi biyomedikal lisans programı açmıştır. 1996 yılında İstanbul Üniversitesinde Biyomedikal Cihaz Teknolojisi adıyla ön lisans programı açılmıştır. 20. yüzyılın başlarından itibaren

tıp teknolojisinde yaşanan hızlı gelişim süreci birçok yeniliği de beraberinde getirmiştir. Teşhis ve tedavide kullanılacak birçok yeni cihazın icadı, sağlık hizmetlerinde kaliteyi önemli bir oranda artırmıştır. Bu cihazların; planlama, tedarik, kurulum, eğitim, arıza tespiti, onarım, bakım, performans testleri ve kalibrasyonu ile montaj ve demontaj gibi hizmetlerinin sağlanması birçok teknik gerekliliği de ön plana çıkarmıştır. Sağlık hizmetlerinin kesintisiz sağlanabilmesi ile teşhis ve tedavi sürelerinin en aza indirilmesi için, kullanılan tıbbi cihazların sorunsuz çalışması, hassasiyet ve



Şekil: Geçmişten Geleceğe Multidisipliner Biyomedikal Mühendislik Ağacı-MD



doğruluk gibi parametrelerinin hatasız olması gerekmektedir. Bu nedenle tıbbi cihazlarla ilgili teknolojik yaşam döngüsünü yönetecek olan klinik mühendislik birimleri 1984 yılında ülkemizde hizmete başlamıştır. Biyomedikal mühendislik, global alanda multidisipliner bir bölüm olarak kabul görmesi nedeniyle ilgili birçok alt bilim programlarını bünyesinde bir araya getirmiştir.

### Mevcut Durum

Sağlık teknolojileri alanında lise, ön lisans ve lisans seviyelerinde gelişmiş ülkeler karşısında rekabete gireceğimiz eğitim alanlarına artık sahibiz. Bu eğitim kurumlarının seviyelerine bakılmaksızın mezun edeceği her birey, sektörün gelişiminde önemli bir yer edinecek ve ülkenin bilimle ve sanayile ekonomik kalkınmasına ileri derecede katkılar sağlayacaktır.

Konuya hastaneler penceresinden bakacak olursak şunları söyleyebiliriz:

- Biyomedikal mühendisliği alanında sağlık hizmet sektörünün ihtiyacı, kamu ve üniversite hastanelerinde her 200 yatağa bir mühendis, özel hastanelerde ise her 100 yatağa bir mühendis olacak şekilde planlanmıştır. 2023 yılına ilişkin planlanan yatak sayısı, kamu ve üniversite hastaneleri için yaklaşık 211.500, özel hastaneler için ise yaklaşık 53.500 olduğundan, biyomedikal cihaz teknikeri 2023 ihtiyacı 1.645 olarak belirlenmiştir. Nüfus artış hızı ve nüfus projeksiyonları dikkate alındığında 2040 hedefi ise 1.900'dür.

- Biyomedikal cihaz teknikerliği alanında sağlık hizmet sektörünün ihtiyacı, her 100 yatağa 1 tekniker olacak şekilde planlanmıştır. 2023 yılı için planlanan toplam yatak sayısı 265.000 olduğundan

İstatistiklere göre, 2050 yılına kadar insan popülasyonunun artışı medikal gelişmelerden çok daha önce zirve yapacaktır. Batı ülkelerindeki obezite yükselmeye devam ederken, gelişen ve fakir ülkelerde de kaliteli yemek ve medikal servislere ulaşım yaşam kalitesini belirleyecektir. Medikalde yaşanacak devrim niteliğindeki teknolojik gelişmeler insan ömrünü radikal şekilde uzatabilirken, bundan yararlanmak için teknolojilerin efektif ve doğru bir şekilde dünyaya yayılarak uygulanması en önemli unsur olacaktır.

biyomedikal cihaz teknikeri 2023 ihtiyacı 2.734 olarak belirlenmiştir. Nüfus artış hızı ve nüfus projeksiyonları dikkate alındığında 2040 hedefi ise 3.156'dır.

Şirketler ve sanayi penceresinden bakacak olursak şunları söyleyebiliriz:

- Özel sektör tarafında ithalat, üretim, danışmanlık ve hizmet faaliyetlerinde bulunan şirket sayısı 5.000'e yaklaşan iştirakler biyomedikal tekniker/biyomedikal mühendis kadroları ile istihdama destek olmaktadır. Bununla birlikte girişimci meslektaşlarımız tarafından şirket ortaklığı veya kuruculuğu görevi icra edilmektedir.

- Vakıf ve devlet üniversiteleri, oluşan talepler karşısında akademisyen ve araştırma görevlisi kadrolarında biyomedikal uzmanlarına yer vermeye başlamıştır.

- Kamu alanında merkezi ve taşra teşkilatlarında biyomedikal uzman ekiplerine kadrolar açılmış ve istihdam sağlanmıştır.

Tablo: Türkiye'de Biyomedikal İnsan Kaynağı Verileri

	Program Sayısı	Yıllık Mezun Sayısı	Mevcut Eleman Sayıları (2018)	Sektörde Biyomedikal İnsan Kaynağı Sayısı (2040 Yılı Tahmini)
Lisans Programı (Mühendis)	28	1.250	3.000	29.250
Ön Lisans Programı (Tekniker)	46	2.500	10.000	62.500
GENEL TOPLAM			13.000	91.750

Kaynak: BİYOTED (Biyomedikal Teknikerler Derneği) ve BİYOMED (Biyomedikal Mühendisler Derneği).

Geçmişten aldığımız eksik/sorunlu/hastalıklı sistemi tüm taraflarca iyileştirip geleceğe sağlam ve kuvvetli bir sektör bırakmalıyız. Ortaya çıkardığımız en iyi yönleri, mesela yetenekli genç insan kaynağını, bilgi birikimine ulaşmış özel sektörde görev alan şirket sahibi veya yöneticilerden ortaya çıkacak kümelenmeleri, üniversitelerimizde yer alan akademisyenleri ve sağlık alanında paydaş olan kamu yöneticilerini bir sistem kurgusu altında bir araya getirmeliyiz.



### Gelecek Projeksiyonu

İstatistiklere göre, 2050 yılına kadar insan popülasyonunun artışı medikal gelişmelerden çok daha önce zirve yapacaktır. Batı ülkelerindeki obezite yükselmeye devam ederken, gelişen ve fakir ülkelerde de kaliteli yemek ve medikal servislere ulaşım yaşam kalitesini belirleyecektir. Medikalde yaşanacak devrim niteliğindeki teknolojik gelişmeler insan ömrünü radikal şekilde uzatabilirken, bundan yararlanmak için teknolojilerin efektif ve doğru bir şekilde dünyaya yayılarak uygulanması en önemli unsur olacaktır (5).

Dünyada katma değeri yüksek sektörlerin başında gelen sağlık teknolojileri alanı, bilimsel gelişimini hızla ilerletmesi nedeniyle her geçen yıl global anlamda önemini arttırmaktadır. Bilhassa sektörün stratejik değerini fark eden uluslar, geçmişten günümüze taşıdığı ekonomik, bilimsel ve insan kaynağı yatırımlarını 2050 dünyasında daha güçlü ve etkin kullanmak üzere çalışmalarını ciddiyetle sürdürmektedir. Dünyada 2050 yılı hedef noktası alındığında Asya ve Amerika'da

yer alan birçok üniversitede sağlığın gelecek teknolojileri olarak aşağıdaki bölümlere yer verildiğini görmekteyiz:

**Büyük Veri Analizi ve Sağlık Bilişimi:** Radyomik, Radyojenomik, Bilgisayar Destekli Tanı, Dijital Patoloji, Ortak Kayıt, Kanser Tespiti, Karar Verme, Hassas Tıp, Biyoinformatik, Görüntü Bilişimi, Makine Öğrenmesi, Örüntü Tanıma, Yapay Zekâ, Derin Öğrenme.

**Sinir Mühendisliği ve Nöral Protezler:** Nöronal Mekanizmalar, Elektriksel Ve Manyetik Uyarım Ve Kayıt İçin Sinirsel Arayüz; Nöral Dinamikler, İyon Kanalları, Uzun Hareketi, Mesane, Bağırsak Ve Solunum Fonksiyonunun Kontrolü İçin Nöral Protezler; Hareket Bozuklukları, Epilepsi, Ağrı Azaltma, Vıseral Fonksiyonlar İçin Nöromodülasyon Sistemleri; Nöral Yapıların Sayısal Modellenmesi ve Simülasyonu.

**Biyomekanik Sistemler:** Hesaplamalı Kas-İskelet Modellemesi, Kemik Biyomekaniği, Yumuşak Doku Mekaniği, Motor Fonksiyon İçin Nöroprotezlerin Kontrolü, Nöromüsküler Kontrol Sistemleri, İnsan Hareketleri ve Kalp Mekaniği.

Biyomedikal alanında yaşanan baş döndürücü gelişmelerin arka planında bu alanda çalışan akademisyenlerin özel sektörle iş birliği içinde hareket etme kültürü vardır. Dünyadan bilimsel çalışmaları yapılan ve sektörel katılımın sağlanacağı birkaç önemli çalışmayı inceleyecek olursak şunları söyleyebiliriz:

1- Fiberle güçlendirilmiş alüminyum oksit alaşımı; (kısaca alümina) kalça, diz ve her türlü eklem protezlerinde kullanılmaya başlanacaktır. Üç boyutlu yazıcılarla üretilen alümina, kompozit ve fonksiyonel materyallerin yerini alacaktır. Ultra-minyatürize edilmiş ve binlerce kanala sahip alüminadan yapılmış biyonik göz implantları, görme engellilere görme yetisini geri kazandıracaktır (6).

2- Hong Kong Şehir Üniversitesi (CityU) tarafından geliştirilen, tırtıl benzeri ayakları olan yeni ve hafif bir robot ile insan vücudunda ilaç salınım tedavisi planlanmıştır. Son derece çevik robot, bacak uzunluğunun 10 katından fazla sıçrama yapabilir. Robot, sürtünmeyi önemli ölçüde azaltan çok bacaklı tasarımı sayesinde, kan veya mukus gibi vücut sıvılarıyla kaplı

veya tamamen içine daldırılmış vücuttaki yüzeylerin içinde etkili bir şekilde hareket edebilir (7).

3- Sağlık değerlerini izleyebilmek için giyilebilir biyosensörlerin gelişimini engelleyen önemli bir faktör, hafif ve uzun ömürlü bir güç kaynağının olmaması idi. Bugün ise Massachusetts Amherst Üniversitesinde giysilere kolayca entegre edilebilen bir şarj sistemi yapmak için bir yöntem geliştirilmiştir (8).

4- Washington State Üniversitesi tarafından giyilebilir monitörlerde kullanılmak üzere bir 3D baskılı glikoz biyosensörü yapılmıştır. Milyonlarca diyabet hastasının cildine uyum sağlayabilen ve terleme gibi vücut sıvılarında glikozu izleyebilen giyilebilir, esnek elektronikler geliştirmek için çalışılmaktadır (9). Tüm bu inovasyonlar yepyeni bilim dallarına, uygulamalara ve mühendisliğe yol açacaktır.

## Ülkemizde Durum

Dünyada bu gelişmeler olurken ülkemizde de yüzümüzü güldüren çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Biyomedikal alanda geleceğimize güven ve ümit veren birçok kıymetli bilim insanımızın yaptığı çalışmalardan örneklerin yer aldığı bazı haberleri hem yeni neslimize cesaret olması hem de özel sektöre teşvik olması temennisiyle Elektrik Mühendisliği Dergisinden aktarmak istiyorum (10):

**Dijital Kanser Teşhisi Ödül Getirdi:** Uluslararası Biyomedikal Görüntüleme Sempozyumu (International Symposium on Biomedical Imaging-ISBI) kapsamında, göğüs kanserindeki yayılmanın otomatik olarak belirlenmesi konusunda yapılan Camelyon 16 ve Camelyon 17 yarışmalarında ODTÜ ekibi, derin öğrenme uyguladığı yöntemlerle 4. ve 9. oldu.

**Felsen Elektromanyetikte Üstün Başarı Ödülü:** Leopold B. Felsen Vakfı'nın 2007 yılından bu yana elektromanyetik alanındaki öğrenci ve araştırmacıların çalışmalarını teşvik etmek amacıyla verdiği Leopold B. Felsen Elektromanyetikte Üstün Başarı Ödülü 2016'da 3; 2017'de de 2 araştırmacı arasında paylaşıldı. Felsen Ödülü 2016 yılında Doğuş Üniversitesi'nden Ayşegül Pekmezci, Bilkent Üniversitesi'nden Burak Özbey ve Gebze Teknik Üniversitesi'nden Mehmet Burak Özakin'a verildi.

**Mikro Robotlarla Tedavi:** Küçük-ölçekli fiziksel akıllı sistemler, gezgin mikro robotlar gibi konularda dünya çapında ses getiren araştırmalar yapan Prof. Dr. Metin Sitti, halen insan vücudunda rahatsızlık vermeden şu an ulaşılması çok zor ya da mümkün olmayan bölgelerde, hastalık tanısı ve tedavisi yapabilecek tıbbi mikro robotlar ve yumuşak akıllı robotlar üzerinde çalışıyor. Sitti'nin çalışmaları arasında mikro robotik yüzücülerle hedefli kanser ilacı tedavisi ve mideyi inceleyen milibotlar gibi projeler yer alıyor.

**Cep Telefonu ile Hastalık Teşhisi:** Geliştirdiği "kan tahlili yapan cep telefonu" ile 2012 yılında dünyanın en parlak 10 bilim insanı arasında gösterilen Prof. Dr. Aydoğan Özcan, "Fen, Mühendislik ve Tıp" alanında dünya çapında ses getiren çalışmaları nedeniyle Koç Üniversitesi Rahmi M. Koç Bilim Madalyası'nı aldı. Kaliforniya Üniversitesi ve Howard Hughes Sağlık Enstitüsü'nde görev yapan Prof. Dr. Aydoğan Özcan, hesaplamalı görüntüleme, mikroskopi ve fotonik alanlarında üst düzey temel bilimsel çalışmalarının yanı sıra teletıp, mobil algılama ve teşhis uygulamaları konusunda yenilikçi teknolojiler geliştirmesi nedeniyle bu ödüle değer görüldü.

## Sonuç

Üzerimize düşen görevleri, bireysel menfaatlerden uzak durarak ulusal menfaatlere göre yerine getirmeliyiz. Geçmişten aldığımız eksik/sorunlu/hastalıklı sistemi tüm taraflarca iyileştirip geleceğe sağlam ve kuvvetli bir sektör bırakmalıyız. Ortaya çıkardığımız en iyi yönleri, mesela yetenekli genç insan kaynağını, bilgi birikimine ulaşmış özel sektörde görev alan şirket sahibi veya yöneticilerden ortaya çıkacak kümelenmeleri, üniversitemizde yer alan akademisyenleri ve sağlık alanında paydaş olan kamu yöneticilerini bir sistem kurgusu altında bir araya getirmeliyiz. Türkiye'nin ilgili tüm taraflarıyla üretim ve AR-GE kültüründen yoksun gelişimine ek olarak mali yönetim sorunları eklenince, burada oluşan negatif tecrübeleri değer bilip, riski fırsata çevirecek olan çalışan ve pratik zekaya sahip genç neslinden faydalanılması gelişen ülkeleri yakalamamıza vesile olabilir. Japonya, G. Kore, Çin gibi ülkelerde yapılan politik/

sanayi atılımlarını örnek alarak ülkemize uyarlayabiliriz.

Mesela Sağlık Sanayi Başkanlığı adında kamu ve özel ortaklığın yönetiminde olan, finansal sistemi devlet tarafından belirli bir süre ve koşulla desteklenen, sermaye ve bilgi/deneyim ortaklıklarının kurulduğu, girişimcilere pozitif ayrımcılık yapıldığı, gençlerin gelişimine ortam sağlandığı, kamu ihtiyacı ürün veya sistem teminlerini ihalesiz satın aldığı, Sayıştay denetimine tabi, ülkelerin Sağlık ve Ticaret Bakanlıkları ile entegre çalışan, dış ticaret sistemi tek çatı altında toplanan, bağlı bulunduğu şirketlerden ortaya çıkacak net gelirinin %5'ini AR-GE için ayıran, regülasyon ve standart çalışmalarında tam destek gören, STK'ların ve gençlerin danışma kurulunda olduğu, risk sermayesine sahip, faturasını SGK'ya keserek 60 gün sabit dönemde doğrudan ödeme alan bir sistem yapısı neden hem de acilen kurulmasın? Hepimizin hayranlıkla baktığı Aselsan, Havelsan, Roketsan şirketlerini meydana getiren Savunma Sanayi Müsteşarlığı hepimiz için zaten bunun en sağlam kanıtı değil mi?

Zamanı yakalamak ve zamanı aşmak yeni neslin en büyük gayesi olmalıdır.

## Kaynaklar

1) Jim Lucas, Live Science Contributor, <https://www.livescience.com/48001-biomedical-engineering.html> (Erişim Tarihi: 12.12.2018).

2) The Medical Device Industry: Science, Technology, and Regulation in a Competitive Environment Norman F. Estrin CRC Press, Aug 31, 1990.

3) <http://engineering.case.edu/ebme/academics/graduate> (Erişim Tarihi: 12.12.2018).

4) Landoll JR and Caceres CA, Automation of Data Acquisition in Patient Testing, Proceedings of the IEEE, Vol. 57, No. 11, November 1969, 1941-1953.

5) Randers, J., 2052: A Global Forecast for the Next Forty Years.

6) Ruys, A. J., Alumina Ceramics: Biomedical and Clinical Applications.

7) Haojian Lu, Mei Zhang, Yuanyuan Yang, Qiang Huang, Toshio Fukuda, Zuankai Wang, Yajing Shen. A Bioinspired Multilegged Soft Millirobot That Functions in Both Dry and Wet Conditions, Nature Communications, 2018; 9 (1).

8) Lushuai Zhang, Wesley Viola, Trisha L. A., High Energy Density, Super-Deformable, Garment-Integrated Microsupercapacitors for Powering Wearable Electronics. ACS Applied Materials & Interfaces, 2018; 10 (43): 36834.

9) Sepehr Nesaee, Yang Song, Yijia Wang, Xiaofan Ruan, Dan Du, Arda Gozen, Yuehe Lin. Micro Additive Manufacturing of Glucose Biosensors: A Feasibility Study. Analytica Chimica Acta, 2018; 1043: 142.

10) Elektrik Mühendisliği Dergisi 2017 Ekim, Sayı-462, ss. 105-112.