



Biyomedikal Mühendisliği Lisans Eğitimi ile Teknolojik Gelişmeler Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi

An Evaluation of the Relation between Undergraduate Education in Biomedical Engineering Program and Technological Developments

Aykut Erdamar^{a*}

^aBaşkent University, Ankara, Turkey

Öz

Bu makalede biyomedikal mühendisliği lisans eğitim programının bilim ve teknolojik gelişmelerle olan ilişkisinin durum değerlendirilmesinin yapılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, günümüz ve gelecekteki biyomedikal mühendislerinin sahip olması gereken becerilerin lisans eğitimi süresince nasıl kazandırılması gerektiği irdelenmiştir. Biyomedikal mühendisliğinin kısa tarihi ve tanımı yapıldıktan sonra, çalışma alanları tanıtılmıştır. Daha sonra, dünyada ve ülkemizdeki biyomedikal mühendisliği lisans eğitim programlarının durum değerlendirilmesi yapılmıştır. Güncel sağlık teknolojilerindeki ilerleme ve gelişmeleri takip edebilecek biyomedikal mühendislerinin eğitim hayatlarında kazanması gereken önemli nitelikler vurgulanmıştır. Biyomedikal mühendisliği lisans eğitiminin diğer mühendislik disiplinlerine göre zorlukları da ana hatları ile belirtilmiştir. Son kısımda, lisans eğitim programının biyomedikal mühendis adayına dört yıllık eğitimi boyunca kazandırması gereken beceriler, eğitim programı ve sağlık teknolojilerin birbirleri için itici güç olmaları ve eğitim programının sürekli güncel olma zorunluluğu konuları tartışılmıştır. Sonuç olarak, biyomedikal mühendisliği öğrencilerinin mesleki hayatlarında karşılaştıkları zorluklarla başa çıkabilmelerinin, lisans eğitimlerinde kazanacakları bilgiye ulaşabilme ve yaşam boyu öğrenme becerilerini içselleştirmeleri ile mümkün olacağı ifade edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyomedikal mühendisliği eğitimi, eğitim programının güncellenmesi, yaşam boyu öğrenme.

Abstract

In this article, it is aimed to evaluate the status of the relationship between undergraduate education in biomedical engineering program and scientific and technological developments. To do this, which necessary skills should be acquired by the current and prospective biomedical engineers during undergraduate education were examined. After a short historical and descriptive explanation of biomedical engineering, work areas were introduced. Later, the status of undergraduate education in biomedical engineering programs in the world and in Turkey specifically was evaluated. As a result, important qualities of biomedical engineers who can follow the progress and developments in current health technologies that should be acquired in their educational life were emphasized. The difficulties faced in undergraduate education in biomedical engineering and in other engineering disciplines were also compared and listed. In the last part of the article, the skills with which the undergraduate education programs should provide the prospective biomedical engineers, the necessity for education programs and health technologies to be the driving force for each other and the need for a constantly updating the training programs were discussed. In conclusion, it has been stated that undergraduate students in biomedical engineering program can cope with the difficulties they will face in their professional lives by internalizing certain skills to access the knowledge and to engage in lifelong learning in their undergraduate education.

Keywords: Undergraduate education in biomedical engineering programs, updating education programs, lifelong learning.

© 2017 Başkent University Press, Başkent University Journal of Education. All rights reserved.

* ADDRESS FOR CORRESPONDENCE: Asst.Prof.Dr. Aykut Erdamar, Biomedical Engineering, Faculty of Engineering, Başkent University, Ankara, Turkey. E-mail address: aerdamar@baskent.edu.tr / Tel: +90(312) 246 66 66 - 1438

Received Date: June 19th, 2017. Acceptance Date: July 24th, 2017.

1. Giriş

Biyomedikal mühendisliğinin gerçek gelişimi ve büyümesinin başlangıcı, yarı iletken transistörlerin icadından (NP,2017) sonra 1950'li yıllara kadar uzanmaktadır. Düşük güç tüketimi olan bu elektronik elemanın icadı, tıp alanında teşhis ve tedavide kullanılan birçok cihazın üretimine olanak sağlamıştır. Teknolojik ilerlemeyle birlikte yarı iletken elektronik malzemelerin güvenilir, küçük boyutlarda ve daha az güç gereksinimiyle üretimi, vücut içine yerleştirilebilen cihazların tasarımını mümkün kıldı ve 1958'de ilk elektronik kalp pili bir insana implante edildi. Mikroişlemcinin icadı ve bunların tıbbi cihazlarda kullanılması, özellikle tıbbi görüntüleme de çığır açmıştır. Bu gelişmeler sayesinde, tıbbi cihazlar zamanla daha hızlı ve işlevsel çalışır hale geldi. Oldukça karmaşık matematiksel hesaplamaların kullanılması ile görüntü oluşturulan bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans görüntüleme, pozitron emisyon tomografisi, ultrasonografi gibi görüntüleme sistemleri çok hızlı bir teknolojik evrim sonucunda klinik uygulamaların vazgeçilmez parçası haline gelmiştir. Bunun sonucunda, tıbbi cihazlar ve görüntüleme sistemlerinin karmaşık yapısı, çalıştırılması, idamesi ve geliştirilmesi için artan bilgi ve personel gereksinimleri biyomedikal mühendisliğinin bilim alanı haline gelmesine neden olmuştur (Bronzino,2005).

Biyomedikal mühendisliği, biyolojik sistemleri anlamak, değiştirmek ya da kontrol etmek için fizyolojik fonksiyonları izleyip tanı ve tedaviye yardımcı olabilecek ürün veya cihazları tasarlamak ve üretmek için elektrik, mekanik, kimyasal, optik ve diğer mühendislik ilkelerini uygulayan disiplinler arası bir mühendislik dalıdır. Hastane ya da klinikte çalışan biyomedikal mühendisi, klinik mühendisi olarak da tanımlanmaktadır (Bronzino,1999).Biyomedikal mühendisleri klinikte doktorlar, hemşireler, terapistler ve teknisyenler de dâhil olmak üzere diğer sağlık personeliyle birlikte çalışmaktadır.

1950 ve 1960'lı yıllarda biyomedikal mühendislerinin çalışma alanı öncelikli olarak tıbbi cihazların geliştirilmesi ile başlasa da, gelişen teknolojiye paralel olarak günümüzde çok daha kapsamlı bir hale gelmiştir (Şekil 1). Tıbbi görüntüleme, biyoteknoloji, doku mühendisliği, yapay organlar, fizyolojik modelleme, simülasyon ve kontrol, fizyolojik sinyallerin algılanması, ölçülmesi ve izlenmesi, bilgisayar destekli teşhis sistemleri, rehabilitasyon mühendisliği, tıp bilişimi ve yapay zeka, biyomalzemeler konuları biyomedikal mühendisinin çalışma alanlarından bazılarıdır(Enderle ve ark.,2012).



Şekil 1. Biyomedikal mühendisliği çalışma konuları (Bronzino, 1999)

Biyomedikal mühendisliği, teorisinin en güncel teknolojiye uyarlanmasına kadar devam eden süreci kapsayan, disiplinler arası bir mühendislik dalıdır. Bu süreç, araştırma-geliştirme (Ar-Ge), uygulama ve üretim gibi konuları kapsayabilir. Tıbbi uygulamalarda olduğu gibi, bir kişinin bu alanlarının tümünü kapsayan bir uzmanlık kazanması olası değildir. Özellikle sağlık alanındaki teknolojik gelişmeler, tıp, temel bilimler ve mühendislik disiplinlerinin çalışma alanlarında örtüşmelere neden olduğu için disiplinler arası işbirlikleri gerekli hale gelmiştir. Örneğin, fizyolojik sinyal analizi üzerine çalışan bir biyomedikal mühendisi, bir ortopedist ve protez uzmanıyla birlikte iş birliği yaparak, engelli bir insanın beyin sinyalleri ile kontrol edebileceği mekanik bir uzuv geliştirebilir. Örnekler sınırsız sayıda çoğaltılabilir. Sonuç olarak günümüz bilim ve teknolojik gelişmeleri, disiplinler arası çalışmayı zorunluluktan ziyade doğal olarak olması gereken bir noktaya getirmiştir. Biyomedikal mühendislerinin tıp ve sağlıkta yeni teknolojiler ve yöntemler araştırmak ve geliştirmekle yükümlü olmasının yanında, sağlık sisteminin kurulması, yeni teknolojilerin uygulanması, kullanılması, denetlenmesi ve bakımı ile ilgili kararlar alınmasına katkıda bulunmak gibi çok önemli misyonları da vardır (Karagözoğlu, 2013).

Biyomedikal mühendisliğinin gelişimi, bilim ve teknolojiye paralel olarak devam eden canlı bir süreçtir (Harris ve ark., 2002). Özellikle tıbbi cihaz sektörünün ihtiyaçları, temel bilimlere yönelik araştırmalar ve ülkelerin sağlık politikaları bu süreci doğrudan etkileyen en önemli faktörlerdir. Bu gelişim sürecindeki en önemli rol ise biyomedikal mühendisliği eğitim programlarına düşmektedir. Teknolojik gelişmeler ve sektörün ihtiyaçlarına ayak uydurabilen, güncel teknolojik bilgiyi öğrenciye aktarmaya hızla adapte olabilen biyomedikal mühendisliği lisans eğitim programları gelecek nesil mühendislerin eğitilmesini sağlayabilir (Magjarevic ve Diaz, 2014).

Yukarıda biyomedikal mühendisliğinin tanımı, gelişim süreci, amacı, çalışma alanları ile bilim ve teknoloji alanındaki gelişmelerin biyomedikal mühendisliği lisans eğitim programı için önemi hakkında bir durum değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışmanın devamında, biyomedikal mühendisliği lisans eğitim programları, eğitimin kalitesini artırmak için öğrenim bilimlerinin hangi bilgileri sağladığı ve biyomedikal mühendisliği için etkili bir öğrenme ortamının tasarımı optimize etmek için teknolojinin nasıl kullanılabileceği hakkında bir değerlendirme sunulmaktadır.

2. Biyomedikal Mühendisliği Eğitim Programlarının Durumu

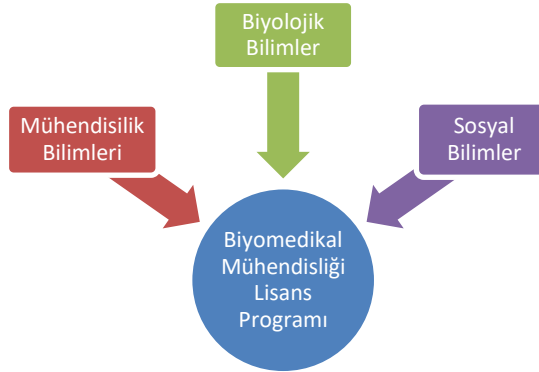
Biyomedikal mühendisliği eğitimi, 1960'li yıllarda daha çok araştırma odaklı olmak üzere çok disiplinli programlar olarak lisansüstü düzeyde başlamıştır. Modern sağlık hizmetlerinin teknolojiye olan doğrudan bağımlılığı, bu alanda eğitim alan mühendislere güncel teknolojileri takip etme ve buna bağlı uygulamalarına ilişkin problemleri çözme konusunda zorlama yaratmıştır. Bu durumun sonucu olarak, biyomedikal mühendisliği lisans eğitim programlarının sayısı dünya çapında hızla artmaya başlamıştır. Ülkemizde biyomedikal mühendisliği yüksek lisans programları 1980'li yılların başlarında başlarken, lisans eğitimi 2000 yılında Başkent Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği bölümünün kurulması ile başlamıştır. Günümüzde, The Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) tarafından akredite edilmiş olan 113 tane lisans programı bulunmaktadır (ABET, 2017). Ülkemizde ise 13 tanesi devlet, 12 tanesi vakıf olmak üzere toplam 25 üniversitede lisans seviyesinde eğitim verilmektedir (YÖK, 2017).

Biyomedikal mühendislerinin çalışma alanları, sorumlulukları göz önünde alındığında ve insana olan doğrudan veya dolaylı etkiler düşünüldüğünde lisans eğitiminin temel amacı aşağıdaki maddeler şeklinde özetlenebilir (Karagözoğlu, 2013).

- İnsanları hastalıklara karşı korumak ve/veya koruyucu önlemler almak,
- Bedensel ve ruhsal hastalıkların iyileştirilmesinde tıbbi birimlere yardımcı olacak ürün/süreç ve hizmetler sunmak,
- Vatandaşların sağlıklı bireyler olarak hayatlarına devam etmelerini sağlayacak düzenlemeleri oluşturmak, uygulamak ve kontrol etmek.

Biyomedikal mühendisliği lisans programları, genel olarak mühendislik ve biyoloji alanlarında yoğunlaşmaktadır. Biyomedikal mühendisliği adayı öğrenciler, kimya, fizik ve biyoloji gibi temel bilim dersleri ile mühendislik gereksinimleri sağlayacak derecede matematik derslerini zorunlu olarak alırlar. Diğer zorunlu dersler anatomi ve fizyoloji de dahil olmak üzere biyolojik bilimlerde kapsamlı eğitim içerir. Devre tasarımları, analog/sayısal elektronik, biyomekanik, biyomalzeme, işaret ve görüntü işleme, tıbbi görüntüleme, tıp elektroniği, biyoteknoloji dersleri lisans programlarının yoğunlaştığı diğer derslere örnek olarak verilebilir. Bu derslerdeki içeriklere ek olarak çok sayıda laboratuvar uygulaması da eğitim programlarında yerini almaktadır. Bilişim teknolojilerini takip edebilmek, mesleki alanda görseller veya taslaklar hazırlamak için bilgisayar programlama konularındaki dersler de oldukça yararlıdır. Daha önce yapılan bir çalışmada, ülkemizdeki lisans seviyesindeki eğitim programlarının müfredatları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir (Ertaş ve Keskin, 2011). Ayrıca lisans eğitim programı, öğrenmenin üç temel alanı olan duyuşsal, bilişsel (kognitif), ve psikomotor (devinişsel) öğrenme alanlarını, mühendislik etiği ve

sosyal sorumluluklara yeterince vurgu yaparak kapsamalıdır(Monzon ve Monzon-Wyngaard, 2009; Karagözoğlu, 2013).Özet olarak, lisans derecesindeki bir biyomedikal mühendisliği programın genel yapısı Şekil 2’de görülmektedir.



Şekil 2. Biyomedikal mühendisliği lisans programının genel yapısı(Karagözoğlu, 2013)

Mühendislik felsefesinin altında yatan temel kavram güncel bilim ve teknolojinin kullanılmasıyla toplumun sosyal, ekonomik ve kültürel ihtiyaçlarının karşılanmasına en uygun çözümleri sunmaktır. Genel olarak bir mühendisten, tecrübe ve yaratıcılığını kullanarak, matematiksel ve fiziksel kurallar çerçevesinde problemi çözerek bir şey tasarlaması ya da çözüm sunması beklenir (Alpaslan, 2011). ABET’e göre mühendisliğin tanımı ise, doğadaki kaynakların ve gücün, doğa bilimleri ve matematiği kullanarak, uygulama, pratik ve deneyim yaparak insanlığın yararına sunulması şeklindedir (ABET, 2017). Bu bağlamda, mühendislik eğitimi veren lisans programlarının temel hedefi; problemi tespit edebilen, irdeleyen, çözüm üreten, yenilikleri takip eden, toplumun ihtiyaçlarına yönelik çalışmalar yaparak ekonomik açıdan da topluma katkı sunan mühendisler yetiştirmektir. Özellikle yüksek teknoloji üretme yeteneği olan ülkelerde bu hedefe ulaşılabilir (Douglas, 2011). Fakat bu durum, teknolojik devrimini tamamlamamış veya gelişmekte olan ülkeler için geçerli değildir. Dört yıllık eğitim sonucunda, kendi sektöründe çalışmaya başlayan mühendisler genellikle mühendislik tanımının dışında kalan rutin faaliyetler gerçekleştirmektedirler. Bu durumun iki temel nedeni vardır. Bunlardan ilki, mühendis adayının dört yıl boyunca, teorik bilgiler ile donatılarak,kağıt üzerinde iyi problem çözebilen ama gerçek mesleki hayatında karşılaşacağı problemleri analiz etmekte ve çözümlemede yetersiz kalacağı bir eğitim almış olmasıdır. Diğer neden ise, teknoloji üretmeyen, sadece ithal eden bir ülkede sanayi ve sektörün mühendislik eğitimi üzerinde yeterince etkisi olmamasıdır. Biyomedikal mühendisliği lisans eğitimi için bahsedilen bu durum çok daha önemlidir. Günümüzde sağlık teknolojileri gelişen teknolojileri uygulamaktan ziyade, teknolojinin geliştirilmesi, araştırma-geliştirme faaliyetleri ve yenilikçi ürünler konusunda bilim ve teknolojik gelişimin lokomotifine haline gelmiştir. Bu durum, biyomedikal mühendisliği lisans eğitim programlarının kendisini sorgulaması ve eğitim programının sürekli olarak geliştirilmesini gerektiren bir sonuç doğurmuştur. Dünyada ve ülkemizde, eğitimin kalite ve standartlarını akredite eden kurumlar 2000’li yıllardan sonra daha önem kazanmıştır.

Uluslararası olarak biyomedikal mühendisliği programını akredite eden kuruluş ABET, ülkemizde ise Mühendislik Eğitim Programları Değerlendirme ve Akreditasyon Derneği (MÜDEK)’dir. ABET, akredite edilmiş programların mühendislik tasarımında içermesi gereken önemli eğitim çıktısını "ekonomik, çevresel, sosyal, politik, etik, sağlık ve güvenlik, üretilebilirlik ve sürdürülebilirlik gibi gerçekçi kısıtlamalar dahilinde arzulanan ihtiyaçları karşılayacak bir sistem, bileşen veya süreç tasarlama becerisi" şeklinde tanımlanmaktadır. Bu tanım, disiplinler arası eğitim alanları içeren biyomedikal mühendisliği için tam olarak yeterli değildir. Genel mühendislik eğitimi için, "deney tasarlama ve yapma, veri analiz etme ve yorumlama" ölçütü, biyomedikal mühendisliği eğitimi için "canlılar üzerinde ölçüm yapma ve veriyi yorumlama yeteneği olan mezunlar hazırlanmalıdır" şeklinde genişletilmiştir. ABET program kriterlerinde, biyomedikal mühendisi canlı ve cansız materyallerin ve sistemlerin arasındaki etkileşim ile ilgili problemleri anlama, analiz etme ve çözümleme yeteneklerine sahip olmalıdır(ABET, 2017).

3. Biyomedikal Mühendisliği Lisans Eğitiminin Önemli Nitelikleri

Günümüz sağlık teknolojisindeki gelişmeler, hızlı gelişen bilim ve teknoloji, sektörel pazar, Ar-Ge ve üretim süreçlerinde çalışabilecek mühendisler yetiştirebilmek için lisans eğitim programının sahip olması gereken önemli

nitelikler vardır (Benkeser, 2006). Bunlardan ilki, biyomedikal mühendisinin hastaların ve çoğunlukla sağlık çalışanlarından oluşan müşterilerin ihtiyaçlarına uygun çözümler üretilmesine olanak sağlayacak analiz yeteneğidir. Bu yetenek, diğer mühendislik disiplinleri, hekimler ve hasta arasındaki köprüyü kuracak ve kendilerini açık bir şekilde ifade edebilecekleri iletişim yeteneği ile desteklenmelidir. Biyomedikal mühendisleri genellikle farklı mesleki gruplarla birlikte çalışırlar. Ortaya çıkan bir gereksinim veya probleme sunulacak çözüm için bu meslek grupları ve/veya hastaların da fikirleri alınarak sürece dâhil edilmeleri gerekir. Bunun içinde eğitim hayatlarında dinleme yeteneği kazanmaları gerekmektedir. Dört yıllık eğitim hayatında biyomedikal mühendisi adaylarının en çok şikâyet ettikleri dersler matematik dersleri olsa da, özellikle Ar-Ge alanlarında çalışacak mühendislerin matematiğin hesap ilkelerini iyi seviyede öğrenmeleri analiz, tasarım ve hesaplama faaliyetlerinde karşılaşılabilecek muhtemel sorunların üstesinden gelmelerinde kazanmaları gereken önemli yeteneklerden biridir. Son olarak biyomedikal mühendisleri kazanacakları problem çözme yeteneği ile özellikle biyolojik bilimler alanlarında yapılacak iş birlikleri veya araştırmalarda, karmaşık biyolojik sistemlerdeki sorunları genel olarak irdeleyerek çözebilirler (Benkeser, 2006).

Lisans eğitimini tamamlayan bir biyomedikal mühendisinin eğitim süreci aslında tamamlanmaz. Çalışma alanlarının çok disiplinli olması ve mesleki hayatlarında karşılaşılabilecek gerçek problemler öğrenme döngüsünün devam etmesini zorunlu hale getirir. Lisans eğitimi süresince mühendis adayına kazandırılmaya çalışılan yaşam boyu öğrenme yeteneği sayesinde ileride karşılaşılabilecek muhtemel, yeni ve bilinmeyen problemlere karşı sistematik çözümler üretilebilir. Biyomedikal teknoloji üreten birçok ülkede bu süreç lisansüstü eğitimini zorunlu kılmaktadır. Bir araştırma ekibine liderlik etmek, bir hastanenin kurulması veya yönetiminde görev almak gibi üst düzey teknik ve idari sorumlulukları yerine getirebilmek için biyomedikal mühendislerinin yüksek lisans eğitimine ihtiyaç duyması artık bir gereklilik haline gelmiştir (Benson ve ark., 2009; Bliznakov ve Pallikarakis, 2011).

4. Lisans Eğitimindeki Temel Zorluklar

Biyomedikal mühendisliği lisans eğitimi, bölümün çok disiplinli doğası nedeniyle diğer mühendislik bölümlerine göre bazı zorluklar ve geniş kapsamlı çaba gerektirmektedir (Magjarevicve ark., 2010). Tüm mühendislik disiplinlerinde yaşanan ortak zorluk, orta öğretimi tamamlamış, çok sayıda sınav sonucunda bölümü kazanan mühendis adayının, birinci sınıftaki temel derslere uyum sağlamasıdır. Biyomedikal mühendisliğinde diğer mühendislik bölümlerindeki temel bilim derslerinin haricindeki çeşitlilik bu süreci daha da zorlu hale getirebilmektedir. Bölümün çok disiplinli yapısının neden olduğu bir diğer zorluk da eğitici çeşitliliğinin yeterince sağlanamamasıdır. Eğitim süreci, konusunda uzmanlığı olan, teorik bilgisi kadar pratik uygulama becerisine sahip öğretim üyeleri ile hem hızlandırılır hem de nitelikli bir hale getirilebilir. Göreceli bir değerlendirme olsa da, bu tanıma uyan bir öğretim üyesi, iyieğitim almış ve kendini sürekli güncelleyerek bilgi seviyesini denetleyebilme, sahip olduğu bilgiyi farklı araştırma, proje vb. şekillerde uygulayabilme, pedagojik eğitim ve öğretimin temel kurallarını uygulayabilme gibi yeteneklerine sahip olmalıdır. (Harris ve ark., 2002; Magjarevicve ark., 2010; Lustick ve Zaman, 2011).

5. Tartışma ve Sonuç

Son yüzyılda en hızlı gelişen mühendislik disiplinlerinden biri kuşkusuz biyomedikal mühendisliğidir. Yaklaşık bir yüzyıl önce bir hekimin çantasında stetoskoplar, cerrahi bıçaklar, makaslar ve çekiçler gibi mekanik aletler bulunmaktaydı. 1970'li yıllara kadar yavaş ilerleyen biyomedikal cihaz teknolojilerindeki gelişim, o zamandan bu yana giderek artan bir hızla devam etmektedir (Bronzino, 2005). Yaklaşık elli yıl kadar önce hastasının kalbini stetoskop ile dinleyen bir kardiyolog, günümüzde hastanın üzerinde taşıdığı, giyilebilir sensör teknolojileri ile tüm kardiyak bilgilerin topladığı kablolu veri iletimi yapabilen cihazlar sayesinde hastasının tüm bilgilerine akıllı cep telefonundan ulaşabilmektedir. Sınırsız sayıda örneklem yapılabilecek bu değerlendirme, biyomedikal mühendisliği ve sağlık teknolojileri arasında olan organik bağ ve bunun sonucu olarak da her iki alanının gelişim yönünden birbiri için itici güç olduğu sonucunu ifade etmektedir. Bir alandaki gelişme, genellikle diğer alanlardaki ilerlemeler tetikleyebilir. Örneğin, uygun matematiksel metodolojiler, donanım ve yazılım bileşenlerindeki gelişmelerin sonucunda bilgisayarlı tomografinin klinik olarak kullanılabilmesi mümkün olmuştur (Bronzino, 2005). Bu nedenle, biyomedikal mühendisliği eğitiminin değişen dünyaya, bilim ve teknolojiye gelişmelere ve yeni mühendislik modalitelerine uyum sağlaması gerekmektedir (Harris ve ark., 2002). Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi, Cihazlar ve Radyolojik Sağlık Merkezi tıbbi cihaz teknolojilerinin geleceğini tanımlamak için düzenlemiş olduğu çalıştaylar ve yayınladığı raporlarda, önümüzdeki on yıl için tıbbi cihaz teknolojilerinin geleceğinin projeksiyonunu tanımlamaktadır (FDA, 2017). Bu teknolojiler arasında, bilgisayar tabanlı / uzaktan erişimli sağlık teknolojileri, evde hasta bakım hizmetleri, moleküler tıp, minimal invaziv uygulamalar, hibrit cihaz / ilaç yaklaşımları ve yapay organ / yaşam destek

cihazları bulunmaktadır. Yukarıda bahsedildiği üzere sağlık teknolojilerindeki bu hızlı gelişim ve değişim süreci kendini yenileyen bir süreçtir. Bu süreçte, eğitim programında yıllar boyunca kendini tekrarlaması veya değişmemesi doğru olmayan bir yaklaşımdır. Yaşayan bu sürecin sonucu olarak, hem eğitim programının hem de eğiticinin sürekli olarak yenilenmesi gereklidir (Cropley ve Dave, 2014).

Mühendislik öğrencisinin dört yıl boyunca teorik ve uygulama derslerini öğrenmesini sağlamak da tam olarak yeterli değildir. Sağlık teknolojilerinde araştırma, gelişme, üretim ve “know-how” bilgisinin elde edilebilmesi amaçlı politikalar, kamu kurumlarının verdiği teşviklerle birlikte, özellikle biyomedikal cihaz teknolojilerindeki çağrılı araştırma projelerinin sayısında önemli artışa neden olmuştur (Kiper, 2013). Ortaya çıkan bu proje ve yeni fikirlerin hayata geçmesine olanak sunacak girişimcilik faaliyetlerine de eğitim programlarında mutlaka yer verilmelidir. Bu amaçla eğitim programları, proje yönetimi, iş planı hazırlama, girişimcilik, fikri mülkiyet hakları konularını içeren zorunlu ve seçmeli dersler ile güncellenerek zenginleştirilmelidir.

Biyomedikal mühendislerinin çalışma alanlarındaki çeşitlilik, birçok mesleki alanı kapsamaktadır. Sağlık teknolojileri ve uygulamalarında iç içe geçmiş farklı uygulama alanları, tek bir meslekdisiplinle ele alınamaz. Biyomedikal mühendisleri, hem mühendislik hem de tıp ve temel bilimler arasındaki koordinasyonusağlarlar. Bu görevde gerekli olan bilgi, liderlik ve iletişim yeteneklerini ise lisans eğitimleri süresince kazanırlar. Eğitim programı ve eğiticilere bu aşamada çok önemli görevler düşmektedir. Lisans eğitiminde bir mühendis adayına ne öğretildiğinden ziyade yaşam boyu öğrenme alışkanlığının aktarılması çok önemlidir (Cropley ve Dave, 2014). Çünkü teknolojideki hızlı değişimler, bazı ders materyallerinin belki de öğrencinin lisans programından mezun olmadan önce güncelliğini yitirmesine neden olabilmektedir. Biyomedikal mühendisliği lisans eğitim ve öğretimin temel amacı, yeni bilgi temelli küresel ekonomik koşullar ve mesleki zorluklarla başa çıkabilmesi için, gerekli bilgi ve becerilerin öğrencilere sağlanması olmalıdır. Bu sayede biyomedikal mühendisleri, mesleklerinde sürekli güncel kalabilmeleri için bilgiye ulaşabilme ve yaşam boyu öğrenme becerilerini içselleştirebilirler.

Teknolojideki hızlı gelişmeler, biyomedikal mühendislerinin yaptıkları iş tanımlarını da sürekli olarak değiştirecektir. Dolayısıyla, biyomedikal mühendislerinin çalışma alanlarındaki genişlemenin yeni iş fırsatlarına dönüşme potansiyeli bulunmaktadır. Bu süreçte, eğitimin kalitesive niteliğinden herhangi bir ödün verilmemelidir. Eğitim programının temel hedefi, mühendislik teknolojisi, temel bilimler ve tıp bilimleri konularında yeterlibilgi ve deneyime sahip biyomedikal mühendisleri yetiştirmek olmalıdır. Mezunlar, almış oldukları eğitiminin sonucu olarak, mesleki, teknik, yönetsel, iletişim, ekip çalışması ve araştırma yeterlikleri ile sağlık teknolojileri ve bakım hizmetlerinin kalitesini sürekli arttıracak faaliyetler gerçekleştirebilirler.

Kaynakça

- ABET-The Accreditation Board for Engineering and Technology.(2017). ABET Accredited Program Search. <http://main.abet.org/aps/Accreditedprogramsearch.aspx> adresinden erişildi. Son erişim tarihi 18/06/2017.
- Alpaslan, N. (2011). Mühendislik Tarihi ve Felsefesi Üzerine Bir Araştırma. Marmara Sosyal Araştırmalar Dergisi, (1).
- Benkeser, P. (2006). Biomedical engineering education. Encyclopedia of medical devices and instrumentation.
- Benson, L.,Becker, K. H., Cooper, M., Griffin, H., & Smith, K. (2009). Engineering Education: Departments, Degrees and Directions. International Journal of Engineering Education.
- Bliznakov, Z.,&Pallikarakis, N. (2011). Overview of biomedicalengineeringeducationprograms in Europe: theresults of the CRH-BME projectsurvey. In 5th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering(pp. 1414-1417). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Bronzino, J. D. (1999). *Biomedical engineering handbook* (Vol. 2). CRC press.
- Bronzino, J. (2005). Biomedical engineering: a historical perspective. *Introduction to Biomedical Engineering*. Burlington MA.
- Cropley, A. J.,&Dave, R. H. (2014). Lifelong education and the training of teachers: developing a curriculum for teacher education on the basis of theprinciples of lifelong education(Vol. 5). Elsevier.

- Douglas, T. S. (2011, August). Biomedicalengineeringeducation in developingcountries: Research synthesis. In *Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE* (pp. 3628-3630). IEEE.
- Enderle, J. D., Blanchard, S. M., & Bronzino, J. D. (2012). *Introduction to biomedical engineering*. Academicpress.
- Ertas, G., & Keskin, A. U. Türkiye’de Biyomedikal Mühendisliği Lisans Eğitimi. *Proceedings of the BIYOMUT2011 Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı*, 22-25.
- FDA, U.S. Food and Drug Administration. (2017). <https://www.fda.gov/MedicalDevices/default.htm> adresinden erişildi. Son erişim tarihi 18/06/2017
- Harris, T. R., Bransford, J. D., & Brophy, S. P. (2002). Roles for learning sciences and learning technologies in biomedical engineering education: A review of recent advances. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 4(1), 29-48.
- Karagozoglu, B. (2013). Biomedicalengineering: Education, research and challenges. In *Technological Advances in Electrical, Electronics and Computer Engineering (TAECE), 2013 International Conference on* (pp. 430-436). IEEE.
- Kiper, M. (2013). Dünyada Ve Türkiye’de Tıbbi Cihaz Sektörü Ve Strateji Önerisi. Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV), ISBN, 978-975.
- Lustick, D. R., & Zaman, M. H. (2011, September). Biomedical engineering education and practice challenges and opportunities in improving health in developing countries. In *Science and Innovation Policy, 2011 Atlanta Conference on* (pp. 1-5). IEEE.
- Magjarevic, R., & Diaz, M. L. Z. (2014, August). Biomedica lengineering education-Status And perspectives. In *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2014 36th Annual International Conference of the IEEE* (pp. 5149-5152). IEEE.
- Magjarevic, R., Lackovic, I., Bliznakov, Z., & Pallikarakis, N. (2010, August). Challenges of the biomedical engineering education in Europe. In *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE* (pp. 2959-2962). IEEE.
- Monzon, J. E., & Monzon-Wyngaard, A. (2009, September). Ethics and biomedical engineering education: The continual defiance. In *Engineering in Medicine and Biology Society, 2009. EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE* (pp. 2011-2014). IEEE.
- NP-Nobel Prize. (2017) .The Official Web Site of the Nobel Prize, The Nobel Prize in Physics 1956. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1956/ adresinden erişildi. Son erişim tarihi 18/06/2017
- YÖK- Yükseköğretim Program Atlası.(2017). <https://yokatlas.yok.gov.tr/lisans-anasayfa.php> adresinden erişildi. Son erişim tarihi 18/06/2017