**T.C.**

**ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ**

**BİYOFİZİK ANABİLİM DALI EĞİTİM LABORATUVARLARININ GELİŞTİRİLMESİ**

**Proje No: PYO.TIP.1907.20.002**

**Doç. Dr. Ayşegül AKAR KARADAYI**

**Dr. Öğretim Üyesi Nilüfer AKGÜN ÜNAL**

**Dr. Öğretim Üyesi Onur YONTAR**

**MAYIS 2023**

**SAMSUN**

**ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR**

Bu proje Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından desteklenmiştir.

Doç. Dr. Ayşegül AKAR KARADAYI

1. GİRİŞ………....................................................................................................................................4

2. GENEL BİLGİLER………..............................................................................................................5

2.1. Biyomekanik cihazı………...........................................................................................................5

2.2. İyontoforez cihazı ……….............................................................................................................5

2.3. NARDA ELT 400 Manyetik alan ölçüm cihazı............................................................................6

2.4. Testo 865 Termal kamera sıcaklık tespit cihazı............................................................................7

2.5. Dijital multimetre avometre………..............................................................................................8

3. MATERYAL VE METOD………..............................................................................................…9

3.1. Universal Biyomekanik test cihazı Yapımı……...........................................................................9

4. SONUÇ VE TARTIŞMA………...................................................................................................11

**ÖZET**

Biyofizik eğitim ve araştırma alanları teknolojinin gelişimi ile birlikte hız kazanmış ve ulusal alanda Biyofizik eğitiminde Türk Biyofizik derneği tarafından 2013 yılında, Türkiye’deki üniversiteler Biyofizik anabilim dalları lisans ve lisansüstü eğitimi konuları ve hedeflerinin uyumluluğu sağlamak amacı ile biyofizik hedefler tekrar gözden geçirilmiş ve Temmuz 2020’de Bilimsel Araştırma Projeleri 1907 Eğitim Öğretim Alt yapı desteğiyle OMU Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı Lisans ve Yüksek lisans öğrenci Laboratuvarı desteklenmiştir. Projede Tıp Fakültesi Dönem I, I, III eğitim programında olan uygulamalar proje desteğiyle güncellenmiştir. Proje desteğiyle elde edilen ve üretilen cihazlar kullanılarak, Biyofizik uygulama kitapçığı da oluşturulmuştur. Mevcut laboratuvara desteklenen cihazlar ayrıca lisans/lisansüstü çalışmalarda da kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Radyasyon biyofiziği, Biyofizik uygulamaları, Termal kamera, İyontoforez,

**\*Bu proje Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından PYO.TIP.1907.20.002 proje numarası ile desteklenmiştir.**

**ABSTRACT**

Biophysics education and research fields gained momentum with the development of technology, and in 2013, the Turkish Biophysics Association in national biophysics education revised the biophysics targets in order to ensure the compatibility of the undergraduate and graduate education subjects and targets of the universities in Turkey, Biophysics departments, and in July 2020. Scientific Research Projects 1907 With the support of education and training infrastructure, OMU Faculty of Medicine Biophysics Department Undergraduate and Postgraduate Student Laboratory was supported. In the project, the applications in the Faculty of Medicine Term I, I, III education program were updated with the support of the project. Using the devices obtained and produced with the support of the project, a Biophysics application booklet was also created. The devices supported by the existing laboratory were also used in undergraduate/postgraduate studies.

**Keywords:** Radiation biophysics, Biophysics applications, Thermal camera, Iontophoresis,

**\*This project was supported by the Scientific Research Projects Coordination Unit of Ondokuz Mayıs university with the project number PYO.TIP.1907.20.002.**

# GİRİŞ

Biyofizik, fizik tabanlı yöntemler kullanılarak veya fiziksel ilkelere göre biyolojik sistemler ve biyolojik süreçlerin mekanizmasını açıklamayı ve araştırmayı hedefleyen disiplinler arası bir bilim dalıdır(1,2,3). Bu disiplin, yaşam moleküllerinin nasıl yapıldığının, bir hücrenin farklı bölümlerinin nasıl hareket edip çalıştığının ve vücudumuzdaki beyin, dolaşım, bağışıklık sistemi ve diğerleri gibi karmaşık sistemlerin nasıl çalıştığının mekaniğini anlamak için fizik teorilerini ile yöntemlerini kullanır ve mekanizma hakkında bilgi verir. Günümüzde biyofiziğin, tıbbi biyofizik, moleküler biyofizik, radyasyon biyofiziği, sistemler biyofiziği, hücre biyofiziği, çevre biyofiziği, görüntüleme sistemleri biyofiziği, biyomekanik gibi alt bilim dalları vardır (1,4). Teknolojinin gelişmesi ile biyofiziğin ilgi ve inceleme alanlarında da ilerleme olmakta ve kliniğe temel oluşturan biyofizik eğitim uygulamaları gelişme göstermektedir. Bu gelişme ile birlikte, Türk Biyofizik derneği Ağustos 2000 de Türkiye’deki Biyofizik anabilim dalları eğitim ve uygulama hedeflerini yayınlamış (5) ve Türk Biyofizik derneği tarafından 2013 yılında, Türkiye’deki üniversiteler Biyofizik anabilim dalları lisans ve lisansüstü eğitimi konuları ve hedeflerinin uyumluluğu sağlamak amacı ile biyofizik hedefler tekrar gözden geçirilmiştir(6). Üniversitemiz Tıp fakültesi Biyofizik Anabilim dalı, Türk Biyofizik derneği tarafından yapılan revizyon ışığında 2016 yılında tıp eğitiminde bu yeni hedefler ile uygulamaları önermiş ve 16 bölümlük Biyofizik hedefler ile Biyofizik anabilim dalının imkanları doğrultusunda 3 uygulama, program kurulu tarafından tıp fakültesi dönem I, II, III lisans eğitimine dahil edilmiştir. Tıp fakültesi Biyofizik eğitimi ve uygulamalarının ulusal ve uluslararası diğer üniversite lisans ve lisansüstü Biyofizik eğitim düzeyine getirilmesi ve biyofizik temelli klinik uygulamalara göre güncellenmesi için laboratuvar alt yapısının geliştirilmesi temel hedefimiz olmuş ve Temmuz 2020’de Bilimsel Araştırma Projeleri 1907 Eğitim Öğretim Alt yapı desteğiyle OMU Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı Lisans ve Yüksek lisans öğrenci Labratuarı desteklenmiştir.

 Projede Tıp fakültesi Dönem I, I, III eğitim programında olan uygulamalar proje desteğiyle güncellenmitir. Proje desteğiyle alınan ve yapılan cihazlar kullanılarak ayrıca Biyofizik uygulama föyü de oluşturulmuştur.

**2. GENEL BİLGİLER**

**2.1. Biyomekanik cihazı**

Biyomekanik, mekanik bilimini kullanarak canlıların hareketini inceleyen bilim dalı olarak tanımlanmıştır (7). Mekanik, hareketin tanımı ve kuvvetlerin hareketi nasıl yarattığı ile ilgilenen bir fizik dalıdır. Canlılara etki eden kuvvetler hareket yaratabilir, büyüme ve gelişme için sağlıklı bir uyarıcı olabilir veya yaralanmaya neden olacak şekilde dokuları aşırı yükleyebilir. Biyomekanik, canlıların nasıl hareket ettiğini ve kinesiyoloji uzmanlarının hareketi nasıl iyileştirebileceğini veya hareketi daha güvenli hale getirebileceğini anlamak için gerekli olan kavramsal ve matematiksel araçları sağlar (8). Hayvan çalışmalarında biyolojik dokuların izole edilmesi ile biyolojik dokuya oluşturulan herhangi bir stresin (radyasyon, farmakolojik ya da olumlu yada olumsuz farklı streslerin etkilerinin araştırılmasında biyomekanik analiz yöntemi yaygın kullanılan yöntemlerden biridir (9, 10, 11, 12). Stress, strain, elastik modül gibi biyomekanik parametreler, tüm anatomik ünitelerden ölçülebildiği gibi yapısal komponentlerden izole edilerek hazırlanan örneklerden de ölçülebilir (11, 12). OMU tıp fakültesi, hareket ve kontrol bloğunda kemik biyomekaniği ve kas biyomekaniği sunumlarında 2016 dan bu yana teorik biyomekanik sunumu verilmektedir. OMU mühendislik fakültesi makine mühendisliği ile ortak çalışılarak ticari maliyetinden çok düşük bir maliyetle öğrenci eğitim uygulamasında kullanılacak biyomekanik cihazının yapılmasıyla lisans ile lisansüstü eğitim uygulamalarında kullanılması hedeflenmiş ve universal biyomekanik test cihazı yapımı gerçekleştirilmiştir. Cihaza ait parçalar ve yapımı materyal metot kısmında özetlenmiştir.

 **Gelecek eğitim döneminde,** üretilen biyomekanik cihazının, Biyomekanik ders sunumu sonrası Biyomekanik uygulamasında ve hayvan deneyi araştırmalarında kullanılması hedeflenilmiştir.

**2.2. İyontoforez cihazı**

İyontoforez, elektrik akımı aracılığı ile elektrikle yüklü taneciklerin (iyonlar, moleküller) bir ortam (örneğin deri) içine girişini sağlama yöntemidir ve teorikte elektriğin biyolojik etkilerini temel alan fizik temelli bir yöntemdir (13). Uygun elektrotların kullanılmadığı durum için iyontoforeze suyun elektrolizi eşlik edebilir. Bunun sonucu olarak, pozitif (Anot, A) ve negatif (Katot, K) potansiyelde tutulan elektrotlarda

A: $H\_{2}O\rightarrow 2H^{+}+\frac{1}{2}O\_{2}+2e^{-}$

B: $2H\_{2}O+2e^{-}\rightarrow H\_{2}+2OH^{-}$

reaksiyonları gerçekleşir. Böylece $H^{+}$ ve $OH^{-}$iyonları oluştukça anottaki çözeltinin pH ı düşerken, katottaki çözeltinin pH sıyükselir. Yüksek pH dokulara daha fazla zarar verdiğinden elektrolize neden olan akım yoğunluğunun küçültülmesi ve negatif elektrodun yüzey alanının büyütülmesiyle pH ın kontrol altına alınması gereklidir. Projeden alınan pH metre deneyde pH düzeyinin kontrol altında tutulması amaçlı kullanılmaktadır.

Klinikte genellikle yangılı iskelet kas sistemi rahatsızlıklarının tedavisinde kullanılır. Bunun yanısıra, analjezik etkisinden yararlanmak, yara izi iyileştirmek, ödemden ve kalsiyum birikiminden kurtulmak ve hiperhidroz tedavisinde de kullanılmaktadır (14). Çoğunlukla deri ve zührevi hastalıklar kliniklerinde uygulanan biyofizik temelli klinik bir yöntemdir. Günümüzde bu tedavi yöntemi intravenöz infüzyondan farklı olarak, girişim ve hastane koşullarına gereksinimi ortadan kaldıran bir yöntem olması nedeniyle, şimdilerde tedavi uygulamaları biyofizik anabilim dallarında da yapılabilmektedir (15, 16). Bununla birlikte, hiperhidroz tedavisinde İnönü Üniversitesi tıp fakültesi biyofizik anabilim dalı öğretim üyesi Prof. Dr. Yunus Karakoç tarafından geliştirilen ve koltuk altı aşırı terlemelerini tedavi etmek için kullanılan Sweat-CureR (TersavaR) adlı cihaz, Avusturya Patent Enstitüsü’nün araştırma ve inceleme raporları ile Türk Patent Enstitüsü tarafından onaylanmıştır. Prof. Dr. Yunus Karakoç, geliştirdiği cihazla Biyofizik anabilim dalında tedavisini gerçekleştirdiği koltuk altında aşırı terleme şikayeti bulunan 100’e yakın hastanın yüzde 80’ini ameliyatsız tedavi ettiğini bildirmiştir (15, 16).

 OMU Tıp Fakültesi Biyofizik anabilim dalı, Zedelenme Bloğu biyoelektrik uygulama araçları sunumu elektriğin biyolojik etkileri hedeflerinden iyontoforez ve mekanizmasına teorik anlatımın yanı sıra projeden alınan destek sonucunda Dönem II Zedelenme bloğu Tıbbi cihazların demanstrasyonu uygulamasında 3 yıldır yapılmaktadır. 2021-2022 eğitim öğretim yılında İyontoforez ile ilgili Zedelenme Bloğu öğrenci uygulaması video olarak ara raporda verilmiştir.

**2.3. NARDA ELT 400 Manyetik alan ölçüm cihazı**

 NARDA ELT 400 Manyetik alan ölçer ortamdaki 1Hz-400kHz frekans aralığındaki ortam manyetik alan şiddetini 80mTesla’ya kadar mutlak değer olarak ölçülebilir veya izin verilen limitlerin yüzdesi olarak gösterilebilmektedir. Cihaz EMF Directive 2013/35/EU işyeri güvenliği standartları ölçümlerini, insanların manyetik alanlardaki radyasyona maruz kalmasının güvenliğini değerlendirmek ve elektrikle çalışan ekipmanın CE standardı IEC/EN 62233, Genel Standart IEC 62311 ve ICNIRP 1998 ve ICNIRP 2010’a göre kabul testi için ölçüm yapabilmektedir. Saha maruziyetinin işyerleri için EMF Direktif 2013/35/EU gibi ana standartlara ve düzenlemelere göre doğrudan değerlendirmesi için kullanılabilir bir cihazdır.

 Elektromanyetik alan ölçüm cihazları ile yapılan ölçümler, son yıllarda Dünya Sağlık Örgütü-WHO, Uluslararası Non-iyonize Radyasyondan Korunma Komisyonu-ICNIRP, Avrupa çevre tıbbı akademisi-European Academy for Environmental Medicine-EUROPAEM), gibi kuruluş ve çalışma grupları tarafından bu alanlarındaki maruziyet değerlerinin belirlenmesi, raporlandırılması ve konu ile ilgili yayınları önemsemekte ve teknolojik maruziyet arttıkça bu kuruluşlar tarafından maruziyet limit değerlerinin düşürülmesine yönelik araştırma raporlarının sunulduğu görülmektedir(17, 18, 19, 20, 21). EUROPAEM 2016’da, iyonize olmayan radyasyonun biyolojik etkileri nedeniyle oluştuğu düşünülen, 2015 te tanımlanan, Elektromanyetik hassasiyeti (Electromagnetic Hypersensitivity-EHS) hastalığı üzerine önerilen taleplerden biri, tıp hekimlerinin bu konuda eğitilmesidir (22). Son raporlardan anlaşıldığı üzere, iyonize olmayan radyasyon yayılım yerleri yakın gelecekte aynı iyonize radyasyon alanlarının kontrollü alanlar olmasına benzer olarak, elektromanyetik alan kullanan klinik alanlarda maruziyet limit değerleri ile ilgili raporlandırmalara ihtiyaç duyabileceği ön görüldüğünden OMU Tıp fakültesinde örnek bir çalışma yapılmış ve eklerde sunulmuştur. **Bununla birlikte Lisans uygulama ve diğer fakülte yüksek lisans çalışmaları hizmetine verilmiştir. Lisans uygulama ve hizmetine verilen Yüksek lisans araştırmaları aşağıda sunulmaktadır:**

-Dönem II Zedelenme bloğu Tıbbi cihazların demanstrasyonu uygulaması 2020-2023 arası uygulamalar

-Muhammet Rıza KARADAVUT. “Tez konusu: Orta Gerilim Trafo Merkezinde Çalışan Personelin Manyetik Alan Maruziyetinin Değerlendirilmesi” Danışman: Doç. Dr. Çetin Kurnaz, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2022-devam ediyor

**2.4. Testo 865** **Termal kamera sıcaklık tespit cihazı**

Testo 865Termal kamera, görüntülerin bilgisayar ortamına aktarılması ve değerlendirilmesini sağlayan IRSoft adlı yazılımı olan, insan vücudunun ışıma gücü olan 0,98 ɛ’de çalışabilen bir kolay taşınabilir bir cihazdır. Cihaz, 7,5-14 μm spektral aralığına, 160x120 piksel IR çözünürlüğüne, -20...+280 °C sıcaklık ölçüm aralığına, 0,1°C termal duyarlılığa, ±2°C ölçümdoğruluğuna sahiptir.

Termografik incelemeden, gözlemlenen sıcaklık dağılımı farklılıkları, organizma içinde meydana gelen bir süreçle ilgili bilgi sağlar. 1980’lerin başından beri termal kameralardan tıbbi amaçlarla, temel endüstride, savunmada ve bina denetlemeleri için geniş bir biçimde yararlanılmaktadır. Kızılötesi spektrumun küçük bir bölümünde yayılan (bu spektral aralıkta hassas olan) kızılötesi kameralar, kızılötesi radyasyonun yüzeydeki uzamsal dağılımının görüntülerini oluşturmak için uygulanır. Bu görüntüleme teknolojisine termal görüntüleme veya termografi denir. Kızılötesi termografi invaziv olmayan ve uygulanması kolay bir görüntüleme yöntemidir ve spor hekimliği de dahil olmak üzere farklı klinik tıp modalitelerinde destekleyici bilgi olarak faydalı hale gelebilmektedir (23). Termal kamera görüntüleme işlemi; klinikte fiziksel efor uyumunu, enerjik-metabolik aktiviteyi, termaregülasyon sistemin etkinliğini belirlemede yardımcı olabilmektedir.

Cihaz alındığından itibaren lisans uygulamaları ve Radyolojik Bilimler yüksek lisans tez çalışmaları için kullanılmıştır.

**Lisans uygulama ve Yüksek lisans tez araştırmaları ile tezlerden çıkan ürünler aşağıda sunulmaktadır:**

-Dönem II Zedelenme bloğu Tıbbi cihazların demanstrasyonu uygulaması 2020-2023 arası uygulamalar

-Elif Elçin Etli. “Manyetik nanopartikül-kitosan kompleksinin mikrodalga hipertermi karakterizasyonunun araştırılması” Danışman: Doç. Dr. Ayşegül Akar Karadayı, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2022-devam ediyor

-Rabia Hatice Gülen KEKEÇ. “Kas etkinliğini değerlendirme yöntemlerine alternatif olarak termal kamera kullanımı ve termal görüntülerin iyileştirilmesi” Danışman: Doç. Dr. Ayşegül Akar Karadayı, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2022-devam ediyor

-Elif Elçin Etli, Ayşegül Karadayı, Rahime Seda Tığlı Aydın.12th International Medicine and Heath Sciences Researches Congress- UTSAK, 18 - 19 MARCH 2023 Ankara/TURKEY, ISBN

978-625-8190-76-2

- Rabia Hatice KEKEÇ, Ayşegül KARADAYI (AKAR), Güzin TÜMER, Özlem TERZİ. International Congress of Medical and Health Sciences Studies (ICOMESS 2022), Dec 13-14 2022, Ankara/ TURKEY, ISBN: 978-605-72864-4-4

**2.5. Dijital multimetre avometre**

Ampermetre, voltmetre ve ohmmetrenin bir gövde içinde birleştirilmesiyle üretilmiş ölçü aletine AVO metre denir. AVO metrelerin geliştirilmiş olan modeline ise multimetre denir. Dijital multimetreler; daha yüksek doğruluk, güvenilirlik ve daha fazla empedans ile ölçebilme kabiliyetleri sayesinde uzun zaman önce iğneli analog cihazların yerine geçmiştir. analog multimetrelere göre dijital multimetreler, daha yüksek doğrulukta ölçüm yaparlar. Standart analog multimetreler genellikle ± %3 doğrulukla ölçüm yaparken dijital multimetreler ise ± %0,5 doğruluğa erişebilir.

 **Projeden temin edilen dijital multimetreler,** Dönem III Solunum dolaşım bloğunda Eithoven üçgen deneyi uygulamasında 2020-2021 eğitim döneminden itibaren kullanılmaktadır.

**3. MATERYAL VE METOD**

**3.1. Universal Biyomekanik test cihazı Yapımı:**

Universal test cihazı üretimi için kullanılan malzemeler Tablo 1.1’de listelenmiştir.

Tablo 1.1. Test cihazı üretiminde kullanılan bileşenler

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| No | Malzeme | Marka/Model |
| 1 | Güç kaynağı | Mervesan 350W 48V DC 7.3A |
| 2 | Yük hücresi | ZEMIC H3-C3-1ton |
| 3 | Yük sensörü kartı | SparkFun OpenScale |
| 4 | Step motor | 57BHH82-300E-0BB(PL5K) /Planet redüktörlü |
| 5 | Step motor sürücü | CWD556-A |
| 6 | Mikrodenetleyici | Arduino Uno |
| 7 | Gövde bileşenleri | Alüminyum sigma profil ve 3D yazıcıda üretilen parçalar, vidalı miller, kaplinler, somunlar |

Test cihazı üniversitemiz KİTAM ve Makine Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında kullanılmakta olan test cihazları örnek alınarak ve biyomekanik testlerde kullanmak amacıyla küçük yapısal elemanların tutturulabileceği ve küçük yük hassasiyetine sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Cihaz üretim aşamaları yapısal ve yazılımsal olarak iki farklı iş paketi olarak ele alınmıştır. Yapısal tasarım ve üretim süreçlerinde Tablo 1.1’de listelenen elemanlar proje kapsamında tedarik edilerek, çoğunlukla 3d yazıcıda üretilen parçalar kullanılarak birleştirilmiştir. Talaşlı imalat hizmet alımı yapılamamasından dolayı dişli çark elemanları da 3d yazıcıda üretilmiştir ve boşluksuz hareket aktarımı elde etmek için çavuş dişli (herringbone) şeklinde modellenmiştir. Step motorun planet redüktör çıkışından elde edilen tahrik hareketi çavuş dişlilerle vidalı millere aktarılmıştır. Vidalı milin dönüşü ile üzerine yerleştirilen somunların yukarı aşağı hareket etmesi sağlanmıştır. Universal test cihazları çekme, basma ve eğme deneyleri yapabilen cihazlar olup, yalnızca üzerinde yük hücresi taşıyan bir çenenin yukarı aşağı hareket etmesi ve bu çene üzerine yapılmak istenen teste ait tutucuların bağlanması ile istenilen deneyi gerçekleştirmektedirler. Bahsi geçen hareket aktarım sistemi, yük hücresi, yük hücresi kartı, step motor sürücüsü ve diğer elektronik bileşenler 20x20 mm’lik alüminyum sigma profillerden kesilerek oluşturulan çerçeve üzerine montajlanarak makinenin yapısal unsurları ortaya çıkartılmıştır. Yazılım iş paketinde kullanıcı kolaylığı ve esnek hesaplama imkanları açısından MS Excel arayüzü kullanılması tercih edilmiştir. Arduino Uno mikrodenetleyici kartından elde edilen veriler Parallax Data Acquisition yazılımı makroları kullanılarak MS Excel ara yüzüne aktarılmıştır. Her deney öncesi, deney parametrelerinin C++ yazılımı kullanan Arduino IDE ekranında ilgili yerlere girilmesi ve sonrasında MS Excel ara yüzünde ilgili alanlara deney parametreleri ve numune boyutlarının girilmesi ile deney başlatılarak elde edilen veriler, MS Excel’de otomatik olarak hesaplanarak ortaya çıkan deney dosyasının kaydedilmesi ile deney verilerinin güvence altına alınması amaçlanmıştır. Şekil 1.1’de eğme testine ait bir test sonuç ekranı gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Bir numunenin 3 nokta eğme testi sonucunda ortaya çıkan yük-deformasyon eğrisi

Universal test cihazlarında yalnızca çenelerin hareket mesafesi ve ortaya çıkan çekme/basma yükünün boyutu ölçülebilmektedir. Dolayısıyla bu iki veri kullanılarak elde edilen %uzama, gerilme vb. değerler deney sonucunda otomatik olarak hesaplanabilmektedir.

**4. SONUÇ VE TARTIŞMA**

**Sonuç olarak, eğitim öğretim projesinden alınan destekle,** Tıp Fakültesi Temel Bilimler Bölümü Biyofizik eğitim laboratuvarlarının geliştirilmesi, projesinin hedefleri, eğitim öğretim kalitesinin arttırılması, laboratuvar altyapısının güçlendirilmesi ve araştırma faaliyetlerinin geliştirilmesi hedeflerine ulaşılmıştır.

**Hedeflenen çıktılar**

 Biyofizik Anabilim dalı ve Makine Mühendisliği Bölümü ortak çalışması ile biyomekanik cihaz üretimi yapılmış ve alınan cihazlar Biyofizik eğitim uygulamasında kullanılmıştır.

 Diğer eğitim öğretim yıllarına göre Biyofizik Lisans ve Lisansüstü eğitim öğretim kalitesi geliştirilmiştir.

 Multidisipliner çalışma olanaklarının geliştirilmesi ve yayın sayısında artış sağlanmıştır.

 Cihazlar anabilim dalı, bölüm eğitim ve araştırma çalışmaları öncelikli olmak kaydıyla tüm üniversite birimlerinin kullanımına verilmiştir.

 İş sağlığı güvenliği amaçlı ölçüm ortam elektromanyetik alan ölçümü, bilirkişilik ve iyontoforez tedavi ek hizmeti verebilmek hala hedefler arasındadır. Gerekli resmi protokoller sağlandığında yapılacaktır.

 Ayrıca, proje imkanlarıyla yapılan ve alınan cihazların kullanılabilirliği ile hedeflenen çıktılara ek olarak **Biyofizik föyü de** oluşturulmuştur. **Biyofizik föyünün ISBN numarası alınabilmesi için mevcut proje sonuç raporunda sunulan föy geliştirilecek ve eksik cihazlar için yeni bir eğitim projesi verilmesi planlanacaktır.**

**Kaynaklar**

1-Prof. Dr. Ferit Pehlivan. Biyofiziğe giriş, 8. Baskı, Pelikan Yayıncılık, Ankara 2012

2- http://www.biophysics.org Biophysical Society

3- https://en.wikipedia.org/wiki/Biophysics

4- https://www.medimagazin.com.tr/assoc/tr-turk-biyofizik-dernegi-74-0-7.html

5- Türk Biyofizik dernepği yönetim kurulu 2000. Biyofizik ders programlari. Türk Biyofizik derneği bülteni Cilt 6(2) Ağustos 2000. https://www.turkbiyofizikdernegi.org/bulten/2000\_2.pdf

6- Prof. Dr. Rüstem Nurten. Biyofizik konu başliklari, Türk Biyofizik Dernegi Bülteni; 19(2), Ağustos 2013. https://www.turkbiyofizikdernegi.org/bulten/2013\_2.pdf

7-Hatze, H. ‘The Meaning of the Term “Biomechanics”’. Journal of Biomechanics, vol. 7, no. 2, Mar. 1974, pp. 189–90. ScienceDirect, doi:10.1016/0021–9290(74)90060–8.

8-Duane Knudson

9- Comelekoglu U, Yalin S, Bagis S, Ogenler O, Sahin NO, Yildiz A, Coskun B, Hatungil R, Turac A. Low-exposure cadmium is more toxic on osteoporotic rat femoral bone: mechanical, biochemical, and histopathological evaluation. Ecotoxicol Environ Saf. 2007 Feb;66(2):267-71.

10-. Gürgül S, Erdal N, Yilmaz SN, Yildiz A, Ankarali H. Deterioration of bone quality by long-term magnetic field with extremely low frequency in rats. Bone. 2008 Jan;42(1):74-80

11-Aachal Kotecha. What Biomechanical Properties of the Cornea. Are Relevant for the Clinician? Surv Ophthalmol 52 (Suppl 2) November 2007

12-Michelle Griffin, Yaami Premakumar, Alexander Seifalian, Peter Edward Butler, Matthew Szarko. Biomechanical Characterization of Human Soft Tissues Using Indentation and Tensile Testing. JOVE-Journal of Visualized Experiments, December 2016. DOI: doi:10.3791/5487.

URL: http://www.jove.com/video/54872

13-Prof. Dr. Hamza Esen ve Prof. Dr. Ferhan Esen, Biyofizik Yöntemler biyolojik etkiler önlemler, Ankara Nobel Tıp Kitabevi, 2017

14- Mukaddes KAVALA, İlkin ZİNDANCI, Emek KOCATÜRK. Hiperhidrozda iyontoforez tedavisi. Göztepe Tıp Dergisi 26(2):78-82, 2011. doi:10.5222/J.GOZTEPETRH.2011.078

15-Karakoç Y, Aydemir EH, Kalkan MT, Unal G. Safe control of palmoplantar hyperhidrosis with direct electrical current. Int J Dermatol 2004;43(7):503-5. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-4632.2004.02122.x PMid:15230888

16- Prof. Dr. Yunus Karakoç 'TersavaR'a Patent Aldı. http://www.malatyaguncel.com/prof-dr-yunus-karakoc-tersavara-patent-aldi-346263h.htm

17- World Health Organization (WHO). Radiofrequency and microwaves. Environmental Health Criteria 16, Geneva (CH): WHO, 1981. Available at: http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc016.htm.

18-World Health Organization (WHO). Extremely low frequency (ELF) fields. Environmental Health Criteria 35, Geneva (CH): WHO, 1984. Available at: http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc35.htm

19-International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health

Physics 1998;74(4):494–522.

20. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz). Health Phys 2010;99(6):818–36.

21- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) 2009. Exposure to high frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (100 kHz –300 GHz)–review of the scientific evidence and health consequences. Available: http://www.icnirp.de/documents/RFReview.pdf

22- Igor Belyaev, Amy Dean, Horst Eger, Gerhard Hubmann, Reinhold Jandrisovits, Markus Kern, Michael Kundi, Hanns Moshammer, Piero Lercher, Kurt Müller, Gerd Oberfeld, Peter Ohnsorge, Peter Pelzmann, Claus Scheingraber and Roby Thill. EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses. Rev Environ Health 2016; 31(3): 363–397.

23-Marins JCB, Ferna´ndez-Cuevas I, Arnaiz-Lastras J, Fernandes AA, Sillero-Quintana M. (2015). Applications of infrared thermography in sports. A review. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Fı´sica y del Deporte. 15(60).