

Biyofiziğin Tıbbi Cihazların Gelişimi Üzerindeki Önemi

Ferhat BOZDUMAN

ferhatbozduman@karabuk.edu.tr; ORCID:0000-0002-2669-021X

Karabük Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı

Özet

Biyofizik, fiziksel prensiplerin canlı sistemlere uygulanmasını inceleyen disiplinler arası bir bilim dalıdır. Günümüzde biyofizik biliminin sunduğu bilgiler, tıbbi cihazların geliştirilmesi ve iyileştirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Tanı, tedavi ve rehabilitasyon süreçlerinde kullanılan cihazların tasarımı, biyofiziğin sunduğu teorik altyapı sayesinde gerçekleşir. Bu makalede, biyofiziğin tıbbi görüntüleme, biyomekanik, nanoteknoloji ve elektriksel biyofizik gibi alanlarda tıbbi cihazların gelişimine olan katkıları incelenecektir.

Anahtar Kelimeler: Biyofizik, Tıbbi Cihazlar, Tanı ve Tedavi, Tıbbi Görüntüleme

The Importance of Biophysics in the Development of Medical Devices

Abstract

Biophysics is an interdisciplinary science that studies the application of physical principles to living systems. Today, the knowledge provided by biophysics plays an important role in the development and improvement of medical devices. The design of devices used in diagnosis, treatment and rehabilitation processes is realized thanks to the theoretical background provided by biophysics. In this article, the contributions of biophysics to the development of medical devices in areas such as medical imaging, biomechanics, nanotechnology and electrical biophysics will be examined.

Keywords: Biophysics, Medical Devices, Diagnosis and Treatment, Medical Imaging

1. Giriş

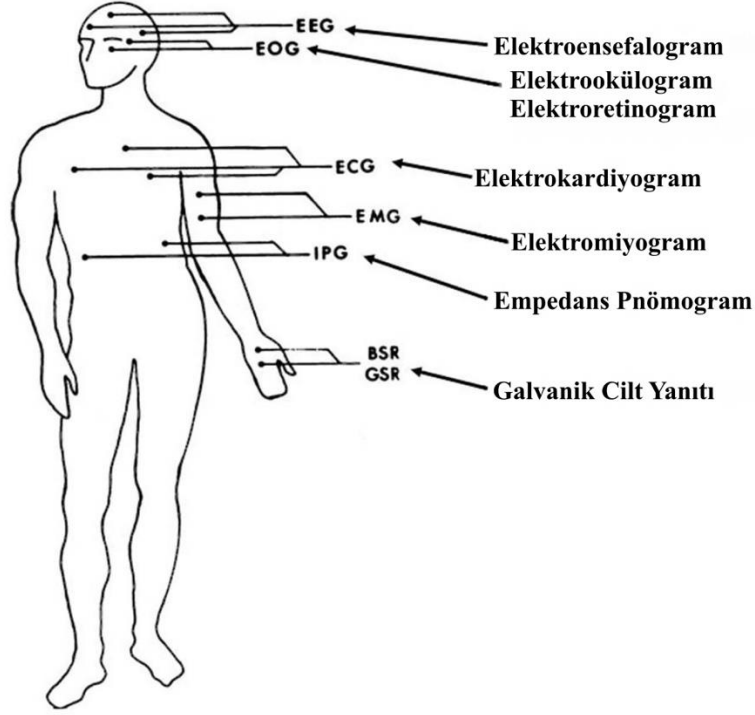
Tıbbi cihazlar ve tıbbi elektronik alanları düşünüldüğünde, 100 yıl öncesine bakmak ve genel olarak bireyler ve toplum üzerinde büyük bir etkisi olan gelişmeleri tespit etmek nispeten kolaydır. Aynı şeyi günümüzdeki gelişmeler için yapmak daha zordur. Mevcut faaliyetleri ve başarıları makul bir şekilde değerlendirebiliriz, ancak bunların genel etkilerini belirlemek biraz

daha zordur. Gelecekteki gelişmeleri ve bunların etkilerini değerlendirmek ise gerçekten zordur. Dahası, geçmişteki gelişmelere bakar ve kendimizi 100 yıl önce bu zorluğun içinde hayal edersek, hiçbirimizin tıbbi cihazlar ve tıbbi elektronik alanında bugün sahip olduğumuz ilerlemeleri tahmin edemeyeceğimizi biliriz. Öyleyse neden geleceğe bakma zorluğunu üstleniyoruz? İşin kolay kısmıyla başlayalım. Yüz yıl önce tıbbi cihazlar alanında çok az şey vardı ve tıbbi elektronik hiç mevcut değildi. Sadece o zamanki tıp uygulamalarını etkilemekle kalmayıp bugün de tıp uygulamalarında önemli teknolojilerin temelini oluşturan üç cihaz mevcuttu. Bunlardan ilki, 1816 yılında Fransız hekim René-Theophile-Hyacinthe Laennec tarafından orijinal haliyle icat edilen stetoskoptur (Laennec & Osler, 1819). Bu cihaz, bir ucunda hastanın cildine yerleştirilen ve diğer ucu hekimin kulağına bastırılan huni şeklinde bir açıklığı olan içi boş ahşap bir tüptü. Bu alet, hekimin zayıf kalp seslerini duymak için kendi kulağını (o dönemde hemen hemen tüm hekimler erkekti) hastanın göğsüne yerleştirmek zorunda kalmasının yerini almıştı ki bu da mütevazı kadın hastalar için garip ve aynı zamanda stresliydi. Bugün, modern stetoskopu tıbbın bir sembolü ve aynı zamanda yerleşik ve yaygın olarak kullanılan bir diyagnostik cihaz olarak kabul ediyoruz. Yaklaşık 200 yıl önce icat edilenden farklı görünse de bu süre zarfında bu tıbbi cihazın temel prensibi, temel yapısı ve uygulamasında çok az değişiklik olmuştur. Uzun süredir olmasa da 100 yıl önce zaten var olan ikinci cihaz, orijinal tıbbi X-ışını görüntüleme cihazıydı. X-ışınları 1895 yılında Wilhelm Conrad Röntgen tarafından keşfedildi ve insan vücuduna nüfuz ederek iskelet yapısını ortaya çıkardığı gösterildi. Bir yıl içinde bu gelişme klinik tıpta uygulandı ve bugün hala tıbbi görüntülemenin çoğunun temelini oluşturuyor. Görüntüleme makineleri oldukça farklı görünüyor, ancak prensip esasen Röntgen'in zamanında olduğu gibi aynı. Röntgen, X-ışınlarını keşfetmesi ve tanımlaması nedeniyle 1901 yılında fizik alanında ilk Nobel Ödülü'nü almıştır ("On a New Kind of Rays. By W.C. Rontgen. Translated by Arthur Stanton from the Sitzungsberichte Der Würzburger Physic-Medic. Gesellschaft, 1895. Nature, January 23,

1896”, 1970). Bundan 100 yıl önce mevcut olan üçüncü tıbbi cihaz, elektrokardiyogram (EKG) olarak adlandırılan bir sinyali elde etmek ve görüntülemek için kullanılan oldukça karmaşık bir cihaz olan elektrokardiyografi (Neuman vd., 2012). Daha önceki araştırmacılar altta yatan biyofiziksel prensibi, yani vücut yüzeyinde kalbin aktivitesiyle ilişkili bir elektrik sinyalini tanımlamış olsalar da Willem Einthoven bu sinyali kaydetmek ve bir grup insan denek üzerinde incelemek için bir tel galvanometre kullanarak pratik bir cihaz geliştirdi (*EINTHOVEN, Willem. “Galvanometrische Registratie van Het Menschelijk Electrocardiogram”, In, t.y.*). Onun ilk cihazı ticarileşti ve tam da Proceedings of the IEEE'nin ilk sayısının yayınlandığı sıralarda klinik çalışmalar ve teşhis için kullanıldı. Röntgen'de olduğu gibi Einthoven da keşfi için 1924 yılında Nobel Ödülü ile onurlandırıldı.

Son 100 yılda fizyolojide kaydedilen en büyük ilerleme, memeli hücreleri, organları ve organizmalarıyla ilişkili elektriksel alanların ve akımların anlaşılması olmuştur. Bu çalışma, sinir ve kas hücreleri gibi elektriksel olarak aktif hücrelerin temel fizyolojisinin anlaşılmasında önemli olmakla birlikte, hastalıkların teşhisinde kullanılan elektrofizyolojik enstrümantasyonun geliştirilmesine de yol açmıştır. Şekil 1'de vücut yüzeyinden elde edilebilen ve vücuttaki işleyen hücrelerle ilgili olan sinyallerden bazıları gösterilmektedir. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanı EKG'dir. Günümüzün modern elektrokardiyografi Einthoven'ın orijinal telli galvanometresinden çok daha basittir. Kalbin elektriksel aktivitesinin vücuttaki farklı yönlerden görülen kayıtlarını sağlar ve kardiyologların kalp atış hızını, kalp ritmini (Kalp ritmi, hız ve morfoloji açısından bir dizi kalp atışının zamansal ilişkisidir), kalp kasına verilen hasara bağlı yaralanma akımlarını, ilaçların kalp üzerindeki etkilerini ve kalbin odacıklarının boyutunu ve konumunu daha iyi anlamalarını sağlar. Bu sayede, bazıları yaşamı tehdit eden kalp ritim bozukluklarının hızlı bir şekilde teşhis edilmesi ve izlenmesi, kalp krizi sırasında ve sonrasında meydana gelen kalp kası hasarının teşhis edilmesi veya birçok yaşlı bireyi etkileyen

bir durum olan kalp yetmezliđi gibi kalbin boyutunun deđiřtiđi durumların belirlenmesi m¼mk¼n hale gelmiřtir.



şekil 1. İnsan v¼cudunun y¼zeyinden elde edilebilen birřok elektrik sinyalinin bir g¼sterimi. EKG Elektrokardiyogram (kalp); EMG Elektromiyogram (kas); EEG Elektroensefalogram (beyin); EOG Elektrooptogram (g¼z hareketi); ERG Elektroretinogram (g¼z); EGG Elektrogastrogram (mide); ENG Elektron¼rogram (sinir); ve GSR Galvanik deri tepkisi (psikolojik stres) (Neuman vd., 2012).

EKG'yi kaydetmek ve g¼r¼nt¼lemek işin iki genel cihaz t¼r¼ kullanılabılır. Doktor muayenehanelerinde, kliniklerde, hastanelerde ve acil durum nakil araşlarında kullanılan standart elektrokardiyograf genellikle 1, 3, 5 veya 12 derivasyon (EKG'ye farklı y¼nlerden bakmak işin elektrot kombinasyonları) kaydeder, sonucusu kısa bir s¼re işin en yaygın olanıdır. Bu cihaz devam eden kardiyak durumları teşhis etme fırsatı sağlar. EKG'yi g¼zlemek işin kullanılan ikinci t¼r tıbbi elektronik cihaz kardiyak monit¼rd¼r. Bu cihaz,

hastanın hızlı bir şekilde müdahale edilmediği takdirde önemli ölçüde morbidite veya ölüme yol açabilecek bir ritim bozukluğuyla karşılaşma olasılığının bulunduğu kritik bakım durumlarında kullanılır. Bu durumda cihaz EKG'yi gerçek zamanlı olarak görüntüler ve genellikle hayatı tehdit eden aritmileri belirleyen ve acil tedavi önlemlerinin alınabilmesi için alarm veren elektronik özelliklere sahiptir.

Son yıllarda tıbbi elektronik cihazlarda kaydedilen bir diğer ilerleme de ölçülen değişkenler ile ilgili tanıda klinisyene yardımcı olmak üzere cihaza bilgi işlem donanımı ve yazılımının dahil edilmesi olmuştur. Elektrokardiyograf söz konusu olduğunda bu, kaydedilen EKG'ye dayalı bir ön tanı ya da daha doğru bir ifadeyle önerilen tanı anlamına geliyordu. Başlangıçta böyle bir bilgisayar programı geliştirmek zordu, çünkü klinisyenler genellikle elektrokardiyo grafik kayıtlarından spesifik tanı üzerinde anlaşıyorlardı. Bir bilgisayarı tek bir klinisyenle uyumlu hale getirmek nispeten kolay olsa da biraz farklı bir tanıya sahip bir klinisyenle bilgisayar uyumu o kadar iyi değildi. Bu alanda çalışan insanlar için öncelikle EKG'nin yorumlanmasına ilişkin standartlar üzerinde anlaşmaya varmaları gerektiği açıktı, böylece bir bilgisayarı bu işlemi gerçekleştirecek şekilde programlamak çok daha basit bir faaliyetti. Günümüzde klinik elektrokardiyografların çoğu bu özelliğe sahiptir.

Böylece, EKG'nin anlaşılması ve uygulanmasının son 100 yılda birçok tıbbi elektronik cihaz ortaya çıkardığını ve kalp hastalığı olan hastaların teşhisinde ve klinik olarak izlenmesinde önemli bir rol oynadığını görüyoruz. Kardiyak monitörün kritik bakım tıbbında kullanılması, yaşamı tehdit eden aritmilerin ortaya çıktıklarında tespit edilmesini ve ritim bozukluğunu durdurmak için hızlı bir şekilde terapötik önlemler alınmasını mümkün kılarak kalpte kalıcı hasar veya ölüm riskini en aza indirmiştir.

Biyofizik, canlı sistemlerin moleküler, hücresel ve doku düzeyinde fiziksel ilkeler çerçevesinde incelenmesini sağlar. Biyolojinin karmaşık süreçlerini anlamada fizik ve matematiğin kullanılması, tıp teknolojilerinin gelişiminde devrim niteliğinde adımlar atılmasını sağlamıştır

(Ashrafuzzaman, 2023). Biyofizik, tıbbi cihazların tasarımını mümkün kılan teorik bir temel oluşturarak hastalıkların erken teşhis edilmesini, etkili tedavi yöntemlerinin uygulanmasını ve hasta bakımının iyileştirilmesini sağlar (*Basic Contributions to Medicine by Research in Biophysics | JAMA | JAMA Network, t.y.*).

Modern tıbbın gelişiminde biyofiziksel bilgilerin sağladığı katkılar özellikle şu alanlarda öne çıkmaktadır:

- **Tıbbi Görüntüleme Sistemleri**
- **Biyomekanik ve Protez Teknolojileri**
- **Elektriksel Biyofizik ve Kardiyak Cihazlar**
- **Nanoteknoloji ve Mikro Teknolojiler**

Bu makalede biyofiziğin tıbbi cihazlara katkıları detaylandırılarak, tıp mühendisliği alanındaki önemine dikkat çekilecektir.

2. Tıbbi Görüntüleme Sistemlerinde Biyofizik

Tıbbi görüntüleme sistemleri, hastalıkların tanısında kritik bir rol oynar. Bu sistemlerin geliştirilmesi, biyofiziğin elektromanyetik dalgalar, akustik prensipler ve enerji transferi gibi konulara dayanan çalışmalarına dayanır.

2.1. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG)

MRG, biyofizik prensiplerine dayanan önemli bir görüntüleme tekniğidir. Protonların güçlü manyetik alanlar altında hizalanması ve radyo dalgaları ile uyarılması sonucu ortaya çıkan sinyaller, doku yapısının detaylı bir şekilde incelenmesini sağlar. MRG'nin biyofiziksel altyapısı şu prensiplere dayanır:

- Protonların manyetik alan içindeki hareketi (Larmor precessioni)
- Radyo frekanslarının enerjii emmesi ve salınımı
- T1 ve T2 relaksasyon süreleri

MRG, non-invaziv olması ve yumuşak dokuları ayrıntılı bir şekilde gösterebilmesi sayesinde pek çok hastalığın teşhisinde kullanılmaktadır.

2.2. Ultrasonografi

Ultrasonografi, ses dalgalarının biyolojik dokularda yansımaları ve yayılma hızına dayanan bir görüntüleme yöntemidir. Biyofizik, ses dalgalarının frekans, hız ve yankı oluşturma özelliklerinin analiz edilmesi ile ultrason cihazlarının geliştirilmesini sağlamıştır. Özellikle gebelik takibi, kalp ve iç organ taramalarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.3. Bilgisayarlı Tomografi (BT)

BT, X-ışınlarının doku ve organlar tarafından emilme farkına dayanarak kesitsel görüntüler oluşturur. Biyofizik, X-ışınlarının dokulardaki davranışını ve enerjinin soğrulma özelliklerini inceleyerek BT teknolojisine katkı sağlamıştır.

3. Biyomekanik ve Protez Teknolojileri

Biyomekanik, biyofiziğin canlıların hareketi, kuvvet aktarımı ve yapısal özelliklerini inceleyen alt dalıdır. Özellikle ortopedik cihazlar ve protez teknolojilerinde biyofiziğin sağladığı bilgiler önemlidir.

3.1. Ortopedik Protezler

Biyomekanik analizler, eklem hareketlerinin dinamikleri ve vücut ağırlığının dağılımı üzerine odaklanır. Bu veriler kullanılarak geliştirilen protezler, bireylerin günlük yaşam aktivitelerini yeniden kazanmalarına yardımcı olmaktadır.

3.2. Robotik Cerrahi Sistemleri

Robotik cerrahi sistemleri, biyofiziksel hareket analizleri ve sensör teknolojileri kullanılarak geliştirilmiştir. Bu sistemler cerrahların yüksek hassasiyetle operasyon yapmalarını sağlar ve komplikasyon riskini azaltır.

3.3. Yapay Organlar

Biyofizik, yapay organların tasarımında önemli bir rol oynar. Kalp pompaları, yapay akciğer cihazları gibi sistemler biyofiziksel prensiplere dayanarak geliştirilir.

4. Elektriksel Biyofizik ve Kardiyak Cihazlar

Elektriksel biyofizik, hücre zarında iyon akışlarının ve elektriksel sinyal iletiminin incelenmesini sağlar. Bu alan, özellikle kalp ve sinir sistemi ile ilgili cihazların geliştirilmesinde önemlidir.

4.1. Elektrokardiyogram (EKG)

EKG, kalp kasının elektriksel aktivitesini ölçerek ritim bozukluklarını tespit eder. Bu cihaz, biyofiziksel iyon akışlarına dayalı olarak geliştirilmiştir.

4.2. Kalp Pilleri

Elektriksel uyarıların ritmik olarak verilmesiyle çalışan kalp pilleri, biyofiziksel prensiplere dayanarak kalp ritmini düzenler ve yaşam kalitesini artırır.

5. Nanoteknoloji ve Mikro Cihazlar

Biyofizik, nanoteknoloji ve mikro cihazların tıp alanında uygulanmasını mümkün kılar. Nanobiyoteknoloji, moleküler düzeyde tanı ve tedavi imkânı sunarak tıbbi cihazların gelişiminde yeni ufuklar açmıştır.

5.1. Nanobiyosensörler

Nanobiyosensörler, biyolojik sistemlerde hastalık markerlerinin tespiti için kullanılmaktadır. Yüksek hassasiyetleri sayesinde kanser, diyabet gibi hastalıkların erken teşhisinde önemlidir.

5.2. Hedeflenmiş İlaç Taşıma Sistemleri

Biyofizik çalışmaları, ilaç moleküllerinin hedef dokuya doğrudan ulaştırılmasını sağlayan sistemlerin geliştirilmesine yardımcı olmuştur. Bu sayede ilaçların yan etkileri azaltılarak tedavi etkinliği artırılır.

6. Sonuç

Biyofizik bilimi, tıbbi cihazların geliştirilmesinde ve iyileştirilmesinde önemli bir role sahiptir. Günümüzde MRG, ultrason, robotik cerrahi sistemleri ve nanoteknoloji gibi alanlarda biyofizik temelli çalışmalar, tıp teknolojilerinin hızlı gelişimini sağlamaktadır. Gelecekte biyofizik, kişiye özel tedaviler, biyosensörler ve yapay organların tasarımı gibi alanlarda daha fazla yenilik sunacaktır. Biyofizik biliminin tıp mühendisliği ile iş birliği, insan sağlığına katkıda bulunacak yeni cihazların geliştirilmesine zemin hazırlamaktadır. Bu nedenle biyofizik alanındaki araştırmaların desteklenmesi ve bilimsel iş birliklerinin artırılması büyük önem taşımaktadır.

7. Kaynaklar

Ashrafuzzaman, M. (2023). *Introduction to Modern Biophysics*. CRC Press.

Basic Contributions to Medicine by Research in Biophysics | JAMA | JAMA Network. (t.y.).

Geliş tarihi 23 Aralık 2024, gönderen <https://jamanetwork.com/journals/jama/article-abstract/331757>

EINTHOVEN, Willem. “Galvanometrische registratie van het menselijk

electrocardiogram”, in: *Herinneringsbundel Prof. S.S. Rosenstein*, pp.101-106.

Leiden: Edward Ijdo, 1902. 8° (262 x 173mm). Plate. Original cloth (small mark on spine), slipcase. | Christie’s. (t.y.). Geliş tarihi 23 Aralık 2024, gönderen

<https://www.christies.com/en/lot/lot-5067294>

Laennec, R. T. H. (René T. H., & Osler, W. (with Fisher - University of Toronto). (1819). *De*

l’auscultation médiate, ou, Traité du diagnostic des maladies des poumons et du

coeur, fondé principalement sur ce nouveau moyen d’exploration. Paris : Chez J.-A.

Brosson et J.S. Chaudé ... <http://archive.org/details/delauscultationm01laen>

Neuman, M. R., Baura, G. D., Meldrum, S., Soykan, O., Valentinuzzi, M. E., Leder, R. S.,

Micera, S., & Zhang, Y.-T. (2012). *Advances in Medical Devices and Medical*

Electronics. Proceedings of the IEEE, 100(Special Centennial Issue), 1537-1550.

Proceedings of the IEEE. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2012.2190684>

On a new kind of rays. By W.C. Rontgen. Translated by Arthur Stanton from the

Sitzungsberichte der Würzburger Physic-med. Gesellschaft, 1895. Nature, January

23, 1896. (1970). Radiography, 36(428), 185-188.