

## Biyosensörler ve Sağlık

*Biosensors and Healthcare*

### ÖZET

Araştırmacılar ve klinisyenler, kamu güvenliğini sağlamak, hastalara daha güvenli ve ucuz sağlık hizmeti sunmak için yetenekli araçlara gereksinim duyarlar. Böyle yetenekli bir çözüm, biyosensörler kullanılarak gerçekleştirilebilir. Tıp alanında, teşhise yönelik biyomedikal çalışmalar son zamanlarda hız kazanmıştır. Sensör teknolojisi, modern tıbbi cihazlarda mümkün olan çok sayıda, düşük maliyetli ve kullanımı etkin faktörlerin ayrılmaz bir parçasıdır. Biyosensörler, üretim süreçlerinde kolay, ölçeklenebilir ve etkili oldukları için iyi bir potansiyele sahiptir. Biyosensörlerin sağlık hizmetlerinde, diyabet, kardiyovasküler ve kanser gibi hastalıklarda ayırt edici özellikleri her gün artmaktadır. Biyosensörlerin akıllı giyilebilir özellikleri artık yaşlı insanların sağlıklarını daha kolay kontrol etmelerine olanak tanıyor ve hastane ziyaretlerini azaltıyor. Bu amaçla, biyosensörlerin sağlıklı yaşam, fitness, atletizm vb. alanlarda kullanımı artmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Biyosensör, İnsan Sağlığı, Giyilebilir Biyosensör

### ABSTRACT

Researchers and clinicians need skilled tools to ensure public safety and provide safer and cheaper healthcare to patients. Such a capable solution can be realized using biosensors. In the field of medicine, diagnostic biomedical studies have gained momentum recently. Sensor technology is an integral part of the many, cost-effective and efficient factors possible in modern medical devices. Biosensors have good potential as they are easy, scalable and effective in manufacturing processes. The distinctive features of biosensors in health care, diseases such as diabetes, cardiovascular and cancer are increasing day by day. The smart wearable features of biosensors now allow older people to more easily control their health and reduce hospital visits. For this purpose, biosensors are used in healthy life, fitness, athletics, etc. usage has increased.

**Keywords:** Biosensor, Human health, Wearable Biosensor

### GİRİŞ

1962'de Led ve Clark tarafından ilk oksijen biyosensörünün geliştirilmesinden sonra biyosensörler tıpta ve nanoteknolojide büyük ilgi gördü. Kan şekeri izleme, biyosensörlerin ana uygulamasıdır. Biyosensör ürünleri, yalnız laboratuvar ortamında değil aynı zamanda labratuvar dışında yapılan hastalığa özgü biyobelirteçlerin ölçülmesinde yüksek düzeyde kesin sonuçlar sağlamıştır (Malima et al., 2012). Biyosensörlerde kullanılan biyoalgılayıcı bileşenler, farklı enflamatuvar hastalıklarda ve tümörlerde glikoz, laktat, peroksitler ve sitokinler gibi biyomoleküllerin üretimi ve proteinlerin salınması gibi gerçek zamanlı sinyalleri algılamada güçlüdür. Bu biyosensörler, hedef molekülü düşük miktarlarda tespit edebilmekte ve hastalığın başlangıç aşamasında erken tedaviyi kolaylaştırmaktadır (Giepmans et al., 2006).

Artan nüfus, yaşlanma ve kronik hastalıkların gibi sürekli artan sağlık hizmetleri maliyetleri ile sağlık sistemi, geleneksel hastane merkezli sistemden bireysel merkezli bir sisteme doğru dönüşüm geçiriyor. Refah düzeyi yüksek ülkelerdeki yaşlı nüfus artışı, dünyanın önemli sorunlarından biridir. Önümüzdeki 20 yılda yaşlı nüfusunun %20 artması beklendiğinden, yüksek kaliteli sağlık hizmetlerinin verimi azalacaktır. Araştırmalara göre yaşlıların kablosuz cihazları kullanma isteği azdır. Bu tür teknolojilere karşı isteksizlerdir. Bu tür cihazlar basit ve sosyal açıdan uyarlanabilir olmalıdır (Ajami & Teimouri, 2015). Yeni teknolojilerden biri olan medikal akıllı gömlek yaşlıların bağımsız olmasına yardımcı olur. Solunum sensörleri, sıcaklık sensörleri, iki cilt elektrodu, bir ivmeölçer sensörü ve bir elektrokardiyogram içeren kemerler gibi cihazlar insanların dinlenme, hızlı koşma, yürüme ve düşme gibi davranışları hakkında önemli bilgiler toplar. Özellikle yaşlıların evlerinde kullanışlı olan tele-diagnostik için fizyolojik parametreler belirlenebilir. Askeri için, kumaşında sensörler ve optik fiberler bulunan ve kalp atış hızı ile solunum hızını hesaplayabilen dijital giysiler geliştirilmiştir. Bu akıllı donanım, yaralı bir askerin vücudundaki bir merminin yerini ortaya çıkarabilir. Askerin yaralanıp yaralanmadığını belirlemek için diğer tarafa optik bir sinyal aktarır, sinyal karşı tarafa ulaşmadıysa askerin yaralandığı anlaşılır (Ajami & Teimouri, 2015). Reinzo'nu (2005) araştırmasında, İletken kumaştan yapılmış akıllı yelekler geliştirildi. Bu yelekler, dinlenirken veya çalışırken kalp ve solunum hızlarını hesaplayabilir ve verileri bir sağlık merkezine iletebilir. Hasta hastaneden taburcu olduktan sonra da sağlık kontrolleri hastanedeki gibi yapılabilir (Di Rienzo et al., 2005). Akıllı biyosensörler kullanan hastaların uzaktan izlenmesi, bakım tesislerindeki doluluk oranını %30'a kadar azaltabilir (Ajami & Teimouri, 2015). Biyosensörlerle sporcuların sağlığı gerçek zamanlı olarak izlenebilir (Perego et al., 2012). Kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOA) olan hastalar için sekiz Avrupa ülkesinden araştırmacılar akıllı giysiler yarattı. Akıllı telefonlara

**Begümhan Turgut** <sup>1</sup> 

### How to Cite This Article

Turgut, B. (2023). "Biyosensörler ve Sağlık", International Academic Social Resources Journal, (e-ISSN: 2636-7637), Vol:8, Issue:47; pp:2492-2498 DOI: <http://dx.doi.org/10.29228/ASRJOURNAL.68930>

Arrival: 17 February 2023

Published: 28 March 2023

Academic Social Resources Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

<sup>1</sup> Dr., Artvin Çoruh Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Artvin, Türkiye

bağlı sensörler bu gömleklere dahil edilmiştir ve doktorların gelişmiş yazılımlar kullanarak hasta verilerini hızlı bir şekilde teşhis etmesine olanak tanır. Bu tür giyilebilir biyosensörler fiziksel tıpta terapi yoluyla hastalığının takibini sağlar. Bir kişide felç veya kalp yetmezliği geliştirdiğinde biyosensörler acil bir uyarı ile verileri ambulansa iletebilir (Lee & Chung., 2009). Akıllı gömlekler, hasta bir koşu bandında çeşitli hızlarda yürürken elektrokardiyograf verilerini yakalamalarına izin veren ivmeölçerlere sahiptir.

## **BİYOSENSÖRLER**

Biyosensör, biyolojik süreçlerin değişimlerini ölçen ve bunları elektrik sinyaline dönüştüren analitik cihazdır. Biyosensörler, dönüştürücü, biyosensör okuyucu cihaz ve biyolojik bir elementten oluşan bir cihazdır. Burada biyolojik element bir antikor, enzim veya bir nükleik asit olabilir. Biyolojik elemanın görevi, test edilen analit ile etkileşime girmektir. Biyolojik tepkiler dönüştürücü tarafından elektrik sinyaline dönüştürülür. Uygulamalarına bağlı olarak biyosensörler, immünosensör, optrodes, biyoçip, glukometre ve biyobilgisayar gibi isimlerle de kullanılır. Biyosensör Analit, Biyoreseptör, Dönüştürücü, Elektronik ve Okuyucu Ekranı gibi çeşitli parçaların bileşiminden oluşur. Biyosensörde kullanılan ekran okuyucu cihaz, ilgili elektronik veya sinyal işlemcilerle bağlanarak sonuçları görüntüler. Okuyucular genellikle biyosensörlerin çalışma koşullarına uygun şekilde tasarlanır ve üretilir. Sensörler genellikle geliştirilen en pahalı kısmını oluşturur. Dönüştürücü, verileri kaydeder ve sensör, tüketiciyi birden çok uyaran altında analiz ederken, uyarı çıkış verileri olarak tanımlanan bir elektrik sinyaline dönüştürür.

Biosensörler, insan sağlığıyla ilgili teşhislerin erken tespitine, hastaneye yatışların önlenmesine veya en aza indirilmesine neden olur. Biyosensörler, veterinerlikte, orduda, metabolik önlemlerde, suç tespitinde, terapötik psikoterapide, rutin sağlık denetimlerinde, çevre kirliliği yönetiminde tarımsal deneyler, su kalitesi yönetimi, atık izleme, teşhis ve tedavi gibi alanlarda giderek daha popüler hale geliyor. Tıp alanında, glikoz biyosensörleri diyabetin düzenlenmesi ile ilgilidir. Biyosensörler diyabet hastalarında kan glukoz seviyelerini düzene koymak için de kullanılır (Bahl et al., 2020; Kamel & Khattab, 2020).

### **Diyabet Uygulamaları için Biyosensörler**

#### **Glikoz ölçümü için biyosensörler**

Dünya nüfusunun yaklaşık %3'ü, önde gelen ölüm nedenlerinden biri olan diyabetle karşı karşıyadır. Diyabet, anormal derecede yüksek kan şekeri seviyeleri ile ortaya çıkan düzensiz bir metabolizma sendromudur. Diyabetik hastaların, kan şekeri konsantrasyonları dikkatli bir şekilde izlenmezse: kalp hastalığı, inme, yüksek tansiyon, körlük, böbrek yetmezliği, nörolojik bozukluklar ve diğer sağlıkla ilgili hastalıklar her an görülebilir. Hasta eğitimi, düzenli muayeneler, daha sıkı kan şekeri takibi ile bu komplikasyonlar önenebilir veya daha aza indirgenebilir (Turner & Pickup, 1985; Lasker, 1993).

Glikoz invaziv ve non-invaziv teknolojilerle izlenebilir. Glikoz biyosensörü, bilinen ilk biyosensördür (Clark & Lyons, 1962). Bu araştırmadan sonra, kan veya dokudaki glikozu ölçmek için implante edilebilir sensörler de dahil olmak üzere çok sayıda farklı glikoz biyosensörü geliştirildi. Glikoz sensörleri, deri altı yağ dokusunda interstisyel glikoz seviyelerini ölçen küçük, minimal invaziv cihazlar olarak bilinmektedir (Cengiz & Tamborlane, 2009). Glikoz biyosensörünün temel konsepti, immobilize GOx'in  $\beta$ -D-glikozun glukonik asit ve hidrojen peroksit üreten moleküler oksijen tarafından oksidasyonunu katalize ettiği gerçeğine dayanmaktadır (Weibel & Bright, 1971). Glikoz biyosensörleri kompakt, kullanımı kolay, güvenilir, hızlı ve doğru olacak şekilde gelişti. Glikoz biyosensörü, ekran baskılı amperometrik tek kullanımlık elektrota dayalı elektrokimyasal biyosensörün en çok kullanılanıdır. Aynı zamanda, evde glikoz testi kullanılmaktadır

### **Kardiyovasküler Hastalık Uygulamaları için Biyosensörler**

#### **Kardiyovasküler hastalıkları izleme**

Kardiyovasküler hastalıklar, dünyada en sık raslanan ve yüksek derecede ölüme sebep olan hastalıklardandır. Kardiyovasküler hastalığın erken ve doğru teşhisi, özellikle kalp krizi geçiren hastalar için çok önemlidir. Kandaki kalp kasına özgü biyobelirteçlerin doğru ve hızlı ölçümü, hastaların doğru teşhisini, prognozunu ve zamanında tedavisini sağlar. Günümüzde artan kardiyovasküler hastalık ve kalp durması insidansının, kolesterol ve diğer biyobelirteç biyosensörlerinin mevcudiyetinin gerekliliğini gösterdiği açıktır. Burada kullanılan algılama teknikleri: immünoafinite kolonu tahlili, florometrik tahliller ve enzime bağlı immünosorbent tahlilidir (Ooi et al., 2006; Caruso et al., 2010; Caruso et al., 2012). Bu teknikler zahmetlidir ve iyi eğitilmiş kalifiye personel gerektirir, zaman alır. Bu teknikler yerine kullanılan biyosensörler kardiyak belirteçleri ile tespit ve tanı koyar. Biyosensörler, elektriksel ölçümler üzerine kurulur. Aynı zamanda belirli bir ilgilenilen biyobelirteç ile istenen bir seçiciliği veren biyokimyasal moleküler tanıma elemanlarını kullandıkları için diğer geleneksel tekniklere göre tanı tahlillerinde büyük avantajlar sunar (Watson et al., 2011; Maurer et al., 2010).

## Kanser Uygulamaları için Biyosensörler

### Kanser biyobelirteçleri

Kanser, ekonomik olarak gelişmiş ülkelerde birinci dereceden ölüm nedeni ve gelişmekte olan ülkelerde ise ikinci dereceden ölüm nedenidir. Bu hastalık, küresel olarak artmaya devam etmektedir.

Kan, idrar ve diğer vücut sıvılarındaki biyobelirteçlerin analizi, hastalığın tespitinde uygulanan yöntemlerden biridir. Konsantrasyon seviyesi olarak bilinen çoklu belirteç profilleri, erken hastalık teşhisi için gerekli olabilir. Bu yöntemler, klinisyenlere başarılı tedavi kararları almada ve erken teşhis oranını artırmada güvenilir veriler sağlar (Tohill, 2009). Farklı kanser türleriyle ilgili bir dizi biyobelirteç tanımlanmıştır: bunlara DNA modifikasyonları, RNA, proteinler (enzimler ve glikoproteinler), hormonlar ve ilgili moleküller, bağışıklık sistemi molekülleri, onkogenler ve diğer modifiye edilmiş moleküller dahil edilmiştir. Genler ve proteinler başta olmak üzere çeşitli biyobelirteçler üzerinde araştırmalar devam etmektedir: bunların çok azı, karmaşık yapılarıyla rutin kanser klinik testi önemine sahiptir. Kanser teşhisinde kullanılan biyosensörler için protein bazlı biyobelirteçlerin geliştirilmesi, uygun maliyetli olmaları nedeniyle genetik belirteçlerden daha kullanışlıdır (Li et al., 2010).

### Kanser hastalığında biyosensörler

Kanser tarama yöntemlerinde, invaziv teknikler olan boyama ve mikroskopinin kullanılması tamamen hücre morfolojisine dayanmaktadır. Dolayısıyla, doku çıkarılması, hastalığın başlangıcında bazı kanser hücrelerinin alınmasını engelleyebilir. Biyosensör tabanlı yöntem, mikrodizi veya proteomik analizlere göre daha hızlı, daha kullanışlı, daha ucuz olduğundan, kanser klinik testleri için avantajlar sağlar. Bu bağlamda, protein bazlı biyosensörler için önemli gelişmelere ihtiyaç vardır. Kanser teşhisi için çok dizili sensörler, detaylı analizler için faydalı olacaktır. Biyobelirteç tespiti için kullanılan moleküller, en yaygın kullanılan antikordur. Son zamanlarda, nanomateryaller, aptamerler, faj gösterim peptitleri, bağlayıcı proteinler ve sentetik peptitler gibi sentetik (yapay) moleküler tanıma elementleri ve metal oksit materyalleri, afinite materyaller üretilmiş, analit tespiti ve analizi için kullanılmıştır (Sadik et al., 2009). Antikorlar (monoklonal ve poliklonal), kanser hücrelerini ve biyobelirteçleri hedefleyen kanser teşhis testlerinde geliştirilmiştir. Poliklonal antikorlar, herhangi bir biyobelirteç veya hücreye karşı yükseltilebilir ve yüksek verimli tekniklerin kullanılmasıyla, uygulanabilir. Monoklonal antikorların kullanımında daha çok spesifik testler kullanılır. Dezavantajlar, monoklonal antikorların saklanması zor ve poliklonal antikorlardan pahalıdır (Huang et al., 2010).

### Giyilebilir Biyosensörler

Giyilebilir Biyosensörler: “Giyilebilirler + Biyosensörler”(WBS)

Günümüzde, insan sağlığının izlenmesinde giyilebilir biyosensörlerin tasarımı ve geliştirilmesi büyük potansiyel oluşturmuştur. Giyilebilir biyosensörler (WBS'ler), sensörleri insan vücuduna/veya vücuduna dövme akıllı gömlek, akıllı saatler, ince bandajlar, ayakkabı, eldiven, giysi, implant gibi giyilebilir sistemler veya cihazlar şeklinde vücuda takılabilen cihazlardır. WBS'lerin doktorlar ve hastalar arasında iki yönlü geri bildirim oluşturduğu bilinmektedir. WBS, hızla büyüyen bir sağlık teknolojisi sektörüdür.

Giyilebilir sensörler, akıllı telefonların ve diğer mobil cihazların ortaya çıkmasından sonra, bireylerin performans ve sağlığına ilişkin yararlar sağladı. Giyilebilir cihazlar, diyabet yönetimi, yaşlıların uzaktan izlenmesi, kalb hastalıkları gibi sağlık uygulamalarında yetenek sergilediler.

Akıllı saatler ve fitness takipçileri gibi tüketici elektroniği, giyilebilir teknolojilerin en çok kullanılanları arasındadır. Nesnelerin interneti (IoT) ve yapay zekadaki son gelişmelerle birlikte giyilebilir teknoloji, sağlık, navigasyon sistemleri, tüketim malları ve profesyonel sporlardan, gelişmiş tekstil ürünlerine kadar her alanda yerini aldı.

Giyilebilir sensörlerin, fizyolojik ölçümleri arasında kalp hızı, solunum hızı, kan basıncı, kan oksijen doygunluğu ve kas aktivitesi bulunur. Elde edilen parametreler, teşhis ve tedavide güvenilir değere sahiptir. Fizyolojik parametrelerin izlenmesi sadece hastane ortamında mümkün olmasına rağmen, giyilebilir teknolojiler geliştirilmesiyle fizyolojik sinyallerin doğru, sürekli, gerçek zamanlı olarak izlenmesi mümkün olmuştur. Fizyolojik izleme giyilebilir bir sisteme tasarlanmakla, kan oksijen doygunluğu (SpO2) ve kalp atış hızı bir halka sensör tasarımı yardımıyla ölçülebilir. Parmağın tabanına (bir yüzük gibi) takılan bu cihaz, hipertansiyon, konjestif kalp yetmezliğini izleyebilir (Asada et al., 2003).

### Giyilebilir Biyosensörler ve Uygulamaları

#### Kask kullanarak depresyon tedavisi

Danimarkalı araştırmacılar, depresyonla ilgili bölümlerin aktifleşmesini sağlamak için beyne hafif elektrik darbeleri göndererek hastalara rahatlık sunan bir kask geliştirdiler. Bu elektriksel darbeler, kan damarlarında yeni kan damarları oluşturmak için vücudun terapötik sürecini taklit eder. Elektrik darbelerinin yoğun olduğu ve bazı hastalarda hafıza kaybına neden olabilen elektrokonvülsif tedavi (ECT) ile karşılaştırıldığında, bu elektrik darbeleri

hastalar tarafından algılanmaz. Kopenhag Üniversitesi'ndeki araştırmacılara göre bu elektrik darbeleri yedi gün sonrasında birçok hastada depresyon belirtilerini hafifletiyor ve depresyon testinde mükemmel sonuçlar ortaya çıkarıyor. Bu kaskın yan etkisi, tedavi sonrasında görülen hafif mide bulantısıdır. Bu araştırmaların sonucunda, travma sonrası stres bozukluğu (TSSB) gibi çeşitli hastalıklar için yeni tedavi yöntemleri geliştirilebilir (Migna, 2018).

### **Akıllı gömlekler**

Akıllı gömlek, vücudun önemli organlarının sinyallerini izleyen gelişmiş sensörlerden oluşur. Sensörler insan vücudu üzerinde uygun konumlara yerleştirilir. Entegre sensörlere sahip iletken bir fiber ızgara, gömlek bandı konektörleriyle birlikte gömleğe sabitlenmiştir. Bu akıllı gömlekler vücut ısınızı, solunum hızınızı ve kalp atış hızınızı takip eder. Bu bağlantılar beklenmeyen değer algıladığında, bir sonraki tıbbi prosedürü gerçekleştirecek olan Bluetooth cihazına, kişisel dijital yardımcıya veya kişisel denetleyici kablosuz sistemine bir sinyal gönderir. Bu zarif gömlek yılanabilir özelliğe sahiptir.

### **Akıllı çoraplar**

Araştırmacılar, ebeveynlerin bebeklerinin sağlığını akıllı çorapla kontrol eden mobil uygulama geliştirdi. Owlet adı verilen bu akıllı çoraplar, çocuğun nabzını, oksijen seviyesini, cilt sıcaklığını, uyku kalitesini ve uyku pozisyonunu akıllı telefonlar aracılığıyla ebeveynlerine gönderebiliyor (González et al., 2022). Akıllı çoraplar, yürüme dahil çeşitli durumlarda ayakların yerde nasıl tutulduğunu yönetebilen sensörlerle donatılmıştır. Bu akıllı çoraplar yürürken denge sağlamada yardımcı olur ve özellikle yürümekte zorluk çeken yaşlı insanlar tarafından da kullanılır. Bu çoraplar, yürüme sırasında oluşabilecek yaralanmaları önlemeye yardımcı olduğundan, yürümeyi yeni öğrenen çocuklar için destek yardımı olarak kullanılabilir. Düşmelere karşı bir araç olarak kullanılabilir. Bir kablosuz sistem, kaydedilen verileri sensörlerden kullanıcının bilgisayarına gönderebilir. Gerekirse veriler bir uyarı seti tarafından analiz edilebilir (Tabnak, 2014).

### **Akıllı ayakkabılar**

Ayak kırıkları veya kalça protezleri veya takma bacakları olan kişilerin yürüme şeklini ayarlamalarına ve hareket kabiliyetlerindeki kusurları düzeltmek için yerleşik sensörlere sahip akıllı tabanlıklar geliştirildi. Basınç sensörleri içeren benzersiz bir jel iç tabanın kullanılmasıyla yürüme modelleri değiştirilebilir. Yürüme stiliyle ilgili raporları görmek için bir ivmeölçer veya dahili jiroskop kullanılabilir. Akıllı iç tabanın sağladığı veriler, kullanıcının akıllı telefonundaki bir yazılım programı aracılığıyla kablosuz olarak görülebilir. Fizyoterapistler, eş zamanlı sesli veya görüntülü olarak bu bilgileri kullanır. Bu teknoloji, kemik kırıkları ve bacaklardaki geçici felçlerin iyileştirilmesinde önemli potansiyele sahiptir (Isna, 2013). Sensörlerle donatılmış akıllı tabanlıklar, hareket anormalliklerini düzeltmeye ve insanların yürüme modellerini yeniden düzenlemeye yardımcı olabilir. Özel bir jel tabanlık ve basınç sensörleri, ivmeölçer ve dahili jiroskop yardımıyla sistem, insanların yürüme biçimleri hakkında bilgi sunar. Akıllı tabanlık tarafından sağlanan veriler, kablosuz olarak ve bir yazılım programı yardımıyla kullanıcıların akıllı telefonlarında görünür; fizyoterapistler bu verileri sesli ve görüntülü talimatlar kullanarak hareket anormalliklerini düzeltebilirler.

### **Prematüre bebeklerin izlenmesi**

Her yıl dünyada yaklaşık 10 milyon prematüre bebek doğmaktadır. Yaklaşık bir milyon insan için psikolojik ve fiziksel sorunlara neden olmaktadır. Polonyalı araştırmacılar, erken doğmuş bebeklerin giyebileceği akıllı giysiler tasarladılar. Bu giyim iki katmandan oluşur: normal bir kumaş ve aşırı terlemeyi önleyen bir deri katmanı (Sharma et al., 2021).

### **Akıllı giysilerle yatak yaralarının önlenmesi**

Yatak yaralarını en aza indirmek için, vücudun farklı bölgelerinde gerekli olan kan akışı, oksijen ve besin seviyelerini değerlendirebilen özel giysi geliştirildi. Bu giysi, gerekli olduğu zaman vücudun belirli bölgelerine kan akışını artırmak için hafif şoklar uygulayan bir elektrot seti ile donatılmıştır (Sethi et al., 2019).

### **Tişört ile stres ölçümü**

Kanadalı araştırmacılar, gün içinde, hareket, nefes alma ve kalp aktivitesi analizine dayalı olarak stres seviyelerini ölçebilen ve uykuyu iken izleyebilen bir sensörle donatılmış yeni bir tişört tasarladılar. Hexo-skin tişörtler ve bunlara eşlik eden cihazlar; veriler kablosuz olarak bir akıllı telefona ve ardından telefon aracılığıyla çevrimiçi bir hesaba gönderilir. Bu cihaz, gün içindeki aktivite ve stres seviyelerini ölçer. Ek olarak, antrenörlere sporcuların eğitim programlarını planlama ve programlama fırsatı sunar (Mehrnews, 2023).

### **Ruhsal durumları inceleyen dijital giysiler**

Giysinin içindeki minik sensörler, kalp atış hızını, vücut ısısını ve (insanların zihinsel durumunu belirlemede en önemli fizyolojik göstergelerden biri olan) cilt iletkenliğini ölçebilir. Toplanan veriler, cep telefonu aracılığıyla bir

veri tabanına gönderilir. Burada mevcut durum ve insanların genel ilgileri dikkate alınarak uygun yanıt gönderilir. Giyside, insanlar üzüldeğinde veya paniklediğinde bu ifadeler göre ışık yayan diyot (LED) lambalarla donatılmış bir ekran vardır. Motivasyon amaçlı, şapkada bulunan hoparlörler uygun müziği çalabilir veya umut verici mesajlar ve bazı şakalar gönderebilir (Irna, 2014).

### Akıllı yelek ile kalp sağlığı

İtalyan araştırmacılar tarafından geliştirilen dijital “sihir” isimli yelektir. Bu yeleğin işlevi, insanların nabzını ve solunum hızını ölçen ve verileri bir işleme merkezine gönderen iletken bir kumaştan yapılmış olmasıdır. Bu cihaz, hastaneden taburcu olan kişilerin sağlığını kontrol edebilir. Yeleğin temel özelliği: sık görünümü, rahat giyilmesi, farklı vücut ölçülerine uyum sağlaması, yıkanabilir olması. Sağlık Sektörü başta olmak üzere tüm alanlarda mikro ve nanoteknolojideki ilerleme ve ayrıca yeni uygulamalara yönelik artan talep ve tekstil endüstrisi trendleri ile gelecekte üretimde önemli gelişmeler olacaktır (Lymberis, 2011).

Meinande ve Honkala (2004) “Potential Applications of Smart Clothing Solutions in Health Care and Personal Protection” başlıklı makalelerinde sensör ve telekomünikasyon teknolojisi alanındaki hızlı gelişimin tekstil ve giyim alanında yeni potansiyeller yarattığını belirtmişlerdir (Mehrnews, 2023).

### SONUÇ

Biyosensörler, toplum sağlık hizmeti ortamına ve yetersiz hizmet alan popülasyonlara karşı moleküler testler sağlama potansiyeline sahiptir. Temel ve klinik Biyobelirteç modellerini, yazılımı ve mikroakışkanları içerecek şekilde biyosensör teknolojisinde gelecekteki yenilikler, bu cihazları sağlık uygulamaları için yüksek potansiyele sahip hale getirebilir. Biyobelirteç teşhisi için sensörlerin geliştirilmesinde nanomalzemelerin kullanılması, bu cihazları son derece hassas, erken teşhis için daha kullanışlı hale getirebilir. Erken teşhis, hastaların hayatta kalma oranlarındaki artışa yardımcı olacak ve hastalık teşhisi ve izleme için biyosensörlerin başarılı bir şekilde geliştirilmesi, teknolojiye hız kazandıracaktır.

Biyosensörlerdeki büyük ivme, sensör sistemlerinin araştırma ve geliştirme laboratuvarından pazara çok büyük potansiyel sağlayacaktır. Fiziksel kimya, moleküler biyoloji, biyokimya, malzeme bilimi ve elektronikten oluşan, yeni tekniğin geliştirilmesi, biyosensörlerin geliştirilmesinde umut vericidir.

Tıp sektöründe biyosensör uygulamaları hızla artmaktadır. Biyosensörlerin ortaya çıkmasından yararlanan uygulamalardan bazıları, kanser tespit ve izleme, kardiyovasküler hastalıkları tespit ve izleme ve diyabet tespit ve izlemeyi içerir. Kanser hastalıklarının yaygın olarak görülmesi, ölüm oranının yüksek olması ve tedavi sonrası nüks etmesi, kanser tanı ve tedavisinde biyosensörler büyük potansiyele sahiptir. Şeker hastalarında kan şekeri düzeylerini izlemek, patojenleri saptamak ve kanser ilerlemesini teşhis etmek ve izlemek için kullanılabilir (Tothill, 2009). Gelişmekte olan biyosensör teknolojisinin kullanımı, etkili tedavi yönetimi için kanserin erken tespitinde etkili olabilir (Bohunicky & Mousa, 2010). Biyosensörler, tümör hücreleri tarafından eksprese edilen ve/veya salgılanan belirli proteinlerin seviyelerini ölçerek, iyi huylu veya kanserli bir tümörün varlığını tespit edebilir ve ayrıca tedavinin bu tür kanserli hücreleri azaltmada veya ortadan kaldırmada etkili olup olmadığı hakkında bilgi verebilir (Bohunicky & Mousa, 2010; Tothill, 2009).

Akıllı giyim, tekstil ve hazır giyim endüstrisinde dönüm noktasıdır. Bilim ve teknolojinin sürekli gelişimi ile akıllı giysiler, biyokimyasal teknoloji, elektronik bilgi teknolojisi, insan-bilgisayar etkileşimi teknolojisi, biyonik teknoloji ve diğer teknolojileri bünyesinde barındırmakta ve giderek çok disiplinli bir araştırma ürünü haline gelmektedir. Teknoloji açısından, akıllı giysiler daha minyatür hale getirilecek ve esnek piller, sensörler, çipler, ekranlar ve diğer donanımlar, düşük güçlü işlemciler ve daha uzun ömürlü piller içerecektir. Gelecekte akıllı giyilebilirlerin, akıllı telefonlar kadar yaygın kullanımı görülebilir. Dijital dünyanın geleceği giyilebilir araçlara bağlı olarak değişecektir.

### KAYNAKÇA

- Ajami, S. & Teimouri, F. (2015). Features and Application of Wearable Biosensors in Medical Care. *Journal of research in medical sciences: the official journal of Isfahan University of Medical Sciences*, 20(12), 1208.
- Asada, H.H., Shaltis, P., Reisner, A., Rhee, S. & Hutchinson, R. C. (2003). Mobile monitoring with wearable photoplethysmographic biosensors. *IEEE engineering in medicine and biology magazine*, 22(3), 28-40.
- Bahl, S., Javaid, M., Bagha, A.K., Singh, R.P., Haleem, A., Vaishya, R. & Suman, R. (2020). Biosensors Applications in Fighting COVID-19 Pandemic. *Apollo Medicine*, 17(3), 221.
- Bohunicky, B. & Mousa, S. A. (2010). Biosensors: the New Wave in Cancer diagnosis. *Nanotechnology, science and applications*, 1-10.
- Caruso, R., Trunfio, S., Milazzo, F., Campolo, J., De Maria, R., Colombo, T., Parolini, M., Cannata, A., Russo, C., Paino, R., Frigerio, M., & Parodi, O. (2010). Early Expression of Pro-and Anti-inflammatory Cytokines in Left

- Ventricular Assist Device Recipients with Multiple Organ Failure Syndrome. *American Society of Artificial Internal Organs journal*, 56(4), 313-318.
- Caruso, R., Verde, A., Cabiati, M., Milazzo, F., Boroni, C., Del Ry, S., Parolini, M., Vittori, C., Paino, R., Martinelli, L., Giannessi, D. & Parodi, O. (2012). Association of Pre-operative Interleukin-6 Levels with Interagency Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support Profiles and Intensive Care Unit Stay in Left Ventricular Assist Device Patients. *The Journal of heart and lung transplantation*, 31(6), 625-633.
- Cengiz, E. & Tamborlane, W.V. (2009). A Tale of Two Compartments: Interstitial Versus Blood Glucose Monitoring. *Diabetes technology & therapeutics*, 11(S1), S11-S16.
- Clark Jr, L.C. & Lyons, C. (1962). Electrode Systems for Continuous Monitoring in Cardiovascular Surgery. *Annals of the New York Academy of sciences*, 102(1), 29-45.
- Di Rienzo, M., Rizzo, F., Parati, G., Ferratini, M., Brambilla, G. & Castiglioni, P. (2005). A Textile-based Wearable System for Vital Sign Monitoring: Applicability in Cardiac Patients. In *Computers in Cardiology*, 2005 (pp. 699-701). IEEE.
- Giepmans, B. N., Adams, S.R., Ellisman, M.H. & Tsien, R.Y. (2006). The Fluorescent Toolbox for Assessing Protein Location and Function. *Science*, 312(5771), 217-224.
- González, J.T., Ovejero, R.G., Izquierdo, L.R., Silva, L. A. & Leithardt, V.R.Q. (2022). Smart Sock and Resistivity Measurement in Textile Materials. In *New Trends in Disruptive Technologies, Tech Ethics and Artificial Intelligence: The DITET Collection 1* (pp. 271-282). Springer International Publishing.
- Huang, L., Muyldermans, S. & Saerens, D. (2010). Nanobodies®: Proficient Tools in Diagnostics. *Expert review of molecular diagnostics*, 10(6), 777-785. [Erişim: 11.01.2023, [www.intechopen.com](http://www.intechopen.com)].
- Irna. (2014) Designing Smart clothes for Premature Babies. [Erişim: 11.01.2023, <http://www.irna.ir/fa/News/80868812>].
- Isna. (2013). Real-time Reporting of Smart Shoes on People's Walking Abnormalities. [Erişim: 11.01.2023, <http://isna.ir/fa/news/91082213611/>].
- Kamel, S. & Khattab, T.A. (2020). Recent Advances in Cellulose-based Biosensors for Medical Diagnosis. *Biosensors*, 10(6), 67.
- Lasker, R.D. (1993). The Diabetes Control and Complications Trial--Implications for Policy and Practice. *New England Journal of Medicine*, 329(14), 1035-1036.
- Lee, Y.D. & Chung, W.Y. (2009). Wireless Sensor Network Based Wearable Smart Shirt for Ubiquitous Health and Activity Monitoring. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 140(2), 390-395.
- Li, Z., Wang, Y., Wang, J., Tang, Z., Pounds, J.G., & Lin, Y. (2010). Rapid and Sensitive Detection of Protein Biomarker Using a Portable Fluorescence Biosensor Based on Quantum Dots and a Lateral Flow Test Strip. *Analytical chemistry*, 82(16), 7008-7014.
- Lymberis, A. (2011). Wearable Smart Systems: from Technologies to Integrated Systems. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual International Conference, 2011*, 3503–3506. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2011.6090946>.
- Malima, A., Siavoshi, S., Musacchio, T., Upponi, J., Yilmaz, C., Somu, S., Hartner, W., Torchilin, V. & Busnaina, A. (2012). Highly Sensitive Microscale in Vivo Sensor Enabled By Electrophoretic Assembly of Nanoparticles for Multiple Biomarker Detection. *Lab on a Chip*, 12(22), 4748-4754.
- Maurer, M., Burri, S., de Marchi, S., Hullin, R., Martinelli, M., Mohacsi, P. & Hess, O.M. (2010). Plasma Homocysteine and Cardiovascular Risk in Heart Failure with and without Cardiorenal Syndrome. *International journal of cardiology*, 141(1), 32-38.
- Mehrnews. (2023). Measuring Stress Levels and Sleep with a T-shirt. [Erişim: 11.02.2023, <http://www.mehrnews.com/detail/news/2142634>].
- Migna. (2018). Designing a Hat To Treat Depression + Photo. [Erişim: 11.02.2023, <http://www.migna.ir/vdccspqi.2bq0s8l1aa2.html>].
- Ooi, K.G.J., Galatowicz, G., Towler, H.M., Lightman, S.L. & Calder, V.L. (2006). Multiplex Cytokine Detection Versus ELISA for Aqueous Humor: IL-5, IL-10, and IFN $\gamma$  Profiles in Uveitis. *Investigative ophthalmology & visual science*, 47(1), 272-277.

- Perego, P., Moltani, A. & Andreoni, G. (2012). Sport Monitoring With Smart Wearable System. In *pHealth* (pp. 224-228).
- Sadik, O.A., Aluoch, A.O. & Zhou, A. (2009). Status of Biomolecular Recognition Using Electrochemical Techniques. *Biosensors and Bioelectronics*, 24(9), 2749-2765.
- Sethi, K., Gupta, A., Gupta, G. & Jaiswal, V. (2019). Comparative Analysis of Machine Learning Algorithms on Different Datasets. In *Circulation in Computer Science International Conference on Innovations in Computing (ICIC 2017)* (Vol. 87).
- Sharma, A., Kumar, R. & Jaiswal, V. (2021). Classification of Heart Disease from MRI Images Using Convolutional Neural Network. In *2021 6th international conference on signal processing, computing and control (ISPCC)* (pp. 358-363). IEEE.
- Tabnak. (2014). Wearable Technology Is Getting Smarter. [Erişim: 11.01.2023, <http://www.tabnak.ir/fa/news/383033>].
- Tothill, I.E. (2009). Biosensors for Cancer Markers Diagnosis. In *Seminars in cell & developmental biology*, 20(1), 55-62. Academic Press.
- Turner, A.P.F. & Pickup, J.C. (1985). Diabetes Mellitus: Biosensors for Research and Management. *Biosensors*, 1(1), 85-115. [Erişim: 11.02.2023, [www.intechopen.com](http://www.intechopen.com)].
- Watson, C.J., Ledwidge, M.T., Phelan, D., Collier, P., Byrne, J.C., Dunn, M.J., McDonald, K.M. & Baugh, J.A. (2011). Proteomic analysis of coronary sinus serum reveals leucine-rich  $\alpha$ 2-glycoprotein as a novel biomarker of ventricular dysfunction and heart failure. *Circulation: Heart Failure*, 4(2), 188-197.
- Weibel, M.K. & Bright, H.J. (1971). The Glucose Oxidase Mechanism: Interpretation of the pH Dependence. *Journal of Biological Chemistry*, 246(9), 2734-2744.