

## Kalp Yetersizliği Tanı ve Takibinde Dijital Teknolojiler Digital Technologies in Heart Failure Management

### ÖZET

Kalp yetersizliği ölkemizde ve dünyada önemli bir halk sağlığı sorunudur. Dekompansasyon nedeniyle hastaneye yatışlar mortalite artışı ile ilişkilidir. Sağlık alanında giyilebilir teknolojiler başta olmak üzere dijital teknolojilerin kullanımı artmaktadır. Hekimlerin bu cihazları hastalarında kullanması ile hastaların yakın takibi sağlanmakta ve klinik semptom vermeden ya da semptom başlangıcında dekompanseasyon farkındalığını sağlayarak hastaneye yatışlar ve mortalite önlenmeye çalışılmaktadır. Bu derlemede kalp yetersizliği hastalarında kullanılan ya da kullanılabilir olan dijital biyobelirteçler, dijital teknolojiler, uzaktan takip sistemleri ve bunların kullanılmasını destekleyen kanıtlar, yapay zekâ uygulamaları ve bunların klinik pratikte kullanımını kısıtlayan nedenler ele alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay zeka, dijital sağlık ve teletıp, kalp yetmezliği

### ABSTRACT

Heart Failure (HF) is an important public health problem in Turkey and in the world. Hospitalizations due to HF decompensation are associated with increased mortality. The use of digital technologies, especially wearable technologies, is increasing. As physicians, with the use of these devices, patients could be closely followed up and hospitalization, mortality are tried to be prevented by increased awareness of decomposition before clinical symptoms or at the beginning of symptoms. In this review, digital biomarkers, digital technologies, remote monitoring systems and the evidence supporting their use, artificial intelligence applications and the reasons limiting their use of digital technologies in clinical practice will be discussed.

**Keywords:** Artificial intelligence, digital health and telemedicine, heart failure

Dijital teknolojiler özellikle de giyilebilir teknolojilerin kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Tüm dünya geneline gönderilen giyilebilir teknoloji ürünü sayısı 2014 yılında 28 milyon iken 2020 yılında bu sayı 20 kattan fazla artarak 588 milyona çıkmıştır.<sup>1</sup> Bu ürünler arasında kalp hızını, kandaki oksijen saturasyonunu ve kan basıncını ölçen akıllı saat/bilekliklerin yanında elektrokardiyografi (EKG) çeken yelekler, kilo hakkında bilgi veren akıllı ayakkabılara varan geniş ölçekli ürünler yer almaktadır. Tüketicilerin geçen sürede bu ürünlere bakış açısı da değişmektedir. Pandemi öncesi dönemlerde bu ürünler genel olarak sağlıklı olmak ve egzersiz takibinde kullanılırken, günümüzde kullanıcıların yarısından fazlasının var olan tıbbi durumunun takibinde kullanmak için bu ürünleri temin ettiği bilinmektedir.<sup>2</sup> Pandemi ile klinik pratiğimize giren teletıp uygulamalarının olmazsa olmazı da bu dijital teknolojiler olmuştur. Hekimler olarak bu cihazların kullanımı ile hastaların yakın takibi sağlanmakta ve kalp yetersizliği (KY) dekompanseasyon sürecinde klinik semptom vermeden ya da semptom başlangıcında farkındalığı sağlayarak hastaneye yatışlar önlenmeye çalışılmaktadır. KY tanısı sonrası hastaların yarısının bir yıl içinde çoğunlukla akut KY kliniği ile hastaneye yattığı ve yatış sayıları arttıkça sağ kalım oranlarında düşüş olduğu göz önüne alındığında tüm dünyadaki tahmini 64 milyon KY hastası için dijital teknolojiler fark yaratabilme potansiyeline sahiptir.

Bu derlemede, KY olan hastaların tanı ve takibinde kullanılan ya da kullanılabilir dijital biyobelirteçler, dijital teknolojiler, uzaktan takip sistemleri ve bunların kullanılmasını destekleyen kanıtlar, yapay zeka uygulamaları ve bunların klinik pratikte kullanımını kısıtlayan nedenler ele alınmıştır.

### Dijital Biyobelirteçler

Amerika Ulusal Sağlık Enstitüsü 2001 yılında "biyobelirteç" terimini "normal biyolojik süreç, patojenik süreç veya terapötik bir müdahaleye farmakolojik yanıtın bir göstergesi

### REVIEW DERLEME

Evrım Şimşek<sup>1</sup> 


Yetkin Korkmaz<sup>2</sup> 

Serdar Bozyel<sup>3</sup> 

Arda Güler<sup>4</sup> 

Duygu Koçyiğit Burunkaya<sup>5</sup> 

Mehmet Ertürk<sup>4</sup> 

Nurgül Keser<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Department of Cardiology, Ege University Faculty of Medicine, İzmir, Türkiye

<sup>2</sup>Department of Cardiology, University of Health Sciences, Sultan Abdülhamid Han Training and Research Hospital, İstanbul, Türkiye

<sup>3</sup>Department of Cardiology, Derince Training and Research Hospital, Kocaeli, Türkiye

<sup>4</sup>University of Health Sciences, Mehmet Akif Ersoy Thoracic and Cardiovascular Surgery Training and Research Hospital, İstanbul, Türkiye

<sup>5</sup>Cardiology Clinic, Ankara Bilkent City Hospital, Ankara, Türkiye

### Corresponding author:

Evrım Şimşek

✉ drevrimsimsek@gmail.com

**Received:** December 06, 2022

**Accepted:** September 28, 2023

**Cite this article as:** Şimşek E, Korkmaz Y, Bozyel S, et al. Digital technologies in heart failure management. *Türk Kardiyol Dern Ars.* 2024;52(1):52-60.

DOI:10.5543/tkda.2023.79776



Available online at [archivestsc.com](http://archivestsc.com).  
Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

olarak, nesnel olarak ölçülen ve değerlendirilen bir özellik" şeklinde tanımlamıştır.<sup>3</sup> Dijital biyobelirteçler ise dijital sağlık teknolojilerinin yardımı ile elde edilen yukarıda belirtilen biyobelirteç tanımına uyan veriler olarak tanımlanmaktadır. İlk bakışta kalp hızı standart bir biyobelirteç olarak görünse de giyilebilir sağlık teknolojileri ile gün içinde sürekli tekrarlayan ölçümlerle ve günler haftalar gibi daha uzun zaman dilimlerinden elde edilen kalp hızı verileri ile dijital biyobelirteç olarak tanımlanmaktadır.<sup>4</sup> Dijital sağlık teknolojileri veri yoğunluğu ve farklı verilerin kombinasyonu ve bunların yapay zekâ yöntemleriyle analizi ile standart biyobelirteçleri KY tanı ve takibi için çok daha değerli dijital biyobelirteçlere dönüştürmektedir. Kalp hızı, kilo takibi, aritmi monitörizasyonu gibi KY takibinde kullanılan ve dijital sağlık teknolojileri ile dijital biyobelirteçlere dönüşen standart parametrelerin yanında gelişen teknolojiler ile hastaların ses analizleri ya da torasik empedans değerleri gibi yeni nesil dijital biyobelirteçler KY hastalarında klinik kullanıma girmeye başlamıştır.

### Kalp Yetersizliği İzleminde Teletıp Uygulamaları

KY izleminde başlıca amaçlar, ilaç ve cihaz tedavisinin optimizasyonu, kendi kendine bakım davranışının desteklenmesi ile ilaç uyum oranının artırılması, düzenli ve kesintisiz izlem ile olası bir kötüleşme öncesi erkenden harekete geçilmesidir.<sup>5,6</sup>

KY izleminde en sık kullanılan model, geleneksel periyodik poliklinik ziyaretleridir. Bu modelin başlıca dezavantajları, sürekli hasta-hekim iletişimini taahhüt etmemesidir.<sup>7</sup>

Bir başka model ise alanında uzman kardiyolog ve KY konusunda eğitilmiş hemşirelerce yürütülen, aynı zamanda kurumun kapasitesine göre klinik eczacı, diyetisyen, kardiyopulmoner rehabilitasyon uzmanlarını da içeren özelleşmiş KY poliklinikleridir.<sup>8</sup> Ama ne yazık ki KY alanında uzmanlaşmış hekim, personel ve merkezlerin sayısının yetersiz oluşu, sürekli bir iletişimin olmayışı, hastada olası bir kötüleşmenin önüne geçilmesi konusunda bu modeli zayıf kılmaktadır.

Günümüzde fiziksel olarak hastalarımıza en yakın sağlık profesyonelleri aile hekimleridir. Sorumlulukları altındaki kronik hastalığı olan hastaların düzenli bir şekilde takibi, üst basamak kurumlara gereksiz başvuruları azaltabilir, izlemler daha düzenli yapılabilir ve aynı zamanda insan iş gücü kaybının da önüne geçilebilir.<sup>8</sup> Bunun için, aile hekimlerinin KY hakkındaki bilgi ve farkındalık düzeyi, davranış alışkanlıkları, kurumların fiziki şart ve imkanları ve yine birinci basamak kurumlarının kendi hasta yoğunluğu oldukça büyük önem arz etmektedir.<sup>9</sup> Yaklaşık 389 aile hekimi üzerinden yaptığımız çalışmada, hekimlerin %35,2'si, ortalama 40'tan fazla KY kayıtlı hastası olduğunu, %44,2'si KY ile ilgili meslek içi eğitim aldığını, %71,5'i ise eğitimlerinin yeterli seviyede olmadığını belirtmiştir.<sup>10</sup> Dolayısıyla, nitelikli

bir altyapı oluşturulmadan ve hekimlerde belli bir seviyede eğitim düzeyi sağlanmadan bu sistemin de çözüm sağlayacağı düşünülmektedir.

Günümüz şartlarına en uygun görünen bir başka model olan teletıp uygulamaları, hekim iş gücü kaybına yol açmadan hastaya dair vital bulgular, ağırlık, aktivite, fonksiyonel kapasite, biyokimyasal tetkik, ilaç uyumu (ilaç saati hatırlatma sistemleri vb.) gibi parametrelerin uzaktan ve sistematik bir şekilde takip edilmesini, bunların bilgisayar ortamında kayıt edilebilmesi ve arzu edildiği her dönemde geriye dönük analiz ile tespitler yapılabilmesini, sürekli izlem ile kardiyak dekompanseasyonun erken belirtilerinin tespit edilmesi ve uygun tedavinin hızlı bir şekilde başlatılmasını sağlamaktadır.<sup>6,11,12</sup> Polikliniklerde verilen stabil kronik hasta izleminin yanı sıra özellikle taburculuk sonrası gözle görünen önemli boşlukları (randevu bulamama, arzu edilen hekime ulaşamama vs.) kapatmada ve geçiş bakımını iyileştirmede teletıp uygulamaları yine ciddi bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır.<sup>13,14</sup> Yine coğrafi bölgeler arası (şehir, kırsal vs.) sağlık hizmetlerinin eşitlenmesi de teletıp uygulamaları ile mümkün görünmektedir.<sup>11</sup>

Yüz binlerce hastayı rahatlıkla izlem altına alabilme, iki taraflı veri akışını sorunsuz kontrol edebilme, milyonlarca veriyi yapay zekâ algoritmalarıyla dinamik bir şekilde analiz ve rapor etme potansiyeli olan teletıp uygulamaları, ne yazık ki hem ülkemizde hem de dünyada yeterli kullanım alanı bulamamıştır. Bunun sebepleri olarak en sık, hukuki ve idari altyapının oluşturulamaması, internet ağına erişim, dijital okuryazarlık oranlarının düşük olması ve de kişilerin veri güvenliği konuları öne sürülse de hem hekim hem de hastaları tatmin edebilecek ideal bir altyapının oluşturulamaması, hekimlerin ya da sistemin yenilikçi sağlık hizmetlerine adapte olmada yeterince hızlı davranmaması da akılda tutulmalıdır.<sup>6,15</sup>

İdeal bir teletıp uygulamasının oluşturulabilmesi, içinde hekimlerin, hemşirelerin, mühendislerin (bilgisayar, tasarım, yazılım, yapay zekâ ve veri, biyomedikal mühendisliği vs.), veri analizi uzmanlarının ve çağrı merkezi çalışanlarının olduğu multidisipliner bir yapı ve bu yapının parçalarıyla uyum ve anlayış içinde çalışma anlayışı gerektirmektedir.<sup>6,11,15</sup> Teletıp uygulamalarında hasta izlemine dair sisteme tanımlanacak tüm komut ya da hizmetlerin bilgisayar diline dökülmesi gerekmekte ve dolayısıyla tüm bunların kanıta dayalı olması gerekmektedir. Bu şekilde düşündüğümüzde, dijital sağlık hizmetleri, KY yönetimine dair tüm yapılanların (ilaç seçimi ve dozajı, ilaç doz titrasyonu, biyokimyasal tetkiklerin zamanlaması vs.) başından sonuna "denetlenebilir" olmasına da imkân sağlamaktadır.

Giyilebilir ya da implante edilebilir cihazlarla, KY hastalarında oldukça sık görülen ve de hastalığın seyrini daha da kötüleştiren atriyal fibrilasyon veya sürekli olan/olmayan ventriküler aritmilerin erkenden tespiti ve bunların uygun ve erkenden tedavisi ile KY'de kötüleşme, inme, hastanede yatış, cihaz şok tedavisi ya da ölüm gibi tüm olumsuz sonuçların azaltılması sağlanabilir.<sup>5,16,17</sup> Yine uzaktan hemodinami takibi yapan cihazlarla hastaların kalp içi basınçları (sol atriyum, pulmoner arter, sağ ventrikül) ya da akciğer sıvı düzeyi (intratorasik empedans, uzaktan dielektrik algılama) izlenerek, "uzaktan dinamik ilaç doz değişikliği" yapılabilir ve hastalarda herhangi bir kötüleşmenin, hastanede yatış ya da mortalitenin önüne geçilebilir.<sup>18,19</sup> Market hacmi milyarlarca doları bulan giyilebilir sağlık teknolojilerinin (akıllı

### KISALTMALAR

KY	Kalp yetersizliği
EKG	Elektrokardiyografi
ICD	İmplant edilebilir kardiyoverter defibrilatör
CRT-D	Kardiyak resenkronizasyon tedavisi- defibrilatör
AF	Atriyal fibrilasyon
VT	Ventriküler taşikardi

saatler, yama tarzı giyilebilir EKG cihazları vs.) ya da uzaktan hemodinami takibi yapabilen cihazların klinik pratikte henüz tam karşılık bulamamasının sebeplerinden biri, hastadan gelecek sürekli veriyi karşılayacak, analiz edecek ve gerektiğinde hem uzmana hem de hastaya geribildirim yapabilecek sağlıklı teletıp uygulamalarının dizayn edil(e)memesidir.

Dijital sağlık teknolojilerinin "sağlık hizmeti sunumunu dönüştürmede" rol almaya başlaması; multidisipliner yaklaşım ile oluşturulacak sağlıklı ve kullanılabilir bir çerçeve, hekimlerin dijital okuryazarlığının artırılması ve mevcut vermiş oldukları hizmetin yetersizliğini fark etmeleri sayesinde olacaktır. Eksikliklerin fark edilmesi ve dile getirilmesi, dijital sağlık teknolojilerinin üstünlüklerinin öne çıkarılması ve tüm bunların öncü kişiler ve kurumlarca yapılması büyük önem arz etmektedir (Resim 1).

### Kalp Yetersizliği İzleminde Teletıp Uygulamaları Hakkında Bilimsel Kanıtlar

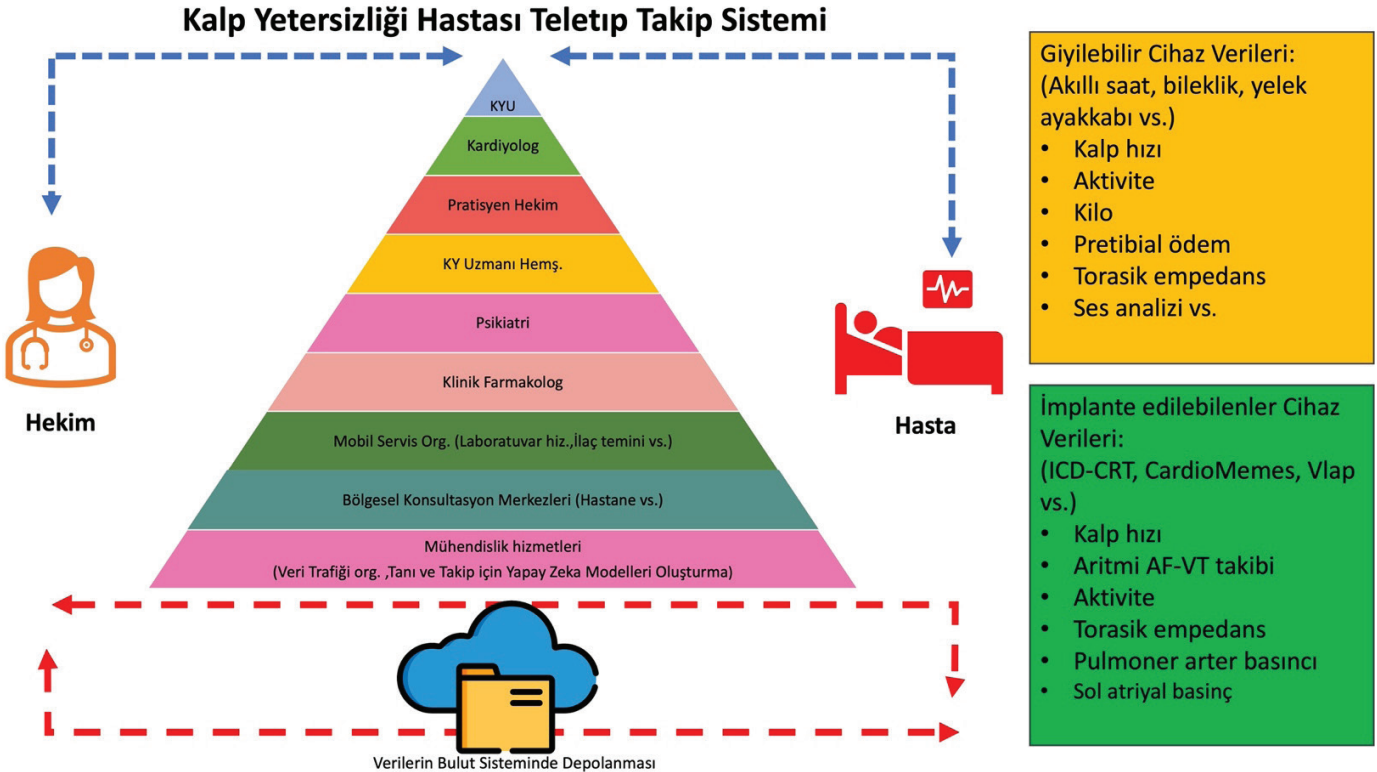
KY hastalarında teletıp ve uzaktan takip sistemleri sıklığı giderek artan oranda çalışmalara konu olmuş ve özellikle koronavirüs hastalığı (COVID-19) pandemisinin etkisiyle bu konudaki çalışmalar hızlanmıştır. KY takibinde teletıp ve uzaktan takip ile yapılan çalışmalar genellikle kilo ve ev ölçümleri, torasik empedans, hemodinamik parametreler ve aritmik takip incelemesi prensibine dayanmaktadır.<sup>20</sup>

Kilo ve ev ölçümlerinin değerlendirildiği Chaudhry ve ark.<sup>21</sup> tarafından 2010 yılında yapılan çalışmada, yakın tarihte KY sebebiyle hastaneye yatırılmış toplam 1.653 hasta değerlendirilmiş (826 hasta uzaktan takip, 827 hasta standart takip), telefon tabanlı interaktif sesli yanıt sistemi aracılığıyla uzaktan takip yapılmış ve

180 günlük tüm nedenlere bağlı ölüm sonlanım noktasında her iki grup benzer bulunmuştur. BEAT-HF (The Better Effectiveness After Transition-Heart Failure) çalışmasında ise toplam 1.437 hasta (715 hasta uzaktan takip, 722 hasta standart takip) uzaktan takibe ek olarak sağlık danışmanlığı aracılığıyla izlenmiştir. Altı aylık izlemede hastaneye yatış ve mortalite açısından fark gözlenmezken, uzaktan takip grubundaki hastaların yaşam kalitesinde belirgin iyileşme izlendi.<sup>22</sup>

TEN-HMS (the Trans-European Network-Home-Care Management System) çalışması, KY hastalarının ev monitörizasyonu (bir kardiyoloji merkezine bağlı otomatik cihazlarla kilo, kan basıncı, kalp hızı ve ritim takibi), hemşire aralı telefon desteği ve standart takip gruplarına 2:2:1 randomizasyonu ile gerçekleşen bir çalışmadır. Analizin sonucunda, teletıp grubundaki hastalarda daha düşük oranda hastaneye yatış ve mortalite gözlenmiştir.<sup>23</sup>

KY hastalarının uzaktan takibinin yapıldığı bir başka prospektif randomize kontrollü TIM-HF2 (Telemedical Interventional Management in Patients with Heart Failure) çalışmasında, bir yıllık izlemede, uzaktan takip kolundaki hastalara ait (n= 765) yaklaşık "bir milyon adet" vital bulgu değerlendirilmiştir. Yaklaşık 40.000 olgu, kardiyolog ve hekim arasına konuşlandırılmış hekim ve eğitimli hemşirelerden oluşan "teletıp merkezi" tarafınca değerlendirilmiş, yine bu ekip tarafınca yaklaşık 3.546 olguda "uzaktan" ilaç değişikliğine gidilmiştir. Hastaların kendi kardiyoloji hekimlerine yine bu ekipçe üç aylık medikal raporlar iletilmiş (n= 2.812), gerektiğinde hastaların acil servise (n= 30) ya da kardiyovasküler bölümlere (n= 57) başvurmaları sağlanmıştır. Alışlagelmiş sonlanım noktalarının aksine, bu çalışmada "bir



Resim 1. Kalp yetersizliği hastasında dijital takip sistemi (KYU, Kalp yetersizliği uzmanı; KY hemşiresi, Kalp yetersizliği hemşiresi).

yılda planlanmamış kardiyovasküler hastane yatışları nedeniyle kaybedilen günlerin yüzdesine" de [17,8 güne (%95 güven aralığı) (GA) 16,6-19,1) karşı 24,2 gün (%95 GA 22,6-26,0)] bakılmış ve zaman tasarrufu ve iş gücü kaybının önlenmesi açısından bu sistemin üstünlüğü ortaya konulmuştur. Kardiyovasküler hastane yatışları veya tüm nedenlere bağlı ölüm açısından da anlamlı bir iyileşme gözlenmiştir.<sup>11</sup>

ICD (İmplant edilebilen kardiyoverter defibrilatör) ve pacemaker cihazları üzerinden uzaktan takibin etkisini araştıran çalışmalardan birisi olan TRUST (the Lumos-T Safely Reduces Routine Office Device Follow-up) çalışmasında, 1.339 hasta 2:1 oranında randomize edilerek üç aylık periyotlarla takip edilmiştir. Çalışma sonucunda, ICD aracı takibin gereksiz hastane ziyaretlerini azaltırken istenmeyen olayların öngörülmesinde de bir dezavantaj yaratmadığı saptanmıştır.<sup>24</sup> IN-TIME (Implant-based Multiparameter Telemonitoring of Patients with Heart Failure) çalışmasında da KY tanısı olan hastalarda ICD ve CRT-D (Kardiyak resenkronizasyon tedavisi- Defibrilatör) cihazları (333 hasta) ile telemonitörizasyonun etkisi araştırılmıştır. 1:1 oranında kontrol grubu (331 hasta) ile randomizasyon sonrası bir yıllık takipte tüm nedenlere bağlı ölüm, KY sebebiyle hastaneye yatış ve fonksiyonel kapasite telemonitörizasyon grubunda anlamlı olarak daha iyi saptanmıştır.<sup>25</sup>

Torasik empedans aracı takip açısından Böhm ve ark.<sup>26</sup> tarafından yapılan çalışmada ICD implantasyonu yapılmış ve KY sebebiyle yatışı olan, diüretik tedavisi alan veya beyin natriüretik peptit yüksekliği olan hastalar değerlendirilerek toplam 1.002 hasta ortalama 1,9 yıl takip edilmiştir. 1:1 randomizasyon sonrası standart grup ile teletıp takip grubu (hastaların sıvı durumu uyarıları sorumlu hekime metin mesajı olarak iletildi) karşılaştırıldığında her iki grup arasında ölüm ve hastaneye yatış açısından anlamlı fark gözlenmemiştir. The LIMIT-CHF (The Lung Impedance Monitoring in Treatment of Chronic Heart Failure) çalışmasında OptiVol® veya CorVue™ özellikli ICD implante edilmiş olan KY hastaları, telemonitörizasyon (alarm durumunda bir hafta boyunca diüretik dozu %50 artırıldı) veya kontrol grubuna randomize edilmiştir. Bir yıllık takipte hastane yatışları arasında bir fark gözlenmezken, yaşam kalitesi telemonitörizasyon grubunda belirgin olarak iyileşme göstermiştir.<sup>27</sup>

Hemodinamik takibin ön planda olduğu çalışmalardan CHAMPION çalışmasında, NYHA-III KY hastaları pulmoner artere yerleştirilen kablosuz implante edilebilir bir hemodinamik takip cihazı (CardioMEMS) ile uzaktan izlenmiştir. Altı aylık takipte kontrol grubuna (120 hasta) kıyasla uzaktan takip grubunda (270 hasta) hastaneye yatışlarda ciddi oranda bir azalma izlenmiştir.<sup>28</sup> GUIDE-HF (Hemodynamic-GUIDEd Management of Heart Failure) çalışmasında ise ejeksiyon fraksiyonundan bağımsız olarak NYHA-II/IV grubundaki hastalar CardioMEMS cihazı aracılığıyla hemodinamik takip ve standart takip grubuna randomize edilmiştir. On iki aylık takipte tüm nedenlere bağlı ölüm ve KY'ye bağlı hastane ziyaretini içeren sonlanım noktalarında hemodinamik takip sonuçları iyileştirmezken, COVID-19 pandemisi öncesindeki dönem için yapılan analizde hemodinamik takibin etkili olduğu gözlenmiştir.<sup>29</sup>

KY hastalarında teletıp ve uzaktan monitörizasyon takibi ile ilgili yapılan çalışmalar genel anlamda olumlu sonuçlar çıkarsa da çelişkili analizler de karşımıza çıkmaktadır. Bunun temel sebepleri

çalışılan hasta gruplarındaki farklılıklar, kullanılan takip yöntemi ve analiz edilen parametreler olarak belirtilebilir. Bu nedenle doğru hasta seçimi bu konuda büyük önem taşır. Aynı zamanda kullanılan takip yönteminin de iyi belirlenmesi gerekir. Örneğin, ICD aracı aritmik takiplerde kişiselleştirilmiş alarm noktalarını belirlemek önemlidir. Tek bir parametrenin değerlendirildiği uzaktan takip yöntemlerinde sonuçlar genel olarak yüz güldürücü değilken, birçok parametrenin birlikte analiz edilmesi hem hastanın daha uygun takibini sağlar hem de prognostik açıdan daha olumlu sonuçlar ortaya çıkarır. Hatta yapay zekâ uygulamalarının analizlere eklenmesi daha isabetli sonuçlar ortaya çıkararak gelecek dönemde KY hastalarının takibini kolaylaştırıp hastaların prognozunu iyileştirebilir (Tablo 1).

### Kalp Yetersizliği Hastalarının Uzaktan Takibinde Yapay Zekâ

KY'de giyilebilir ve kardiyak implante edilebilir cihazlarda mevcut olan sensör bazlı teknolojiler, bireyin geniş yelpazede biyometrik verisinin elde edilmesine olanak sunmaktadır. Başlarda bu teknolojilerden bireyin biyolojik verilerinin takibi ve bildirim hedeflenmiş olsa da bugün geline nokta KY'de giyilebilir ve implante edilebilir teknolojilerden gelen veri akışı ile geleceğe yönelik risk öngörüsünde bulunmak mümkün hale gelmiştir ve KY ile ilişkili sonlanımlarda ne ölçüde iyileşmeye yol açtığı klinik araştırmalarda halen değerlendirilmektedir.

Gittikçe artan veri yükü, maliyetler ve kısıtlı zaman, büyük verinin doğru ve etkin yönetiminin önemine dikkati çekmektedir. KY için uzaktan takip esnasında toplanan büyük veriye yapay zekâ ile ileri analitik işlemciliğin bir arada uygulanması, hastalara kılavuz bazlı, maliyet etkin, gerçek zamanlı ve kişiselleştirilmiş tıp hizmeti sunabilmek için gereklidir. Bu doğrultuda, cihazlardan gelen ham veriden yola çıkarak klinik karar verme aşamasına gelene kadar yapay zekâ uygulamalarına: 1) Verinin temizlenmesi, 2) Verinin işlenmesi, 3) Tanısal ve prognostik algoritmaların oluşturulması, 4) Karar destek sistemlerinin geliştirilmesi basamaklarının tümünde ihtiyaç duyulmaktadır.<sup>30</sup> Verinin temizlenmesi ve işlenmesi; sırasıyla verinin kaydı, biçimlendirilmesi, gürültüden ayıklanması, normalizasyonu, etiketlenmesi, bir araya getirilmesi ve analizi aşamalarını içermektedir. Tanısal ve prognostik algoritma geliştirme safhasında, model tasarımı ve en iyi performans gösteren modelin seçimi gündeme gelmektedir. Modelin performans değerlendirmesi ve çapraz validasyonlarından elde edilecek sonuçlara göre model yeniden şekillendirilebilir. Çeşitli çalışmalarda tek bir parametreye dayalı modeller ile düşük duyarlılık ve yüksek yalancı pozitiflik gözlenmiştir.<sup>31,32</sup> Bu durum, bir klinisyenin tanısal performansının çoklu parametreden faydalanarak daha iyi taklit edilebiliyor olması ile açıklanabilir.

Verinin işlenmesini takiben sağlık profesyonelinin klinik aksiyon alabilmesi için en temel yol, kendisine "bildirimler" ulaşması olacaktır. Örneğin, herhangi bir parametre, daha önceden tanımlanmış aralığın dışında seyrettiğinde iletilen "bildirimler", hatta bu bildirimlerin durumun ciddiyetine göre diğer bireylerin arasından önceliklendiriliyor olması sağlık profesyonelinin işini kolaylaştırıcaktır (kilo eşliğinin aşılmasına dayandırılan diüretik doz ayarlaması gibi). Benzer şekilde, çok sayıda parametreye dayalı geliştirilen risk tahmin modellerinde de belirlenmiş eşik değer geçildiğinde "bildirim" sağlık profesyoneline ulaştırılabilir (çoklu parametreye dayalı KY dekompanseasyon risk tahmini gibi).

**Tablo 1. Kalp Yetersizliği İzleminde Teletıp Uygulamaları Hakkındaki Bilimsel Kanıtlar**

Çalışma	Yılı	Hasta sayısı	Tedavi kolları	Takip yöntemi	Dahil etme kriterleri	Primer sonlanım noktası	Sonuçlar
<b>TEN-HMS<sup>23</sup></b>	2005	426	Telemonitörizasyon ve Standart bakım	Otomatik cihazlarla kilo, kan basıncı, kalp hızı ve ritim takibi, hemşire aracılı telefon desteği	Son 6 hafta kötüleşen KY veya yataş, KY semptomlarının devam etmesi, LVEF < %40, LV diyastol sonu boyutu > 30 mm/m ve ≥ 40 mg/gün furosemid kullanımı	450 gün boyunca herhangi bir nedenle ölüm veya hastaneye yataş	Teletıp grubundaki hastalarda daha düşük oranda hastane yataş ve mortalite gözlenmiştir
<b>TRUST<sup>24</sup></b>	2010	1.339	Ev monitörizasyonu ve Standart bakım	Aralık dışı empedans, VT/VF, SVT varlığı, etkisiz 30-J şok, 3 günden fazla cihaz hatası	ICD implantı için sınıf I/II endikasyonu ve 15 ay boyunca HM sistemini kullanma becerisi olması	Hastane içi cihaz değerlendirme sayısı, mortalite, inme ve cerrahi müdahale	İmplant edilebilir kardiyak cihazlar olayların daha hızlı tespit edilmesini sağlar
<b>CHAMPION<sup>28</sup></b>	2011	550	Standart bakıma karşı pulmoner arter basıncının telemonitörizasyon ile takibi	Tıbbi tedaviyi yönlendirmek için günlük PAB TM kullanıldı (ortalama takip 18 ay + çalışmanın açık erişim uzantısında 13 ay)	NYHA-III ve altındaki KY hastaları, LVEF veya nedeni ne olursa olsun, önceki 12 ayda HFH ile OMT/cihaz tedavisi	HFH oranı	Randomize erişim döneminde HFH oranında önemli azalma
<b>IN-TIME<sup>25</sup></b>	2014	664	Telemonitörizasyon ve Standart bakım	Otomatik, günlük, çok parametrelili telemonitörizasyon (12 ay)	KY, NYHA II-III, LVEF ≤ %35, OMT, kalıcı AF olmayan, dual ICD veya CRT-D implantasyonu yapılmış hastalar	Tüm nedenlere bağlı mortalite, KY için hastaneye yataş, NYHA fonksiyonel kapasitede değişiklik	Telemonitörizasyon grubunda birleşik sonlanımlarda azalma saptandı
<b>LIMIT-CHF<sup>27</sup></b>	2016	80	Aktif grup (IIM uyarı grubu) ve Kontrol grubu (IIM alarmı olmayan grup)	OptiVolw/CorVueTM özellikli ICD/CRT olan KKY hastaları, aktif grup (IIM alarmı açık ve alarm durumunda 1 haftalık diüretik dozu %50 artırıldı)	ICD veya CRT-D cihazı olan DKY için yataş öyküsü, LVEF < %50, NYHA 3 altında kayıt sırasında OMT varlığı	KY'ye bağlı yataş 1 yıllık NYHA sınıfı, MLWHF skoru, 6MWT ve BNP seviyeleri	IIM aracılı KY tedavisi yataşları azaltmazken yaşam kalitesi üzerinde olumlu bir etki sağladı
<b>BEAT-HF<sup>22</sup></b>	2016	1.437	Telemonitörizasyon ve Standart bakım	Hasta eğitimi, telefon görüşmeleri ve KB, KH, kilo ölçümü, günlük semptom iletimi	> 50 yaş hastalar DKY için tedavi almak veya KY sebepli hospitalizasyon varlığı	Taburculuk sonrası 180 gün içinde yeniden hastane yataş	Tüm nedenlere bağlı yeniden yataşlar arasında fark yok
<b>TIM-HF<sup>21</sup></b>	2018	1.571	Telemonitörizasyon Ve Standart bakım	Günlük kilo, KB, KH, kalp ritmi, SpO <sub>2</sub> ve semptom durumu iletimi Hasta eğitimi Kendi hekimi ile iş birliği (1 yıl takip)	Son 12 ayda KKY, KY'ye bağlı yataş, NYHA II/III, LVEF ≤ %45 (veya > %45 + oral diüretik)	Planlanmamış KV hastaneye yataş veya tüm nedenlere bağlı ölüm	Plansız hastane yataşında önemli azalma Tüm nedenlere bağlı ölümlerde önemli azalma
<b>GUIDE-HF<sup>29</sup></b>	2021	3.600	Telemonitörizasyon ile PAB takibi ile standart bakım	Tıbbi tedaviyi yönlendirmek için günlük PAB telemonitörizasyonu	KKY, OMT, NYHA II/III/IV (rastgele kol), NYHA III (tek kol), 12 ay içinde HFH ve/veya yüksek NT-proBNP	İmplantasyondan sonraki 12 ayda KY yataş, IV diüretik ihtiyacı ve tüm nedenlere bağlı ölümlerin bileşik sonucu	Başlangıç verileri CardioMEMS aracılı takibin üstün olmadığını gösterdi, kesin sonuçlar 2023'te bekleniyor.

BNP, Beyin natriüretik peptit; CRT- D, Kardiyak resenkronizasyon tedavisi-Defibrilatör; DKY, Dekompanze kalp yetersizliği; ICD, İmplant edilebilir kardiyoverter defibrilatör; IIM, İntratorasik empedans monitörizasyonu; IV, İntravenöz; KB, Kan basıncı; KH, Kalp hızı; KKY, Konjestif kalp yetersizliği; KV, Kardiyovasküler; KY, Kalp yetersizliği; LVEF, Sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu; NYHA, New York Kalp Cemiyeti; OMT, Optimal medikal tedavi; PAB, Pulmoner arter basıncı.

KY'de makine öğrenmesi algoritmalarının tanısallık ve prognostik süreçte faydalı olabileceğini gösteren çeşitli çalışmalar mevcuttur. KY hastalarında giyilebilir bir yamadan elde edilen elektrokardiyografi (EKG), kalp hızı, solunum hızı, vücut sıcaklığı, aktivite düzeyi ve vücut pozisyonundan türetilen bir algoritmanın KY nedenli hastane yatışlarını öngörebildiğini gösteren LINK-HF (Multisensor Non-invasive Remote Monitoring for Prediction of Heart Failure Exacerbation) çalışması ve CRT-D takılı KY hastalarında intratorasik empedansa kalp hızı, solunum hızı, aktivite, kalp sesleri gibi diğer biyometriklerin eklendiği HeartLogic algoritmasının (Boston Scientific, St. Paul, MN, USA) dekompanseasyon öngörüsünde kullanımının test edildiği MultiSENSE (Multisensor Chronic Assessment in Ambulatory Heart Failure) çalışması örnek olarak gösterilebilir.<sup>12,33,34</sup> Kardiyak implante edilebilir elektronik cihaz bazlı kombinasyon algoritmaları ile eksternal çoklu sensör takip sisteminin KY hastalarında kötüleşmenin öngörücüsü amaçlı kullanımı başka çalışmalarda da değerlendirilmiştir.<sup>35-40</sup>

Her ne kadar söz konusu kombine algoritmaların dekompanseasyon riski taşıyan KY hastalarını tespit etmedeki faydaları gösterilmiş olsa da bu algoritmaların KY sonlanımları üzerindeki etkileri henüz net değildir. HeartLogic™ algoritmasının tüm nedenlere bağlı ölüm ve KY'ye bağlı hastaneye yatışlardan meydana gelen bütünlük sonlanım noktası üzerine etkisinin değerlendirilmesinin hedeflendiği MANAGEHF (Multiple Cardiac Sensors for the Management of Heart Failure) çalışmasının yayımlanan Faz 1 sonuçlarında, çalışma öncesi ile kıyaslandığında KY nedenli hastane yatışlarında %67 azalma meydana geldiği ortaya konulmuştur.<sup>41</sup> LINK-HF çalışmasında kullanılan sistemin KY dekompanseasyonunu prospektif olarak önlemesi konusunu değerlendirmeyi hedefleyen LINK-HF2 çalışması ise devam etmektedir.<sup>42</sup>

KY'nin prognozunu belirlemede çeşitli parametrelerin kombinasyonundan ziyade tek bir modaliteden faydalanmaya yönelik araştırmalar da mevcuttur. Bu amaçla kişilerin geçmiş elektronik sağlık kayıtları ve diğer biyometrik verileri (ses, konuşma paterni gibi), kardiyovasküler değerlendirme sonuçları (EKG, ekokardiyografi gibi), radyolojik görüntüleri (göğüs filmi gibi) incelenmiştir. EKG bazlı makine öğrenmesi modelleri son yıllarda popülerite kazanmıştır ve bu modeller ile KY'de kötüleşme ve mortalite risk öngörüsünün mümkün olabileceğine işaret eden çalışmalar mevcuttur.<sup>43,44</sup> KY'nin prognoz ve risk tahmininde de ekokardiyografi ve kardiyak manyetik rezonans görüntüleme bazlı derin öğrenme modelleri geliştirilmiştir.<sup>45-47</sup> Bu çalışmalardan elde edilen bulguların klinik yansımaları olabilmeleri için kardiyovasküler görüntüleme ilişkili makine öğrenmesi değerlendirmesi kriterlerine uyduğundan emin olunmalıdır.<sup>48</sup>

### **Kalp Yetersizliği Takibinde Dijital Teknolojilerin Kullanılmasındaki Kısıtlılıklar**

Dijital teknolojilerin günlük pratikte kullanılmasını kısıtlayan durumlar KY hastalarında da kullanılmasını kısıtlamaktadır. Bir hastayı dijital ortamda takip için dikkat edilmesi gereken ve kısıtlayıcı bir basamak olabilecek ilk etken, uygun teknoloji ve yöntemin seçimi olacaktır. Derlemenin başında belirtildiği gibi dijital teknolojiler ile ilgili tüketici pazarı gün geçtikçe artmaktadır. Bu ürünlerin küçük bir kısmı bilimsel çalışmalar ile etkinlikleri kanıtlanarak tıbbi cihaz lisansını alırken büyük bir kısmı marketlerde satılan saç kurutma makineleri gibi sadece

kullanıcı deneyimleri hakkında yorumların olduğu tüketici cihazlarıdır. Hekimlerin, KY gibi hayati bir konuda hasta takibinde hastalarına önerecekleri cihazları seçerken tıbbi cihaz ile tüketici cihazı farkını iyi belirleyip bilimsel çalışmalar ile güvenilirliği kanıtlanmış cihazları seçmesi gerekmektedir. Avrupa Kalp Ritim Birliği (European Heart Rhythm Association, EHRA) aritmilerin tanı ve takibinde dijital cihazların kullanılması pratik kılavuzunda özellikle EKG takibi için bilimsel verileri olan cihazlar tablo halinde belirtilirken KY kılavuzunda benzer bir öneri bulunmamaktadır.<sup>49</sup> Zamanla tıbbi cihaz lisansına sahip olan cihaz sayısı arttıkça diğer kılavuzlarda da benzer tablolarla karşılaşılacaktır. Ülkemizde de hastaların tanı ve takibinde kullanılacak tıbbi cihazların Sağlık Bakanlığı tarafından onaylanmış olması gerektiği özellikle göz önünde bulundurulmalıdır. Gerekli onayları almamış cihazlardan alınan verilerin kullanılıp hastaların tedavilerinin düzenlenmesi yasal sorunlara yol açabilmektedir.

Hasta takibinde kullanılacak cihazın seçiminde bir diğer önemli başlık, takip edilecek hastalığa ve hastaya uygun cihazın seçimi olmalıdır. Örneğin, asemptomatik aritmilerin takibinde hastanın inisiyatifinde EKG çeken sistemlerin kullanılması yetersiz olacaktır. Giyilebilir teknolojiler ya da diğer dijital teknolojiler, hasta cihazı taktığında ya da takip merkezlerine başarılı şekilde verilerini gönderebildiğinde yarar sağlanabilmektedir. Uzaktan takip sistemleri kullanılacağı zaman otomatik veri gönderimi yapan sistemler ile hasta uyumunun daha fazla olabileceği gösterilmiştir.<sup>50</sup> Hasta uyumu ve kooperasyonunun kısıtlı olabileceği önyargısı ile de hastaların yaşı ilerledikçe hekimlerin dijital teknolojileri hastalarına önermekte çekindikleri bilinmektedir. Oysa Tele Check AF çalışmasında hastaların %60'ı 60 yaşın üstündedir ve bu hastalar verilerini başarılı bir şekilde kaydedip çalışma merkezlerine iletebilmişlerdir.<sup>51</sup>

EHRA'nın yürüttüğü bir anket çalışmasına katılan merkezlerde pandemi öncesi uzaktan takip özelliği olan ICD ve CRT oranlarına bakıldığında, cihazların yaklaşık %65'inin uzaktan takip özelliği varken, merkezler hastaların 3'te 2'si ile pandemi sonrası uzaktan takip özelliğini kullanmaya başladıklarını belirtmişlerdir. Aynı çalışmada, katılımcıların %50,9'u uzaktan takibi kullanmama nedeni olarak verilen hizmetin geri ödeme kapsamında olmamasını söylemiştir. Pandemi sonrası Avrupa'da birçok merkezde ve ülkemizde teletıp uygulamaları geri ödeme kapsamına alınarak bu kısıtlılığın üstesinden gelinmeye çalışılmıştır. Hekimler pandemi sırasında kısmen de olsa zorunluluktan kullandıkları sistemi, pandemi sonrası da uygun şartlar altında kullanmaya devam edebileceklerini belirtmişlerdir.<sup>52</sup> Hekimler açısından dijital teknolojilerin kullanımını kısıtlayan durumlardan bir diğeri de bu teknolojilerle elde edilen veri yükü, bu verilerin işlenmesi ve değerlendirilmesi için geçen süredir. TRUST çalışmasında hastaların hastaneye başvuru sayıları azaltılmış olsa da uzaktan takip sisteminde hastanın hastanelere gönderdikleri veri miktarı artmış, bu durum da hekimlerin iş yükünü artırmıştır.<sup>11</sup> Benzer şekilde implante edilebilen loop kaydedicilerde yanlış pozitiflik oranları yüksektir. Yapay zekâ algoritmalarıyla doğru patolojilerin tespiti ile hekimlerin bu veri yüküyle baş etmesi sağlanabilmektedir.<sup>53,54</sup>

Dijital teknolojiler ile ilgili dikkat edilmesi gereken, hekim ve hasta için de endişe yaratan bir durum ise kişisel verilerin korunmasıdır. Kredi kartı verilerinin çalınması dijital dünyada en çok korkutan

konulardan biri olsa da bilgisayar korsanları için sağlık verilerinin mali değeri kredi kartı verilerinden daha fazladır.<sup>55</sup> 2016 yılında ülkemizde yürürlüğe giren Kişisel Verilerin Korunması Kanunu ve 2018 yılında Avrupa Birliği tarafından kabul edilen ülkemizin de kurallarına uymayı taahhüt ettiği Küresel Veri Korunması Düzenlemeleri (Global Data Protection Regulations, GDPR) kapsamında sağlık verileri hassas kişisel veri olarak kabul edilmiş ve en yüksek koruma altında saklanması gerektiği belirtilmiştir.<sup>56,57</sup> Bu verilerin güvenli bir şekilde saklanması da hekimlerin ya da genel olarak sağlık hizmeti sunanların sorumluluğundadır. Bu tarz sorumluluk almak istemeyen merkezler ya da kendi kişisel verilerinin kendisi aleyhinde kullanılabileceğini düşünen kişiler dijital teknolojileri kullanmaktan çekinmektedir.

Dijital teknolojiler özellikle yapay zekâ algoritmaları sisteme girilen her veri ile kendisini değiştirmekte ve geliştirmektedir. Sağlık konusunda yasal düzenlemelerden sorumlu kurumlar da bu algoritmaların etkinliğini gösteren çalışmalarda sonuçlarını değerlendirerek kullanım onayı vermektedir. Ancak onay sonrası bu algoritmaların değiştirilmesi istenmemekte, değiştirilmesi durumunda yasal düzenlemelerin tekrarlanması gerekmektedir. Ancak yapay zekâ algoritmalarının doğası gereği her veri ile değişmesi gerekirken bu kısıtlama yapay zekâ kullanımının doğasına aykırı bir durum oluşturmaktadır. Bu düzenlemeler de dinamik yapay zekâ kullanımını içeren tıbbi sistemlerin ortaya çıkışını zorlaştırmaktadır. Ayrıca var olan yapay zekâ çalışmaları ile üretilen algoritmaların hepsinin doğrudan klinik kullanıma girmesinde de kısıtlılıklar mevcuttur. Bunların başında her çalışma verisinin başka bir örneklem grubunda etkinliğinin kanıtlanması (eksternal validasyonu) gerekmektedir. Bazı yapay zekâ modellerinde hastalara ait veriler işleme alınır ve sadece sonuç elde edilirken ulaşılan sonuç çıktısını veren yapay zekâ modelinde kullanılan verilerin sonuç üzerindeki ağırlıkları ya da birçok parametreden hangilerinin kullanıldığı bilinmemektedir. Bu durum yapay zekânın kara kutusu olarak adlandırılırken bu bilinmezlik hekimlerin yapay zekâ kullanımını kısıtlamaktadır. Yapay zekâ modellerindeki bu kara kutunun açılarak modeller oluşturulurken kullanılan parametreler, onların ağırlıkları gibi verilerin bilinmesi, açıklanabilir yapay zekâ modeli olarak tanımlanmaktadır. Kara kutu yerine açıklanabilir yapay zekâ modelleri de hekimlerin bu modelleri kullanması konusunda destekleyici olabilecektir.

Son olarak, hala netleştirilemeyen yasal ve etik sorun olarak, kullanılan dijital teknolojilerden özellikle yapay zekâ algoritmaları sonucunda oluşabilecek tıbbi sorunların sorumluluğunu kimin üstlenmesi gerektiğidir. Ülkemizde klinik karar destek sistemlerinden destek alınsa da sorumluluğun tedaviyi uygulayan hekimde olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. 2022 yılında teletıp uygulamaları hakkında yönetmelik yayımlanmış olsa da hasta ile hekim arasındaki yasal hakların ve yükümlülüklerin yüz yüze olan muayene ile aynı olması da uzaktan takip teknolojilerinin hekimler tarafından tercihini etkileyebilmektedir.<sup>58</sup>

## Sonuç

KY yaygın bir halk sağlığı sorunudur. Bu hastalar yakın takip edilerek klinik dekompanseasyon ve hastaneye yatışlarının önlenmesi mümkündür. İmplant edilebilen ya da giyilebilen dijital sağlık teknolojileri ve bu teknolojilerle elde edilen verilerin yapay zekâ algoritmaları ile değerlendirilmesi sonucunda KY hastalarının tanı ve takibinde istenilen hedeflere yaklaşılmaktadır.

Hekimlerin ve hastaların bu teknolojilere uyumu da COVID-19 pandemisi ile birlikte giderek artmaktadır. Ülkemizde ve dünyada yasal düzenlemelerde dijital teknolojilerin kullanımı konusunda kısıtlılıklar olsa da yasa koyucu ve sağlık hizmeti sunucularının ortak çalışmaları ile ilerleme devam etmektedir. İlerleyen günlerde de dijital teknolojiler hekimlerin yerini alabilecek gibi görünmese de işlerini kolaylaştıracaktır.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar katkıları:** Konsept – E.Ş., N.K.; Tasarım – E.Ş., S.B., D.K.; Veri Toplama ve/veya İşleme – E.Ş., Y.K., S.B., A.G., D.K.; Analiz ve/veya Yorum – E.Ş., Y.K., S.B., A.G., D.K., M.E., N.K.; Literatür Taraması – E.Ş., Y.K., S.B., A.G., D.K.; Yazma – E.Ş., Y.K., S.B., A.G., D.K., M.E., N.K.; Eleştirel İnceleme – E.Ş., M.E., N.K.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar tarafından çıkar çatışması bildirilmemiştir.

**Finansal destek:** Yazarlar finansal destek almadıklarını bildirmişlerdir.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Author Contributions:** Concept – E.Ş., N.K.; Design – E.Ş., S.B., D.K.; Data Collection and/or Processing – E.Ş., Y.K., S.B., A.G., D.K.; Analysis and/or Interpretation – E.Ş., Y.K., S.B., A.G., D.K., M.E., N.K.; Literature Review – E.Ş., Y.K., S.B., A.G., D.K.; Writing – E.Ş., Y.K., S.B., A.G., D.K., M.E., N.K.; Critical Review – E.Ş., M.E., N.K.

**Conflict of Interest:** No conflict of interest has been declared by the authors.

**Funding:** The authors declared that this study received no financial support.

## Kaynaklar

1. Statista. Wearables worldwide shipments worldwide from 2014 to 2022. Accessed 11.10.2022. <https://www.statista.com/statistics/437871/wearables-worldwide-shipments/>
2. Rock Health. Digital Health Consumer Adoption Report 2020. Accessed 10.11.2022. <https://rockhealth.com/insights/digital-health-consumer-adoption-report-2020/>
3. Biomarkers Definitions Working Group. Biomarkers and surrogate endpoints: preferred definitions and conceptual framework. *Clin Pharmacol Ther.* 2001;69(3):89-95. [CrossRef]
4. Vasudevan S, Saha A, Tarver ME, Patel B. Digital biomarkers: Convergence of digital health technologies and biomarkers. *NPJ Digit Med.* 2022;5(1):36. [CrossRef]
5. McDonagh TA, Metra M, Adamo M, et al.; ESC Scientific Document Group. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *Eur Heart J.* 2021;42(36):3599-3726. Erratum in: *Eur Heart J.* 2021.
6. Singhal A, Cowie MR. Digital Health: Implications for Heart Failure Management. *Card Fail Rev.* 2021;7:e08. [CrossRef]
7. Schiff GD, Fung S, Speroff T, McNutt RA. Decompensated heart failure: symptoms, patterns of onset, and contributing factors. *Am J Med.* 2003;114(8):625-630. [CrossRef]
8. Cooper LB, Hernandez AF. Assessing the Quality and Comparative Effectiveness of Team-Based Care for Heart Failure: Who, What, Where, When, and How. *Heart Fail Clin.* 2015;11(3):499-506. [CrossRef]
9. Verhestraeten C, Weijers G, Debleu D, et al. Diagnosis, treatment, and follow-up of heart failure patients by general practitioners: A Delphi consensus statement. *PLoS One.* 2020;15(12):e0244485. [CrossRef]
10. Gündüz Z. Kocaeli ili aile hekimliğinde kronik kalp yetersizliği hastalarının yönetimi, yaklaşım ve farkındalığı. Sağlık Bilimleri Üniversitesi; 2022. [Specialization Thesis] Thesis number: 716271.

11. Koehler F, Koehler K, Deckwart O, et al. Efficacy of telemedical interventional management in patients with heart failure (TIM-HF2): a randomised, controlled, parallel-group, unmasked trial. *Lancet*. 2018;392(10152):1047-1057. [CrossRef]
12. Stehlik J, Schmalfluss C, Bozkurt B, et al. Continuous Wearable Monitoring Analytics Predict Heart Failure Hospitalization: The LINK-HF Multicenter Study. *Circ Heart Fail*. 2020;13(3):e006513. [CrossRef]
13. Hernandez AF, Albert NM, Allen LA, et al.; MANAGE-HF Study. Multiple cArdiac seNsors for mAnaGEment of Heart Failure (MANAGE-HF) - Phase I Evaluation of the Integration and Safety of the HeartLogic Multisensor Algorithm in Patients With Heart Failure. *J Card Fail*. 2022;28(8):1245-1254. [CrossRef]
14. Gorodeski EZ, Moennich LA, Riaz H, Jehi L, Young JB, Tang WHW. Virtual Versus In-Person Visits and Appointment No-Show Rates in Heart Failure Care Transitions. *Circ Heart Fail*. 2020;13(8):e007119. [CrossRef]
15. Farwati M, Riaz H, Tang WHW. Digital Health Applications in Heart Failure: a Critical Appraisal of Literature. *Curr Treat Options Cardiovasc Med*. 2021;23(2):12. [CrossRef]
16. Rizas KD, Freyer L, Sappler N, et al. Smartphone-based screening for atrial fibrillation: a pragmatic randomized clinical trial. *Nat Med*. 2022;28(9):1823-1830. [CrossRef]
17. Callum K, Graune C, Bowman E, Molden E, Leslie SJ. Remote monitoring of implantable defibrillators is associated with fewer inappropriate shocks and reduced time to medical assessment in a remote and rural area. *World J Cardiol*. 2021;13(3):46-54. [CrossRef]
18. Amir O, Ben-Gal T, Weinstein JM, et al. Evaluation of remote dielectric sensing (ReDS) technology-guided therapy for decreasing heart failure re-hospitalizations. *Int J Cardiol*. 2017;240:279-284. [CrossRef]
19. Perl L, Ben Avraham B, Vaknin-Assa H, Ben Gal T, Kornowski R. A rise in left atrial pressure detected by the V-LAP™ system for patients with heart failure during the coronavirus disease 2019 pandemic. *ESC Heart Fail*. 2020;7(6):4361-4366. [CrossRef]
20. Mohebbi D, Kittleson MM. Remote monitoring in heart failure: current and emerging technologies in the context of the pandemic. *Heart*. 2021;107(5):366-372. [CrossRef]
21. Chaudhry SI, Mattera JA, Curtis JP, et al. Telemonitoring in patients with heart failure. *N Engl J Med*. 2010;363(24):2301-2309. Erratum in: *N Engl J Med*. 2011;364(5):490. Erratum in: *N Engl J Med*. 2013;369(19):1869. [CrossRef]
22. Ong MK, Romano PS, Edgington S, et al.; Better Effectiveness After Transition-Heart Failure (BEAT-HF) Research Group. Effectiveness of Remote Patient Monitoring After Discharge of Hospitalized Patients With Heart Failure: The Better Effectiveness After Transition -- Heart Failure (BEAT-HF) Randomized Clinical Trial. *JAMA Intern Med*. 2016;176(3):310-318. Erratum in: *JAMA Intern Med*. 2016;176(4):568. Erratum in: *JAMA Intern Med*. 2016;176(6):871. [CrossRef]
23. Cleland JG, Louis AA, Rigby AS, Janssens U, Balk AH; TEN-HMS Investigators. Noninvasive home telemonitoring for patients with heart failure at high risk of recurrent admission and death: the Trans-European Network-Home-Care Management System (TEN-HMS) study. *J Am Coll Cardiol*. 2005;45(10):1654-1664. [CrossRef]
24. Varma N, Epstein AE, Irimpen A, Schweikert R, Love C; TRUST Investigators. Efficacy and safety of automatic remote monitoring for implantable cardioverter-defibrillator follow-up: the Lumos-T Safely Reduces Routine Office Device Follow-up (TRUST) trial. *Circulation*. 2010;122(4):325-332. [CrossRef]
25. Hindricks G, Taborsky M, Glikson M, et al.; IN-TIME study group\*. Implant-based multiparameter telemonitoring of patients with heart failure (IN-TIME): a randomised controlled trial. *Lancet*. 2014;384(9943):583-590. [CrossRef]
26. Böhm M, Drexler H, Oswald H, et al.; OptiLink HF Study Investigators. Fluid status telemedicine alerts for heart failure: a randomized controlled trial. *Eur Heart J*. 2016;37(41):3154-3163. [CrossRef]
27. Domenichini G, Rahneva T, Diab IG, et al. The lung impedance monitoring in treatment of chronic heart failure (the LIMIT-CHF study). *Europace*. 2016;18(3):428-435. [CrossRef]
28. Abraham WT, Adamson PB, Bourge RC, et al.; CHAMPION Trial Study Group. Wireless pulmonary artery haemodynamic monitoring in chronic heart failure: a randomised controlled trial. *Lancet*. 2011;377(9766):658-666. Erratum in: *Lancet*. 2012;379(9814):412. [CrossRef]
29. Lindenfeld J, Zile MR, Desai AS, et al. Haemodynamic-guided management of heart failure (GUIDE-HF): a randomised controlled trial. *Lancet*. 2021;398(10304):991-1001. [CrossRef]
30. Leclercq C, Witt H, Hindricks G, et al. Wearables, telemedicine, and artificial intelligence in arrhythmias and heart failure: Proceedings of the European Society of Cardiology Cardiovascular Round Table. *Europace*. 2022;24(9):1372-1383. [CrossRef]
31. van Veldhuisen DJ, Braunschweig F, Conraads V, et al.; DOT-HF Investigators. Intrathoracic impedance monitoring, audible patient alerts, and outcome in patients with heart failure. *Circulation*. 2011;124(16):1719-1726. [CrossRef]
32. Conraads VM, Tavazzi L, Santini M, et al. Sensitivity and positive predictive value of implantable intrathoracic impedance monitoring as a predictor of heart failure hospitalizations: the SENSE-HF trial. *Eur Heart J*. 2011;32(18):2266-2273. [CrossRef]
33. Boehmer JP, Hariharan R, Devecci FG, et al. A Multisensor Algorithm Predicts Heart Failure Events in Patients With Implanted Devices: Results From the MultiSENSE Study. *JACC Heart Fail*. 2017;5(3):216-225. [CrossRef]
34. Gardner RS, Singh JP, Stancak B, et al. HeartLogic Multisensor Algorithm Identifies Patients During Periods of Significantly Increased Risk of Heart Failure Events: Results From the MultiSENSE Study. *Circ Heart Fail*. 2018;11(7):e004669. Erratum in: *Circ Heart Fail*. 2018;11(8):e000029. [CrossRef]
35. Whellan DJ, Ousdigian KT, Al-Khatib SM, et al.; PARTNERS Study Investigators. Combined heart failure device diagnostics identify patients at higher risk of subsequent heart failure hospitalizations: results from PARTNERS HF (Program to Access and Review Trending Information and Evaluate Correlation to Symptoms in Patients With Heart Failure) study. *J Am Coll Cardiol*. 2010;55(17):1803-1810. [CrossRef]
36. Hindricks G, Taborsky M, Glikson M, et al.; IN-TIME study group\*. Implant-based multiparameter telemonitoring of patients with heart failure (IN-TIME): a randomised controlled trial. *Lancet*. 2014;384(9943):583-590. [CrossRef]
37. Virani SA, Sharma V, McCann M, Koehler J, Tsang B, Zieroth S. Prospective evaluation of integrated device diagnostics for heart failure management: results of the TRIAGE-HF study. *ESC Heart Fail*. 2018;5(5):809-817. [CrossRef]
38. Ahmed FZ, Taylor JK, Green C, et al. Triage-HF Plus: a novel device-based remote monitoring pathway to identify worsening heart failure. *ESC Heart Fail*. 2020;7(1):107-116. [CrossRef]
39. D'Onofrio A, Solimene F, Calò L, et al. Combining home monitoring temporal trends from implanted defibrillators and baseline patient risk profile to predict heart failure hospitalizations: results from the SELENE HF study. *Europace*. 2022;24(2):234-244. [CrossRef]
40. Anand IS, Tang WH, Greenberg BH, Chakravarthy N, Libbus I, Katra RP; Music Investigators. Design and performance of a multisensor heart failure monitoring algorithm: results from the multisensor monitoring in congestive heart failure (MUSIC) study. *J Card Fail*. 2012;18(4):289-295. [CrossRef]
41. Hernandez AF, Albert NM, Allen LA, et al.; MANAGE-HF Study. Multiple cArdiac seNsors for mAnaGEment of Heart Failure (MANAGE-HF) - Phase I Evaluation of the Integration and Safety of the HeartLogic Multisensor Algorithm in Patients With Heart Failure. *J Card Fail*. 2022;28(8):1245-1254. [CrossRef]
42. LINK-HF2 - Remote Monitoring Analytics in Heart Failure (LINK-HF2). Accessed December 18, 2023. <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT04502563>
43. Kwon JM, Kim KH, Jeon KH, et al. Artificial intelligence algorithm for predicting mortality of patients with acute heart failure. *PLoS One*. 2019;14(7):e0219302. [CrossRef]
44. Kwon JM, Kim KH, Eisen HJ, et al. Artificial intelligence assessment for early detection of heart failure with preserved ejection fraction based on electrocardiographic features. *Eur Heart J Digit Health*. 2020;2(1):106-116. [CrossRef]



45. Samad MD, Ulloa A, Wehner GJ, et al. Predicting Survival From Large Echocardiography and Electronic Health Record Datasets: Optimization With Machine Learning. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2019;12(4):681-689. [CrossRef]
46. Tayal U, VerdonshotJAJ, Hazebroek MR, et al. Precision Phenotyping of Dilated Cardiomyopathy Using Multidimensional Data. *J Am Coll Cardiol*. 2022;79(22):2219-2232. [CrossRef]
47. Fahmy AS, Csecs I, Arafati A, et al. An Explainable Machine Learning Approach Reveals Prognostic Significance of Right Ventricular Dysfunction in Nonischemic Cardiomyopathy. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2022;15(5):766-779. [CrossRef]
48. Sengupta PP, Shrestha S, Berthon B, et al. Proposed Requirements for Cardiovascular Imaging-Related Machine Learning Evaluation (PRIME): A Checklist: Reviewed by the American College of Cardiology Healthcare Innovation Council. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2020;13(9):2017-2035. [CrossRef]
49. Svennberg E, Tjong F, Goette A, et al. How to use digital devices to detect and manage arrhythmias: an EHRA practical guide. *Europace*. 2022;24(6):979-1005. Erratum in: *Europace*. 2023;25(2):486. [CrossRef]
50. Tarakji KG, Zaidi AM, Zweibel SL, et al. Performance of first pacemaker to use smart device app for remote monitoring. *Heart Rhythm O2*. 2021;2(5):463-471. [CrossRef]
51. Gawatko M, Duncker D, Manninger M, et al.; TeleCheck-AF investigators. The European TeleCheck-AF project on remote app-based management of atrial fibrillation during the COVID-19 pandemic: centre and patient experiences. *Europace*. 2021;23(7):1003-1015. [CrossRef]
52. Simovic S, Providencia R, Barra S, et al. The use of remote monitoring of cardiac implantable devices during the COVID-19 pandemic: an EHRA physician survey. *Europace*. 2022;24(3):473-480. [CrossRef]
53. Quartieri F, Marina-Breyse M, Pollastrelli A, et al. Artificial intelligence augments detection accuracy of cardiac insertable cardiac monitors: Results from a pilot prospective observational study. *Cardiovasc Digit Health J*. 2022;3(5):201-211. [CrossRef]
54. Ousdigian K, Cheng YJ, Koehler JL, Radtke A, Rosemas S, Rogers J. Abstract 14342: Artificial Intelligence Dramatically Reduces Annual False Alerts From Insertable Cardiac Monitors. *Circulation*. 2021;144(Suppl1):A14342-A14342.
55. Seh AH, Zarour M, Alenezi M, et al. Healthcare Data Breaches: Insights and Implications. *Healthcare (Basel)*. 2020;8(2):133. [CrossRef]
56. Wolford B. What is GDPR, the EU's new data protection law? Accessed 7 July 2021. <https://gdpr.eu/what-is-gdpr>
57. Cumhurbaşkanlığı T. KİŞİSEL VERİLERİN KORUNMASI KANUNU. *Resmî Gazete*. 07.04.2016. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=6698&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5>
58. Cumhurbaşkanlığı T. UZAKTAN SAĞLIK HİZMETLERİNİN SUNUMU HAKKINDA YÖNETMELİK. *Resmî Gazete*. 10.02.2022. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/02/20220210-2.htm>