28. BÖLÜM / CHAPTER 28

TELETIP, UZAKTAN HASTA YÖNETİMİ VE İMPLANTE KALP DESTEK CİHAZLARI

TELE-MEDICINE, REMOTE PATIENT MANAGEMENT AND IMPLANTED HEART SUPPORT DEVICES

Nilgün BOZBUĞA*, Ömer Ali SAYIN**

*Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Anabilim Dalı,
İstanbul, Türkiye

E-mail: nilgun.bozbuga@istanbul.edu.tr

**Doç. Dr., İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Anabilim Dalı,
İstanbul, Türkiye

E-mail: oasayin@hotmail.com

DOI: 10.26650/B/ET07.2021.003.28

ÖZ

Teletıp, sağlık alanında bilişim teknolojilerinin desteğiyle hastaların vital parametrelerinin sağlık kuruluşuna gerçek zamanlı olarak dijital aktarımı ile uzaktan hasta yönetimi sistemidir. Teletıp, izlem halindeki hastaların acil tanı ve tedavi gerektiren sağlık hizmetine ihtiyaç duymaları halinde, acil servis iletişimleri ve triyaj işlemlerinin daha kuruma başvurmadan çok hızlı başlatılmasını sağlamaktadır. Teletıp multidisipliner çalışma takımı tarafından uygulanması gereken bir süreçtir. Sağlık kurumları üzerinde hasta yükünü azaltmakta ve kronik hastalıkların evden izlenmesi, tedavi edilebilmesi, rehabilitasyonu mümkün hale gelmektedir. Uzaktan hasta yönetiminde, hasta verilerinin gerçek zamanlı olarak sağlık görevlilerine iletilmesinde nesnelerin interneti ve merkezi karar destekli uzaktan hasta takip sistemleri kullanılmaktadır. Kablosuz iletişim teknolojilerinin oldukça gelişmiş olduğu günümüzde, kronik hastalıklarda uzaktan hasta takip sistemlerinin kullanılması sağlık alanında köklü değişikliklere yol açmaktadır. Uzaktan hasta yönetimi, hasta bakım ve takibinin hastane ortamından çıkartılıp hastanın kendi evine taşınması anlamına gelmektedir. Böylelikle hastalar kendi hastalıkları hakkında bilgi ve farkındalık sahibi olmakta, kendi bakımını ve sağlık kontrollerini yapabilmektedir. e-Sağlık yöntemleriyle yapılan uzaktan hasta yönetimi klinik etkinlik ve finansal verimlilik koşullarının yanı sıra, güvenilir karar verme süreçleriyle sağlıkta hakkaniyetin gerçekleştirilebilmesini desteklemektedir. Kronik, ilerleyici bir hastalıkla yaşamak zorunda olan hastaların yaşam kalitesini sürdürme çabası yalnızca kendilerini değil aynı zamanda yakın çevrelerini ve ulusal sağlık ekonomisini de yakından ilgilendirmektedir. Kalp yetmezliği ülkemizde ve tüm dünyada giderek artan sıklığı ve yaygınlığı nedeniyle önde gelen kronik sağlık sorunlarından biri olarak önemi korumaktadır. Kalp yetmezliği, artmış morbidite, mortalite ve düşük hayat kalitesiyle sağlık sistemlerine

önemli bir mali yük oluşturan kronik hastalıklardan biri olup uzun hastane yatışlarından da sorumludur. İleri kalp yetmezliği sorununu çözmek ve yaşam kalitesini iyileştirmek üzere klinik bakım ve tedavi hizmetinde yeni yaklaşımlar, ileri bilimsel ve yeni teknolojik uygulamalar ortaya koyulmaktadır. Bu amaçla son yıllarda teletip ve uzaktan hasta yönetimi, kardiyovasküler hastalıkların tanısında, takibinde ve tedavilerinin yönlendirilmesinde giderek daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Medikal tedaviye yanıtız son dönem kalp yetmezliği hastalarında ventrikül destek cihazları yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu cihazlar özellikle kalp nakli bekleyen aday hastalarda, bekleme sürecinde ölüm oranlarını azaltma ve bu süreci daha güvenli, uç organlarda hasar oluşmaksızın atlatmaları için kullanılmaktadır. Teletip yazılımları ve uzaktan hasta yönetimi sistemleri ventrikül destek cihazları takılmış hastalarda özellikle taburculuk sonrası bakım konusunda yoğunlaşmaktadır. İleri kalp yetmezliğinde uzaktan takip sisteminin mortalite ve morbidite üzerine olumlu etkisi olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Teletip, telesağlık, uzaktan hasta yönetimi, kalp yetmezliği, implante cihazlar, kalp destek cihazları

ABSTRACT

Tele-medicine is a remote patient management system with the real time digital transfer of vital parameters of patients to the health care institution with the support of information technologies in health. It provides emergency communication and triage procedures to be performed very quickly if patients in follow-up need health care services along with urgent diagnosis and treatment. Tele-medicine is a process that should be performed by a multidisciplinary work team. Its application decreases the patient burden of health institutions, and makes it possible to monitor, treat, and rehabilitate in chronic diseases from home. Internet of Things and remote patient tracking systems with central decision support are used to transmit patient data to health care providers in real time. Today, wireless communication technologies are highly developed, and the use of remote patient monitoring systems in chronic diseases causes radical changes in the field of health. Remote patient management means taking patient care and follow-up out of the hospital environment and moving it to the patient's own home. In this way, patients have information and awareness about their own diseases, and can perform their own care and health checks. Remote patient management with e-health methods supports the achievement of equity in health with reliable decision-making processes as well as clinical effectiveness and financial efficiency conditions. The effort of patients who have to live with chronic disease to maintain the quality of life concerns not only themselves but also their close environment and national health economy. Heart failure maintains its importance as one of the leading chronic health problems in Turkey and worldwide because of its increasing frequency and prevalence. It is one of the chronic diseases that cause an important financial burden to health systems with heart failure, increased morbidity, mortality, and low quality of life, and is also responsible for long hospitalizations. New approaches, advanced scientific and new technological applications in clinical care and treatment services are introduced to solve the problem of advanced heart failure and improve the quality of life. For this purpose, tele-medicine and remote patient management have been increasingly used in the diagnosis, follow-up, and treatment of cardiovascular diseases in recent years. Ventricular support devices have been used intensively in patients with end-stage heart failure who do not respond to medical treatment. These devices are used especially for candidate patients who are waiting for a heart transplant to reduce the mortality rates during the waiting period and to survive this process more safely without suffering any damage to the end organs. Tele-medicine software and remote patient management systems focus especially on post-discharge care in patients with ventricular support devices. It is observed that the remote monitoring system in advanced heart failure has a positive effect on mortality and morbidity.

Keywords: Tele-medicine, tele-health, remote patient management, heart failure, implantable devices, heart support device

1. Teletıp

Teletıp, sağlık sistemlerinde bilişim teknolojilerinin desteğiyle uzaktan hasta takip (*remote patient monitoring*) sistemlerinin kullanımının yaygınlaşmasıyla, hastalara ait her türlü parametrenin sağlık kuruluşuna gerçek zamanlı olarak değerlendirilmek üzere dijital aktarımı ile hastaların sanal ortamda karar destek sistemleriyle izlenerek kontrol altında tutulmasını sağlayan hasta yönetimi, sağlık yönetimi ve eğitimi sistemidir (Voltani, 2019). Teletıp, birey ve toplum sağlığına katkı oluşturan sağlık hizmetleri sunumunda tanı, tedavi ve rehabilitasyon amacıyla hasta ya da hastalık hakkında işlem veya sürecin değerlendirilebilmesi için bilgi paylaşımı yoluyla uzaktan sağlık hizmeti (telekonsültasyon, *tele-asistans*, *tele-mentoring*, robotik cerrahi vb) verilmesi için kullanılabileceği gibi, bilgilendirme ve bilinçlendirme içeren uzaktan hasta eğitimi ve uzaktan tıp eğitimi amacıyla da kullanılabilir.

Teletıp, vital parametrelerin (EKG, tansiyon, nabız, solunum, oksijen satürasyon, hemoglobin, kan şekeri, elektrolit, kan gazları, antikoagülan düzeyi vb.) sağlık kuruluşuna dijital olarak gönderimi ile hastaların sağlık kurumunun sanal ortamında izlenerek uzaktan yönetilecekleri, birey odaklı, kanıta dayalı ve kanıtlarla bilgilendirilmiş karar verme süreçlerini kurumsallaştırmak üzere kurgulanmış bir sistemdir. Bu sistem hastaların 7/24 danışarak hastalığı hakkında görüş alabilmesini, bilgilendirme ve bilinçlendirilmelerini içeren, kendi kendilerini kontrol edebilecek kişilere dönüşmesini hedefleyen bir organizasyondur. Ayrıca, izlem halindeki hastaların acil tanı ve tedavi gerektiren sağlık hizmetine ihtiyaç duymaları halinde, acil servis iletişimleri ve triyaj işlemlerinin, daha sağlık kurumuna başvurmadan çok daha hızlı bir şekilde başlatılarak yapılabilmesini sağlayacaktır (Shaw, 2017).

Teletıp bir modelleme ve öngörülse yönetim konusu değil, sağlık politikaları içinde kanıta dayalı ve kanıtlarla bilgilendirilmiş karar verme süreçlerini kurumsallaştırmak üzere güçlü bir paradigma olarak ortaya çıkmıştır. Teletıp, aslında uzun zamandan beri basit telefon yazılımlarıyla, veri akışını sağlayan cihazlarla bilgi paylaşımı ve uzaktan konsültasyon şeklinde uygulanmaktadır. Özellikle uzun dönem takip gerektiren kalp yetmezliği gibi kronik hastalıklarda hastaneye giderek ilgili sağlık personeline ulaşmasına alternatif bir yol olarak gündeme gelmiştir (Arhete, 2016). Teletıp ve uzaktan izleme teknolojileri son yıllarda bilgi teknolojileri alanında ilerlemelerle ve daha kompleks sistemler ve yazılımlarla hasta-doktor etkileşimlerini içerecek şekilde geliştirilmiştir (Ong, 2016). Teletıp multidisipliner çalışma takımı tarafından uygulanması gereken bir süreçtir. Sağlık sistemlerinin güvenlik, kalite ve performanstan ödün vermeden zaman tasarrufuna ve aşırı maliyetlerin kontrolüne yardımcı olmaktadır. Sağlık kurumları üzerinde hasta yükü azalmakta ve kronik hastalıklarda evden izlenmesi, tedavi edile-

bilmesi, rehabilitasyonu mümkün hale gelmektedir (Hindricks, 2014). Teletıp teknolojisinden beklenen katkı yalnızca güvenlik, maliyet ve etkinlik değil, aynı zamanda hakkaniyetli sağlık hizmeti erişimidir. Teletıpla sürekli takip verilerinden oluşacak büyük veri analizi ve makine öğrenmesi, hastalık yönetiminde yeni yaklaşımlar geliştirilebilmesine olanak sağlayacaktır.

2. Uzaktan Hasta Yönetimi

Uzaktan hasta yönetimi (UHY) fizyolojik verilerin telemetrik sistemlerle sağlık kurumlarına ve sağlık profesyonellerine gerçek zamanlı iletilmesi ile patolojik değişimlerin belirlenmesi, uyarı eşiği oluşturulması, mekansal sağlık hizmeti kullanmadan gerekli önlemlerin alınarak risklerin/komplikasyonların önlenmesi sistemidir (Booger, 2015). Uzaktan hasta yönetimi ile sağlık hizmetlerinin bir kısmının evden/uzaktan izlenmesi kronik hastalarda ya da ameliyat sonrası kritik dönemde olan hastalarda sağlık hizmeti maliyetlerini düşürmekte ve sağlıkla ilişkili yaşam kalitesini arttırmaktadır. Uzaktan hasta yönetiminde, hasta verilerinin gerçek zamanlı olarak sağlık görevlilerine iletilmesinde nesnelerin interneti ve merkezi karar destekli uzaktan hasta takip sistemleri kullanılmaktadır. Uzaktan hasta takibi ile hastaların sanal ortamda 7/24 danışabilecekleri doktorlarla iletişiminin hızlandırılmasının yanı sıra, hastaların klinik ortam ziyaretlerinin, hastane ve acil servis başvuru sayılarının azalmasına yol açmaktadır (Chaudhry, 2010). Ayrıca tedavi sonrası taburcu edilen hasta ve hasta yakınlarına, bir sorun olduğunda takip edildiğini bilmenin güvencesini ve konforunu da yaşatmaktadır.

Uzaktan hasta takip sistemlerinin kullanılarak vital parametrelerin (tansiyon, nabız, EKG, solunum sayısı ve tipi, periferik oksijen saturasyonu, hemogloblin, kalp debisi, kan gazları, kan şekeri, koagülasyon değerleri, INR vb.) sağlık kurumlarına iletimi, parametrelerde kritik değerlerin aşılması veya uzun dönemde değişim eğiliminin merkezi karar destek sistemleriyle saptanarak komplikasyonların daha oluşmadan belirlenmesi ile takip sürecinde erken tanı ve erken tedavi olanağını sağlamaktadır (Koehler, 2010). Uzaktan hasta yönetimi, sağlık hizmetlerinde verimlilik artışı ile birlikte hastalara sağlık eğitimi olanağı da sağlamaktadır.

Uzaktan hasta yönetiminde, sanal ortamda bir çok klinik riskin öngörülerek uzman sağlık çalışanlarının kontrolü altında tutulması olanağı bulunmaktadır. Yaşamsal risk taşıyan kalp ritm bozuklukları tedavi işlemleri sonrasında anlık EKG takipleri, antikoagülan tedavi (warfarine) alan hastalarda kanama, tromboz, emboli, serebrovasküler olay önlenmesi açılarından ilaçların kullanımında olası komplikasyonların gelişmemesi yönünden INR (*International Normalized Ratio*) değeri takibi, hastanın glikoz ölçümü yapan cihaz üzerinden kullandığı insulin infüzyon pompasının dozajlarının uzaktan ayarlanarak hastanın kan şekerinin düzenlenmesi, kan şekeri düzeyinin kritik değerlerinin altında/üzerinde bilinç bulanıklığı

oluşturma riski geliştiğinde hasta ile koordinasyon sağlanarak, gerekirse hastanın bulunduğu yere ambulans sevk edilmesi işlemlerinin gerçekleşmesi mümkün olmaktadır. Uzaktan takip sistemleri içinde en bilineni ve yaygın kullanılanı alınacak ilacın dozunu ve sıklığını hatırlatan ilaç takip uygulamalarıdır (Masoudi, 2005). Akıllı telefonlara yüklenebilen, kişinin günlük aktivite düzeyini, harcanan kalori/alınan kalori dengesini hesaplayan sağlık uygulamaları koruyucu ve önleyici tıp alanında yeni açılımlar sağlamaktadır.

Uzaktan hasta takip sistemlerinin kullanılabileceği alanlar;

- Diyabet tedavi süreci ve diyet takibi
- Hipertansiyon, kalp yetmezliği, kapak hastalıkları, ritm bozuklukları takibi
- Kronik hastalıkların tedavi süreci takibi
- Hamilelik ve çocuk gelişimi süreci takibi
- Alerji tedavi süreci takibi
- Psikolojik tedavi süreci takibi
- Psikiyatrik tedavi süreci takibi
- Bağımlılık tedavi süreci takibi

Uzaktan hasta yönetimi sisteminin çalışmasını sağlayan 4 temel bileşen mevcuttur.

- **Sensörler:** Sensörler, vital ve/veya hastaya ait takip edilmesi gereken her türlü verinin hastadan toplanmasını sağlayan otomatik kontrol sistemlerinin algılayıcılarıdır.

- **Yerel veri depoları:** Yerel veri depoları, sensörlerden alınan verilerin merkezi veri depolama alanlarına aktarılana kadar tutulduğu aracı çözümleri uygulama alanlarıdır.

- **Merkezi veri depoları:** Merkezi veri depoları, aracı alanların gönderdiği verilerin analiz için tutulma alanlarıdır.

- **Teşhis uygulamaları:** Hastaların toplanmış verilerinin merkezi veri depolarından akışla düzenli olarak incelenmesi, semptom işlenmesi ve tanı asistanlığı yapan uygulamalardır.

Uzaktan hasta yönetiminin avantajları;

- Hastaların sürekli takibinin yapılması,
- Hastane dışındaki hastaların fizyolojik sinyal algılayıcıları taşıyan giyilebilir teknoloji veya elektronik cihazlarla taşınan vital değerlerinin sağlık merkezlerine iletilerek hasta kayıt ve web portalı entegrasyonu ile gerçek zamanlı kaydedilmesi, değişen değerlerin geniş kap-

samlı ve ayrıntılı olarak değerlendirilmesi,

- Hastaneye gitmeyen/gidemeyen, immobil veya fiziksel engelli, hastalığının toplum içinde gizli kalmasını isteyen hastalarda takip güçlüğünün ortadan kaldırması,

- Hekimlerin hasta verilerini takibinin kolaylaşması,

- Hastaların belirtilerin başlangıç durumunda veya yaşamsal bulguların olası değişimi karşısında ne yapacakları hakkında bilgilendirilmeleri ile akut olumsuz koşullarının ortaya çıkışında erken müdahale olanağı sağlanması,

- Hastaların ve yakınlarının acil ve/veya bilinç kaybı durumunda, uygun ve anında gerekli yönlendirilmelerinin sağlanması,

- Acil servislere gereksiz başvuruların azaltılması,

- Hastanelere başvuru gereksiniminin ve hekimlere planlanmamış başvuruların azaltılması,

- Hastaneye yeniden yatışların önlenmesi,

- Koruyucu ve önleyici tıp uygulanması,

- Erken tanı,

- Erken ve etkili tedavi yapılması,

- Farmakolojik ilaçların takibi, güncellenmesi ve hatırlatılması,

- Zaman tasarrufu,

- Sağlık hizmet maliyetlerinin ve hastaların hastaneye gelmelerinden kaynaklanan ikincil maliyetlerin kontrolü,

- Sağlık bilgisinin artması, toplumsal sağlık okur-yazarlığı düzey artışı,

- Hasta memnuniyetinin, iyilik halinin artışı,

- Yaşam kalitesi artışı,

- Sağlık yönetiminde yardımcı yapay zeka uygulamaları kullanılarak hasta-doktor gereksinimi orantısının dengelenmesinin sağlanması, artan sağlık profesyoneli talebinin dengelenmesi,

- Donanımlı hastane olanaklarının kısıtlı olduğu yerleşim alanlarında telekonsültasyonlarla uzman sağlık hizmetlerinin hakkaniyet ilkesine uygun olarak verilebilmesi,

- Veri tabanı erişimi ile araştırma ve klinik çalışmaların yapılabilmesi,

- Telemetrik ölçüm ve sorgulama sisteminin büyük veri oluşumuna katkı sağlanması, büyük veri analizi ve istatistiksel sonuç elde edilmesi ile hastalık yönetiminde makine öğrenmesi ve yapay zeka protokollerinin geliştirilebilmesidir.

Uzaktan hasta yönetiminin dezavantajları;

- Sanal ortamda yürütülen uzaktan hasta yönetim uygulamalarının klasik hasta-hekim ilişkisini değiştirerek, hekimlik deneyimi ve hekimlik sanatını devre dışı bırakması,

- Uzaktan hasta yönetim uygulamalarının hasta anamnez beyanı, belirti, bulgu ve laboratuvar sonuçlarına dayalı olması; fizik muayene şansı tanınmaması,

- Uzaktan hasta yönetim uygulamalarının hastanın özdisiplin ile motivasyonunu koruyabilmesine ve özverisine bağlı olması,

- Hekimlerin mesleki alan kaybı kaygılarıyla direnç göstermesi,

- Sağlık personelinin uzaktan hasta yönetimi uygulamaları konusunda farkındalıklarının ve eğitimlerinin yetersiz olması,

- Uzaktan hasta yönetiminin uzun dönemde sağlık harcamalarını ciddi anlamda azaltabilecek potansiyeline rağmen, başlangıçta yazılım ve mevcut sağlık sistemine entegrasyon için yatırım maliyetlerinin yüksekliği,

- Uzaktan hasta yönetimi kavramının ve takip sistemlerinin ICD, SGK-SUT listesi gibi ortak kullanılacak sistemler içine girememiş, sigortalar kuruluşları tarafından kabul edilmemiş ve sigorta kapsamına alınmamış olması,

- Veri gizliliği politikası, güvenli şifreleme çabalarına karşın telemetrik çoklu veri aktarımı işlevi barındıran masaüstü ve mobil kullanım uygulamaları içeren uzaktan hasta yönetim sistemlerinin siber saldırı riskleri taşıması ve tıbbi nesnelerin interneti kullanan hasta takip sistemleri üzerinden hasta bilgilerinin ifşası, hastayla ilgili manipüle edilmiş veriler üretilerek sistemlerin yanıltılmasından hastanın hayatını kaybetmesine kadar uzanan sonuçlara yol açabilecek tehditler barındırmasıdır.

3. Uzaktan Kronik Hastalıkların Yönetimi

Toplumun giderek yaşlanması ve kronik hastalıklarda görülme sıklığının artışı ile birlikte ileri yaş grubu hastaların yaşam tarzındaki olumsuz değişimler göz önünde bulundurulduğunda, kronik hastalıklara yönelik sağlık hizmetleri ihtiyacı dramatik bir şekilde artmaktadır (Ho, 1993). Yaşlanan nüfus aynı zamanda sağlık harcamalarının da olağanüstü bir şekilde artmasına neden olmaktadır.

Kronik hastalıklar yaşam kalitesini olumsuz etkileyen ve yaşamı tehdit eden sağlık sorunlarıdır. Kronik hastalıklar hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde giderek artmaktadır. Dünya üzerinde milyonlarca insan kardiyovasküler hastalıklar, hipertansiyon, diabetes mellitus, obezite, kronik akciğer hastalığı, kronik böbrek yetmezliği, serebrovasküler hastalıklar gibi kronik hastalıklarla hayatlarını sürdürmek zorunda kalmaktadır. Şehirleşmenin getirdiği fiziksel aktivite kısıtlılığı ve beslenme düzensizliği metabolik komplikasyonlara, obezite, insülin direnci, hiperglisemi ve diabete neden olmaktadır. Yaşam kalitesini olumsuz etkileyen ve maliyeti yüksek kronik patolojiler, uzun dönem izlem gerektiren, mortalite ve morbidite oranları yüksek hastalıklardır.

Kronik hastalıkların tanı, tedavi ve sürekli takip edilme gereksinimleri, kişilere ve dolayısıyla da sağlık sistemine maliyetleri son derece yüksek olmaktadır. Kronik hastalıkların *OECD* (İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı) ve *BRIC* (Brezilya, Rusya, Hindistan ve Çin) ülkelerine maliyetinin yıllık 200 milyar doların üzerinde olduğu tahmin edilmektedir. 2030 yılına kadar sağlık harcamalarının, gelişmiş ülkelerin GSYİH'nin (gayrisafi yurtiçi hasıla) %15'ini kullanması beklenmektedir. Bu açıdan hem erken tanı hem de tanı sonrası hastalıkla ilişkili yaşamsal göstergelerin ve laboratuvar bulgularının sürekli izlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu tür vital verilerin hastane ve poliklinik ortamında takip edilebilmesine rağmen, hastaların sürekli takibi ve hayat standartları düşünüldüğünde finansal ve zaman maliyeti yüksek olmakta hem de kolaylıkla uygulanamamaktadır (Cleland, 2003). Verilerin sağlıklı bir şekilde elde edilebilmesi için kullanılan hastane içi teknolojiler oldukça gelişmiş olmasına rağmen, verilerin hastane dışı mekanlarda elde edilmesi kolay değildir. Kablosuz iletişim teknolojilerinin oldukça gelişmiş olduğu günümüzde, uzaktan hasta takip sistemlerinin kullanılması sağlık alanında köklü değişikliklere yol açmaktadır.

Uzaktan hasta yönetimi, hasta bakım ve takibinin hastane ortamından çıkartılıp hastanın kendi evine/yakın çevresine taşınması anlamına gelmektedir. Bu sayede hastalar kendi hastalıkları hakkında bilgi ve farkındalık sahibi olmakta, kendi bakımını ve sağlık kontrollerini yapabilmektedir. Günümüzde literatürde kalp yetmezliği ve hipertansiyon gibi kronik kalp hastalıklarının teletip yöntemleriyle takiplerini içeren bir çok yayın ve derleme mevcuttur (Klersy 2009, Ong 2016, Pare 2007, Polisena 2010).

Uzaktan sağlık hizmeti yapılandırmasında teletip hizmetleri kimi ülkelerde sağlık sigorta sistemlerinin kısmi geri ödeme kapsamında olup, hastanın da belirli bir oranda ödeme yapması ile sistem yürütülmektedir. Bazı ülkelerde sağlık sigorta şirketleri, kişisel akıllı cihazları aracılığı ile uzaktan hasta takip sistemlerini kullanan kişilerin sağlık sigorta poliçelerinde belli oranlarda indirim yapma yoluna gitmektedirler. Ülkemizde bu tür uzaktan hasta yönetimi

hizmetleri henüz sigorta geri ödemesi kapsamında bulunmamaktadır.

Tıp, tanı ve tedavi alanlarında giderek artan ivme ile mühendislik bilimlerine doğru bir dönüşüm içindedir. Günümüzde sağlık hizmetleri anlayışı ve toplumsal beklentiler, ekonomik ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak çok hızlı şekilde değişmektedir. Çağdaş sağlık yönetimi paradigmasında değişim, kanıta dayalı tıp anlayışı ve tıp bilişimi yaklaşımlarıyla hızlanmıştır. Sağlık hizmeti üretim yönetimi, sağlık hizmetlerinin çağdaş tıbbın gerektirdiği ilke ve yöntemlerle istenilen kalitede, istenilen fiyat, zaman ve miktarda üretilmesi amacıyla yapılan işlemleri içermektedir (Chaudhry, 2010). Diğer bir deyişle, sağlık hizmeti üretim yönetimi, hizmetin miktar, kalite, zaman, maliyet parametrelerini optimize etme çabasıdır. Sağlık hizmetlerinde kaynak planlaması, harcamaların azaltılması ve gider minimizasyonu, sağlık kurumları işletmeciliğinde etkinlik, etkililik, verimlilik ve kalite koşullarını sağlamada temel unsurlardandır. e-Sağlık yöntemleriyle yapılan uzaktan hasta yönetimi klinik etkinlik ve finansal verimlilik koşullarının yanı sıra, güvenilir karar verme süreçleriyle sağlıkta hak-kaniyetin gerçekleştirilebilmesini desteklemektedir.

3.1. Uzaktan Kalp Yetmezliği Yönetimi

Kalp yetmezliği bir hastalık değil, çok farklı nedenlere bağlı olarak ortaya çıkabilen bir klinik sendromdur. Kalp yetmezliği, kalbin vücut dokularının metabolik ihtiyaçlarını karşılayacak ölçüde oksijen sunamamasına yol açan, kalple ilgili yapısal veya işlevsel bozukluklar, belirtiler ve fiziksel bulgular bileşkesidir. Kalp yetmezliği, sıklığı giderek artan, geri dönüşümsüz, prognozu ve seyri kötü, tedavisi oldukça güç ve maliyetli bir hastalıktır. Hipertansiyon, koroner arter hastalığı, kalp kapak hastalıkları, doğumsal kalp hastalıkları, kalp kası hastalıkları (kardiyomiyopati), kronik akciğer hastalıkları kalp yetmezliğine yol açan ya da zemin hazırlayan durumlardır. Son dönemde, Dünya Sağlık Örgütü tarafından viral pandemi olarak ilan edilen koronavirus hastalığı 2019 (COVID-19) olarak adlandırılan Şiddetli Akut Solunum Yolu Sendromu Koronavirus-2'nin (SARS-CoV-2) enfeksiyonunda kalp tutulumunun %40 oranında görüldüğü ve yaklaşık %7 oranında da kalp yetmezliğine yol açtığı bildirilmektedir (Bozbuğa, 2020).

Kalp yetmezliği sonucu gelişen bulgular fiziksel ve sosyal aktivitenin sınırlandırılmasına ve yaşam kalitesinin bozulmasına yol açmaktadır. Bozulmuş yaşam kalitesi hastaneye yatış ve mortalite oranlarını arttırmaktadır (Cleland, 2003). Kronik, ilerleyici bir hastalıkla yaşamak zorunda olan hastaların yaşam kalitesini sürdürme çabası, yalnızca kendilerini değil aynı zamanda yakın çevrelerini ve ulusal sağlık sistemini de yakından ilgilendirmektedir. Kalp yetmezliği ülkemizde ve tüm dünyada giderek artan sıklığı ve yaygınlığı nedeniyle önde gelen

kronik sağlık sorunlarından biri olarak önemini korumaktadır.

Tüm dünyada yeni medikal tedavi protokolleri, ileri tanı yöntemleri ve son gelişen teknolojik tıbbi sistemlerle girişimsel işlemlere rağmen kronik kalp ve damar hastalarının sayısı artmakta; artış sonucu olarak da kalp yetmezliği daha yaygın görülür hale gelmektedir (Inamdar, 2020). Kalp yetmezliği, artmış morbidite, mortalite ve düşük hayat kalitesiyle sağlık sistemlerine önemli bir mali yük oluşturan kronik hastalıklardan biri olup uzun hastane yatışlarından da sorumludur. Kalp yetmezliği prevalansının her geçen yıl artmakta olduğu ve buna bağlı olarak dünya üzerinde yaklaşık olarak 37 milyonun etkilendiği, bu sayıya her yıl 1 milyon yeni hasta eklendiği düşünülmektedir (Walter, 2020). Ortalama yaşam süresinin son 20 yıl içinde yaklaşık 10-15 yıl uzadığı ülkemizde kalp yetmezliği görülme yaşının ortalama 60 yaş olduğu, Batı toplumlarına göre daha erken kalp yetmezliği ile karşılaşıldığı bildirilmektedir. Ülkemizde de yaşlı nüfusun giderek artacağı ve önümüzdeki 10 yıl içinde 2 katına çıkacağı, 2023 yılında 14-15 milyona ulaşacağı öngörülmektedir. Kalp yetmezliği kişinin normal hayatını idame ettiremediği bir özrürlük hali olarak, hastalara, bakım verenlere, sağlık meslek mensuplarına ve sağlık sistemine büyük bir yük getirmektedir. Toplumda kronik kalp yetmezliğine bağlı hastalık yükü ve yüksek mortalite riski, toplumsal bir sağlık önceliği olduğu kabul edilmektedir.

İleri kalp yetmezliği sorununu çözmek ve yaşam kalitesini iyileştirmek üzere klinik bakım ve tedavi hizmetinde yeni yaklaşımlar, ileri bilimsel ve yeni teknolojik uygulamalar ortaya çıkmaktadır. Bu amaçla son yıllarda teletip ve uzaktan hasta yönetimi, kardiyovasküler hastalıkların tanısında, takibinde ve tedavilerinin yönlendirilmesinde giderek daha fazla yer bulmaya başlamıştır (Koehler, 2010). Teletip ve uzaktan hasta yönetiminde, hasta kullanımına daha uygun, algılama, kaydetme ve alınacak aksiyonu önerme yeteneğine sahip sensörler aracılığıyla makine öğrenmesi ve yapay zeka algoritmaları kullanılarak temel düzeyde yönlendirmeler yapılabilmektedir. Yeni nesil sensörler ve uzaktan takip cihazları daha küçük boyutta ve daha az maliyetli oldukları gibi, hastanın tıbbi durumundaki değişiklikleri algılama, kaydetme ve önlem alma yetenekleri daha gelişmiş durumdadır. Uzaktan takip edilen verilerin değerlendirilmesiyle vital parametrelerin uzun dönem değişimleri, gerekli ilaç-doza değişiklikleri, hekime danışılması ya da acilen bir sağlık kuruluşuna başvurulması gibi durum değerlendirmelerini yapabilen karar destek mekanizmaları kullanılabilmektedir.

Kardiyovasküler hastalıkların takibinde non-invaziv (girişimsel olmayan) veya *implantable* (takılabilir) direkt invaziv (girişimsel) gerçek zamanlı ölçüm yapabilen cihazlarla kan basıncı, nabız sayısı, oksijen satürasyonu, solunum sayısı, elektrokardiyogram (EKG) ve kalp ritmi, kan pıhtılaşma düzeyi, kan şekeri düzeyi, vücut ısısı, vücut ağırlığı gibi parametrelerinin

wi-fi, *bluetooth* gibi teletıp hizmet sağlayıcıları aracılığıyla uzaktan hasta yönetimi gerçekleştirilebilmektedir (Jayaram, 2017). Teletıp yazılımları ve uzaktan hasta yönetimi sistemleri özellikle taburculuk sonrası bakım konusunda yoğunlaşmaktadır. En sık olarak ciddi kalp yetmezliği takibinde hasta herhangi bir semptom hissettiğinde, gerçek zamanlı olarak sağlık merkeziyle iletişime geçebilmektedir. Özellikle uzaktan EKG takibi ve analizi yöntemiyle, aritmiler başta olmak üzere çeşitli kardiyak semptomların takibi, otomatik algoritmaların yanında, gerektiğinde bir uzman hekimin de EKG örneklerini uzaktan değerlendirerek, hastanın tedavisinin düzenlenmesine veya yaşamı tehdit eden komplikasyonların varlığında hastaya ambulans yönlendirilerek ve acil tıbbi yardım desteği altında en yakın sağlık kuruluşuna ulaştırılması mümkün olmaktadır. İleri kalp yetmezliği olan hastaların uzaktan izlenmesi amaçlı ayrıntılı çalışmalar yürütülmektedir (Volterrani, 2019). Hastaların ses analizi yapılarak, ses sinyallerinin akustik karakteristiklerinden kalp yetmezliği prognozu ve advers etki tahmini yapabilen sistem çalışmaları yayınlanmıştır (Maor, 2020). Benzer yaklaşımlarla ses analizi ve ses sinyallerinin akustik özelliklerinden pulmoner hipertansiyon derecesi öngörüsünün de bulunulabileceğini savunan çalışmalar mevcuttur (Sara, 2020).

Teletıp teknolojilerinin, kronik kalp yetmezliği olan hastalarda belirtilerin ve aktivitelerin günlük olarak daha iyi ve yakından izlenmesinin tedavi sonuçları üzerinde etkili olduğu, 6-12 aylık izlemlerde genel sağkalımda belirgin oranında bir iyileşme olduğu bildirilmiştir. Teletıp ve uzaktan hasta takip sistemleri kullanımının hastaneye yatış sayısında ve süresinde belirgin oranda azalmaya yol açtığı iki büyük metaanaliz çalışmasında gösterilmiştir (Klersy 2009, Polisena 2010).

3.1.1. Kalp Yetmezliği Tedavisi

Günümüzde sağlık hizmetleri anlayışı ve toplumsal beklentiler, ekonomik ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak çok hızlı şekilde değişmektedir. Sofistike teletıp uygulamaları, hastanın sensörler üzerinden gerçek zamanlı vital veri ölçüm ve aktarım yeteneğine sahip cihazlarla izlenmesini ve tedavinin bu veriler doğrultusunda, karar destek sistemleriyle yönlendirilmesini sağlamaktadır. Diğer yandan ileri kalp yetmezliği olgularının hayat boyu tedavi gereksinimi, sık hastaneye yatma ihtiyacı, karmaşık ve pahalı cihaz tedavisi uygulamaları nedeniyle, kronik kalp yetmezliğine bağlı sosyoekonomik yük, artan hasta sayısına paralel olarak sürekli artmaktadır (Masoudi, 2005).

Kalp yetmezliği, hastaların semptomlarına göre evrelendirilmektedir. *ACC/AHA (American College of Cardiology/American Heart Association)* Kalp Yetmezliği Evreleme sistemine göre kalp yetmezliği hastaları dört evrede incelenirken, ilk iki evre (A ve B) hastalar asemi-

tomatik ve kalp yetmezliğinin gelişmesi için risk taşıyan grubu oluşturmakta; C ve D evreleri semptomatik kalp yetmezliği hastalarını kapsamaktadır (Inamdar, 2020).

Evre A - Asemptomatik, kalp hasarı yok ancak kalp yetmezliği için risk faktörleri var (örneğin hipertansiyon)

Evre B - Asemptomatik, yapısal kalp hasarı ve sol ventrikül fonksiyon bozukluğu var (örneğin sol ventrikül hipertrofisi, miyokard infarktüsü)

Evre C - Kalp hasarıyla birlikte semptomatik

Evre D - Refrakter ve son dönem kalp yetmezliği

Bu evrelemelerde, daha düşük evrede şikayeti az olan ve minimal semptomu olan hastaların iyi bir tedavi uygulandığı zaman mortalite değerleri düşük seyrederken hastaların evreleri yükseldikçe, yakınmaları arttıkça ve hastaneye yatış oranları yükseldikçe yıllık mortalite oranları da artmaktadır. Bu nedenle kalp yetmezliğinin kronik bir hastalık olduğu ve devamlı takibi gerektirdiği unutulmamalıdır (Masoudi, 2005). Kardiyak rehabilitasyon, kalp yetmezliği hastaları için hayati öneme sahiptir. Kardiyak rehabilitasyon programına dahil olan hastaların hastalık süreçleri yavaşlamakta, hastaneye yatışları azalmakta, yaşam kaliteleri düzelmekte, toplam hastalık yükü ve sağlık harcamaları azalmaktadır.

Kalbin kasılma yeteneğini yitirmesiyle tümüyle yetmezliği girmiş, tıbbi tedavi seçeneği kalmamış kalp hastalar için cerrahi tedavi dışında bir tedavi şansı bulunmamaktadır. Maksimum ilaç tedavisine kesin olarak cevap vermeyen hastalar için, bozulmuş ve fonksiyon görmeyen kalp kasının yerine kontraksiyon (kasılma) görevini üstlenecek yapı ve sistemlere ihtiyaç vardır. Tedaviye yanıt vermeyen kalp yetmezliğinde altın standart halen kalp transplantasyonu ameliyatıdır (Khush, 2015).

Ülkemizde olduğu gibi tüm dünyada kalp nakli bekleyen hastalara uygun donör sayısı son derece yetersiz olup, “Acil Kalp Nakil Listesi”nde bekleme süreleri giderek uzamaktadır. İleri kalp yetmezliği olan hasta sayısı artarken, donör sayısı değişmemektedir. Yetersiz kalp nakli sayısı, kalp cerrahisini başka çözüm yolları aramaya itmiştir. Bu amaçla tıbbi tedaviye cevap vermeyen ileri kalp yetmezliği hastaları için, kalp transplantasyonuna alternatif tedavi yöntemleri geliştirilmiştir. Geliştirilen alternatif yöntemler “Kök Hücre Tedavisi ve Doku Mühendisliği”, “Gen Tedavisi”, “Mekanik Dolaşım Destek Cihazları”dır. Ancak, belirtilen alternatif yöntemler içinde “Mekanik Dolaşım Destek Cihazları” dışındaki diğer yöntemler, kalp naklinin yerine kullanılamadıkları gibi, henüz tedavi yöntemi olarak da kılavuzlarda yer almamış, standart tedavi yöntemi olarak kabul görmemişlerdir.

Dolaşım yetmezliği, solunum yetmezliği ya da her iki sistemin birden yetmezliği gelişmiş hastalarda, kalp ve akciğerlerin görevini kısa veya uzun süreli olarak bir cihazın üstlenmesine “Beden Dışı Dolaşım Desteği” (*extracorporeal circulation, ECC*) denir. Medikal tedaviye kesin olarak cevap vermeyen ileri kalp yetmezliği olan hastalar için geliştirilen mekanik dolaşım desteği sağlamaya yönelik ventrikül destek ve yapay kalp cihazları, işlevini yitirmiş kalbin yükünü çok daha etkin bir biçimde üstlenerek, hastayı yatağa bağlamaktan kurtarmakta ve aktif bir yaşam imkanı verirken, kalbe uzun süreli yatak istirahatinin veremeyeceği önemli bir toparlanma süreci sağlamaktadır. Kalp transplantasyonunda donör temini için bekleme süresinde, mekanik kalp destek cihazları ile uzun süre desteklenen hastalarda kalp ve akciğer fonksiyonlarında kısmi düzelme görülmesi, uzun süreli mekanik cihazlarının bazı hastalar için kalp transplantasyona alternatif olabileceği fikrini güçlendirmiştir. Ayrıca, mekanik dolaşım destek cihazları hastalara kalp nakli için uygun donör bulunması ile kalp transplantasyon olanağı sağlanıncaya kadar yaşamını sürdürebilme ve kalp yetmezliğinin organlar ve sistemler üzerindeki uzun süreli hasar verici etkisinin engellenebilmesi olanağı tanınmaktadır (Boothroyd, 2013).

3.1.2. Kalp Yetmezliği İzlemi

İleri kalp yetmezliği hastaların büyük bir kısmı klinik durumlarının kötüleşmesi nedeniyle hastane tedavisine ihtiyaç duymakta ve klinik ya da yoğun bakım ünitelerine yatırılarak, yüksek maliyetli yöntemlerle tedavi edilmek zorunda kalınmaktadır. İleri kalp yetmezliğinin tedavi ve yönetiminde, sağlık meslek mensuplarına ve sağlık sistemine, insan kaynakları ve finansal kaynak kullanımında büyük yük yüklenmektedir (Masoudi, 2005). Kronik kalp yetmezliğine bağlı hastalık yükünün toplumsal bir sağlık önceliği olduğunun kabul edilmesi, sağlık sektöründe karar vericiler için strateji ve politika belirlemede yardımcı olacaktır. Artan kronik kalp yetmezliği prevalansı, hastalık yükü, mortalite riski ve uzun dönemi kapsayan sağlık harcamaları için sağlık yönetimi stratejileri ve öncelikleri belirlenirken sağlık teknolojileri değerlendirme süreçlerinden yararlanmak gerekmektedir.

Kalp yetmezliği hastalarında hayat boyu tedavi gereksinimi, tekrarlayan ve uzayan hastaneye yatış ihtiyacı, karmaşık ve pahalı cihaz tedavisi uygulamaları nedeniyle aynı zamanda sağlık ekonomisi üzerine yüksek maliyetler getirmektedir. Kalp yetmezliği hastalarının hastane yatış süreleri ortalama 4-9 gün arasında olup, yatırılan hastaların yaklaşık yarısı yoğun bakımda izlenmek zorunda kalan hastalardır. Tekrarlayan hastane yatışlarında en önemli ve en sık görülen zaman dilimi taburculuktan sonra ilk birkaç haftalık periyottur. Hastaneden taburcu olduktan sonra %20 hasta 30 gün içinde, %50 hasta 6 ay içinde tekrar hastaneye yatmak zorunda kalmaktadır (Cleland, 2003). Kalp yetmezliğine bağlı sosyoekonomik yük her geçen gün artmaktadır.

Yayınlanan birçok çalışmaya ve kılavuza rağmen, kılavuz eşliğinde tedavi yeterince uygunlanmadığı, hastane yatış ve mortalite oranlarının bu çalışmalarda elde edilen verilerden yüksek olduğu tahmin edilmektedir. Bu nedenle hastaların özellikle taburculuk sonrası erken dönemde yakın takibi önemlidir ve birçok çalışmada yakın takip üzerinde durulmaktadır.

Kalp yetmezliği bulunan hastaların takip ve tedavilerinde, tıp bilimlerindeki ve tıbbi teknolojideki gelişmelerden ve tıp bilişimi olanaklarından yararlanmak gerekmektedir. Artan sağlık talebini karşılayabilmek için de klinik ve yoğun bakım kapasitelerini belli düzeyin üzerinde tutabilmek için büyük yatırımlar gerekmektedir. Diğer yandan sağlık hizmetleri kaynaklarının sınırlı olduğu gerçeği, ileri kalp yetmezliğinin pahalı destek cihazlarıyla tedavi seçeneklerinin ve geri ödeme sürecinde daha iyi değerlendirilmesini gerektirmektedir.

4. İmplant Kalp Cihazlarıyla Uzaktan Hasta Yönetimi

İleri kalp yetmezliği hastalarının yaşam kalitesinin artırılması ancak devamlı klinik takip ve tedavilere uyum yoluyla sağlanabilir. Sık yapılan takipler, hastanın hastalığının farkında olmasını yönünde katkı sağlamaktadır.

Kronik bir biçimde kontrolü yapılması gereken bu hastaların hastane yatış süreçleri ve takipleri önemli bir maliyet gerektirmektedir. Bu grup hastaların sık ve yakın bir şekilde takip edilmelerinin gerekliliği, hastaların hastaneye ulaşmada yaşadıkları güçlükler ile durumlarının daha kötüleşmeden müdahalelerinin yapılması zorunluluğudur. Multidisipliner bir takım çalışması şeklinde takip edilmesi gereken bu grup hastalar için teletip ve uzaktan takip sistemleri, alternatif takip yöntemleri olarak son dönemlerde güncel tıp pratiğinde yer bulmaktadır. İleri kalp yetmezliğinin yakın takibi ve prognozda kötüleşme eğiliminin önceden tespit edilebilmesi, gelişen komplikasyonların sayısını ve yarattığı hasarı azaltacaktır. Uzaktan hasta takip sistemleri ve teletip, kalp yetmezliği gibi kronik hastalığı olan hastaların erken dönem sorunlarını gidermek için önemli bir yenilikçi yaklaşım olarak ortaya çıkmaktadır. Bu yaklaşımlar arasında uzaktan izlem sistemi doktorların hastaların kötüye gidişini erken dönemde tespit etmesi ve hastaneye yatışları olmadan gerekli tedavi düzenlemelerinin yapılabilmesine olanak tanınması açısından önemlidir (Ingilis, 2010).

4.1. İmplant Kalp Destek Cihazları

Uzun süredir kalp yetmezliğinin tedavisi için yeni bir medikal tedavi ajanı piyasaya sunulmamıştır ve hemen hemen aynı tıbbi tedavi protokolleri ile devamı sağlanmaktadır. Tedavide kullanılan *ACE (anti converting enzyme)* inhibitörleri, diüretikler beta blokerler ya da anjiyotensin reseptör blokerleri gibi farmakolojik ilaçların yanında hastalara *CRT (cardiac resynchronization therapy* - kardiyak resenkronizasyon tedavisi) uygulama amacıyla biventriküler *pacemaker* ya da *ICD (implantable cardioverter defibrillator* - implante edilebilir

kardiyoverter defibrilatör) implantasyonu yapılmaktadır.

Tüm dünyada ve ülkemizde kalp transplantasyonu için organ bağıışı ve verici (donör) sayısı yetersiz olması ve zamanında bulunamaması nedeniyle, kalp transplantasyonuna alternatif olarak geliştirilen, implante (vücut içine yerleştirilen) mekanik dolaşım desteğı sağlamaya yönelik kalp destek cihazları, işlevini yitirmiş kalbin sağlayamadığı dolaşımın yükünü alarak hastaya yaşam desteğı vermektedir (Hutchinson 2008). Mekanik dolaşım destek cihazları, hastalara kalp nakli için uygun donör bulunmasına, kalp transplantasyonu ameliyatına kadar yaşamlarını sürdürebilme şansı verdiği gibi, kalp yetmezliğı sonucu böbrek, karaciğer gibi yaşamsal organların etkilenecek bozulmasını engellemektedir (Walter, 2020).

Vücut içine yerleştirilen mekanik dolaşım desteğı veren yüksek doku uyumlu cihazlar, ventrikül destek cihazları ve yapay kalp cihazlarıdır. Ventrikül destek cihazları sol veya sağ ventrikül (karıncık) ya da her ikisine yerleştirilebilir. Ventrikül destek cihazları hasta kalbi çıkartılmadan, genellikle kalp içine ya da kalpten çıkan ana damar (aorta) içine takılması ile basınç desteğı sağlar. Ventrikül destek cihazları, yapay kalp cihazlarının tersine, kardiyak rezeksiyon (kalbin çıkartılması) gerektirmediğı için kullanımları, hasta yönünden daha avantajlıdır. Yapay kalp cihazları ise, ventriküler destek cihazlarının mekanik olarak daha büyük ve karmaşık yapıda olan formudur. Yapay kalp cihazlarını mediyaısten boşluğına yerleştirmek için, kalbi total olarak çıkartmak gerekir. Yapay kalp cihazları, hastanın kalbi çıkarıldıktan sonra doğal kalbin yerine yerleştirilir ve kalp fonksiyonlarını tümüyle üstlenir.

Son yıllarda, ileri kalp yetmezliğı nedeniyle kalp transplantasyonu bekleyen hastalarda, transplantasyon ameliyatı yapıłana kadar hasta hayatının sürdürülebilmesine köprü olması amacıyla ventrikül destek cihazları (*ventricular assist device, VAD*) klinik açıdan güvenli olarak kullanılmaktadır. Ventrikül destek cihazları kalp transplantasyona kadar hastayı yaşatabilmek amacı ile “transplantasyona köprü (*bridge to transplantation*)” ve kalp transplantasyonu yapılamadığında, tedavi alternatifi olarak “varış tedavisi (*destination therapy*)” için kullanılırlar. Kalp nakli yapılabilmesi için verici (donör) bağıışı sayısındaki yetersizlik nedeniyle ventrikül destek cihazları, terminal dönemdeki kan dolaşımı (hemodinami) bozuk kalp yetmezliğı olgularının kalp transplantasyonuna kadar geçen bekleme döneminde yaşatılabilmesi için tek seçenek olarak görünmektedir (Clarke, 2014).

Ventrikül destek cihazları pompası, dışardan (in vitro) bir bilgisayar kontrolünde çalışır; kalp ya da aorta içine yerleştirilen (in vivo) cihaz pompası ile bilgisayar bağılantısı ve enerji aktarımı, hastanın üst karın derisinden geçen küçük bir kabloyla gerçekleşir ve bilgisayar sistemi hastanın beline ya da omzuna takılarak taşınabilir. Ventrikül destek cihazlarının sürekli

çalışabilmesi için gerekli enerji, şarj edilerek tekrar elektrik yüklenebilen özel bataryalar aracılığı ile sağlanmaktadır.

Medikal tedaviye yanıtı son dönem kalp yetmezliği hastalarında sol ventrikül destek cihazları (*left ventricular assist device, LVAD*) yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu cihazlar özellikle kalp nakli bekleyen aday hastalarda, bekleme sürecinde ölüm oranlarını (mortalite) azaltma ve bu süreci daha güvenli, yaşamsal organlarda hasar oluşmaksızın atlatalmaları için kullanılmaktadır. *LVAD* hastalarında sorumlu sağlık ekibi tarafında takip edilmesi gereken parametreler vardır (Reiss, 2018).

(I) *LVAD* parametreleri (disk dönme hızı, güç tüketimi, akış, pulsatilite indeksi),

Cihaz ana konsolu üzerinde hastalar tarafından da okunabilen bu parametrelerin ayrıntılı değerlendirilmesi ile pompa trombozunun erken tanınması, hasta sıvı alımının değerlendirilmesi mümkündür.

(II) Ortalama atardamar basıncı,

(III) Kalp Pili [kardiyak resenkronizasyon tedavisi (*CRT*) / implante edilebilir kardiyoverter defibrilatör (*ICD*)] ile ilgili parametreler (örneğin, kalp ritmi, torasik empedans),

(IV) Pıhtılaşma değerleri (INR) ve ilaç tedavisi,

(V) Vücuttan çıkan kablunun çıkış yeri pansumanı ve yara yeri takibi.

Pompa parametrelerinin devamlı takibi ortaya çıkabilecek komplikasyonların erken tanımlanması ve tedavisi açısından önemlidir.

Dünya genelinde en sık implante edilen *LVAD* sistemleri **HeartMate 3™** (Resim1) ve **HeartWare HVAD** (Resim 2) cihazlarıdır.

Resim 1. The HeartMate 3™ sol ventrikül destek cihazı **Resim 2.** HeartWare HVAD sol ventrikül destek cihazı

Uzaktan devamlı pompa parametrelerinin takibi başka bir *LVAD* sistemi olan **HeartAssist 5®** (Resim 3) sistemiyle uygulamaya geçirilmiştir. Ventrikül destek cihazlarının uzaktan devamlı takibi ile ilgili ilk çalışmalar Pektok ve ark. tarafından bildirilmiştir. HeartAssist 5® *LVAD* sistemi ile yapılan bu çalışmada hastadan gelen anlık veriler devamlı olarak uzaktan monitorize edilebilmiştir. Şüphelenilen hastalar hastaneye çağırılmış ve gerekli incelemeler erken dönemde yapılmıştır. Sonuç olarak tromboz gibi pompaya bağlı oluşabilecek katastrofik komplikasyonların erken tanısında yardımcı bir sistem olarak kullanılabileceği yazarlar tarafından bildirilmiş ve yine de normal hasta ziyaretlerinin mutlaka devam etmesi gerektiği vurgulanmıştır (Hohmann, 2019).

Resim 3. HeartAssist 5® LVAD sol ventrikül destek cihazı

Casida ve ark. tarafından, LVAD yönetim sürecini düzenlemek, tedaviye hasta katılımını güçlendirmek ve takipleri basitleştirmek için bir cep telefonu uygulaması **VAD Care App** geliştirilmiştir. LVAD hastaları ve yakınları için geliştirilen bu uygulama, veri toplama, raporlama ve otomatik bir uyarı sistemi ile LVAD yönetim sürecinde dinamik gerçek zamanlı etkileşim sistemleri (metin mesajları, resimleme ve video konferans) içerir. Gelişen LVAD teknolojisi ile uyumlu olarak değişiklikler beklenmektedir (Casida, 2018). Yine LVAD hastalarının uzaktan takibi amacıyla **Alere VAD watch telemonitoring** yazılımı uygulamaya konmuştur. Bu hastaların yazılımı kullanımı ile uzaktan takip hedeflenmektedir ancak devamlı bir görüntüleme mümkün değildir; veriler manuel olarak girildikçe sisteme aktarılabilmektedir (<http://www.alerevadcare.com>).

Yaygın olarak kullanılan ventrikül destek cihazları vücutta pulsatil akımın yerine devamlı kan akımı sağlamaktadır. Bu nedenle bu hastalarda periferik nabızların hissedilmesi mümkün değildir (Rogers, 2012). Buna bağlı olarak kalp yetmezliği hastaları için en önemli parametrelere birisi olan kan basıncı ölçümü normal tansiyon aletleri ile yapılamaz. Bu hastalarda tansiyon aleti yerine Doppler cihazı yardımıyla ortalama kan basıncı ölçümü, ancak ilgili uzmanlaşmış hastanelerde yapılabilmektedir. Bu nedenle hastaların uzaktan ev takibinde kan basıncı ölçümlerini bildirmeleri mümkün olmamaktadır.

4.2. İmplant Kalp Ölçüm Cihazları

Pulmoner Arter Basıncı Monitörizasyonu

Devamlı pulmoner arter basıncını monitörize etmeye imkan veren **CardioMEMS™** sistemi kalp yetmezliği ve LVAD hastalarının izleminde çok önemli katkı sağlamaktadır (<https://www.cardiovascular.abbott/us/en/hcp/products/heart-failure/cardiomems-hf>). Kronik sol kalp yetmezliğinde pulmoner arter basıncı artmakta ve hastalarda patolojik klinik tablo ortaya çıkmaktadır. Etkili bir kalp yetmezliği tedavisi ya da mekanik destek sistemleri sonrası bu basınç normal seviyelere düşebilmektedir. Düşen pulmoner arter basıncı ile hastaların kalp yetmezliği kliniği de düzeltilebilmektedir (Critoph, 2016).

Pulmoner artere minimal invazif yöntemlerle takılan CardioMEMS™ cihazı (Resim 4) hastaya uygulanan başka aparatlarla basınç ölçümünü birkaç dakika içinde kolayca sağlamak ve bu veriyi karşı bilgisayara (Resim 5) aktarabilmektedir (Abraham 2011, Adamson 2014). Kalp yetmezliği hastalarında daha yaygın olarak kullanılmış olan bu sistem LVAD hastalarında sadece çok kısıtlı bir grupta bildirilmiştir (Guglin, 2016).

Resim 4. CardioMEMS™ HF cihazı

Resim 5. CardioMEMS™ HF pulmoner arter basınç ölçüm sistemi

Kardiyak Resenkronizasyon Tedavisi Monitörizasyonu

Kalp yetmezliği hastalarında sıklıkla implante edilen *CRT/ICD* (*cardiac resynchronization therapy/implantable cardioverter defibrillator*) sistemlerinin kullanımıyla da uzaktan hasta takibi mümkün olmaktadır. Yapılan bir çalışmada bu şekilde hastalarda mortalite %50 oranında azaltılabileceği bildirilmiştir (Hindricks, 2014). *LVAD* takılan hastalarında büyük çoğunluğunda *ICD* ya da *CRT-D* (*cardiac resynchronization therapy-defibrillator*; kardiyak resenkronizasyon tedavisi-defibrilatör) (Resim 6) bulunmaktadır. Bu şekilde de *LVAD* hastalarının belli parametrelerinin uzaktan takibi mümkün olmaktadır (Bartoli 2013, Vollmann 2007). Özellikle vücut sıvı dengesine yönelik bilgi veren ve doku sıvı yoğunluğunu ölçen toraks impedans düzeneği ile vücutta fazla sıvı yüklenmesinin ve kalp yetmezliği kliniğinin artışının takibi ve gerekli tedavi önlemleriyle kalp yetmezliğinin ilerlemesinin uzaktan hasta yönetimi yaklaşımıyla önlenmesi önemlidir.

Resim 6. CRT-D kardiyak resenkronizasyon tedavisi-defibrilatör cihazı

ICD ya da CRT-D cihazlarının uzaktan takibi amacıyla değişik firmalar kendi ürünlerine yönelik takip sistemleri getirmişlerdir. Bu alanda **Medtronic (II) CareLink NetworkTM** (Medtronic, Inc., Minneapolis, MN, USA) (Resim 7) ev takip sistemini geliştirmiş ve uygulaması başlamıştır. Cihaz bulunan hastalara tanımlanmış bir aparat vasıtasıyla evden hastaların cihaz verileri sürekli ve gerçek zamanlı olarak karşı sistem bilgisayarına aktarılmakta ve karşı bilgisayarda da uzman kişiler tarafından hastanın takibi yapılabilmektedir (<https://www.medtronic.com/us-en/healthcare>). Bunun benzer **Merlin@home transmitter** cihazı (Resim 8), vücuttaki kalp pili aracılığıyla hasta bilgilerini güvenli bir şekilde Merlin.net PCN uygulamasıyla uzaktan hasta takip sistemlerine göndermektedir.

Resim 7. Medtronic CareLink Network hasta takip sistemi

Resim 8. Merlin@home transmitter iletici sistemi

İmplant Ritm Monitörizasyonu

İmplant edilebilen kaydedici (*ILR, implantable loop recorder*) uzun süreli kalp ritm monitörizasyonu yapabilen ve çarpıntı, bayılma gibi yakınmaların çok seyrek görüldüğü, diğer ritm kaydedici sistemlerle nedenin saptanamadığı hastalarda vücuda yerleştirilerek kullanılan cihazlardır. Cihaz küçük ve ince yapıdadır; göğsün sol tarafına kalbe yakın bir bölgeye lokal anestezi ile cilt altına yerleştirilerek (Resim 9) vücutta üç yıla kadar çalışır durumda kalabilir. Gerekğinde cihaz yine lokal anestezi altında küçük bir kesi ile çıkartılabilir. Cihaz hastanın

kalp ritmini sürekli izleyerek kalp hızı önceden belirlenmiş limitlerin altına düştüğü veya çıktığı zaman hasta kalp ritm verilerini kaydeder. Bu bilgiler telemetrik bir cihazla okunup, yorumlanarak gereken müdahale yapılmaktadır. (Sakhi, 2018).

Resim 9. İmplant edilebilen kaydedici (ILR, *implantable loop recorder*)

Koagülasyon Düzey Monitörizasyonu

Ritm bozukluğu bulunan, sol ventrikül destek cihazı (LVAD) takılan ya da ejeksiyon fonksiyonu düşük kalp yetmezliği olan hastalarda zorunlu olarak Vitamin K antagonisti olarak da bilinen antikoagülan ajanların kullanma zorunluluğu vardır. Bu ilacın kanda etkinliğini gösteren laboratuvar değerlerinin devamlı takibi ve ilaç doz ayarlaması büyük önem taşımaktadır. Bu ilacın etkisiz kalması durumunda ortaya çıkabilecek LVAD pompa trombozu ve sistemik emboli ölümcül sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle hastaların ilaçların kullanım düzeylerini gösteren protrombin zamanı ve INR (*international normalized ratio*) takiplerini devamlı olarak bir merkezde yaptırması ya da hastanın kendisi tarafından evde bir cihaz tarafından yapılması çok önemlidir. Son yıllarda evde INR ölçüm cihazının kullanımı popüler hale gelmiştir. Bu cihazın sonuçlarının uzaktan takibinin yapılması için bir aparat vasıtası ile ilgili hastaneye ulaştırılması ve burada gerekli klinik izlemin yapılması, anormal durumda erken müdahale edilmesine olanak sağlamaktadır. Koagülasyon düzey verilerinin ilgili sağlık kurumuna aktarılmasını sağlayan sistemler mevcuttur.

Dünyada yaygın olarak kullanılan **AlereINRatio 2** ve Roche **Coaguchek xs mPoc** kit sistemleri ile kan düzeylerini ölçen hastalar sonuçlarını, cihaz üzerinden kablosuz bağlantı ile başka bir bilgisayara ya da akıllı telefona aktarmakta ve buradan da bağlı bulundukları hastaneye gönderebilmektedirler (<https://www.alere.com/content/dam/web/alere-com>, http://www.coaguchek.co.uk/coaguchek_hcp). Ortaya çıkabilecek ölümcül komplikasyonların önlenmesi açısından hastaların INR ev görüntülemesinin, kendileri tarafından düzey takibinin,

takip verilerinin teletıp yöntemleriyle ilgili hastaneye ulaştırılması ve hastaneden hastaya dönüş ulaşması, bu yolla hastaların INR takipleri uzaktan düzenli bir şekilde yapılabilmesi ve ilaç düzeylerinin ayarlanabilmesi büyük önem taşımaktadır (<https://diagnostics.roche.com/us/en/coaguchek-hcp-home.html>).

Resim 10. CoaguChek XS PT INR ölçüm cihazı

4.3. İmplant Cihazların Tedavi Maliyeti

İleri kalp yetmezliği olan hastalar için ventrikül destek cihazların klinik uygulamaları gün geçtikçe artmakta ve uzun dönem tedavi seçeneği olarak tercih edilmektedir. Buna karşılık, kronik kalp yetmezliği tedavisinde kullanılan kalp destek cihazları nedeni ile sağlık harcamalarında önemli artışlar gözlenmektedir. İleri kalp yetmezliği hastasının ne zaman ve hangi koşullarda kalp nakli ya da ventrikül destek cihazı gibi çok pahalı tedavi şekillerinden birine ihtiyaç duyacağı kararı bu konuda uzmanlaşmış hekimlerden oluşan kalp yetersizliği kurulu tarafından verilebilir. Kalp transplantasyonu ve ventrikül destek cihazları kurulunda kalp-damar cerrahisi, erişkin ve çocuk kardiyolojisi, kalp elektrofizyolojisi, kardiyak rehabilitasyon, kardiyak anesteziyoloji, kardiyak patoloji ve radyoloji uzmanlık alanından hekim ve yöneticilerin bulunması gerekir. Yüksek maliyetli mekanik destek tedavilerinin başarısı, uygun hasta seçimi ile doğrudan ilişkilidir (Rogers, 2012). Hasta seçiminin daha etkili yöntemlerle yapılabilmesi için bir çok merkez farklı skrolama sistemleri geliştirmiştir.

Ventriküler destek cihazlarının Amerika Birleşik Devletleri'nde fiyatı 50.000-60.000 USD civarında olup, Amerika Birleşik Devletleri dışında daha da pahalıya satılmaktadır. İleri kalp

yetmezliği olan hastaların ortalama maliyeti 120.000 USD civarında seyretmektedir. Ortalama bir aylık hastane yatış maliyeti yaklaşık 150.000±20.000 USD olarak hesaplanmıştır. Yoğun bakım ünitesinde kalp transplantasyonu yapılması için bekleyen bir hastanın günlük ortalama maliyeti 5.500-6.000 USD, ventrikül destek cihazları ile hastanede genel bakım şartlarında desteklenen bir hastanın günlük maliyeti 3500-4000 USD, uzaktan hasta yönetimi sistemleriyle ventrikül destek cihazı desteği alan bir hastanın günlük maliyeti ise sadece 30 USD olarak bulunmuştur. Ayrıca ventrikül destek cihazı takılan bir hastanın işinin başına dönebilmesi, ekonomik olarak üretken olabilmesi de ikincil kazançtır (Neyt, 2013).

5. Sonuç

Sonuç olarak yapılan çalışmalar uzaktan takip sisteminin mortalite ve morbidite üzerine olumlu etkisi olduğunu göstermektedir (Hohmann 2019, Reiss 2018). Bu olumlu etkinin mekanizması tam olarak bilinmemekle beraber en önemlisi hastanın hastalığının farkındalığının artırılması ve bu konuda eğitim alması, verilerinin devamlı kendisi tarafından da monitörize edilmesi ve ilaçlarının erken dönemde, gerekli olursa henüz durum kötüleşmeden gerekli doz arttırımına gidilmesini içermektedir. Aynı zamanda bunlara ek olarak uzaktan takip sistemi, hastaların hastalığı hakkındaki endişelerini de azaltmakta ve gerekli sağlık personeline rahatça ulaşabilme güvencesini vererek, olumlu bir etki bırakmaktadır. Hastaların sağlık bilgilerinin uzaktan sağlık personeli ile paylaşması, ana merkeze gerekli verilerinin aktarılması ve ortaya çıkan olumsuz durumların erkenden teşhis ve tedavisinin yapılabilmesi olanağı uzmanlaşmış merkezlerde olan hasta yükü de azaltılmaktadır (Singhvi, 2019).

Hastaların taburcu olduktan sonra evlerinde uzaktan takibi önemlidir; bu nedenle hastalarla devamlı irtibat halinde bulunulması ve hastalardan cihazla ilgili gerekli parametrelerin alınması gerekmektedir. Hasta ve ailesinin *VAD* destek cihazları ile ilgili çok ayrıntılı bir şekilde eğitilmesi zorunluluktur (Casida, 2018). Ayrıca onların bağlı bulundukları sağlık merkezi ve uzmanlaşmış sağlık ekibi ile kurdukları sıkı bağ, uzun dönem takipleri de oldukça önem taşır ve başarının da bir anahtarı olarak ortaya çıkar.

Bu hastaların multidisipliner bir takım tarafından; kalp yetmezliği alanında bir kardiyolog, kalp ve damar cerrahisi uzmanı, *VAD* koordinatörü ve hemşireleri tarafından takibi önemlidir (Reiss, 2019). Taburculuk sonrası hastaların ilgili uzmanlaşmış klinik tarafından takip aralığı değişkenlik göstermektedir. Hasta cihaza tam olarak adaptasyon sağlayıncaya kadar kısa aralıklarla klinik takip yapılırken, stabil olan hastalarda takip periyotları daha uzun süreleri kapsamaktadır.

Kalp destek cihazları takılmış hastalarda, özellikle kalp yetmezliğinin takibinde hastanın rutin kilo ölçümü, ateş ve kan basıncı ölçümü büyük önem arz etmektedir. Özellikle kalp yet-

mezliğı tablosu ortaya çıktığı zaman gelişecek periferik ödem ve nefes darlığı mutlaka değerlendirilmesi gereken semptomlardır; buna ek olarak bu hastaların kalp destek cihazı pompa parametrelerinin de sürekli kayıt altında tutması ve antikoagülasyon için yapılan INR ölçümünün değerlendirilmesi zorunludur (Eckman, 2012). Kalp destek cihazları takılmış hastaların takiplerinde teknik nedenlere bağlı pompa yetersizliği ve destek cihazın ani durması ya da vücuttan çıkan kablonun enfeksiyonu ciddi sonuçlar doğurabilir. Alınan kan sulandırıcıların (antikoagülan) uygunsuz kullanımı nedeniyle majör ve minör kanamalar veya pıhtı oluşumu ve buna bağlı sistemik emboli veya yeni gelişen sağ kalp yetmezliğiyle karşılaşılabilir (Kato 2012, Tsukui 2007). Özellikle cihazın durmasına neden olan trombozun erken tespiti ya da kablo enfeksiyonu fazla genişlemeden müdahale edilmesi ortaya çıkabilecek ciddi komplikasyonların ve mortalitenin önüne geçebilmektedir. Bu nedenle hastalarla devamlı irtibat halinde kalınması ve gerektiğinde hastaların yetkili sağlık ekiplerine ulaşması gerekmektedir (Sara, 2020).

Kalp destek cihazları ilk kullanılmaya başlandığı dönemlerde, hastalar uzun süre hastanede yatmakta ve bir kısmı taburcu olmadan hastanede yatarak kalp naklini beklemekteydi. Artık günümüzde, hastalar klinik durumu uygun olduğunda ve cihazla ilgili eğitimleri aldıktan sonra rahatlıkla evlerine taburcu edilebilmektedir. Kalp yetmezliği nedeniyle sol ventrikül destek cihazı takılan hastaların bir çoğunda kronik böbrek yetmezliği ya da diyabet gibi ikincil hastalıkları da sıklıkla bulunmaktadır. Evlerine gönderilen hastalar erken dönemde daha sık olmak üzere belirli aralıklarla (1-3 ay) uzmanlaşmış hastaneye kontrole gelmektedir. Bu hastalıklar nedeniyle ortaya çıkan olumsuz durumlarda *LVAD* ekibi tarafından takip edilmekte ve gerekli durumlarda başka birimlerden konsülte edilebilmektedir. Durumu stabil olan hastaların uzaktan hasta yönetimiyle ilgili uzmanlaşmış hastaneye daha seyrek aralıklarla kontrole gelip, yakınlarında bulundukları aile sağlığı merkezleri tarafından daha sık aralıklarla takibi dünyada kabul görmüş olan yöntemdir. Bu hastaların 7/24 ilgili sağlık personeline acil ulaşımı, uzaktan hasta yönetimi sistemleri aracılığıyla sağlanmaktadır (Reiss, 2019).

Ülkemizde ve dünyada etkisini sürdürmekte olan *COVID-19* pandemisinde bulaşıcılığı azaltmak ve sağlık personelinin daha etkin kullanımını sağlamak amacıyla yüz yüze olan klasik hasta hekim ilişkisinin yerine, kriz döneminde uzaktan triyaj ve hastalık yönetiminin yapılabileceği teletıp uygulamaları gündeme gelmiştir. *SARS-CoV-2* ile enfekte olmamış ve mevcut kronik hastalıkları nedeniyle sağlık hizmeti almak zorunda olan hastaların hem *COVID-19* riskini en aza indirmek, hem de tedavilerini optimal şekilde devam ettirebilmekte teletıp ve uzaktan hasta yönetimi teknolojilerinden yararlanılması gerçeği bir kez daha önemini göstermiştir.

Kalp cerrahisi ve biyomedikal mühendislik teknolojisindeki ilerlemelerle daha küçük ama daha etkili, enfeksiyona dirençli ve uzun ömürlü cihazların geliştirilmesi ile kalp destek teda-

visinde, uzaktan hasta yönetimiyle daha yaygın kullanılacaktır. Tıp günümüzde mühendislik bilimlerine doğru hızlı bir dönüşüm içinde olsa da tıbbın ve hekimliğin insani yönü ve ustalık gereksinimi ortadan kalkmayacaktır.

Kaynakça / References

- Abraham WT, Adamson PB, Bourge RC, et al. (2011). Wireless pulmonary artery haemodynamic monitoring in chronic heart failure: a randomised controlled trial. *Lancet* 377: 658-666.
- Adamson PB, Abraham WT, Bourge RC, et al. (2014). Wireless pulmonary artery pressure monitoring guides management to reduce decompensation in heart failure with preserved ejection fraction. *Circ Heart Fail* 7: 935-944.
- Adibi, S. (2015). *Mobile Health A Technology Road Map*, Springer International Publishing. Doi. 10.1007/978-3-319-12817-7
- Arhete, L. E., Erasmus, R. (2016) "Healthcare Service Delivery: A Literature Review", International Association for Management of Technology IAMOT 2016 Conference Proceedings, pp 487-505.
- Atlas of e-Health country profiles: the use of e-Health in support of universal health coverage: based on the findings of the third global survey on e-Health 2015.
- Bartoli CR, Vessels KM, McCants KC. (2013). Increased intrathoracic impedance may predict adverse events in LVAD patients. *J Card Surg* 28: 616-618.
- Boogerd EA, Arts T, Engelen LJ, Van de Belt TH. (2015) "What is eHealth": Time for an Update? *JMIR Res Protoc* 12; 4(1): e29. doi:10.2196/resprot.4065
- Boothroyd LJ, Lambert LJ, Sas G, Guertin JR, Ducharme A, Charbonneau É, Carrier M, Cecere R, Morin JE, Bogaty P. (2013). Should eligibility for heart transplantation be a requirement for left ventricular assist device use? Recommendations based on a systematic review. *Can J Cardiol*. 29(12): 1712-1720.
- Bozbuğa N. (2019). Mantık ve Tıpta İnovasyon. IX. Mantık Çalıştayı Kitabı (Ed: Kamer V). Mantık Derneği Yayınları, İstanbul.
- Bozbuğa, N. (2020). COVID-19'da Kalp ve Damar Cerrahisi. *Türkiye Klinikleri* 37(1): 49-55.
- Casida JM, Aikens JE, Craddock H, Aldrich MW, Pagani FD. (2018). Development and feasibility of self-management application in left-ventricular assist devices. *ASAIO J* 64: 159-167.
- Chaudhry SI, Mattera JA, Curtis JP, et al. (2010). Telemonitoring in patients with heart failure. *N Engl J Med* 363: 2301.
- Clarke A, Pulikottil-Jacob R, Connock M, Suri G, Kandala NB, Maheswaran H, Banner NR, Sutcliffe P. (2014). Cost-effectiveness of left ventricular assist devices (LVADs) for patients with advanced heart failure: Analysis of the British NHS bridge to transplant (BTT) program. *Int J Cardiol* 171(3): 338-345
- Cleland JG, Swedberg K, Follath F, et al. (2003). The EuroHeart Failure survey programme: a survey on the quality of care among patients with heart failure in Europe. Part 1: Patient characteristics and diagnosis. *Eur Heart J* 24: 442-463.
- Critoph C, Green G, Hayes H, et al. (2016). Clinical Outcomes of Patients Treated with Pulmonary Vasodilators Early and in High Dose After Left Ventricular Assist Device Implantation. *Artif Organs* 40: 106-114.
- Eckman PM, John R. (2012). Bleeding and thrombosis in patients with continuous-flow ventricular assist devices. *Circulation* 125: 3038.
- Global Diffusion of e-Health: Making Universal Health Coverage Achievable. Report of the Third Global Survey on e-Health. Geneva: World Health Organization; 2016. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Guglin M, George B, Branam S, et al. (2016). CardioMEMS™ in LVAD Patients: A Case Series.. Available online: <http://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1056&context=ivad>,

- Hindricks G, Taborsky M, Glikson M, et al. (2014). Implant-based multiparameter telemonitoring of patients with heart failure (IN-TIME): a randomised controlled trial. *Lancet* 384: 583-590.
- Hollander JE, Carr BG. (2020). Virtually Perfect? Telemedicine for Covid-19. *N Engl J Med* 2020 Mar 11. [Epub ahead of print], doi:10.1056/NEJMp2003539.
- Ho KK, Pinsky JL, Kannel WB, Levy D. (1993). The epidemiology of heart failure: the Framingham Study. *J Am Coll Cardiol* 22(4): A6-A13.
- Hohmann S, Veltmann C, Duncker D, König T, Berliner D, et al. (2019). Initial Experience with Telemonitoring in Left Ventricular Assist Device Patients *J Thorac Dis* 11(Suppl 6): S853-S863. doi: 10.21037/jtd.2018.10.37.
- <http://www.alerevadcare.com/>
- https://www.alere.com/content/dam/web/alere-com/products/inratio2/docs/23691_revA_Alere%20INR2%20Cleaning_PI%202012%20Aug7.pdf
- <https://www.cardiovascular.abbott/us/en/hcp/products/heart-failure/cardiomems-hf-system.html>
- http://www.coaguchek.co.uk/coaguchek_hcp/en_GB/home/products/pro_II_system.html
- <https://diagnostics.roche.com/us/en/coaguchek-hcp-home.html>
- <https://www.medtronic.com/us-en/healthcareprofessionals/products/cardiac-rhythm/managing-patients/information-systems/carelink-network.html>
- Hutchinson J, Scott DA, Clegg AJ, Loveman E, Royle P, Bryant J, Colquitt JL. (2008). Cost-effectiveness of left ventricular-assist devices in end-stage heart failure. *Expert Rev Cardiovasc Ther* 6(2): 175-185.
- Inamdar AA, Inamdar AC. Heart Failure: Diagnosis, Management and Utilization. *Journal of Clinical Medicine* DOI:10.3390/jcm5070062
- Inglis SC, Clark RA, McAlister FA, Ball J, Lewinter C, Cullington D, Stewart S, Cleland JG. (2010). Structured telephone support or telemonitoring programmes for patients with chronic heart failure. *Cochrane Database Syst Rev* 8:CD007228.
- Jayaram NM, Khariton Y, Krumholz HM, et al. (2017). Impact of Telemonitoring on Health Status. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes* 10.
- Kato TS, Schulze PC, Yang J, et al. (2012). Pre-operative and post-operative risk factors associated with neurologic complications in patients with advanced heart failure supported by a left ventricular assist device. *J Heart Lung Transplant* 31:1.
- Khush KK, Zaroff JG, Nguyen J, Menza R, Goldstein BA. (2015). National decline in donor heart utilization with regional variability: 1995-2010. *Am J Transplant* 15(3): 642-649. doi: 10.1111/ajt.13055. Epub 2015 Feb 10.
- Klersy C, De Silvestri A, Gabutti G, et al. (2009). A metaanalysis of remote monitoring of heart failure patients. *J Am Coll Cardiol* 54: 1683-1694.
- Koehler F, Winkler S, Schieber M, et al. (2010). Telemedical Interventional Monitoring in Heart Failure (TIM-HF), a randomized, controlled intervention trial investigating the impact of telemedicine on mortality in ambulatory patients with heart failure: study design. *Eur J Heart Fail* 12: 1354.
- Maor E, Perry D, Mevorach D, Taiblum N, Luz Y, Mazin I, et al. (2020). Vocal Biomarker Is Associated with Hospitalization and Mortality Among Heart Failure Patients. *J Am Heart Assoc* 9(7): e013359.
- Masoudi FA, Balillie CA, Wang Y, et al. (2005). The complexity and cost of drug regimens of older patients with heart failure in the United States, 1998-2001. *Arch Intern Med* 165: 2069-2076.
- Neyt M, Van den Bruel A, Smit Y, De Jonge N, Erasmus M, Van Dijk D, Vlayen J. (2013). Cost-effectiveness of continuous-flow left ventricular assist devices. *Int J Technol Assess Health Care*. 29(3): 254-260.
- Ong MK, Romano PS, Edgington S, et al. (2016). Effectiveness of Remote Patient Monitoring After Discharge of Hospitalized Patients with Heart Failure: The Better Effectiveness After Transition -- Heart Failure (BE-AT-HF) Randomized Clinical Trial. *JAMA Intern Med* 176: 310.

- Paré G, Janna M, Sicotte C. (2007). Systematic review of home telemonitoring for chronic diseases: the evidence base. *J Am Med Inform Assoc* 14: 269-277.
- Polisena J, Tran K, Cimon K, et al. (2010). Home telemonitoring for congestive heart failure: a systematic review and meta-analysis. *J Telemed Telecare* 16: 68.
- Reiss N, Schmidt T, Boeckelmann M et al. (2018). Telemonitoring of Left-Ventricular Assist Device Patients-Current Status and Future Challenges. *J Thorac Dis* 10(Suppl 15): S1794-S1801. doi: 10.21037/jtd.2018.01.158.
- Reiss N, Wegner KK, Hoffmann JD, Schulte Eistrup S, Boeken U, Morshuis M, Schmidt T. (2019). Requirements for a Telemedicine Center to Monitor LVAD Patients. *Stud Health Technol Inform* 260: 146-153.
- Rogers JG, Bostic RR, Tong KB, Adamson R, Russo M, Slaughter MS. (2012). Cost-effectiveness analysis of continuous-flow left ventricular assist devices as destination therapy. *Circ Heart Fail* 5(1): 10-16
- Sakhi R, Theuns DAMJ, Bhagwandien RE, Michels M, Schinkel AFL, Szili-Torok T, Zijlstra F, Roos-Hesselink JW, Yap SC. (2018). Value of implantable loop recorders in patients with structural or electrical heart disease. *J Interv Card Electrophysiol*. 52: 203-208.
- Sara JDS, Maor E, Borlaug B, Lewis BR, Orbelo D, Lerman LO, Lerman A. (2020). Non-invasive vocal biomarker is associated with pulmonary hypertension. *PLoS One* 15(4): e0231441.
- Shaw, T., McGregor, D., Brunner, M., Keep, M., Janssen, A., Barnett, S. (2017). What is e-Health? Development of a Conceptual Model for e-Health: Qualitative Study with Key Informants. *J Med Internet Res* 19(10): e324. doi:10.2196/jmir.8106.
- Singhvi A, Trachtenberg B. (2019). Left Ventricular Assist Devices 101: Shared Care for General Cardiologists and Primary Care. *J Clin Med*. 18; 8(10): 1720. doi: 10.3390/jcm8101720
- Tsukui H, Ablal A, Teuteberg JJ, et al. (2007). Cerebrovascular accidents in patients with a ventricular assist device. *J Thorac Cardiovasc Surg* 134: 114.
- Vollmann D, Nägele H, Schauerte P, et al. (2007). Clinical utility of intrathoracic impedance monitoring to alert patients with an implanted device of deteriorating chronic heart failure. *Eur Heart J* 28: 1835-40.
- Volterrani M, Sposato B. (2019). Remote monitoring and telemedicine. *Eur Heart J Suppl* 21(Suppl M): M54-M56. doi: 10.1093/eurheartj/suz266.
- Virani SA, Sharma V, McCann M, Koehler J, Tsang B, Zieroth S. (2018). Prospective evaluation of integrated device diagnostics for heart failure management: results of the TRIAGE-HF study. *ESC Heart Fail* 5: 809-17.
- Walter C, Fischer F, Hanke JS, Dogan G, Schmitto JD, Haverich A, Reiss N, Schmidt T, Hoffmann JD, Feldmann C. Infrastructural needs and expected benefits of telemonitoring in left ventricular assist device therapy: Results of a qualitative study using expert interviews and focus group discussions with patients. *International Journal of Artificial Organs* <https://doi.org/10.1177/0391398819893702>